



# jotaf

**Journal of Tekirdag  
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN: 1302-7050  
e-ISSN: 2146-5894

**Issue: 3  
Volume: 21  
2024**



# jotaf

Journal of Tekirdag  
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 21

Sayı / Issue 3

Mayıs / May 2024

<b>Owner (On Behalf of Faculty)</b>	<b>Sezen ARAT</b> Tekirdag Namık Kemal University
<b>Editor-in-Chief</b>	<b>Duygu BOYRAZ ERDEM</b> Tekirdag Namık Kemal University
<b>Editorial Management</b>	Hüseyin SARI, Tekirdag Namık Kemal University Hazım Serkan TENİKECİER, Tekirdag Namık Kemal University
<b>Section Editors</b>	Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namık Kemal University Arzu COŞKUNTUNA, Tekirdag Namık Kemal University Can Burak ŞİŞMAN, Tekirdag Namık Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namık Kemal University İbrahim PALABIYIK, Tekirdag Namık Kemal University M. Ömer AZABAĞAOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University Emine YILMAZ, Tekirdag Namık Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namık Kemal University Orhan YÜKSEL, Tekirdag Namık Kemal University H. Ersin ŞAMLI, Tekirdag Namık Kemal University
<b>Editorial Adviser Board</b>	Ayşe GÜL, Ege University Jim HANCOCK, Michigan State University Nasser MAHNA, University of Tabriz Bryan M. JENKIS, California University Peter KISS, Szent Istvan University Ali İhsan ACAR, Ankara University Hristo I. BELOEV, Ruse University Necdet DAĞDELEN, Adnan Menderes University Ünal KIZIL, Çanakkale Onsekiz Mart University Manzoor QADIR, United Nations University Mohammad T. SATTARI, University of Tabriz Erol BAYHAN, Dicle University Mammadova TURANE, Azerbaijan State Agrarian University Mammadova AYTEKİN, Azerbaijan State Agricultural University Gamze SANER, Ege University Mariana IVANOVA, Agribusiness and Rural Development University Alberto POMPO, El Colegio de la Frontera Norte Eugenia BEZIRTZOĞLOU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Songül ÇAKMAKÇI, Atatürk University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuğrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.Rüşti KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GÖKSÖY, Bursa Uludağ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĞAN, Bursa Uludağ University Gürsel DELLAL, Ankara University Horia GROSU, Agr. Sciences and Veterinary Medicine University Türker SAVAŞ, Çanakkale Onsekiz Mart University Ignacy MISZTAL, Breeding and Genetics University Zlatko JANJEČIĆ, Zagreb University
<b>Language Editor</b>	Merve AYDOĞDU ÇELİK, Tekirdag Namık Kemal University
<b>Statistics Editor</b>	İsmet BAŞER, Tekirdag Namık Kemal University

jotaf



# jotaf

Journal of Tekirdağ  
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date

Mayıs / May 2024

Yayıncı/Publisher

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture

Yayın Türü/Type of Publication

Uluslararası Süreli Yayın/International Periodical

Yayın Dili/Type of Language

Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

Yayın Periyodu/Publishing Period

Dört ayda bir Ocak, Mayıs ve Eylül aylarında yayımlanır  
Triannual (January, May & September)

Tarandığı İndeksler/Indexed by

ESCI  
TR DİZİN  
ULAKBİM-Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi)  
SCOPUS  
AGRIS/CARIS (FAO-AGRIS veri tabanı)  
CABI  
EBSCO  
ProQuest

İletişim/Correspondence

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Telefon

+90 282 250 20 00/22 03

Web

<http://jotaf.nku.edu.tr>  
([jotaf-en.nku.edu.tr](http://jotaf-en.nku.edu.tr))  
[dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf](http://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf)  
([dergipark.org.tr/en/pub/jotaf](http://dergipark.org.tr/en/pub/jotaf))

Elektronik posta/E-mail

[ziraatdergi@nku.edu.tr](mailto:ziraatdergi@nku.edu.tr)  
[dboyraz@nku.edu.tr](mailto:dboyraz@nku.edu.tr)

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir.  
Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

Journal of Tekirdag Agricultural Faculty is the official peer-reviewed, international journal of Tekirdağ Namık Kemal University  
Agricultural Faculty. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

jotaf



## İçindekiler / Contents

### Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Development of a Low-Cost Portable Two Row Pea Planter for the Hilly Terrain of Kashmir Valley ..... 561-577  
Muzamil Hamid WANİ, Mohammad MUZAMIL, Jagvir DIXIT, Shahzad FAISAL, Akhtar Ali KHAN
- Ön Lisans Öğrencilerinin Hazır Gıda Tüketim Tercihlerinin Araştırılması: Namık Kemal Üniversitesi Örneği ..... 578-590  
Serap KAYIŞOĞLU, Aysel İÇÖZ
- Current Status of Herbicide Resistance of Wild Oats (*Avena* spp) in Wheat Fields in Mardin and Şanlıurfa Provinces of Türkiye ..... 591-601  
İslam Emrah SÜER, Erdal ATEŞ, Nihat TURSUN, Cumali ÖZASLAN, Ahmet ULUDAĞ
- Which Method Is Better for Preserving Meat and Cheese: Coating Propolis on The Packaging Material or Spraying Directly onto The Food? ..... 602-618  
Ezgi KARPUZ, İbrahim PALABIYIK
- Modeling Drinking Milk Consumption Preferences under Climate Change and the Covid-19 Pandemics Conditions ..... 619-633  
Yavuz TOPCU
- Determination of Consumer Perceptions of Eco-Friendly Food Products Using Unsupervised Machine Learning..... 634-647  
Yusuf ÇAKMAKÇI, Harun HURMA, Cihan ÇAKMAKÇI
- Kullanımda Olan Sera Pülverizatörlerindeki Meme Plakalarının Püskürtme Özelliklerinin Belirlenmesi ..... 648-665  
Mehmet SİVRİ, Murad ÇANAKCI
- The Effect of Wild Mushroom Collection in The Mountains of Strandja on The Economic Development of The People Living in The Region ..... 666-682  
Emine Yılmaz
- Finansal Performansın Derinlemesine İncelenmesi: Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin Du-Pont Analizi Örneği ..... 683-693  
Tayfun VARNALI, Gülen ÖZDEMİR
- Mısır Bitkisinin Gelişimi, Zn ve P Geri Alım Etkinliği Üzerine Farklı Fosfor Ortamlarında Organik ve İnorganik Formlu Çinko Kaynaklarının Etkileri ..... 694-704  
Ayşegül KORKMAZ, Şerife AVCI, Fatma GÖKMEN YILMAZ, Sait GEZGİN
- Arazi Toplulaştırma Projelerinde Yol ve Parsel Yoğunluklarının İncelenmesi ..... 705-721  
Fırat ARSLAN, Hasan DEĞİRMENCİ
- Factor Determining the Smallholder Farmer's Perception on Organic Farming: A Case of Makmur Sejahtera Farmers Group, Batu City, Indonesia ..... 722-731  
Annisa FIRDAUZI, Titik EKOWATI, Agus Subhan PRASETYO, Joko MARIYONO
- Bazı Organik Maddelerin Çilek Bitkisinin Gelişimine ve *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.'nın Neden Olduğu Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı ile Toprakta Mikrosklerot Sayısı Üzerine Etkisi ..... 732-747  
Çiğdem KÖROĞLU, Ayhan YILDIZ
- Influence of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, Indole-3-Butyric Acid and Different Nutrient Medium on In Vitro Sapling Propagation and Micrografting of Walnut (*Juglans Regia* L.) ..... 748-758  
Tuba TÜREN, Şeyda SAVALAN, Elif Ceren PEHLİVAN
- Effects of Nettle (*Urtica dioica*) Extract on Versus Pathogenic Microorganisms in Yogurt Production ..... 759-770  
Barış GÜLHAN, Filiz YANGILAR
- Effect of Suction Heads and Nutrient Solutions on Flow-Rates of Peristaltic Pumps Used in Hydroponics ..... 771-782  
Cafer GENÇOĞLAN, Serpil GENÇOĞLAN



# jotaf

Journal of Tekirdag  
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894



Cilt / Volume 21

Sayı / Issue 3

Mayıs / May 2024

## İçindekiler / Contents

### Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Balıkesir Yöresinden Toplanan Biberiye ve Fesleğen Bitkilerine Ait Uçucu Yağların Antioksidan ve Antimikotik Özelliklerinin Belirlenmesi ..... 783-794  
Merve Nur ASLAN ÖZ, Hasan Murat VELİOĞLU
- Investigation of the Bioaccessibility of Functional Ice Cream with Blueberry Enriched with Whey Protein Gel..... 795-806  
Halime PEHLİVANOĞLU, Zeynep SUNAL, Mustafa YAMAN, Aslı AKSOY
- Investigation of Grain Yield and Biscuit Quality Capacities of Soft Bread Wheat (T. aestivum L.) Advanced Lines ... 807-815  
Sultan ERENLER, Oğuz BİLGİN, Alpay BALKAN\*, Damla BALABAN GÖÇMEN, İsmet BAŞER
- Nutrient Composition and Metabolic Energy of Different Fruit Tree Leaves as Feeding Sources for Ruminants ..... 816-829  
Filiz KOCADAYIOĞULLARI, Mustafa BOĞA, Orhan ERMETİN

jotaf

## Development of a Low-Cost Portable Two Row Pea Planter for the Hilly Terrain of Kashmir Valley

Muzamil Hamid WANI<sup>1</sup>, Mohammad MUZAMIL<sup>2\*</sup>, Jagvir DIXIT<sup>3</sup>, Shahzad FAISAL<sup>4</sup>, Akhtar Ali KHAN<sup>5</sup>

### Abstract


The physical characteristics-size (3.12 – 8.98 mm), shape (1.13 – 1.33), test weight (194.66 – 209.66 g), sphericity (0.80 – 0.81) and engineering properties- bulk density (740.33 – 772.20 kg m<sup>-3</sup>), porosity (22.13 – 30.10 %), angle of repose (42.0 – 43.66°) of commonly grown pea varieties (Arkel, PB-89 and PB-1100) were measured at 8.5 – 9.5 % moisture content to select the design parameters of working components of two row pea planter. The moisture content of the pea varieties ranged from 8.5 – 9.5 per cent. The pea planter comprised of seed hopper, metering disc, handle, furrow opener, row marker and ground wheel. The pea planter was evaluated in terms of variety (Arkel, PB – 89, PB – 1100), metering disc (cup shaped flute metering disc and grooves on periphery metering disc) and depth of seed in the seed hopper (¾, ½ and ¼ full). The optimization of the parameters through response surface methodology (RSD) using design expert 13.0 revealed that operating the pea planter with cup shaped flute metering disc (M1), variety P3 (PB-1100) at ¾<sup>th</sup> depth of seed in the seed hopper resulted in average seeding spacing of 11.37 cm, missing index 3.45%, multiple index 12.46%, quality of feed index 84.08% and rate of work 0.04 hectare per hour. At optimum condition, the efficiency of the developed prototype of two row pea planter was found to be 82.0 percent. The economic analysis through bill of material revealed the cost of the machine as Rs. 1456, operating cost of 84.20 Rs h<sup>-1</sup>, benefit cost ratio of 1.30, break-even point of 0.02 ha and pay back period of 57.77 hours. The low-cost portable pea planter can serve as the panacea to pea sowing in the hilly terrain of Kashmir valley.


**Keywords:** Physicomechanical, Pea, Moisture content, Metering, Sowing, Kashmir


<sup>1</sup>Muzamil Hamid Wani, Division of Farm Machinery and Power Engineering, CoAE&T, SKUAST-K, Shalimar, J&K, India. Email: [muzamilwani.029@gmail.com](mailto:muzamilwani.029@gmail.com)

 OrcID: [0000-0002-9973-9897](https://orcid.org/0000-0002-9973-9897)

<sup>2\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mohammad Muzamil, Division of Farm Machinery and Power Engineering, CoAE&T, SKUAST-K, Shalimar, J&K, India. E-mail: [muzamil4951@gmail.com](mailto:muzamil4951@gmail.com)  OrcID: [0000-0002-1440-2604](https://orcid.org/0000-0002-1440-2604)

<sup>3</sup>Jagvir Dixit, Division of Farm Machinery and Power Engineering, CoAE&T, SKUAST-K, Shalimar, J&K, India. E-mail: [jagvirdixit@gmail.com](mailto:jagvirdixit@gmail.com)  OrcID: [0000-0002-4597-9959](https://orcid.org/0000-0002-4597-9959)

<sup>4</sup>Shahzad Faisal, Division of Processing and Food Engineering, CoAE&T, SKUAST-K, Shalimar, J&K, India. E-mail: [faisalpatna@gmail.com](mailto:faisalpatna@gmail.com)  OrcID: [0000-0001-8034-0563](https://orcid.org/0000-0001-8034-0563)

<sup>5</sup>Akhtar Ali Khan, Division of Entomology, SKUAST-K, Shalimar, India. E-mail: [akhtaralikhhan47@gmail.com](mailto:akhtaralikhhan47@gmail.com)  OrcID: [0000-0002-9984-1859](https://orcid.org/0000-0002-9984-1859)

**Atıf/Citation:** Wani, M. H., Muzamil, M., Dixit, J., Faisal, S., Khan, A. A. (2024). Development of a low-cost portable two row pea planter for the Hilly Terrain of Kashmir Valley. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 561-577.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## 1. Introduction

Garden Pea (*Pisum sativum* L.) is an essential leguminous herbaceous winter vegetable crop grown on a commercial scale possessing socioeconomic, nutritional and health benefits (Falola et al., 2022). Globally, India is the second largest producer of pea, contributing 21 percent with a production of 5452 thousand metric tonnes from an area of 546 thousand hectares (Dhall, 2017). The major peas growing states are Uttar Pradesh, Madhya Pradesh, Bihar, Maharashtra and Punjab. Jammu and Kashmir produces 58080 metric tonnes from 2790 ha of land with a national share of one percent (Horticultural Statistics at a Glance, 2017). The potential of pea cultivation can be ascertained from the fact that one hundred farmers in Patalbagh village of Pulwama district earned fortunes by cultivating the garden pea as commercial crop on 17.7 hectares (350 kanals) of land and sold the produce worth Rs 1.20 crore in that particular year (Wani, 2020). Garden pea is enriched with nutrients essential to fulfil the daily nutrient requirement of the human body, possessing 22.5 % proteins, 62.1 % carbohydrates, 1.8 % fats, 64 mg per 100 g calcium, 4.8 mg per 100 g iron and high percentage of Vitamin A, B and C (Dhall, 2017). The inclusion of pea in the diet can help to cure the anomalies in per capita consumption of 175 grams per day (national average), which is lower than nutritional requirement of 285 grams per day and World Health Organization (WHO) recommended level of 400 grams per day (DOA, 2018).

However, the mechanization level of pea cultivation is abysmal. The initial basic unit operation of sowing/planting that defines the future perspective in terms of yield, growth and development of the plants is still carried out by conventional methods (Abd El-Lattief, 2014). The most common pea seed sowing practice of broadcasting is manifested with low seed placement, spacing inefficiencies (Alan and Ilbi, 2023) and serious back ache for the farmer which induces limitations to the area covered per day. In addition, it is difficult to maintain appropriate seed rate, evenness in inter – row and intra – row distribution of the seeds. The conventional method results in higher production cost, labour and time requirement, besides adversely impacting the crop stand and yield (Hore et al., 2017; Singh, 2014). In some areas, the method of dibbling is used for placement of seeds in holes or slits (Dhall, 2017). However, the cumbersome procedure of punching a hole and drilling a seed in the dibbled hole has compelled to shift towards mechanical single/multi crop planters. However, the power operated single and multicrop seeders/planters are mainly designed for plain areas with less adaptability in hilly areas owing to small land holdings, undulating topography, high cost (Singh and Vatsa, 2007) and lack of suitable power source (Singh et al., 2017).

Ergonomically, the planters imported from other areas are not suitable for the labourers localized in the hilly terrain of Jammu and Kashmir. The usage of such machines results in high drudgery, with high inclination to induce occupational health hazards that can prove detrimental to the health of agricultural labourers. It is, therefore, imperative that the design of the agricultural machinery must be location specific, ergonomically efficient and catering to the characteristics of the crop and labourers for efficient performance (Jouki and Khazaei, 2012). The involvement of appropriate mechanical interface can help to practice intensive agriculture and improve the production level from existing land and augmentation in input use efficiency of scarce farm resources (Shah et al., 2010). The engineering parameters has already been utilized at laboratory conditions (Mohammad, 2010) for seed metering device (Jadhav et al., 2020), planter design (Soyoye et al., 2018), harvesting machinery (Muzamil et al., 2016; Muzamil et al., 2021), agro-waste management machinery (Muzamil et al., 2013; Muzamil et al., 2015), willow wicker peeling machine (Malik et al., 2023), walnut grading (Rashid et al., 2023) and apple grading system (Muzamil et al., 2018b).

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Market Share

The analysis with the help of surveyed data revealed that pea varieties - Arkel, PB-89 and PB-1100 occupies maximum share in the market. Accordingly, the varieties were procured from seed processing centre, Division of vegetable sciences, SKUAST – K, Shalimar, Srinagar, J&K, India. The physical characteristics and engineering properties of the pea seeds relevant to the design of the pea planter were measured using standard procedures (*Table 1*).

#### 2.1.1. Moisture content (percent)

A standard gravimetric procedure was used to assess the moisture content of the pea varieties (Arkel, PB-89, PB-1100). Three samples of pea seeds from each variety were weighed and placed in a hot air oven (Mohi ud din

et al., 2022). The temperature of the oven was maintained at 105° for 24 hours. The samples were placed in desiccator and samples were weighed again for the determination of moisture content (Sonboier et al., 2018).

$$\text{Moisture content} = \frac{W - W_0}{W} \quad (\text{Eq. 1})$$

Where, w = Weight of the seed sample before drying (g)

w<sub>0</sub> = Weight of oven dried seed sample (g)

## 2.2. Physical characteristics of pea seeds

### 2.2.1. Tri-axial dimensions/size

Three kilograms of pea seeds each of Arkel, PB-89, PB-1100 were used for the study. The tri-axial dimensions in terms of length (L), width (W) and thickness (T) of hundred randomly selected pea seeds were measured with the help of digital Vernier Calliper (Jadhav et al., 2020) possessing an accuracy of 0.01 mm, *Figure 1*.

### 2.2.2. Shape

The shape of the pea seeds was measured by the ratio of length (L) and width (W), also termed as eccentricity index (Kumar et al., 2017). The eccentricity index is interrelated with aspect ratio of pea seeds.

$$\text{Eccentricity index} = \text{Aspect ratio} = \frac{\text{Major axis}}{\text{Minor axis}} = \frac{\text{Length}}{\text{Width}} \quad (\text{Eq. 2})$$

### 2.2.3. Sphericity

Sphericity indicates the closeness to the sphere shape of equal volume. It is influenced by the estimation of geometric mean ratio (Jouki and Khazaei, 2012; Mohsenin, 1986).

$$\text{Sphericity} = \frac{\text{Geometric mean}}{\text{Length}} = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (\text{Eq. 3})$$

### 2.2.4. Test Weight (gram)

Test weight serves as representative of hopper design as it determines the ability of the seed hopper to work for long hours without refilling. The test weight was determined randomly by selecting 1000 pea seeds of each pea variety and weighing on electronic weighing balance with accuracy of 0.001g. The intention was to design the seed hopper to accommodate pea seeds for at least 1 kanal (506.07 m<sup>2</sup>) of land for a single fill.

## 2.3. Engineering properties of pea seeds

### 2.3.1. Bulk density (kg m<sup>-3</sup>)

A sample of pea seeds from each variety was weighed on an electronic balance with an accuracy of 0.001 g. The weighed sample of pea varieties was placed in a graduated container of volume 500 ml. The bulk density was evaluated by the ratio of mass of the pea seeds to the volume occupied (Mohsenin, 1986).

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{Bulk weight of pea seeds (kg)}}{\text{Volume of pea seeds (m}^3\text{)}} \quad (\text{Eq. 4})$$

### 2.3.2. True density (kg m<sup>-3</sup>)

The true density of pea seeds was determined by toluene displacement method (Sonboier et al., 2018). A sample of seeds from each of the three varieties was weighed on an electronic balance with an accuracy of 0.001g. The weighed seed sample was immersed in a container filled with toluene of known volume. The displacement in the volume of toluene due to filling of seed sample was measured and recorded giving the true volume of the pea seeds (without voids).

$$\text{True density} = \frac{\text{Mass of pea seeds (kg)}}{\text{Volume of liquid displaced (m}^3\text{)}} \quad (\text{Eq. 5})$$



### 2.3.3. Porosity (percent)

The porosity is the measure of unconsolidated mass of pea seeds. The measurement of the porosity of pea seeds was imperative to accommodate the voids in the design of seed hopper. Moreover, porosity is the function of bulk and true density (Mohsenin, 1986)

$$Porosity = \frac{True\ density - Bulk\ density}{True\ density} \times 100 \quad (Eq. 6)$$

### 2.3.4. Angle of repose (degree)

The angle of repose is related with the flowing ability in the seed hopper. The Angle of repose was determined by allowing the pea seeds (Arkel, PB-89, PB-1100) to form a regular heap by dropping the seeds over a smooth horizontal surface (Sonboier et al., 2018). The heap was left undisturbed, the height (h) and base (r) of the cone (heap) was measured, Figure 2.

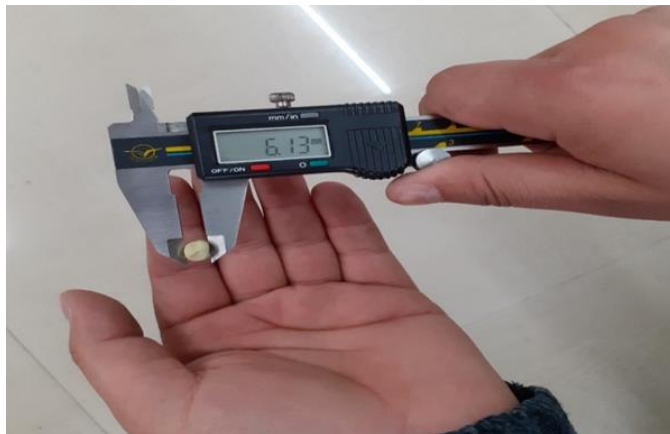
$$Angle\ of\ repose, \phi = \tan^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) \quad (Eq. 7)$$

## 2.4. Development of pea planter

The pea planter comprised of seed hopper, metering disc, handle, main frame, furrow opener, seed tube, ground wheel and covering device, Figure 3. The main frame was placed as the junction to accommodate all other components, Table 2. The main frame was attached with the handle to push the pea planter in the forward direction. The position and dimensions were decided ergonomically based on elbow height and maximum pushing position. The ergonomic parameters were used to include majority of the population involved in pea cultivation. The volume of the seed hopper was decided on the basis of weight of the seeds and bulk density. The number of flutes on the metering judges was calculated using diameter of the ground wheel (D), gear ratio (i) and recommended seed-seed spacing (x) for pea cultivation.

$$Volume\ of\ seeds, mm^3 = \frac{Weight\ of\ seeds\ to\ be\ filled, W_s}{Bulk\ density\ of\ seeds, \gamma_s} \quad (Eq. 8)$$

$$Number\ of\ flutes\ on\ the\ metering\ disc = \frac{\pi \times D}{i \times x} \quad (Eq. 9)$$



**Figure 1. Measurement of tri-axial dimensions of Arkel, PB – 89 and PB – 1100**

**Table 1. Engineering properties of Pea seeds relevant to the design of pea planter**

Property	Parameter	Instrument	Used for	Reference
	Moisture content	Hot air oven	Identification of material for better interaction between seed and material	(Jayan and Kumar, 2004; Sonboier et al., 2018)
Physical	Size	Vernier Calliper	Diameter of the seed picking flutes/cups of the metering mechanism	(Jadhav et al., 2020)
	Shape		Shape and depth of the seed picking flutes/cups	(Kumar et al., 2017)
	Sphericity		Picking of seeds from the seed hopper	(Mohsenin, 1986)
	Test Weight	Digital weighing balance	Shape and volumetric capacity of feeding hopper	(Jayan and Kumar, 2004)
Mechanical	Bulk density	Electronic balance	Design of seed hopper, seed tube and metering disc.	(Mohsenin, 1986)
	True density		Seed hopper capacity	(Sonboier et al., 2018)
	Porosity		Void space and capacity of seed hopper	(Mohsenin, 1986)
	Angle of repose		Slope of feed hopper for proper picking	(Jayan and Kumar, 2004; Sonboier et al., 2018)

**Table 2. Design values of individual components of the pea planter**

S. No.	Components	Parameters	Values	Design Value
1.	<b>Seed hopper</b>	Angle of repose (°) Weight (g) Bulk density (g mm <sup>-3</sup> )	41–43 1000 0.00075	Cuboidal – 152.4 × 139.7 × 76.2 mm Volume – 1622.3 cm <sup>3</sup>
2.	<b>Metering discs</b>	Size (mm) Sphericity Ground wheel diameter (mm) Seed spacing (mm)	(5.10 – 7.84) 0.80 – 0.81 355.0 120	Diameter – 152.4 mm No. flutes = 8 Flute diameter = 15 mm Flute depth = 15 mm
3.	<b>Furrow openers</b>	Soil type	Clay loam Stony or root infested soils	88.9 × 38.1 mm
4.	<b>Furrow closer</b>	–	–	400 × 300 mm
5.	<b>Ground wheels</b>	–	–	Diameter 355 mm
6.	<b>Handle</b>	Standing elbow height (mm) Elbow-Elbow breadth (mm) Internal grip diameter (mm)	949 – 1137 510 33	Height: 1150 – 1350 mm Width: 609.6 mm Diameter = 30 mm



Figure 2. Determination of angle of repose by heap of seeds method

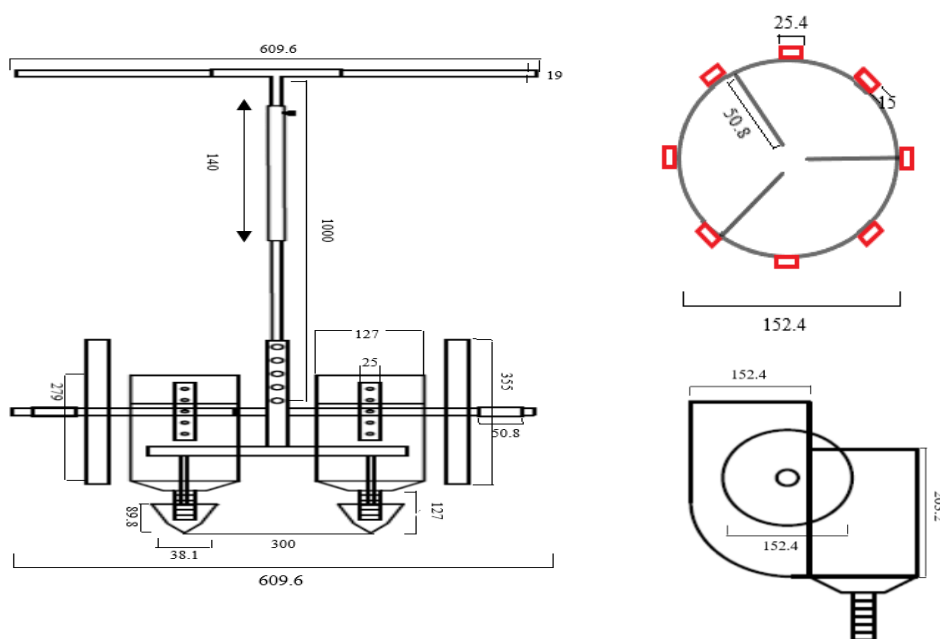


Figure 3. Isometric Dimensional overview of two row pea planter

### 2.5. Evaluation of developed pea planter

The performance of the developed prototype of pea planter was carried out as per plan of experiment in actual field conditions, *Table 3*. The pea planter was tested in terms of pea varieties (Arkel, PB-89 and PB-1100), metering mechanism (Metering disc with cup shaped flutes, Metering disc with grooves on the periphery) and depth of seed in the seed hopper ( $\frac{3}{4}$ <sup>th</sup>,  $\frac{1}{2}$ <sup>nd</sup> and  $\frac{1}{4}$ <sup>th</sup>). The responses were measured in terms of average seed spacing (cm), missing index (%), multiple index (%), quality of feed index (%), rate of work ( $\text{ha h}^{-1}$ ), field efficiency and mechanical damage to seeds (%). Each experimental trial was carried out on of 25 m<sup>2</sup> area. The force required to push the planter in forward direction was measured with help of spring dial gauge. The cost assessment was carried out in terms of operating cost, benefit-cost ratio, breakeven point and payback period.

**Table 3: Plan of experiment for evaluating the developed prototype**

Type	Parameters	Levels	Code	Responses	Reference
Performance Evaluation	Pea Varieties	3 (Arkel, PB-89 and PB-1100)	P1, P2 and P3	• Avg. Seed Spacing (cm)	(Malla et al., 2022)
	Metering Mechanism	2 (Metering disc with cup shaped flutes, Metering disc with grooves on the periphery)	M1 and M2	• Missing Index (%) • Multiple Index (%) • Quality of feed Index (%) • Rate of work (ha h <sup>-1</sup> ) • Field efficiency	
	Depth of Seed in the Seed Hopper	3 (¾ <sup>th</sup> , ½ <sup>nd</sup> and ¼ <sup>th</sup> )	D1, D2 and D3	• Mechanical Damage to seeds (%)	
Economic Assessment	•	• Cost of the pea planter • Operating cost of pea planter • Benefit-cost ratio • Breakeven point • Payback period			(Mohiuddin et al., 2022; Muzamil et al., 2018b)

**2.6. Determination of performance parameters**

**2.6.1. Average seed spacing (cm)**

The ability of the metering unit of the pea planter was measured in terms of average seed spacing with the help of measuring ruler, Figure 6. A total of 15 readings were recorded for each treatment combination.

**2.6.2. Missing Index (*I<sub>miss</sub>*), Per cent**

The missing index defines the empty slots that should have been occupied by the pea seeds. The metering unit of the pea planter was designed to collect the seeds from the seed hopper and deliver in the seed tube. The intention was to reduce the missing percentage of the seeds in the rows.

$$I_{miss} = \frac{n_1}{N} \tag{Eq. 10}$$

Where,

- n<sub>1</sub> = number of spacing >1.5 S
- N = total number of measured spacing.
- S = plant to plant spacing, cm

The recommended seed to seed spacing for pea crop is about 12 cm. A total of fifteen readings were measured for each treatment combination and spacing greater than 18 cm i.e. 1.5 x 12 cm were counted as missing index (Yasir et al., 2012).

**2.6.3. Multiple Index (*I<sub>mult</sub>*), Per cent**

Multiple index defines the multiple droppings of the seed at a particular spot, Figure 6. It was calculated as the percentage of spacings that are less than or equal to half of the set plant spacing of 12 cm.

$$I_{mult} = \frac{n_2}{N} \tag{Eq. 11}$$

Where,

- n<sub>2</sub> = number of spacing ≤ 0.5 S
- S = plant to plant spacing, cm

It was calculated in the similar manner as that of missing percentage of pea seeds in a row. Fifteen readings were analysed and spacing less than or equal to 6 cm i.e. 0.5×18 cm was counted as multiple index (Yasir et al. 2012).

#### 2.6.4. Quality of feed index (QFI), Per cent

The quality of feed index refers to the percentage of spacing that is more than half i.e. 6 cm but not more than 1.5 times (18 cm of theoretical spacing of 12 cm). The quality of feed index is a function of both missing as well as multiple index (Yasir et al. 2012).

$$QFI = 100 - (I_{miss} + I_{mult}) \quad \text{(Eq. 12)}$$

#### 2.6.5. Rate of work (ha h<sup>-1</sup>)

The rate of work is the ratio of actual area covered (ha) in the field per hour (Bamgboye and Mofolasayo, 2006).

$$\text{Rate of work, ha h}^{-1} = \frac{\text{Area covered}}{\text{Actual time}} \quad \text{(Eq. 13)}$$

#### 2.6.6. Field efficiency (%)

The field efficiency relates the theoretical and actual field capacity of the pea planter. It was calculated by the ratio of the effective field capacity to the theoretical field capacity (Bamgboye and Mofolasayo, 2006).

$$\text{Field Efficiency } (\eta) = \frac{\text{Effective field capacity (ha h}^{-1}\text{)}}{\text{Theoretical field capacity (ha h}^{-1}\text{)}} \times 100 \quad \text{(Eq. 14)}$$

#### 2.6.7. Mechanical damage to seeds (%)

The metering unit was intended to pick up the seed from the seed hopper and deliver in the furrow. While passing through the metering unit, the seeds undergo mechanical damage. The mechanical damage to the pea seeds was carried out by visual inspection (Ani et al., 2016). The percentage of damage caused to pea seeds was calculated by the following formula:

$$\text{Damage percentage} = \frac{T_{nsb}}{T_{nsp}} \quad \text{(Eq. 15)}$$

Where, T<sub>nsb</sub> = total number of seeds broken

T<sub>nsp</sub> = total number of seeds planted

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Physical and engineering properties of pea seeds relevant to design of pea planter

The physical and mechanical parameters of pea seeds were used to decide the capacity of the seed hopper, size of flutes in the metering mechanism, flow ability of seeds from the seed hopper towards the metering unit, travel speed of the seeds through the seed tube and sticking ability of the seeds.

##### Physical properties:

**Moisture content (percent):** The moisture content determines the ability of the seeds to stick together. The mean moisture content (wet basis) of Arkel, PB-89 and PB-1100 was found to be 9.50 ± 0.5 %, 8.50 ± 0.5 % and 9.33 ± 0.57 %, respectively, Table 4. The angle of repose for Arkel, PB-89 and PB-1100 were found to be 42.00°, 43.66° and 41.66°, respectively. The values were close to 45-degree standard that causes the free flow of the materials from the inclined surface. The average angle of repose for different varieties was found to be 42.44° ± 0.71.

**Table 4: Moisture content of pea varieties**

Parameter	Arkel	PB-89	PB-1100
Moisture content	9.50 ± 0.50	8.50 ± 0.50	9.33 ± 0.57
Angle of repose	42.00 ± 1.00	43.66 ± 0.57	41.66 ± 0.57

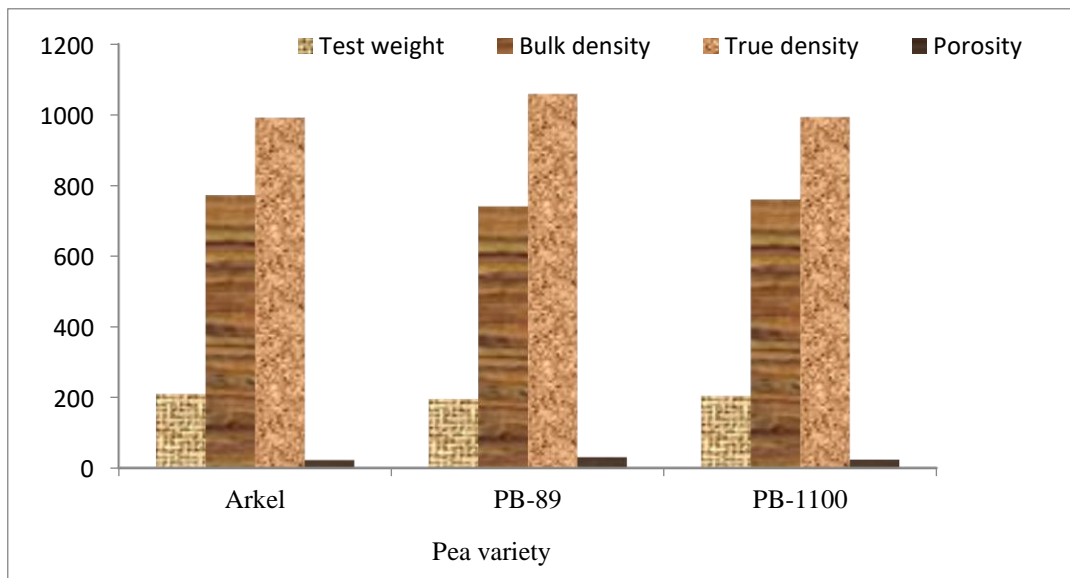
**Tri – axial dimensions of Arkel, PB-89 and PB-1100:** The average length (mm), width (mm), thickness (mm) and shape of Arkel was found to be 7.84 ± 0.53, 6.21 ± 0.58, 5.42 ± 0.64 and 1.27 ± 0.11, Table 5. The sphericity

was found to be  $0.80 \pm 0.04$ . The results depicted that Arkel seeds are more or less spherical and cup type metering mechanism may help to collect the seeds from the seed hopper efficiently. In case of PB – 89, the average length (mm), width (mm), thickness (mm) and shape was found to be  $7.61 \pm 0.50$ ,  $6.02 \pm 0.48$ ,  $5.37 \pm 0.44$  and  $1.27 \pm 0.11$ . The seeds of PB – 89 were more spherical than Arkel and sphericity was found to be  $0.81 \pm 0.03$ . The closeness to the sphere hinted that a metering disc with cup shaped flutes can work to meter the seeds precisely. The seeds of PB – 1100 were similar to Arkel with sphericity of  $0.80 \pm 0.04$ . The average length (mm), width (mm), thickness (mm) and shape of PB-1100 was found to be  $7.41 \pm 0.51$ ,  $6.04 \pm 0.53$ ,  $5.10 \pm 0.56$  and  $1.23 \pm 0.11$ , respectively. The results were in consonance with average length, width and thickness as 8.50 – 10.20 mm, 6.50 – 8.50 mm and 4.00 – 5.10 mm at moisture content of 20 % and 5.37 - 6.24 mm, 4.97 - 5.67 mm, 4.06 - 4.60 mm at 63.5 % (Sonboier et al., 2018).

**Test Weight (gram):** The test weight is essential to decide the capacity of a seed hopper. The capacity of the seed hopper was decided in such a manner that at least 1 kanal (506.07 m<sup>2</sup>) of land was covered in one fill. The activity was expected to reduce the time lag in between the refilling of the seed hopper, which in turn, suffice the condition for enhancing the efficiency of the seed sowing operation. The mean test weight of Arkel, PB-89 and PB-1100 were found to be 209.66 g, 194.66 g and 203.66 g respectively, *Figure 4*.

**Engineering properties:**

**Bulk density, True density and Porosity:** The bulk density is essential to determine the mass of seeds occupied per unit of volume of seed hopper. The pore space is usually covered with factor of safety component. The mean bulk densities of Arkel, PB – 89 and PB – 1100 were found to be 772.20, 740.33 and 760.00 kg m<sup>-3</sup> respectively. The mean true density of Arkel, PB-89 and PB-1100 was found to be 991.66, 1058.66 and 993.00 kg m<sup>-3</sup>, respectively. The overall mean value of true density of selected three varieties was found to be 1014.44 kg m<sup>-3</sup> along with the standard deviation of 53.39, *Figure 4*. The porosity was intended to cover the pore space that would add additional space to the seed hopper. The mean value of porosity of Arkel, PB-89, PB-1100 were found to be 22.13, 30.10 and 23.46 %, respectively. The overall mean value of porosity for selected pea varieties was found to be 25.23 % along with the standard deviation of 4.31.



\*each value indicates mean of 3 replications

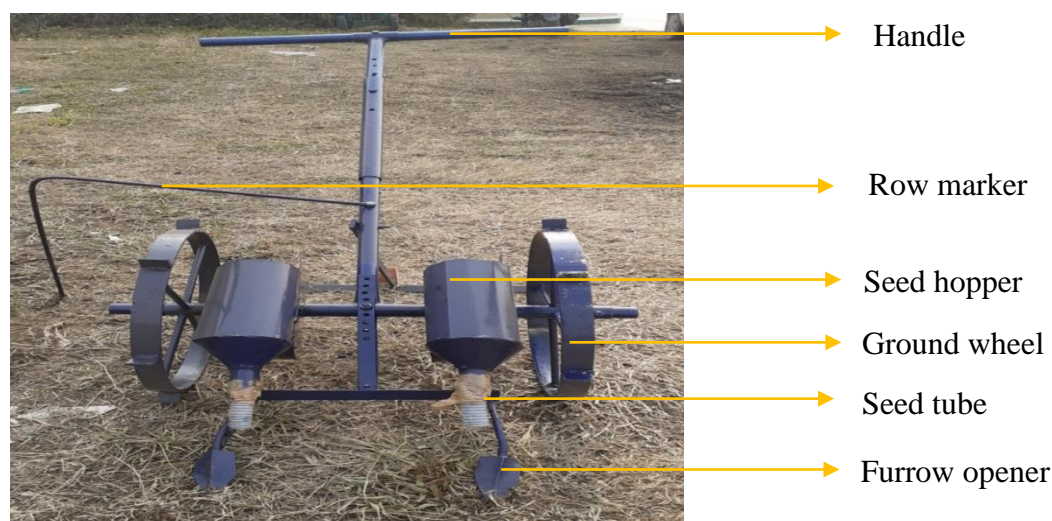
*Figure 4. Isometric Dimensional overview of two row pea planter*

**3.2. Two row Pea planter**

The pea planter comprised of main frame seed hopper, metering mechanism, handle, furrow opener, ground wheel and row marker, *Figure 5*. The design values were selected for each component on the basis of physical, engineering properties of pea seeds and mathematical calculations, *Table 2*. The seed hopper was made from 20 – gauge mild steel in rectangular shape with lower end rounded to ensure easy picking of seeds by the flutes/cups of

the metering discs. Accordingly, the dimensions of the seed hopper were fixed as 152.4 mm height, 139.7 mm breadth and height of 76.2 millimetre, to obtain the capacity of 1622.3 cm<sup>3</sup>, sufficient to cover an area of one kanal (506.07 m<sup>2</sup>) land area. The angle of repose was kept at 45°, slightly higher than angle of repose of pea seeds. The seed hopper was coupled with seed delivery system, comprising of a seed receiving cup, delivery funnel and seed tubes. The seed receiving cup and delivery funnel was made from 20 – gauge mild steel sheet and a low-cost PVC pipe was used for seed delivery tube. On each metering disc, eight flutes/cups were installed. The flutes were made from 8 mm round iron, which was cut into 8 flutes of 25.4 mm length. The flutes were 15 mm in diameter and depth to adjust at least two pea seeds, welded on the periphery of the iron disc in the parallel direction to ensure easy picking of seeds. Eight grooves were made on the periphery of the disc with each groove equidistant (60 mm) from each other.

The handle was provided to apply the push force and to steer the planter in the proper direction. The height of handle was decided based on the average standing elbow height 949 – 1137 mm for Kashmiri laborers (Dixit and Namgial., 2012; Muzamil et al., 2018a). The height was made adjustable to accommodate 200 mm more vertically with the help of nut and bolts to cover the differences in height of operators. The handle was made from 300 mm GI pipe based on internal grip diameter of 5<sup>th</sup> percentile of female workers and vertical adjustment was provided with GI pipe of 31 mm. The total extendable height of the handle was kept at 1150 – 1350 mm. The width of handle was decided on the basis of elbow – elbow breadth of 95<sup>th</sup> percentile of humans and was kept as 609.6 mm. The force required to move the planter in forward direction was 12 kgf. While operating the planter at the field, it was necessary to mark the area or provide a demarcating surface so as to avoid the repetition. The row marker was installed to maintain row – row spacing in the field. It was fabricated from 8 mm round iron of 1000 mm length and bent at 400 mm length. All the accessories were mounted on the main frame made from GI pipes, 25 mm and 20 mm diameter. The main frame was ‘I’ shaped to provide strength, reliability and distribute forces uniformly



*Figure 5. Developed prototype of two row pea planter*



*Figure 6. Measurement of average seed spacing and multiple seed index*

Table 5: Tri-axial dimension of selected pea varieties relevant to the design of pea planter

Variety	Arkel					PB-89					PB-1100				
S. No.	Length	Width	Thickness	Shape	Sphericity	Length	Width	Thickness	Shape	Sphericity	Length	Width	Thickness	Shape	Sphericity
1	8.38±0.44	6.61±0.52	5.41±0.67	1.28±0.12	0.78±0.03	7.66±0.34	6.05±0.56	5.37±0.46	1.28±0.11	0.80±0.01	7.93±0.62	6.25±0.61	5.05±0.44	1.27±0.10	0.78±0.04
2	8.08±0.47	6.32±0.63	5.71±0.45	1.29±0.12	0.80±0.04	7.99±0.65	6.23±0.83	5.17±0.45	1.29±0.09	0.78±0.03	7.62±0.35	6.23±0.53	5.42±0.45	1.23±0.10	0.82±0.04
3	7.97±0.41	6.58±0.59	4.99±0.67	1.22±0.10	0.79±0.05	7.70±0.37	5.97±0.32	5.41±0.44	1.29±0.09	0.80±0.03	7.51±0.62	6.03±0.51	5.09±0.63	1.25±0.10	0.80±0.04
4	8.04±0.70	6.15±0.50	5.55±0.51	1.31±0.12	0.80±0.06	7.51±0.66	6.07±0.40	5.41±0.51	1.24±0.13	0.82±0.06	7.54±0.16	5.71±0.36	4.88±0.40	1.33±0.10	0.77±0.02
5	7.78±0.46	6.06±0.52	5.51±0.51	1.29±0.08	0.80±0.03	7.58±0.34	6.28±0.41	5.33±0.34	1.21±0.11	0.82±0.04	7.22±0.32	6.13±0.40	4.91±0.43	1.18±0.10	0.82±0.05
6	7.85±0.46	6.13±0.49	5.56±0.45	1.29±0.12	0.81±0.03	7.62±0.50	5.97±0.31	5.32±0.51	1.28±0.09	0.80±0.03	7.22±0.49	5.99±0.46	4.99±1.07	1.21±0.09	0.81±0.07
7	7.76±0.49	6.50±0.67	5.50±0.61	1.20±0.11	0.82±0.04	7.60±0.56	6.03±0.35	5.47±0.49	1.27±0.14	0.82±0.03	7.24±0.61	5.83±0.48	4.93±0.34	1.25±0.09	0.80±0.04
8	7.65±0.34	6.01±0.32	5.49±0.68	1.28±0.09	0.81±0.03	7.69±0.47	6.07±0.65	5.56±0.38	1.28±0.11	0.81±0.03	7.53±0.42	6.69±0.49	5.22±0.47	1.13±0.08	0.84±0.05
9	7.32±0.40	6.13±0.45	5.32±1.02	1.20±0.12	0.83±0.07	7.44±0.51	5.66±0.28	5.17±0.34	1.32±0.13	0.80±0.06	7.28±0.44	5.89±0.38	5.19±0.53	1.24±0.11	0.82±0.06
10	7.59±0.52	5.69±0.64	5.16±0.66	1.34±0.10	0.78±0.03	7.37±0.47	5.87±0.41	5.51±0.48	1.26±0.12	0.83±0.04	7.10±0.46	5.69±0.52	5.32±0.55	1.26±0.13	0.83±0.05
<b>Avg.</b>	7.84±0.53	6.21±0.58	5.42±0.64	1.27±0.11	0.80±0.04	7.61±0.50	6.02±0.48	5.37±0.44	1.27±0.11	0.81±0.03	7.41±0.51	6.04±0.53	5.10±0.56	1.23±0.11	0.80±0.04
<b>CV</b>	6.76	9.33	11.8	8.66	5.0	6.57	7.97	8.19	8.66	3.70	6.88	8.77	10.9	8.94	5.0

\*Each value indicates mean of 3 replications



### **3.3. Evaluation of two row pea planter**

#### **3.3.1. Effect of Pea varieties, metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper on average seed spacing (cm)**

Uniform seed to seed and row to row spacing is imperative to provide hassle free access to intercultural equipment's in order to reduce weed growth and ensure distribution of nutrients to the plants for higher yield (Kumar et al. 2018). The results revealed that average seed spacing increased with an increase in the depth of seeds in the seed hopper from D1 to D3 in both the metering discs M1 and M2. In case of cup shaped metering mechanism M1, the lowest average seed spacing of 11.24 cm was associated with treatment combination D1 P2 while maximum value of 24.43 cm with D3P3. In case of metering mechanism with grooves on the periphery M2, the minimum value of 13.13 cm occurred at D1P2 while maximum value of 29.42 cm was recorded at D3 P1, *Figure 7*. The reason can be attributed to the fact that collection of seeds from the seed hopper was much smoother with D1. As the depth of the seed in the seed hopper decreased to D3, the angle provided in the metering disc was not sufficient to pick the seeds. The metering disc with cup shaped flutes (M1) was able to pick up the seeds from the seed hopper better than metering disc with grooves on its periphery (M2) owing to its sweeping action (Swapnil et al., 2017). The statistical analysis revealed that the effect of pea varieties, metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper was significant at 5 % level of significance. The interaction of metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper was also found to be significant. The CD (critical difference) value for varieties was found to be 0.193 and that of interaction between metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper was found to be 3.257.

#### **3.3.2. Variation in missing index (%)**

The missing index is an indicator of number of seeds missed per drop. The results revealed that missing index increased with increase in the depth of seeds in the seed hopper from D1 to D3. For metering mechanism M1, the minimum mean value for missing index was 2.22 % with P3 pea variety at D1 While the maximum mean value was 62.22% with P1 pea variety at D3 depth of seeds in the seed hopper. In case of Metering mechanism M2, the lowest value for missing index was 11.10 % for P1 and D1 while the highest value 80.00 % was for P3 and D3, *Figure 8*. The main reason was the inability of the metering discs to collect the seeds at lower depth. The picking efficiency of the metering disc M1 was better than metering mechanism M2 owing to the shape of flutes slanting outward from the outer periphery. The missing percentage was lower than 13.43 % (Rabbani et al., 2016) and 20% (Yasir et al., 2012). The statistical analysis revealed that there was a significant effect of metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper on missing index at 5% level of significance. The CD value for metering mechanism was found to be 2.683 and that of depth of seeds in the seed hopper was found to be 8.035.

#### **3.3.3. Change in multiple index (%)**

The multiple index shows the clustering of seeds per drop. The results revealed that multiple index decreased with decrease in the depth of seeds in the seed hopper. In case of Metering disc with cup shaped flutes, the minimum value for multiple index was found to be 2.22 % for P3 and D3 While maximum value was found to be 13.33 % for all pea varieties and at D1, *Figure 9*. For metering disc with grooves on periphery, the lowest value (0.00%) was observed for all the three varieties and at D3 while the highest value (13.33%) was observed for P1, P2 and at D1. The metering mechanism M1 showed more multiple seeds per drop than M2 owing to its better shape of flutes for picking up multiple seeds at time. The statistical analysis revealed that there was a significant effect of metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper on missing index at 5% level of significance. The CD value for metering mechanism was found to be 1.834 and that of depth of seeds in the seed hopper was found to be 4.119. The comparative analysis of metering discs with respect to performance indices (missing index and multiple index) revealed that cup shaped flute metering disc (M1) resulted in lower missing percentage in comparison to grooves on periphery metering disc (M2), respectively. The missing percentage jumped from 5.18 to 12.6 at D1 depth of the seed in the seed hopper as the metering disc was changed from M1 to M2. A similar trend was observed with D2 and D3. The multiple index at D1 was found to be numerically similar for both metering discs. However, as the depth was reduced to D2, the multiple percentage showed a significant drop from 9.62 to 3.7, signifying that M2 was able to pick the seeds better than M1. A similar pattern was observed at D3.

### 3.3.4. Influence of independent parameters on quality of feed index (%)

The quality of feed index shows the closeness of the seeds delivered from the seed hopper to the furrow in relation to the recommended seed spacing. It is a function of both missing as well as multiple indices. The quality of feed index decreased with decrease in the depth of seeds in the seed hopper, *Figure 10*. The lowest value for quality of feed index (20.00 %) was observed for P3 pea variety, M2 and D3 while the highest mean value for quality of feed index was 84.45% for P3 pea variety, M1 and D3, *Fig. 10*. The results revealed that more depth of seeds in the seed hopper resulted in higher quality of feed index. The statistical analysis revealed that there was a significant effect of interaction between metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper at 5% level of significance. The CD value for interaction between metering mechanism and depth of seeds in the seed hopper was found to be 1.33. The quality of feed index was within 74.75-94.04% range of pneumatic precision seed metering mechanism (Yasir et al., 2012).

### 3.3.5. Rate of work and Field efficiency

The rate of work indicates the area covered in the field per unit time. The results from the field experiments revealed that the time taken to sow/plant the experimental plot of 25 m<sup>2</sup> was 180 seconds. The rate of work or the effective field capacity was found to be 0.05 hectare per hour. However, when the pea planter was operated on moist soil, the rate of work decreased to 0.04 ha h<sup>-1</sup> ostensible due to more time to complete the experimental unit. The rate of work for single row maize planter was 0.04 ha h<sup>-1</sup> (Ikechukwu et al. 2014), 0.12 ha h<sup>-1</sup> push type maize planter (Rabbani et al., 2016) and 0.27 ha h<sup>-1</sup> vertical plate maize seed planter (Ani et al., 2016). Field efficiency is a function of the rate of work. It was observed that minimum mean value for field efficiency was 66.67 %, when the planter was operated on moist soil and maximum value as 83.33 % at dry field conditions, respectively.

### 3.3.6. Mechanical damage to seeds (%)

The mechanical damage to seeds indicates an injury to the seed surface while metering the seeds or delivering the seeds in the furrow. The mechanical damage of the seeds was found to be associated with metering mechanism and not directly related with other parameters. In case of metering mechanism M1, the visible mechanical damage to seeds was negligible. However, in case of M2, a mechanical damage of 2.63 % was observed at  $\frac{3}{4}$  depth of seeds in the seed hopper for all the three varieties. A mechanical damage of 1.71 % in vertical plate seed planter (Oduma et al., 2014) and 9.7, 7.5 and 3.4 % for gingelly, kuakkan and maneri (Alwis, 2004) provided a logical comparison with the 2.63 % mechanical damage in pea planter.

### 3.4. Optimization of operational parameters

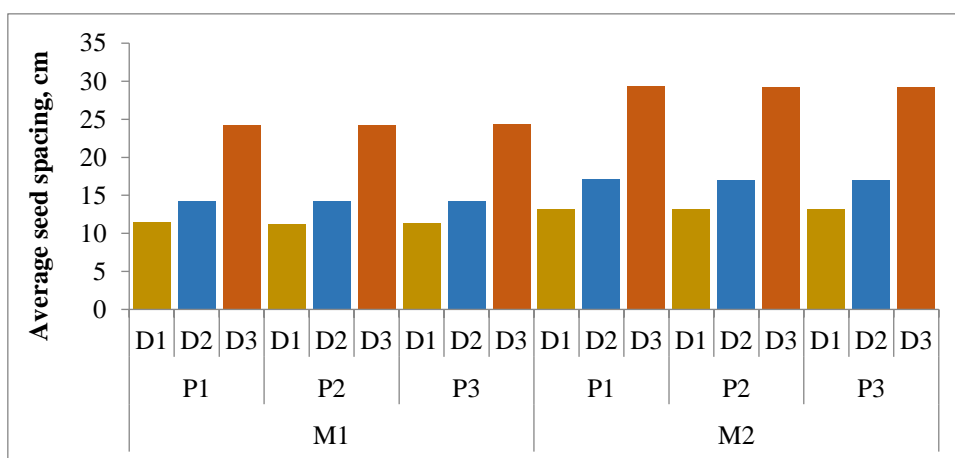
The numerical optimization of variables was carried out by using Design expert 13.0 version. The main objective was to ensure uniform seed and row spacing, minimize missing index, multiple index and mechanical damage to seeds, maximize quality of feed index, rate of work and field efficiency, *Table 6*. The analysis of the response parameters revealed that operating the pea planter with PB – 1100 (P3) variety at  $\frac{3}{4}$ th depth of seeds in the seed hopper (D1) and cup shaped metering disc (M1) resulted in average seed spacing of 11.37 cm, missing index of 3.45 %, multiple index of 12.46%, quality of feed index of 84.08 %, rate of work 0.04 ha h<sup>-1</sup> and 82.09 % field efficiency, *Table 6*. The overall desirability was 0.82.

### 3.5 Cost assessment

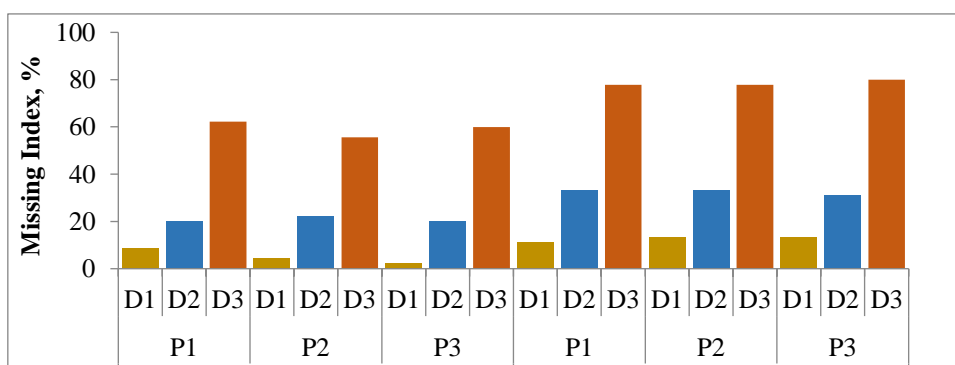
The cost analysis was carried out in terms of operating cost, benefit-cost ratio, breakeven point and payback period. The bill of material revealed that cost of the two-row pea planter was Rs. 1456 with operating cost of Rs. 84.2 per hour, *Table 6*. The benefit-cost ratio was calculated as 1.30:1, showing a tilt towards profitability and sustainability. The breakeven point and payback period was recorded as 0.02 ha and 57.77 hours, respectively.

**Table 6. Optimization of operational parameters of two row pea planter**

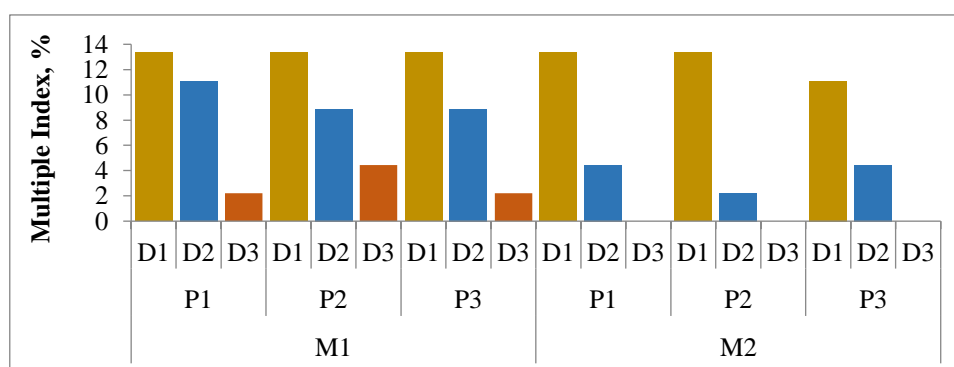
Variety: P3 Metering mechanism: M1 Depth of seed: D1	Avg. seed spacing, mm	Missing Index	Multiple Index	QFI, %	Rate of work, ha h <sup>-1</sup>	Field efficiency
	11.37	3.45	12.46	84.08	0.04	82.09
	Desirability					0.82
Cost of two row pea planter, Rs	Operating cost, Rs h <sup>-1</sup>	Benefit-cost ratio	Breakeven point, ha	Payback period, hour		
1456	84.2	1.30:1	0.02	57.77		



**Figure 7. Variation in average seed spacing with depth of seed in seed hopper and pea variety**



**Figure 8. Change in missing index with independent parameters**



**Figure 9. Variation in multiple index with depth of seed in seed hopper and pea variety**

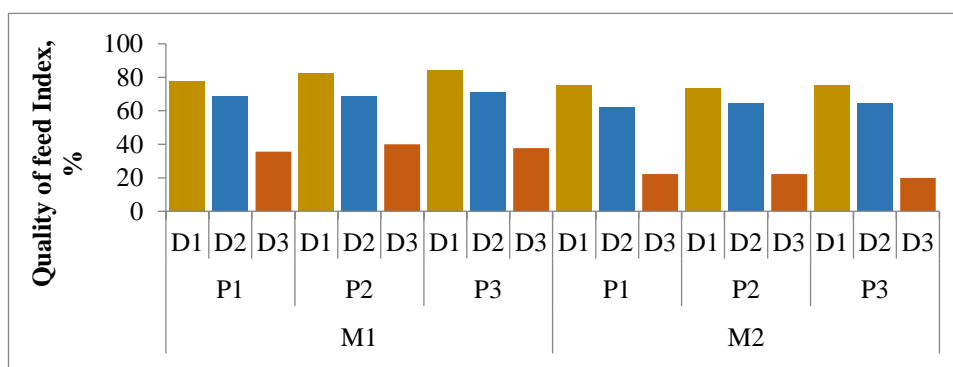


Figure 10. Variation in quality of feed index with independent parameters

#### 4. Conclusions

The physical and engineering properties were exploited to design and develop a two-row pea planter for pea varieties commonly grown in the state of Jammu and Kashmir. The ergonomical parameters of elbow – elbow breadth (510 mm), standing elbow height (949 – 1137 mm) and internal grip diameter (33 mm) were utilized to design the handle in order to accommodate majority of the population. The pea planter comprised of seed hopper, metering disc, handle, furrow opener, row marker and ground wheel. The optimization of the results through Design expert 10.0.1 revealed that operating the machine with cup shaped flute metering disc (M1) with variety P3 (PB – 1100) at  $\frac{3}{4}$ th depth of seeds in the seed hopper resulted in average seeding spacing of 11.37cm, missing index 3.45 %, multiple index 12.46 %, quality of feed index 84.08 %, rate of work 0.04 ha h<sup>-1</sup>. The efficiency of the developed prototype at optimum conditions was found to be 82.0 percent. The draft required to push the pea planter in the forward direction was found to be 12 kgf. The Benefit-cost ratio, Break-even point and Payback period of two row pea planter was calculated as 1.30, 0.02 ha and 57.77 hours. The pea planter can be used for small fields and undulating topographical conditions.

#### Acknowledgment

The authors would like to acknowledge the help rendered by the scientific and technical staff of Division of Farm Machinery and Power Engineering, College of Agricultural Engineering and Technology, SKUAST-K that resulted in the completion of the study within stipulated time.

#### Ethical Statement

The study does not require to seek permission from the ethics committee

#### Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest exists at any phase.

#### Authorship Contribution Statement

Concept: Wani, M. H., Muzamil, M.; Design: Muzamil, M., Wani, M. H.; Data Collection or Processing: Wani, M. H., Muzamil, M.; Statistical Analysis: Wani, M. H., Faisal, S.; Literature Search: Dixit, J., Wani, M. H., Khan, A. A.; Writing, Review and Editing: Wani, M. H., Muzamil

---

**References**

- Abd El – Lattief, E. A. (2014). Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Productivity and profitability as affected by method of sowing and seeding rate under Qena environment. *Asian Journal of Crop Science*, 3(4):188–196.
- Alan, O. and Ilbi, H. (2023). Effect of cutting treatment on seed yield and seed quality of dill. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 94-103. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1073356>
- Alwis, P. L. A. G. (2004). Design and Development of a Row Seeder For Gigelly, Kurakkan and Meneri. Proceeding of the Second academic Sessions. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Ruhuna, Kamburupitiya, Sri Lanka.
- Ani, O. A., Uzoejinwa, B. B. and Anochili, N. F. (2016). Design, construction and evaluation of a vertical plate maize seed planter for gardens and small holder farmers. *Nigerian Journal of Technology*, 35(3):647–655.
- Bamgboye, I. A. and Mofolasayo, S. A. (2006). Performance evaluation of two row okra planter. *Agricultural Engineering International: CIGR e-Journal*, 8(7). Manuscript PM 06002.
- Dhall, R. K. (2017). Pea cultivation. A Publication by center For Communication And International Linkages. Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Dixit, J. and Namgial, D. (2012). Anthropometry of farm workers of Kashmir region of India for equipment design. *Journal of Agricultural Engineering*, 49(2): 8–15.
- DOA. (2018). Vegetable Production in Kashmir – A holistic review. Directorate of Agriculture, Kashmir, Government of Jammu and Kashmir.
- Falola, A., Mukaila, R., Lawal, T. F. and Akinsuyi, M. A. (2022). Commercialization of pigeon pea production: its determinants and constraints. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(4):840-849.
- Hore, P., Gupta, G., Deshmukh, S., Dhawale, A. and Patil, S. (2017). Modern seed sowing techniques and developing technologies. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, 4(3): 69–72.
- Horticultural Statistics at a Glance. (2017). A report by Horticulture Statistics Division, Department of Agriculture, Cooperation & Farmers Welfare, Ministry of Agriculture & Farmers, Welfare, Government of India.
- Ikechukwu, A., Ibukun, B. and Ikechukwu, C. U. (2014). Design and Fabrication of a single row maize planter for garden use. *Journal of Advancement in Engineering Technology*, 1(2): 2348–2931.
- Jadhav, M. L., Din, M., Nandede, B. M. and Kumar, M. (2020). Engineering properties of paddy and wheat seeds in context to design of pneumatic metering devices. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 101: 281-292. <https://doi.org/10.1007/s40030-019-00430-7>
- Jayan, P. R. and Kumar, V. J. F. (2004). Planter design in relation to the physical properties of seeds. *Journal of Tropical Agriculture*, 42(1):69–71.
- Jouki, M. and Khazaei, N. (2012). Some physical properties of rice seed. *Research Journal of Applied Science, Engineering and Technology* 4(13): 1846-1849.
- Kumar, A. B., Rao, P. V. K. J. and Edokondalu, L. (2017). Physical properties of maize. *International Journal of Agricultural Sciences*, 9(27):0975 –3710.
- Kumar, V., Rani, V., Jain, M. and Kumar, A. (2018). Parameter Optimization of ‘Anjul’ seed metering mechanism for okra seeds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3):1544 – 1550.
- Malik, M. A., Faisal, S., Muzamil, M., Langoo, B. A., Shukla, R. M., Reshi, M., Dhekale, B. and Hussain, S. Z. (2023) A low-cost portable willow wicker peeling machine: An innovative mechanical intervention in the Wickercraft Industry of Kashmir. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A* 104: 271–280. <https://doi.org/10.1007/s40030-023-00726-9>
- Malla, U. M., Khan, A. R., Muzamil, M., Mohiuddin, M., Rashid, S., Banday, R. Z. and Kumar, R. (2022). Development and evaluation of four-row seeder for vegetable crops in the temperate region of Jammu and Kashmir. *SKUAST Journal Research*, 24(1):71-79. <https://doi.org/10.5958/2349-297X.2022.00016.2>
- Mohammad, R. S. (2010). The moisture content effect on some physical and mechanical properties of corn. *Journal of Agricultural Science*, 2(4): 125-134.
- Mohiuddin, M., Muzamil, M., Dixit, J., Faisal, S. and Khan, I. (2022). Engineering Properties of Chilli Fruit Relevant to the Design and Evaluation of Chilli Seed Extractor for Hilly Region of Kashmir Valley. *Journal of Institution of Engineers, India Ser. A*, 103: 433-443. <https://doi.org/10.1007/s40030-022-00617-5>
- Mohsenin, N. N. (1986). Physical Properties of Plant and Animal Materials, 2nd ed. Gordon and Breach Sc. Publishers.
- Muzamil, M., Dixit, J., Khan, J. N. and Nirbhavane, S. (2018a). Practical Manual on Ergonomics. SKUAST-K, Press.
- Muzamil, M., Mani, I., De, D. and Lande S. (2013). Influence of operational parameters of windrow turner for mass production of compost. *International Journal of Agricultural and Statistical Science*, 9(1): 19-28.
- Muzamil, M., Mani, I., Kumar, A. and Lande, S. (2016). Influence of moisture content, loading rate and internode position on the mechanical properties of paddy and wheat straw. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 7(2): 280-285.
-

- Muzamil, M., Mani, I., Kumar, A. and Shukla, L. (2021). An engineering intervention to prevent paddy straw burning through insitu microbial degradation. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 102: 11-17. <https://doi.org/10.1007/s40030-020-00490-0>
- Muzamil, M., Mani, I., Kumar, A., Shukla, L., Lande, S. and Saxena, A. K. (2015). Optimization of straw size, dose of compost inoculant along with engineering and microbial parameters for paddy straw degradation in shortest possible time. *Journal of pure and applied Microbiology*, 9(2): 453-461.
- Muzamil, M., Wani, J., Mustafa, A., Mohiuddin, M., Mir, Aayat., Faisal, S. and Nirbhavane, S. (2018b). A low-cost divergent type apple grader for Kashmiri apples. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4): 3561-3569.
- Oduma, O., Ede, J. C. and Igwe, J. E. (2014). Development and performance evaluation of a manually operated cowpea precision planter. *International Journal of Engineering and Technology*, 4(12): 693 – 699.
- Rabbani, M. A., Hossain, M. M., Asha, J. F. and Khan, N. A. (2016). Design and development of a low cost planter for maize establishment. *Journal of Science, Technology and Environment Informatics*, 4(1): 270–279.
- Rashid, Z., Faisal, S., Muzamil, M., Dixit, J., Shukla, R. M. and Khan, I. (2023). Development of an innovative universal walnut cracking and separating machine for farmers and walnut industry of Kashmir Valley. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 104:355–365. <https://doi.org/10.1007/s40030-023-00718-9>
- Shah, A. A., Showkat, M., Rather, S. A., Hussain, T. and Thaploo, R. (2010). Productivity analysis of crops grown under different farming systems of Kashmir. *International Journal of Agricultural Sciences*, 6(2): 592–594.
- Singh, S. (2014). Farm mechanization in hills of Uttarakhand, India – A review. *Agriculture for Sustainable Development*, 2(1):65–70.
- Singh, S. and Vatsa, D. K. (2007). Development and evaluation of a light weight power tiller operated seed drill for hilly region. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 38(3): 45–50.
- Singh, S., Sahoo, D. C. and Bisht, J. K. (2017). Development and performance evaluation of manual/bullock operated multicrop planter for hilly region. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(1): 81–86.
- Sonboier, K. K., Mahilang, K. K. S., Minj, P., Porte, P. and Taran, T. (2018). Some Physical properties of Green pea. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6(1): 573–579.
- Soyoye, B. O., Ademosun, O. C. and Agbetoye, L. A. S. (2018). Determination of some physical and mechanical properties of soyabean and maize in relation to planter design. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20 (1):81–89.
- Swapnil, T. V., Kasturi, M. L., Girish, P. V. and Rajkumar, P. N. (2017). Design and fabrication of seed sowing machine. *International Research journal of Engineering*, 4(9):2395–0072.
- Wani, M. (2020). Development and performance evaluation of two row planter at field conditions. Unpublished M.Tech. Thesis. SKUAST-K, Shalimar, J&K, India.
- Yasir, S. H., Liao, Q., Yu, J. and He, D. (2012). Design and test of a pneumatic precision metering device for wheat. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(1):16–25.

## Ön Lisans Öğrencilerinin Hazır Gıda Tüketim Tercihlerinin Araştırılması: Namık Kemal Üniversitesi Örneği

Investigation of Prepared Food Consumption Preferences of Associate Degree Students:  
Namık Kemal University Example

Serap KAYIŞOĞLU<sup>1\*</sup>, Aysel İÇÖZ<sup>2</sup>

### Öz

Bu araştırmanın amacı üniversite öğrencilerinin hazır gıda tüketim sıklıklarını, tüketim nedenlerini, hazır gıda tüketme nedenlerine etki eden faktörleri belirlemek ve yaş gruplarının, barınma koşullarının bu faktörlerle etkileşim oranlarını belirlemektir. Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda ön lisans öğrenimi gören öğrenciler araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Bu amaçla 2022-2023 öğretim yılının Aralık-Ocak aylarını kapsayan süreçte, 326 öğrenci ile yüz yüze anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre katılımcıların yaş grupları ile hazır gıda tüketim sıklığı, tüketim nedeni, hazır gıda tüketimine başlama yaşı, indirimli ürünleri tercih etme oranları, hazır gıdaların gıda mevzuatına göre üretilip üretilmediği hakkındaki yorumu arasında istatistikî olarak önemli ilişki saptanmıştır. Ayrıca katılımcıların barınma durumları ile hazır gıda temin etme şekli, sınav döneminde hazır gıda tüketim oranı, hazır gıda tüketim öğünü, hazır gıdaların fiyatının değerlendirilmesi, indirimli ürünleri tercih etme oranları, hazır gıdalarda katkı maddesi kullanılıyor mu hakkındaki yorumu, cinsiyet, Beden kitle indeksi (BKİ) arasında istatistikî olarak önemli ilişki saptanmıştır. Öğrenciler genel olarak hazır gıdayı, pratik olması, zaman tasarrufu sağladığı için, fiyatının uygun olmasından dolayı, lezzetli bulduğundan, severek tükettiği için, çeşidinin fazla olduğu ve besin değeri için tükettiklerini ifade etmişlerdir. Son yıllarda zamanın giderek artan önemi ve beslenme alışkanlıklarının değişmesi özellikle üniversite gençliğinin fast-food tüketimini arttırmaktadır. Çalışmamızda 18-25 yaş gruplarında bulunan öğrenciler daha sık hazır gıda tüketirken, 50 yaş üstü öğrenciler ayda bir hazır gıda tükettiklerini belirtmişlerdir. Bu da yaş aralığı ile beslenme tercihlerinin önemli oranda değiştiğini göstermektedir. Öğrencilere sağlıklı beslenme alışkanlığı kazandırmak, beslenme bilgi düzeyini geliştirmek ve dolayısıyla obezite riskini azaltmak oldukça önemlidir. Çalışmamızda üniversite öğrencilerinin hazır gıda tüketim sıklıklarını, tüketim nedenlerini, hazır gıda tüketme nedenlerine etki eden faktörleri belirlemek ve yaş gruplarının, barınma koşullarının bu faktörlerle etkileşim oranlarını belirlemeyi amaçladık.

**Anahtar Kelimeler:** Hazır gıda, Tüketim, Beslenme, Sağlık, Öğrenci

<sup>1\*</sup>**Sorumlu Yazar:** Serap Kayışoğlu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, Tekirdağ Türkiye.

E-mail: [skayisoglu@nku.edu.tr](mailto:skayisoglu@nku.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-1217-5540

<sup>2</sup>Aysel İçöz, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, Tekirdağ Türkiye. E-mail: [aicoz@nku.edu.tr](mailto:aicoz@nku.edu.tr)

 ORCID: 0000-0003-1445-2908

**Atıf:** Kayışoğlu, S., İçöz, A. (2024). Ön lisans öğrencilerinin hazır gıda tüketim tercihlerinin araştırılması: Namık Kemal Üniversitesi örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 578-590.

**Citation:** Kayışoğlu, S., İçöz, A. (2024). Investigation of prepared food consumption preferences of associate degree students: Namık Kemal University example. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 578-590.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

---

## **Abstract**

The aim of this study is to determine the frequency of fast-food consumption of university students, the reasons for consumption, the factors affecting the reasons for consuming ready-made food, and to determine the interaction rates of age groups and housing conditions with these factors. Students studying at Namık Kemal University Vocational School of Technical Sciences constitute the sample of the research. For this purpose, a face-to-face survey study was conducted with 326 students in the period covering December-January of the 2022-2023 academic year. According to the results of the research, a statistically significant relationship was found between the age groups of the participants and the frequency of consumption of ready-made food, the reason for consumption, the age of starting ready-made food consumption, the rate of preference for discounted products, and their comments on whether ready-made food is produced according to food legislation. In addition, the participants' accommodation status and the way of obtaining ready-made food, the rate of consumption of ready-made food during the examination period, the consumption of ready-made food, the evaluation of the price of ready-made food, the rate of preference for discounted products, their comments on whether additives are used in ready-made food, gender, Height mass index (BMI)) was found to be statistically significant. Students generally stated that they consume ready-made food because it is practical, saves time, has a reasonable price, finds it delicious, consumes it with pleasure, because it has a large variety and for its nutritional value. In recent years, the increasing importance of time and the change in eating habits have increased the fast-food consumption of university youth. In our study, students in the 18-25 age group consumed ready-made food more frequently, while students over 50 stated that they consumed ready-made food once a month. This shows that nutritional preferences vary significantly with age range. It is very important to provide students with healthy eating habits, to improve their level of nutrition knowledge, and to reduce the risk of obesity. In our study, we aimed to determine the frequency of fast-food consumption of university students, the reasons for consumption, the factors affecting the reasons for consuming ready-made food, and to determine the interaction rates of age groups and housing conditions with these factors.

**Keywords:** Prepared food, Consumption, Nutrition, Health, Student



## 1. Giriş

Gıda satış noktalarında satışa sunulan ve hemen tüketilebilecek halde bulunan ürünler, tüketime hazır yiyecekler/gıdalar olarak adlandırılmaktadırlar (Alyaaqoubi ve ark., 2009; Oranusi ve Braide, 2012). Paketli olarak satılan ve içinde gıdanın uzun süre dayanmasını sağlayacak katkı maddeleri, gıda boyaları ve kimyasallar içeren yiyeceklere hazır gıda denir. Evde yapılmayan, doğal olmayan ve marketlerden alınan hemen hemen tüm ürünler hazır gıdadır. Paketlilerin yanı sıra fast-food tarzı yiyeceklerde dondurulmuş olarak saklandıklarından hazır gıda olarak bilinir. Buna göre hazır gıda maddeleri ambalajından çıkarıldıktan sonra doğrudan veya en düşük seviyede işlem (ısıtma, mikrodalga, ısıtma vb.) uygulanarak servis edilen ve tüketilebilen gıdalardır (Anonim, 2022). Günümüzde oldukça yaygınlaşan hazır yemek sistemi, her yaştan ve kesimden tüketicilerin tercihi haline gelmiştir. Son yıllarda zamanın giderek artan önemi ve beslenme alışkanlıklarının değişmesi, özellikle üniversite gençliğinin hazır gıda (fast-food) tüketimini arttırmaktadır. Genç nüfusun bu alandaki talebinin fazla olması, hazır gıda tüketimi sunan işletmelerin artmasına neden olmuştur (Öztop ve ark., 2016). Gençlerin, üniversite eğitimine başlaması ile aile ortamından ayrılmaları, dış etkilere daha açık hale gelmeleri ve kendi özgür seçimlerinin etkili olması ile beslenmelerinde yeni bir dönem başlamaktadır (Özyazıcıoğlu ve ark., 2009). Yurtlarda veya kiralık dairelerde oturan öğrenciler açısından günlük beslenme ihtiyacının karşılanması önemli bir sorun olarak görülmektedir. Öğrencilerin bir bölümü beslenme ihtiyaçlarını fast-food, dondurulmuş gıda, hazır gıda gibi ürünlerle karşılarken bir bölümü de evlerde yemek yapmayı tercih etmektedirler. Tüketilen bu ürünlerin güvenilirliği hep tartışma konusu olmuştur (Gündüz ve Aydoğan, 2015). Öğrenci kesiminin de sıkça tüketmeyi tercih ettiği gıda türü olan fast-food ürünleri, okullarda ve üniversite kampüslerinde hizmet veren tüketim noktalarında hazırlanıp sunulmaktadır. Ders aralarında öğrencilerin de bu tür gıda ürünlerini talep etmelerinin temel nedeni; fast-food ürünlerinin hazırlama ve tüketiminin fazla zaman gerektirmiyor olmasıdır. Yani temel tercih nedeni zamandır (Stank ve ark., 1999; Brady ve ark., 2001). Gündüz ve Emir (2010)'de evde hazır gıda tüketimi veya ev dışı gıda tüketiminin sağladığı en önemli faydanın zamandan tasarruflar olduğunu belirtmiştir. Ülkemizde ve dünyada çocuk ve gençlerin genellikle yanlış beslenme alışkanlıklarına sahip oldukları ve bu alışkanlıkların farklı göstergelerden ciddi biçimde etkilendiği bilinmektedir (Engin, 2013; Köksal ve Gökmen-Özel, 2012). Ermiş ve ark. (2015) araştırmalarında öğrencilerin sağlıklı beslenme ile ilgili görüşlerinde %66,4'ünün sağlıklı beslenmeye inandığı, fakat "kısmen" yanıtı da olumsuz değerlendirildiğinde %33,6'lık bir öğrenci kitlesinin bu olguya inanmadığını ifade etmişlerdir. Günlük alınan enerjinin harcanandan fazla olması durumunda, harcanamayan enerji vücutta yağ olarak depolanmakta ve obezite oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) (Anonim, 2010) tarafından yayımlanan raporda, dünya çapındaki obezitenin 1975 yılından 2016 yılına kadar neredeyse üç kat arttığı belirtilmektedir. Öğrencilere sağlıklı beslenme alışkanlığı kazandırma, beslenme bilgi düzeyini geliştirme, obezite riskini azaltma ve hatalı beslenme alışkanlıklarını değiştirme amacıyla yapılan çalışmalar gün geçtikçe önemini artırmaktadır (Yerlikaya ve Karageçili, 2020).

Bu araştırmada üniversite öğrencilerinin hazır gıda tüketim sıklıkları, tüketim nedenleri, hazır gıda tüketim nedenlerine etki eden faktörleri belirlemek ve yaş gruplarının, barınma koşullarının bu faktörlerle etkileşim oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırmanın evreni Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'dur. Araştırmanın örneklemini ise Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'nun 10 farklı bölüm ve 20 programında eğitim gören rastgele seçilecek olan (her programdan 15 kişi) yaklaşık 300 adet öğrenci oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak ankete katılanlara, ilk bölümde cinsiyet, yaş, boy, kilo ve barınma durumu gibi demografik özellikleri belirleyecek sorular, ikinci bölümde ön lisans öğrencilerinin hazır gıda tercihleri, tüketim sıklığı ve miktarı ile hazır gıda tüketirken önemsedikleri ve dikkate aldıkları konular ile ilgili sorular olmak üzere toplam 31 sorudan oluşmuş bir anket kullanılmıştır. Anket 2022-2023 öğretim yılının Aralık-Ocak aylarını kapsayan süreçte, 326 öğrenci ile yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Ankete başlamadan önce 10 denekle gerektiğinde gerekli düzeltmeler yapılmak üzere soruların netliği ve geçerliliği test edilmiştir (Badrie ve ark., 2004). Öğrencilere ankette boy ve kilo değerleri sorulmuş ve beden kitle indeksi (BKİ) hesaplanmıştır. Beden kitle indeksi (BKİ) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır (Kennedy-Behr ve ark., 2015);

$$BKİ = \frac{G}{H^2} \quad (Eş.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte;  $BKİ$  beden kitle indeksi,  $G$  (kg) bireyin kütlesi ve  $H$  (m) bireyin boyudur.

Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2010) tarafından Beden kitle indeksi; 18,5 ve altı zayıf, 18,5- 24,9 normal, 25-29,9 fazla kilolu ve 30-39,9 olanlar ise obez olarak sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2010).

### 2.1. İstatistiksel analiz

Araştırmadan sağlanan verilerin tanımlayıcı istatistikleri SPSS ver.18 istatistik paket programında Crosstabs analizleri ile Khi-kare ( $\chi^2$ ) bağımsızlık testleri yapılarak değerlendirilmiştir (Gujarati, 1995; Mirer, 1995).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Ankete katılan Öğrencilerin %68.2'i erkek, % 31.8'i kadın olup, yaş gruplarının ve barınma durumlarının dağılım oranları *Tablo 1*'de verilmiştir.

**Tablo 1. Ankete katılanların yaş aralıkları ve barınma durumu dağılım oranları (%)**

*Table 1. Age ranges and housing status distribution ratios of the respondents (%)*

Yaş Grupları	Katılım Oranı (%)	Barınma Durumu	Katılım Oranı (%)
15-20	71.1	Ailesiyle birlikte	35.1
21-25	25.9	Yurtta veya pansiyonda	37.2
25-36	1.8	Öğrenci evi	27.7
36-50	0.9		
50>	0.3		

Öğrenciler imkân sunulsa daha sık hazır gıda tüketir misiniz sorusuna %31 oranında evet %69 oranında hayır cevabını vermişlerdir. Hazır gıda satın alırken reklamlar sizi etkiler mi sorusuna %26.3 evet, %53.1 hayır, %20.6 bazen yanıtını vermişlerdir. Engin (2013), çalışmasında çocukların reklamları daha hızlı hatırladığını ve içeriğini analiz edemediği için satın alınması yönünde tercih kullandığını belirtmiştir. Reklamlar sayesinde çocukların olumsuz beslenme alışkanlığı edinmeleri, dış çürüklerinin artması, erken yaşlarda yüksek kolesterol, damar sertliği ve obezite gibi sağlık sorunlarına yol açabilecektir. Hazır gıda satın alırken marka sizin için önemli midir sorusuna %61.5 evet, %17.0 hayır, % 21.5 oranında bazen yanıtı vermişlerdir. Quadır ve Akaroğlu, (2009) reklamların özellikle marka bağımlılığı oluşturduğunu, markayı hatırlama oranlarının artması yüzünden alışveriş sırasında çocukların üründen daha fazla marka adı belirttikleri ve marka talep ettiklerini savunan çalışmalar bulunmakta olduğunu ifade etmişlerdir. Hazır gıdalar sizce sağlıklı mı sorusuna genel olarak % 4.8 evet, %83 hayır, %12.2 fikrim yok yanıtını vermişlerdir. Genç yetişkinlerin sağlıklı beslenmeye teşvik edilmesi önemlidir. Kötü yeme davranışı, diyet kalitesinin düşmesine ve uzun süreli sağlık sorunlarına yol açabilecek vücut ağırlığının artmasına neden olabilir (Banna ve ark., 2017). Hazır gıda satın alırken son kullanım tarihine bakar mısınız sorusuna genel olarak % 75.8 evet, %8.7 hayır, %15.5 bazen yanıtını vermişlerdir. Köse ve Yaman (2010) çalışmalarında tüketicilerin ortalama % 75.0'inin son kullanma tarihini önemsemekte olduğunu, eğitim düzeyinin son kullanma tarihini önemseme durumu üzerinde önemli bir etkide bulunmakta olduğunu; cinsiyet itibarıyla erkeklerin ve yaş gruplarına göre 50 ve yukarı yaştakiler son kullanma tarihine önem verdiklerini belirtmişlerdir. Hazır gıdaların hijyeninden şüphe duyar mısınız sorusuna genel olarak % 42.1 evet, %14.9 hayır, %43.0 bazen yanıtını vermişlerdir. Hazır gıda tüketimi sonucu ankete katılan öğrencilerin %11.3 oranında zehirlenme yaşadıklarını, %88.7 oranında ise zehirlenme olayı yaşamadıkları tespit edilmiştir. Tüketime hazır gıdalarda zehirlenmeye/hastalığa neden olabilecek gıda kaynaklı etkenlerin bulunması tüketici sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır (Şenses-Ergül ve ark., 2015). Hazır gıdaların taze hazırlanmış yiyeceklerle aynı miktarda besin maddesine sahip olduğunu düşünüyor musunuz sorusuna genel olarak % 6 evet, %70.2 hayır, %23.8 fikrim yok yanıtını vermişlerdir. Hazır gıdaların besin değerini nasıl buluyorsunuz sorusuna genel olarak % 6.8 yüksek, %33.0 düşük, %33.3 kabul edilebilir, %26.8 oranında fikrim yok yanıtını vermişlerdir. Yılmaz ve Özkan (2007) çalışmalarında öğrencilerin besinler hakkında yeterli bilgi düzeyine sahip olmasına karşın diyetlerinde sıklıkla sağlıksız gıdalara da yer verdiğini, ana besin öğelerinden yararlıları da gelişimlerine olumlu etki edecek süt ve yumurta türü besinleri az tükettiklerini, sebze yemeklerini daha az tercih ettiklerini, bilinçsiz bir şekilde eksik öğün ile yetersiz ve dengesiz olarak beslendiklerini saptamışlardır.

Öğrencilerin yaş grupları ile hazır gıda tüketme sıklığı arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Yaş grupları arttıkça hazır gıda tüketim sıklığında bir azalma olmuştur. 18-20 ve 21-25 yaş gruplarının hazır gıda tüketim sıklıklarının daha fazla olduğu görülmüştür. Öztöp ve ark. (2016), benzer şekilde yaş grupları arttıkça fast-food tüketim sıklığı azalmış olduğunu, öğrencilerin yaşla beraber fast-food tüketiminden uzaklaştıkları ve daha bilinçli beslenmeye özen gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Ağır ve Akbay (2021) çalışmalarında tüketici yaşı ile fast-food tüketim sıklığı arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Öztürk ve Onurlubaş (2022), fast-food tüketen öğrencilerin %60,5'inin haftada 0-3 kez, %20,3'ünün haftada 4-6 kez, %4,2'sinin haftada 7-9 kez, %1,5'inin haftada 10 kez ve daha fazla fast-food tüketmekte olduğunu ifade etmişlerdir. Özdiç (2004), fast-food türü gıda tüketen öğrencilerin % 16,2'sinin her gün bir fast-food tüketim noktasına gittiğini, %39,5'inin haftada 2'den fazla, %21,3'ünün de haftada bir gitmekte olduğunu belirtmiştir.

**Tablo 2. Hazır gıda tüketme sıklığının yaş gruplarına göre dağılımı (%)**

Table 2. Distribution of ready-made food consumption by age groups (%)

Yaş Grupları	Hazır gıda tüketme sıklığı					İstatistik
	Günde bir	Haftada bir	Haftada Birkaç kez	Ayda bir	Hazır gıda tüketmiyor	
18-20	39.7	17.6	36.4	5.4	0.8	
21-25	40.2	16.1	36.8	6.9	0.0	
25-35	16.7	16.7	33.3	33.3	0.0	$\chi^2 = 62.357^{**}$
36-50	0.0	0.0	33.3	33.3	33.3	Cramer's v = 0.215
50>	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
Genel	39.0	17.0	36.3	6.8	0.9	

\*\*P<0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Yaş grupları ile hazır gıda tüketme nedeni arasında da anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 3). 50 yaş üzeri hariç tüm yaş gruplarının büyük çoğunluğu hazır gıdaları pratik buldukları ve zaman tasarrufu sağladığı için tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bu durum, fast-food türü gıdaların insan hayatına girip onun bir parçası olmasına neden olan en önemli özelliğidir. Öztürk ve Onurlubaş (2022) yaptığı anket çalışmasında öğrencilerin gündelik yaşamlarında fast-food tüketmeyi tercih etme nedenleri; başta okuyor olmak (%67.3) lezzetli olması (%65.3), arkadaş ortamının etkisi olması (%58.2), kitle iletişim alanındaki reklamlardan etkilenmeleri (%48.2), ucuz olması (%45.2) olduğunu belirtmiştir. Cömert (2014) tarafından yapılan çalışmada, üniversite öğrencilerinin fast-food tüketim nedenleri olarak ilk sırada pratik olması (%59.5), ekonomik olması (%18.3), lezzetli olması (%16.5), sağlıklı olması (%2.5), popüler olması (%2.3) ve güvenli olması (%1) olduğunu belirtmişlerdir. Bayhan ve ark. (2015) çalışmalarında öğrencilerin hızlı hazır yiyecek işletmelerini tercih etmesini sağlayan kriterler olarak ürünün lezzet ve tazeliği (% 30.43), ürünün kalitesi (% 23.46), işletmenin temiz olması (%16.07), ürünün fiyatı (%12.50), hızlı ve iyi servis (%7.61), çalışanların tutumu (%4.35), kolay ulaşım (%3.04) ve reklam (%2.54) faktörlerinin etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Dal ve ark. (2019) ise öğrencilerin ev dışı ürünleri tercih etmelerinde kolay hazırlanması, zamandan tasarruf, marka olması, ucuz olması gibi faktörlerin ön plana çıktığını ifade etmişlerdir. Ermiş ve ark. (2015) çalışmalarında öğrencilerin yemek seçiminde büyük ölçüde yemeğin doyuruculuğuna (%32,9), arzu edilen olmasına (%30.4) ve temizliğine (%17.1) önem vermekte olduğunu belirtmişlerdir. Yılmaz ve ark. (2009) Trakya bölgesinde yaptıkları çalışmada, gıda alışverişinde en fazla belirleyici olan faktörleri üretim ve son kullanma tarihi, tazelik, tat- lezzet, gıdanın işlenmesi ve hijyeni olarak sıralamışlardır. Ailelerin önem verdikleri diğer bir konunun ise ilgili gıdanın fiyatı olduğunu belirtmişlerdir.

Öğrencilerin yaş grupları ile hazır gıda tüketimine başlama yaşı arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 4). 18-20 ve 21-25 yaş gruplarında hazır gıda tüketimine başlama yaşları çok farklılık göstermemiş ve her dönemdeki dağılım oranları yakın olmuştur. Ancak 50 yaş üzeri olanların tamamı hazır gıda tüketimine üniversite yaşamında başladıklarını belirtmişlerdir.

**Tablo 3. Yaş grupları ile hazır gıda tüketme nedeninin dağılımı (%)**

Table 3. Distribution of the reason for consuming ready-made food by age groups (%)

Yaş Grupları	Hazır gıda tüketme nedeni							İstatistik
	Pratik	Besin değeri	Zaman tasarrufu	Fiyat uygun	Severek tüketiyor	Lezzetli buluyor	Birden fazla seçenek	
18-20	58,6	0,4	11,7	11,7	5,9	8,4	3,3	$\chi^2 = 42.241^*$ Cramer's v = 0.178
21-25	62,1	1,1	14,9	3,4	2,3	10,3	5,7	
25-35	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
36-50	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
50>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	
Genel	59.1	0.6	13.5	9.2	4.8	8.6	4.2	

\*P&lt;0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

**Tablo 4. Hazır gıda tüketimine başlama yaşının dağılımı (%)**

Table 4. Distribution of the age of onset of ready-made food consumption (%)

Yaş Grupları	Hazır gıda tüketimine başlama yaşı				İstatistik
	<10	11-15	16>	Üniversite	
18-20	24.7	36.8	22.6	15.9	$\chi^2 = 31.120^{**}$ Cramer's v = 0.176
21-25	24.1	25.3	39.1	11.5	
25-35	0.0	0.0	33.3	66.7	
36-50	0.0	50.0	0.0	50.0	
50>	0.0	0.0	0.0	100.0	
Genel	23.9	33.1	26.9	16.1	

\*\*P&lt;0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Yaş grupları ile hazır gıda satın alırken indirimli ürünleri tercih etme durumu arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 5). 35 yaşına kadar olan katılımcıların büyük çoğunluğu hazır gıda alırken indirimli ürünleri tercih ettiklerini belirtirken 50 yaş üzeri olanların hepsi indirimli ürünleri tercih etmediklerini belirtmişlerdir. 36 yaş ve üstü öğrencilerin daha dikkatli davrandıkları ve indirimli ürünleri tercih etme oranlarının düşük olduğu görülmektedir. Genel olarak indirimli ürünleri tercih edenlerin oranı yüksek olmuştur.

**Tablo 5. Hazır gıda satın alırken indirimli ürünleri tercih etme durumu (%)**

Table 5. The situation of preferring discounted products when purchasing ready-made food (%)

Yaş Grupları	Hazır gıda satın alırken indirimli ürünleri tercih etme durumu			İstatistik
	Evet	Hayır	Bazen	
18-20	66.4	6.7	28.9	$\chi^2 = 18.960^*$ Cramer's v = 0.168
21-25	59.8	10.3	29.9	
25-35	66.7	16.7	16.7	
36-50	0.0	50.0	50.0	
50>	0.0	100.0	0.0	
Genel	62.7	8.3	29.0	

\*P&lt;0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin yaş grupları ile hazır gıdaların gıda mevzuatına uygun üretiliyor mu sorusuna verdikleri yanıt arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 6). 18 ile 35 yaş arasında olan katılımcıların çoğunluğu bu soruya hayır ve bazen yanıtı vermişlerdir. 36-50 yaş grubunun çoğunluğu ise evet, 50 yaş üzeri olanların hepsi bazen yanıtı vermiştir. Genel olarak katılımcıların yarısından fazlası hayır yanıtı vermiştir.

**Tablo 6. Hazır gıdaların gıda mevzuatına uygun üretilip üretilmediğine verilen yanıtların dağılımı (%)**

Table 6. Distribution of responses given whether ready-made foods are produced in accordance with food legislation (%)

Yaş Grupları	Hazır gıdalar gıda mevzuatına uygun üretiliyor mu?			İstatistik
	Evet	Hayır	Bazen	
18-20	11.3	48.5	40.2	$\chi^2 = 20.571^{**}$ Cramer's v = 0.175
21-25	9.2	66.7	24.1	
25-35	16.7	50.0	33.3	
36-50	66.7	0.0	33.3	
50>	0.0	0.0	100.0	
Genel	11.3	52.7	36.0	

\*\*P<0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıdaları nereden temin ediyorsunuz sorusuna verdikleri yanıt arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 7). Katılımcıların yarısından fazlası hazır gıda ürünlerini marketlerden temin ettiklerini belirtmişlerdir.

**Tablo 7. Öğrencilerin barınma durumlarına göre hazır gıdaları temin etme tercihlerinin dağılımı (%)**

Table 7. Distribution of students' preferences for providing ready-made foods according to their housing status

Barınma Durumu	Hazır gıdaları nereden temin ediyorsunuz?			İstatistik
	Market	Sanal Market	Satışı Yapılan İşletmelerden	
Ailesi ile	57.3	10.3	32.5	$\chi^2 = 10.840^*$ Cramer's v = 0.127
Yurtta-Pansiyonda	52.8	22.4	24.8	
Öğrenci evi	46.2	26.9	26.9	
Genel	52.5	19.4	28.1	

\*P<0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile sınav dönemlerindeki hazır gıda tüketme oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 8). Öğrenci evinde ve yurtta ya da pansiyonlarda kalan katılımcılarda sınav döneminde hazır gıda tüketimi daha fazla olurken, ailesi ile kalanlarda daha az olduğu görülmüştür. Genel olarak katılımcıların yarıya yakın kısmı sınav döneminde hazır gıda tüketimini tercih ettiklerini belirtmişlerdir

**Tablo 8. Sınav dönemlerinde hazır gıda tüketme tercihlerinin öğrencilerin barınma durumuna göre dağılımı(%)**

Table 8. Distribution of ready-made food consumption preferences according to the housing status of students during exam periods (%)

Barınma Durumu	Sınav döneminde hazır gıda tüketiminiz artıyor mu?			İstatistik
	Evet	Hayır	Fark etmiyor	
Ailesi ile	31.6	25.6	42.7	$\chi^2 = 27.458^{**}$ Cramer's v = 0.202
Yurtta-Pansiyonda	53.6	12.8	33.6	
Öğrenci evi	65.6	9.7	24.7	
Genel	49.3	16.4	34.3	

\*\*P<0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıda tüketme öğünleri arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 9). Öğrenci evleri ve yurttan kalan öğrencilerin yarıya yakın kısmı akşam yemeklerinde tercih ederken, ailesi ile kalanların yarısından fazlası öğlen yemeklerinde tercih etmişlerdir. Genel olarak katılımcıların büyük çoğunluğu hazır gıdaları öğlen ve akşam yemeklerinde tercih ettiklerini, belirtmişlerdir. Dülger ve Mayda (2016) araştırmasında ankete katılan kız öğrencilerin en fazla tükettiği ara öğün olarak ikindi, erkek öğrencilerde en fazla tüketilen ara öğün ise yatmadan önce olduğunu belirtmiştir. Öztıp ve ark. (2016) çalışmasında ankete katılan öğrencilerin %78.7'sinin öğleden sonra, %1.4'ünün sabah, %19.9'unun da akşam öğünlerinde fast food türü beslenmeyi tercih ettiklerini söylemişlerdir. Özdiñç (2004) çalışmasında fast-food türü gıda tüketen öğrencilerin %64.1'ünün bu tür ürünleri öğle vaktinde, %19'unun akşam, %2.8'inin sabah, %1.7'sinin de günün diğer zamanlarında tüketmekte olduğunu belirtmiştir. Öztürk ve Onurlubaş (2022) öğrencilerin %7.5'inin sabah kahvaltısında, %60.4'ünün öğlen yemeklerinde, %40.5'inin ise akşam yemeklerinde fast-food tüketmeyi tercih etmekte olduğunu ifade etmişlerdir.

**Tablo 9. Hazır gıda tüketme öğün tercihlerinin öğrencilerin barınma durumuna göre dağılımı (%)**

Table 9. Distribution of ready-made food consumption repast options according to the accommodation status of students (%)

Barınma Durumu	Hazır gıdayı hangi öğünde tüketirsiniz?				İstatistik
	Sabah	Öğle	Akşam	Gece geç saatlerde	
Ailesi ile	3.4	59.8	27.4	9.4	
Yurtta-Pansiyonda	4.0	29.6	47.2	19.2	$\chi^2 = 32.289^{**}$ Cramer's v = 0.220
Öğrenci evi	5.4	28.0	52.7	14.0	
Genel	4.2	39.7	41.8	14.3	

\*\*P<0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıdaların fiyat değerlendirmesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 10). Katılımcıların büyük çoğunluğu hazır gıda alırken fiyatının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu oran öğrenci evi ve yurttan veya pansiyonda kalan öğrenciler arasında biraz daha yüksek olmuştur. Öztürk ve Onurlubaş (2022) araştırmalarına katılan öğrencilerin büyük çoğunluğunun fast-food ürünlerini seçerken fiyatını dikkate aldıklarını tespit etmişlerdir. Kolodinsky ve ark. (2008), 110 üniversite öğrencisi üzerinde yaptıkları çalışmada, fiyatın gıda satın alma davranışlarında etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

**Tablo 10. Öğrencilerin barınma durumlarına göre hazır gıdaların fiyatlarını değerlendirmelerinin dağılımı (%)**

Table 10. Distribution of students' evaluations of the prices of ready-made foods according to their housing status (%)

Barınma Durumu	Hazır gıda satın alırken sizce fiyat önemli midir?			İstatistik
	Evet	Hayır	Bazen	
Ailesi ile	58.1	7.7	34.2	
Yurtta-Pansiyonda	74.4	3.2	22.4	$\chi^2 = 12.065^*$ Cramer's v = 0.134
Öğrenci evi	76.3	6.5	17.2	
Genel	69.2	5.7	25.1	

\*P<0.05seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıdaları satın alırken indirimli ürünleri tercih etme durumları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 11). Genel olarak öğrencilerin büyük çoğunluğu hazır gıdaları satın alırken indirimli ürünleri tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Bu oran ailesi ile kalan öğrencilerde biraz daha düşük olmuştur.

Yüksel ve ark. (2018) Gümüşhane Üniversitesi öğrencileri üzerinde yaptıkları anket çalışmasında öğrencilere sorulan “çips fiyatları tüketiminizi etkiler mi?” sorusuna erkek öğrenciler %30.2’si kız öğrencilerin %42.6’sı evet cevabını, erkek öğrencilerin %57.4’ü kız öğrencilerin %44.2’si hayır cevabını vermiştir.

**Tablo 11. Öğrencilerin barınma durumları göre indirimli hazır gıdaları tercih etme seçeneklerinin dağılımı(%)**

Table 11. Distribution of students' options for choosing discounted ready-made foods according to their housing status (%)

Barınma Durumu	Hazır gıdaları satın alırken indirimli ürünleri tercih eder misiniz?			İstatistik
	Evet	Hayır	Bazen	
Ailesi ile	47.9	15.4	36.8	$\chi^2 = 22.200^{**}$ Cramer's v = 0.182
Yurtta-Pansiyonda	68.0	4.0	28.0	
Öğrenci evi	74.2	5.4	20.4	
Genel	62.7	8.3	29.0	

\*\*P<0.01 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıdalarda katkı maddesi kullanılıyor mu sorusuna verdikleri yanıt arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 12). Öğrencilerin çoğunluğu hazır gıdalarda katkı maddesi kullanıldığını ifade etmişlerdir. Yüksel ve ark. (2018) yaptıkları anket çalışmasında öğrencilere sorulan “gıdalara katılan katkı maddelerinin tümü zararlı mıdır?” sorusuna erkek öğrencilerin %26.5’i kız öğrencilerin %28.7’si evet seçeneğini işaretlemiştir. Yüksel ve ark. (2018) yaptıkları anket çalışmasında öğrencilerin tükettikleri ürün içerisindeki gıda katkı maddelerine olan duyarlılıklarının yeterli olmadığını ve aynı zamanda öğrencilerde gıda katkı maddesi denildiğinde yanlış algıların da ortaya çıktığını saptamışlardır.

**Tablo 12. Öğrencilerin barınma durumları ile hazır gıdalarda katkı maddesi kullanılıyor mu sorusuna verdikleri yanıtın dağılımı (%)**

Table 12. Distribution of students' answers to the question of housing status and whether additives are used in ready-made foods (%)

Barınma Durumu	Hazır gıdalarda katkı maddesi kullanılıyor mu?			İstatistik
	Evet	Hayır	Fikrim yok	
Ailesi ile	60.2	4.2	35.6	$\chi^2 = 10.040^*$ Cramer's v = 0.122
Yurtta-Pansiyonda	65.6	5.6	28.8	
Öğrenci evi	79.6	3.2	17.2	
Genel	67.6	4.4	28.0	

\*P<0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Öğrencilerin barınma durumları ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 13). Erkek öğrencilerin daha çok öğrenci evinde kaldıkları, kadın öğrencilerde bu oranın daha düşük olduğu görülmüştür. Kadın öğrencilerin daha çok yurtta pansiyonda ya da ailesi ile kalmayı tercih etmekte olduğu görülmüştür. Durmaz ve ark. (2002) üniversite öğrencilerinin %34.71’inin yurtta, %18.46’sının öğrenci evinde kaldığını belirtmişlerdir. Filiz ve Demir, (2004) üniversitede okuyan kız öğrencilerin %53.7’sinin evde, %21.5’inin ailesi ile birlikte evde, %18.2’sinin yurtta kaldığını tespit etmişlerdir.

Öğrencilerin barınma durumları ile BKİ arasında anlamlı bir ilişki vardır (Tablo 14). Ankete katılan öğrencilerin yarısından fazlasının BKİ değerlerinin normal olduğu görülmüştür. Ailesi ile ve öğrenci evinde kalan öğrencilerde aşırı kiloluların oranı daha yüksek olmuştur. Vançelik ve ark. (2006) yapmış olduğu çalışmanın

sonuçlarına göre; normal kilolu olma oranı erkeklerde %80.4 iken kızlarda %78.2 olarak bulunmuştur. Yılmaz ve Özkan (2007) üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelenmesi konulu çalışmalarına katılan öğrencilerin, % 18.9'un düşük kilolu, %77.7'sinin normal kilolu% 2.9'un fazla kilolu ve % 0.6'sının obez olduğunu belirtmişlerdir.

**Tablo 13. Öğrencilerin barınma durumlarının cinsiyete göre dağılımı (%)**

Table 13 Distribution of students' housing status by gender (%)

Barınma Durumu	Cinsiyet		İstatistik
	Kadın	Erkek	
Ailesi ile	33.9	61.1	
Yurtta-Pansiyonda	37.6	62.4	$\chi^2 = 6.718^*$
Öğrenci evi	21.5	78.5	Cramer's v = 0.141
Genel	31.8	68.2	

\*P<0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

**Tablo 14. Öğrencilerin barınma durumlarına göre BKİ dağılımı (%)**

Table 14. BMI distribution of students according to their housing status (%)

Barınma Durumu	Boy Kilo indeksi (BKİ)				İstatistik
	Zayıf	Normal	Aşırı kilolu	Obez	
Ailesi ile	8.5	55.1	24.6	11.9	
Yurtta-Pansiyonda	9.6	68.8	17.6	4.0	$\chi^2 = 14.283^*$
Öğrenci evi	6.5	57.0	32.3	4.3	Cramer's v = 0.146
Genel	8.3	60.7	24.2	6.8	

\*P<0.05 seviyesinde anlamlı ilişki bulunmaktadır.

#### 4. Sonuç

Üniversite öğrencilerinin hazır gıda tüketimi gibi olumsuz yeme davranışı ve beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler fizyolojik ve psikolojik sorunlara yol açabilmektedir (Tuğay, 2019). Beslenme alışkanlığının değişmesi sonucunda öğrencilerin zihinsel, fiziksel durumları hatta okul başarısı bile etkilenmektedir. Bu sebeplerden dolayı üniversite öğrencilerinin beslenme bilgi ve alışkanlıklarının saptanması ile uygun öneriler geliştirilmesi oldukça önem kazanmaktadır (Özütürker ve Özer, 2016).

Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokul öğrencilerinin hazır gıda tüketim sıklıklarını, tüketim nedenlerini, hazır gıda tüketme nedenlerine etki eden faktörleri belirlemek ve yaş gruplarının, barınma koşullarının bu faktörlerle etkileşim oranlarını belirlemek amacıyla yaptığımız çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- 18-25 yaş gruplarında bulunan öğrenciler daha sık hazır gıda tüketirken, 50 yaş üstü öğrenciler ayda bir hazır gıda tükettiklerini belirtmişlerdir.
- Öğrenciler genel olarak hazır gıdayı, pratik olması, zaman tasarrufu sağladığı için, fiyatının uygun olmasından dolayı, lezzetli bulduğundan, severek tükettiği için, çeşidinin fazla olduğu ve besin değeri için tükettiklerini ifade etmişlerdir.
- Yaşları daha genç olan öğrencilerin hazır gıdaya başlama yaşları daha erken iken 25 yaş ve üstü öğrencilerin ise daha geç hazır gıda ile tanıştıkları görülmüştür.
- Yaşları daha genç olan öğrencilerin büyük çoğunluğu indirimli ürünleri tercih ederken, 36 yaş ve üstü öğrenciler daha dikkatli davrandıkları ve indirimli ürünleri tercih etme oranlarının düşük olduğu görülmektedir.



- Sınav zamanlarında hazır gıda tüketimindeki artış oranı öğrenci evinde kalan öğrencilerde en yüksek iken ailesi ile kalan öğrencilerde en düşüktür.
- Öğrenci evi ve yurttan - pansiyonda kalan öğrenciler büyük oranda hazır gıda satın alırken fiyatın önemli olduğunu belirtmiştir.
- Öğrenciler genel olarak %62.7 oranında hazır gıdaları satın alırken indirimli ürünleri tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. İndirimli ürünleri en yüksek oranında öğrenci evinde kalan öğrenciler tercih etmişlerdir.
- Erkek öğrencilerin daha çok öğrenci evinde kaldıkları, kadın öğrencilerde bu oranın daha düşük olduğu görülmüştür. Kadın öğrencilerin ise yurttan pansiyonda ya da ailesi ile kalmayı tercih etmekte olduğu görülmüştür.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 14/11/2022 tarih ve 232578 sayılı izin kapsamında hazırlanmıştır.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

#### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Kayıoğlu, S, İçöz, A.; Materyal ve Metot: Kayıoğlu, S, İçöz, A.; Veri toplama ve İşleme: Kayıoğlu, S, İçöz, A.; Literatür Tarama: Kayıoğlu, S, İçöz, A.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Kayıoğlu, S, İçöz, A.

## Kaynakça

- Ağır, H. B. ve Akbay, C. (2021). Tüketicilerin fast food tüketim sıklığını etkileyen faktörlerin analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(3): 436-445.
- Alyaaqoubi, S. J. M., Sani, N. A., Abdullah, A. and Rahman R. D. A. (2009). Microbiological quality of selected ready-to-eat food at Hulu Langat district, Malaysia. *Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII*: 421-433.
- Anonim (2010). Dünya Sağlık Örgütü [World Health Organization]. Global strategy on diet, physical activity and health: Childhood overweight and obesity. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/en/>
- Anonim (2022) <https://www.nkfu.com/hazir-gida-nedir-hazir-gidalar-nelerdir-ozellikleri-ve-hakkinda-gercekler>
- Badrie, N., Joseph, A. and Chen, A. (2004). An observational study of food safety practices by street vendors and microbiological quality of street purchased hamburger beef patties in Trinidad, West Indies. *International Journal of Food Safety*, 3: 25–31.
- Banna, J., Richards, R. and Brown, L. B. (2017). College students' perceived differences between the terms real meal, meal, and snack. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 49(3): 228-235.
- Bayhan, M., Soba, M. ve Bildik, T. (2015). Hızlı hazır yemek (Fast-Food) sektöründe hizmet veren işletmelerin analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi: Pamukkale Üniversitesi Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(1): 36-47.
- Brady, K. M., Robertson, C. J. and Cronin, J. J. (2001). Managing behavioral intentions in diverse cultural environments: An investigation of service quality, service value and satisfaction for American and Ecuadorian fast food customers. *Journal of International Management*, 11(7): 1 29-1 49.
- Cömert, M. (2014). Gençlerin fast food tüketim alışkanlıkları. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(6): 423-427.
- Dal, B., Yüzbaşıoğlu, R. ve Kızılaslan, H. (2019). Öğrencilerin gıda tercihlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma (Almus Meslek Yüksekokulu Örneği). *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2): 76-84.
- Durmaz, H., Sağlık, E. ve Tarakçı Z. (2002). Yüksekokul öğrencilerinin içme sütü tüketim alışkanlıkları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 13(1): 69-73.
- Dülger, H. ve Mayda, A. S. (2016). Bartın üniversitesi sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencilerinde beslenme alışkanlıkları ve obezite prevalansı. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3):173-177.
- Engin, H. B. (2013). Çocuk ve Reklam: Çocuklar Olması Gerekenden Erken Büyüyor. *1. Türkiye Çocuk ve Medya Kongresi*. 14-15 Kasım, İstanbul, Türkiye. 1. Türkiye Çocuk ve Medya Kongresi Bildiriler Kitabı (1. Cilt), Çocuk Vakfı Yayınları:104, Yayın Dizisi: 5: 217-234.
- Ermiş, E., Doğan, E., Erilli, N. ve Satici, A. (2015). Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelenmesi: Ondokuz Mayıs Üniversitesi örneği. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 6(1): 30-40.
- Filiz, K. ve Demir, M. (2004). Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda Okuyan Öğrencilerin Barınma ve Beslenme Durumlarının Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi*, 5(2):225-234.
- Gujarati, D. N. (1995). Basic Econometrics. 3<sup>rd</sup> Edition, McGraw - Hill, Inc., New York.
- Gündüz, O. ve Aydoğan, C. (2015). Önlisans öğrencilerinin gıda güvenliği bilinç düzeyleri üzerine bir araştırma. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 6(1): 34-44.
- Gündüz, O. ve Emir, M. (2010). Dondurulmuş gıda tüketimini etkileyen faktörlerin analizi: Samsun İli örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(3): 15-24.
- Kennedy-Behr, A., Rodger, S. and Mickan, S. (2015). Play or hard work: Unpacking well-being at preschool. *Research in developmental disabilities*, 38:30-38.
- Kolodinsky, J., Green, J., Michahelles, M. and Harvey-Berino, J. R. (2008). The use of nutritional labels by college students in a food-court setting. *Journal of American College of Health*. 57(3):297-301.
- Köksal, G. ve Gökmen-Özel, H. (2012). Çocukluk ve Ergenlik Döneminde Obezite. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 729, Baskı : Reklam Kurdu Ajansı Org. Tan. Tas. Rek. San. Tic. Ltd. Şti. Ankara.
- Köse, N. ve Yaman, K. (2010). Tüketicilerin gıda maddelerinin son kullanma tarihine verdikleri önem üzerine bir araştırma: Kastamonu ili merkez ilçe örneği. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(1): 233-240.
- Mirer, T. W. (1995). Economic Statistics and Econometrics. 3 Edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, U.S.A.
- Oranusi, U. S. and Braide, W. (2012). A study of microbial safety of ready-to-eat foods vended on highways: Onitsha- Owerri, South East Nigeria. *International Research Journal of Microbiology*, 3(2): 66-71.
- Özdinç, İ. Y. (2004). Üniversite öğrencilerinin fast food tüketim alışkanlıkları ve tüketim noktası tercihlerini etkileyen faktörler. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 15(1): 71-79.

- Öztop N., Gülbandılar A., Okur M. ve Kolcu Y. (2016). Dumlupınar Üniversitesi Altıntaş Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin Fast Food Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. UMYOS 2016, 5th International Vocational Schools Symposium Importance of Vocational Education in World Prizen/ Kosova , 522-529.
- Öztürk, D. ve Onurlubaş, E. (2022). Üniversite öğrencilerinin fast-food tüketim alışkanlıklarının incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(3):221-232.
- Özütürker, S. ve Özer, B. K. (2016). Erzincan üniversitesi öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları ve antropometrik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(2):63-74.
- Özyazıcıoğlu, N., Çımar, H. G., Buran, G. ve Ayverdi, D. (2009). Uludağ Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 12(2): 34-40.
- Quadir, S. E. ve Akaroglu, G. (2009). Televizyon reklamlarının çocuk tüketiciler üzerine görsel etkilerinin bir incelemesi. *Selçuk İletişim*, 6(1): 78-98.
- Stank, T. P., Goldsby, T. J. and Vickery, S.K. (1999). Effect of service supplier performance on satisfaction and loyalty of store managers in the fast food industry. *Journal of Operations Management*, 17: 429-447.
- Şenses-Ergül, Ş., Sarı, H., Ertaş, S., Berberoğlu, U., Cesaretli, Y. ve Irmak, H. (2015). Tüketime sunulan çeşitli hazır yemek ürünlerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(3): 199-208.
- Tuğay, E. (2019). *Üniversite öğrencilerinin yaşam kalitesi beden algısı ve beslenme durumunun saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi) Biruni Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Vançelik, S., Önal, S. ve Güraksın, A. (2006). Atatürk Üniversitesi öğrencilerinde beden ağırlığı durumu ve ilişkili bazı faktörler. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 5(2): 72-82.
- Yerlıkaya, E. ve Karagücü, H. (2020). Siirt Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları, bilgi düzeyleri ve obezite risklerinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7(10): 131-136.
- Yılmaz, E. ve Özkan, S. (2007). Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelenmesi. *Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 2(6):87-104.
- Yılmaz, E., Oraman, Y. ve İnan, İ. H. (2009). Gıda ürünlerine ilişkin tüketici davranışı dinamiklerinin belirlenmesi: Trakya örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1):1-10.
- Yüksel, F., Yavuz, B. ve Çimen, N. C. (2018). Gümüşhane Üniversitesi öğrencilerinin cips tüketim durumlarının belirlenmesi. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(1):17-36.

## Current Status of Herbicide Resistance of Wild Oats (*Avena* spp) in Wheat Fields in Mardin and Şanlıurfa Provinces of Türkiye


Mardin ve Şanlıurfa İlleri Buğday Tarlalarında Yabani Yulafın (*Avena* spp.) Herbisitlere Dayanıklılığının Mevcut Durumu


İslam Emrah SÜER<sup>1\*</sup>, Erdal ATEŞ<sup>2</sup>, Nihat TURSUN<sup>3</sup>, Cumali ÖZASLAN<sup>4</sup>, Ahmet ULUDAĞ<sup>5</sup>


### Abstract


Wheat is a strategic crop with its role in human nutrition. In Türkiye, it has importance in agriculture and economy as well as being a staple crop. Mardin and Şanlıurfa provinces of Türkiye approximately produces 1.6 million tons of wheat on 600 thousand ha fields. One of the important factors limiting wheat production is weeds. Weeds compete with the wheat plant and cause significant yield and quality loss. Wild oat (*Avena* spp.) species are an important problem in wheat fields in both provinces. Herbicide applications are widely used to control wild oats due to their ease of use, short duration of action and low cost. Wheat fields were surveyed to supply data for strategies to be followed via determining the current situation of herbicide resistance in these provinces where herbicide resistant wild oats had been reported. Out of 95 fields visited, 65 fields had significant wild oat populations of which 61 *A. sterilis* and four *A. fatua*. Then these populations were tested to find out herbicide resistance levels against clodinafop-propargyl (ACCase inhibitor) and formulated mix of mesosulfuron-methyl and iodosulfuron-methyl sodium (ALS inhibitors). Only two populations, one low level and the other medium level were found to be resistant to the formulated mix of mesosulfuron and iodosulfuron while 11 populations were resistant to clodinafop, one high level, three medium level and the remaining low level. It was assumed that longer use history and wider use of clodinafop as well as herbicides used in winter rotational crops might cause more clodinafop resistant populations. It was concluded that a strategy to prevent or delay herbicide resistance in these provinces should be prepared because herbicide resistance has continued evolving.


**Keywords:** *Avena sterilis*, *Avena fatua*, ACCase inhibitor, ALS inhibitor, Clodinafop-propargyl, Mesosulfuron-methyl+ Iodosulfuron-methyl sodium

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İslam Emrah Süer, Diyarbakır Plant Protection Research Institute, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: [islamemrah.suer@tarimorman.gov.tr](mailto:islamemrah.suer@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0003-3297-6860

<sup>2</sup>Erdal Ateş, Diyarbakır Plant Protection Research Institute, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: [erdal.ates@tarimorman.gov.tr](mailto:erdal.ates@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0002-3708-3407

<sup>3</sup>Nihat Tursun, Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Malatya, Türkiye. E-mail: [nihat.tursun@ozal.edu.tr](mailto:nihat.tursun@ozal.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-8765-0326

<sup>4</sup>Cumali Özaslan, Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: [cumali.ozaslan@dicle.edu.tr](mailto:cumali.ozaslan@dicle.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-8660-5451

<sup>5</sup>Ahmet Uludağ, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Çanakkale, Türkiye. E-mail: [ahuludag@yahoo.com](mailto:ahuludag@yahoo.com)  OrcID: 0000-0002-7137-2616

**Atf:** Süer, İ. E., Ateş, E., Tursun, N., Özaslan, C., Uludağ, A. (2024). Mardin ve Şanlıurfa İlleri buğday tarlalarında yabani yulafın (*Avena* spp.) herbisitlere dayanıklılığının mevcut durumu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3):591-601.

**Citation:** Süer, İ. E., Ateş, E., Tursun, N., Özaslan, C., Uludağ, A. (2024). Current status of herbicide resistance of wild oats (*Avena* spp) in wheat fields in Mardin and Şanlıurfa Provinces of Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 591-601.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Buğday insan beslenmesi açısından büyük bir öneme sahip olan stratejik bir bitkidir. Türkiye için temel besin kaynağı olmasının yanı sıra tarım ve ekonomide de mühim bir yer tutmaktadır. Mardin ve Şanlıurfa illerinde yıllık yaklaşık 600.000 ha alanda 1.6 milyon ton buğday üretilmektedir. Buğday üretimini sınırlayan önemli unsurlardan biri de yabancı otlardır. Yabancı otlar buğday bitkisiyle rekabet ederek önemli ölçüde verim ve kalite kaybına yol açmaktadırlar. Bu yabancı otlardan biri olan yabancı yulaf (*Avena* spp.) türleri her iki ilde de buğday tarlalarında önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Yabancı yulafın mücadelesinde uygulanabilirliğinin kolay olması, kısa sürede etki göstermesi ve maliyetinin düşük olmasından dolayı yaygın olarak herbisit uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Herbisitlere dayanıklı yabancı yulafın daha önce tespit edildiği bu iki ildeki mevcut durumunu belirlemek ve mücadelenin stratejisi için veri oluşturmak amacıyla 95 buğday tarlası ziyaret edilmiş ve bunların 65'inde belirgin yabancı yulaf (61'i *A. sterilis* ve dördü *A. fatua* olmak üzere) popülasyonları kaydedilmiştir. Bu popülasyonlar yaygın kullanılan clodinafop (ACCCase inhibitörü) ve mesosulfuron-methyl ile iodosulfuron-methyl sodium karışımı (ALS enzimi inhibitörleri) herbisitlere karşı test edilmiştir. Test edilenler arasında sadece iki popülasyon, orta ve düşük seviyede olmak üzere mezosulfuron-metil ile iodosulfuron-methyl sodium karışımına dayanıklı bulunmuştur. Clodinafopa dayanıklı 11 popülasyondan biri yüksek derecede dördü orta seviyede diğerleri düşük seviyede dayanıklılık göstermiştir. Clodinafopun bu illerde daha eski bir geçmişe sahip olması ve daha yaygın kullanılmasının yanı sıra kışlık münavebe bitkilerinde kullanılan herbisitlerin de etkisiyle clodinafopa karşı dayanıklılığın daha yaygın olduğu düşünülmektedir. Genel olarak herbisitlere dayanıklılık bu illerde oluşmaya devam etmektedir, bu nedenle dayanıklılığın geciktirilmesi veya önlenmesine yönelik bir stratejinin oluşturulmasına ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** *Avena sterilis*, *Avena fatua*, ACCCase inhibitörü, ALS enzimi inhibitörü, Clodinafop-propargyl, Mesosulfuron-methyl+ Iodosulfuron-methyl sodium

## 1. Introduction

Wheat is the most produced crop worldwide and plays an important role in diets, trade, and crop rotations in many countries (Konyalı ve Gaytancıoğlu, 2007; Serpi et al., 2011, Keleş, 2019). The wheat consumption per person was 70 kg in 1960s, nowadays it is estimated 100 kg per person (Serpi et al., 2011). The production of wheat worldwide has increased despite the decrease in harvested acreages for wheat. 770 million tons of wheat were harvested on 220 million ha land worldwide in 2021 (Anonymous, 2023a). Turkey is among the foremost wheat consuming and producing countries traditionally (Uludag, 2017) with 6.6 million ha area sown and approximately 20 million tons of production (Anonymous, 2023b). The Southeast Anatolia Region of Turkey produces 3.2 million tons of wheat on one million ha area. The Mardin and Şanlıurfa provinces are important agricultural hubs and share over 54% of wheat production and acreage of the region (Anonymous, 2023b).

Wheat producers from Mardin considered input costs including pesticides as their main problems. Decrease of the effect of pesticides were mentioned as a problem but lower extent (Acıbuca, 2021). Plant protection problems increase in monoculture wheat production systems including weeds and herbicide resistance (Uludag, 1999; Uludag et al., 2002). Furthermore, weed problem may change and increase due to some rotation systems and herbicide use (Uludag, 1997; Uludag et al., 1999; Arslan, 2018). *Avena* species (wild oats) are worldwide problem in wheat and some other crops as well as the South Anatolia region of Türkiye where the Mardin and Şanlıurfa Provinces are located (Pala et al., 2020; Arslan, 2018). It is reported that wild oat species caused 28 million Australian dollars lost annually due to crop loss and additional inputs (Llewellyn et al., 2016). Wild oat species affect quantity and quality of wheat crop as well as biological features of wheat plants. Depending on crop and weed features including density, and soil and weather conditions changes the effect of weed on a crop, so, studies have ended up different rates of crop loss. Only wild oats decreased wheat yield 36.6% but together with broad leaf weeds 45.1% (Walia and Brar, 2001). In another study, wild oats caused 78% crop loss of wheat (Martin et al., 1987). The density of oats causing 50% loss calculated 14 individuals per m<sup>2</sup> for *A. fatua* and 16 for *A. sterilis* (Mahajan and Chauhan, 2021). As less as three *A. sterilis* plants/m<sup>2</sup> was able to decrease height, yield, and weight of thousand grains (Kadioglu et al., 1988). Grain yield reduction of wheat can be lower under some conditions as it was reported 5 plants per m<sup>2</sup> were reduced only 1-2% and 40 individuals 21-35% in different years (Khan et al., 2020). Protein content under higher wild oat densities decreased as well.

Herbicide use in wheat against gramine weeds in the Southeast Anatolia Region started in mid-1970's and steadily increased, especially after wheat-lentil rotation replaced wheat-follow system, which was the main reason in increase in wild oat populations (Uludag and Demir, 1996; Uludağ, 1993). Herbicide used to control gramineae including wild oats in wheat in Türkiye has been common application since 1990's and herbicide resistance was first seen at the end of 1990's (Uludağ, 2003), which was an *A. sterilis* resistance to ACCase case followed by other wild oat cases (Yücel, 2004; Uludag et al., 2007; Türkseven, 2011; Tursun, 2012; Ayata, 2014; Gürbüz, 2016; Sizer and Tepe, 2016; Torun, 2017; Heap, 2023).

Herbicide resistance cases have kept rising steadily since 1980 and reached 518 unique cases total and over 140 cases in wheat (Heap, 2023). Wheat has the highest number of herbicide resistant weeds with 81 species excluding winter wheat, which the first herbicide resistance case was detected in 1982 in wheat in Australia (Heap and Knight, 1982; Heap, 2023). The first case for wild oat (it was *Avena fatua*) in wheat was again in Australia in 1985 and for *Avena sterilis* in 1989 (Heap, 2023). *Poaceae* have had more weed species resistant to herbicides not regarding crops. *Avena fatua* populations detected resistant to seven different MoAs (Microtubule Assembly) including ALS (Acetolactate Synthase) and ACCase (Acetyl CoA Carboxylase) herbicides. *A. fatua* cases 55, *A. sterilis* cases 14 and *A. ludoviciana* eight worldwide (Heap, 2023). So far six herbicide resistance cases in wheat reported from Türkiye, where has already determined 19 unique cases through country (Heap, 2023), the first one was *A. sterilis* resistance to ACCase herbicides in 1997 (Uludag et al., 2007) and ACCase resistant *A. fatua* was detected in 2011 (Türkseven and Nemli, 2015). In the last years, resistant *Avena* cases from some countries have been recorded as well (Heap, 2023). *A. sterilis* L. subsp *ludoviciana* (Durieu) Gillet and Magne populations from all over Türkiye have shown resistance to ACCase and ALS inhibitors, including multiple and cross resistant populations (Türkseven et al., 2022). Only 42 *A. sterilis* L. subsp *ludoviciana* populations out of 213 did not show resistance to herbicides.

It is estimated that *A. sterilis* distribution in Turkey will increase with changing climatic conditions (Kadioglu and Farooq, 2017). ACCase and ALS herbicides have been widely used herbicides in wild oat control in wheat in Turkey (Torun, 2020). The aim of the study is to find out status of herbicide resistance in wild oats in the Mardin and Şanlıurfa Provinces to improve control methods, which might help improve control strategies in these provinces as well as all over Türkiye and led to further comparative studies to understand herbicide resistance more.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Materials

Wild oat seeds collected from wheat fields and herbicides used in tests (Table 1) were the main materials of the studies.

**Table 1. Herbicides were tested in the study**

Active Ingredient	Mode of Action	Recommended rate (formulation)
Mesosulfuron-methyl+ Iodosulfuron-methyl sodium (3%+0.6%)	ALS inhibitor	250 g/ha + 1000 ml/ha Adjuvant (Biopower)
Clodinafop-propargyl (240 g/l)	ACCase inhibitor	200 ml/ha

Seeds of wild oats that were suspected resistant to formulations of clodinafop or mesosulfuron+iodosulfuron were collected from 65 wheat fields from the Şanlıurfa Province (Siverek, Hilvan, Ceylanpınar, Harran, Akçakale Karaköprü and Viranşehir districts) and the Mardin Province (Derik, Kızıltepe and Nusaybin districts) in 2015 and 2016. The fields were randomly chosen by stopping the first wheat field every 10 km of distance in given directions from April to June. A total of 95 wheat fields were visited and 65 of them had significant amount *Avena* populations. *Avena* species were identified using Flora of Turkey (Doğan, 1985). Wild oat seeds presumably sensitive to herbicides were collected from two non-agricultural areas. Seeds were cleaned and kept at + 4 °C in a refrigerator until used.

### 2.2. Methods

Determination of herbicide resistance is determined in two steps, which were a screening test followed by dose response tests.

#### 2.2.1. Screening test

Surface sterilized with 1% NaClO 25 seeds of wild oats were put in a sterilized petri dish ( $\Phi=9$  cm) with double layered filter paper. Petri dishes were placed in a germination cabin adjusted to 15 °C temperature and darkened after 6 mm of KNO<sub>3</sub> in the concentration of 0.05% were added to each petri dish to break dormancy (Ateş and Üremiş, 2018). Germinated seeds (radicles were seen) were moved to cuvettes, which are 30 by 40 by 6 cm in size filled with a sterilized mix of manure, soil, and sand in equal amounts. When seedlings reached 2-3 leaves (approximately 10-15 cm), herbicides clodinafop and mesosulfuron+iodosulfuron were applied at their recommended rates (Table 1) by even flat nozzle (Teejet, F110-01) under 3 atm pressure with 300 l/ha water solution rate in a spraying cabinet. Cuvettes were monitored and irrigated until the 28th day after application. The herbicides were evaluated according to surviving individuals, which an alive plant was good enough to consider its population as suspected resistant (SR).

#### 2.2.2. Dose Response Tests

Populations determined as SR with screening tests underwent to dose response experiments. Non-agricultural susceptible populations were used as check. Pots ( $\Phi=10$  and  $h=10$  cm) filled with the same soil as explained above, and three wild oat seeds were sown in each pot. When plants reached 2-4 leaves stages, one seedling was left each pot and herbicides applied at the rates of a quarter, half, one, two, four, and eight times of the recommended use rates. In addition, no herbicide applied check was included. Spraying procedure was the same as screening test above. Experimental design was randomized complete block design with four replications (Palma-Bautista et al., 2022).

Plants were cut from soil level at 28th day after herbicide application and dried in an oven at 70 °C for 48 hours,

then weighed (Reddy, 2001). The data were analyzed in R package using four parameters log-logistic model (Knezevic et al., 2007, Ulloa et al., 2011) following,

$$Y = C + ((D - C)/(1 + \exp[b(\log(X) - \log(\text{GR50}))])) \quad (\text{Eq. 1})$$

Where, Y represents a response to herbicide rate (x), C is the lower limit, D is the upper limit, b the slope, and GR50 the dose causing 50% response.

The resistance Index (RI) of SR populations was calculated dividing GR50 of a SR to GR50 of given susceptible population (Ritz and Streibig, 2005). The resistance level of each SR is determined according to Beckie and Tardif (2012): If RI <2 then no resistance, RI = 2–5 then low resistance, RI=6-10 then medium resistance, RI = 11–100 then high, and RI > 100 then extreme resistance.

### 3. Results and Discussion

Total of 65 fields (36 in Şanlıurfa and 29 in Mardin) were significantly infested by *Avena* spp out of 95 wheat fields visited (Table 2) which is parallel to earlier studies in both provinces (Gökalp and Üremiş, 2015a; Gökalp and Üremiş, 2015b; Arslan, 2018; Ateş and Üremiş, 2020). The main *Avena* species was *Avena sterilis* which were dense and frequent weed species in both wheat fields and wheat crops in earlier studies (Gökalp and Üremiş, 2015a, b; Ateş and Üremiş, 2020). Two subspecies of *A. sterilis* did not separated in our study, which means individuals can be either *A. sterilis* subsp *sterilis* L. or *A. sterilis* subsp *ludoviciana* (Durieu) Gillet et Magne (Dogan, 1985). The other *Avena* species that were determined was *Avena fatua* which was recorded from four fields only (ŞSV7, MKZ10, MDR8, MKZ3). The latter were used as a susceptible check in the dose response test for mesosulfuron + iodosulfuron.

**Table 2. *Avena* spp populations according to districts and provinces**

	The Şanlıurfa		The number of populations	The Mardin		The number of populations
	Province	Code		Province	Code	
Districts	Akçakale	ŞAK	5	Artuklu	MAR	6
	Ceylanpınar	ŞCY	3	Kızıltepe	MKZ	10
	Haliliye	ŞHL	5	Derik	MDR	9
	Hilvan	ŞHV	6	Nusaybin	MNS	4
	Siverek	ŞSV	9			
	Karaköprü	ŞKA	1			
	Viranşehir	ŞVR	7			
	<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>Total</b>		<b>29</b>

#### 3.1. Screening for Herbicide Resistance

All populations have tested for resistance and 22 were suspected resistant to clodinafop and 3 were to mesosulfuron+iodosulfuron (Table 3). Compared to a nationwide study on *A. sterilis* subsp. *ludoviciana* from wheat fields, the herbicide resistant populations rate is lower, which was 20% of all populations were susceptible to five active ingredients ACCase and ALS herbicides nationwide (Türkseven et al., 2022) while 65% of *A. sterilis* in our study area to two active ingredients. All the suspected populations were *Avena sterilis* except one (ŞSV7) that was clodinafop resistant *Avena fatua*. In addition, only ŞSV2 population was resistant to both herbicides.

#### 3.2. Dose Response Tests

Two of three suspected resistant populations to mesosulfuron + iodosulfuron have found resistant to the formulation but in low and medium RI levels (Table 4). Resistant populations to this formulation have been reported from the Adana Province (Torun, 2017; Gürbüz, 2016). In a study in Iran, three *A. sterilis* subsp. *ludoviciana* populations had were identified from wheat fields resistant to mesosulfuron + iodosulfuron which were characterized as lows level according to death rates and height measurements but two of them were characterized as high levels according to dry weight (Aghajani et al., 2009). Nationwide in Türkiye, 90 out of 213 *A. sterilis* subsp. *ludoviciana* from wheat fields showed resistance to mesosulfuron + iodosulfuron, which all was low level resistance (RI=2.00-3.14) (Türkseven et al., 2022). In an earlier study, fenoxaprop and clodinafop resistant three and susceptible two *A. sterilis* populations from Çukurova were susceptible to mesosulfuron + iodosulfuron (Uludag et al., 2007). It can be concluded that mesosulfuron + iodosulfuron resistance in *A. sterilis* populations in wheat fields been still developing in Türkiye as



mentioned by Uludag et al. (2007) and Türkseven et al. (2022) despite over two decades of use of this mixture.

**Table 3. The number of suspected resistant *Avena* populations according to herbicide, district and province**

The Şanlıurfa Province	The number of populations resistant to clodinafop	The number of populations resistant to mesosulfuron+ iodosulfuron	The Mardin Province	The number of populations resistant to clodinafop	The number of populations resistant to mesosulfuron+ iodosulfuron
Akçakale	1	0	Artuklu	3	0
Ceylanpınar	0	0	Kızıltepe	4	0
Haliliye	1	0	Derik	2	0
Hilvan	2	0	Nusaybin	1	2
Siverek	3	1			
Karaköprü	0	0			
Viranşehir	5	0			
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>1</b>		<b>10</b>	<b>2</b>

**Table 4. Level of mesosulfuron + iodosulfuron resistance in wild at populations**

Population	GR50(±SE)	t-value	P-value	RI
MNS2	3.4±3.0	1.12	0.27	1
MNS3	7.2±5.7	1.26	0.22	3
ŞSV2	12.1±0.7	16.5	0.00	6
Susceptible	2.3±2.9	0.79	0.44	

Among the suspected populations, four from Mardin and seven from Şanlıurfa were resistant to clodinafop (Tables 5 and 6). The highest resistance level to clodinafop was medium in Mardin and high in Şanlıurfa, which were represented by a population in both provinces. In an earlier study (Beckie ve Tardif, 2012), populations showed medium- and mostly low-level resistance to clodinafop. There were low and medium levels of resistance in eight out of 20 *A. sterilis* populations from wheat fields from Çukurova but it should be noted that the maximum application rate was eight times of recommended rate (Uludag et al., 2007). Furthermore, these populations were cross resistance to fenoxaprop but RI was not parallel (Uludag et al., 2007). All of 12 *A. sterilis* subsp. *ludoviciana* populations from Iran were resistant to clodinafop in R/S levels from 1.76 to >47.04 (Sasanfar et al., 2017).

**Table 5. The level of resistance to clodinafop in Mardin province wild oat populations**

Population	GR50(±SE)	t-value	P-value	RI
MAR3	11.2±9.1	1.23	0.2	2
MAR5	15.3±12.5	1.22	0.2	3
MKZ2	4.5±1.8	2.5	0.02	1
MNS1	28.6±9.9	2.9	0.01	6
MAR6	11.6±6.0	2.0	0.06	2
MDR5	20.5±11.4	1.8	0.08	4
MDR2	7.9±3.1	2.58	0.02	1
MKZ4	27.3±11.5	0.07	0.9	5
MKZ5	3.4±2.5	1.3	0.19	1
MKZ9	10.7±4.0	2.66	0.01	2
Susceptible	5.3±1.1	4.9	0.00	

Şanlıurfa populations showed higher resistance levels compared to Mardin populations, one population from Şanlıurfa showed a high level of resistance. Three populations from Mardin had a low level of resistance and one medium level (Table 5), it was four and two, respectively for Şanlıurfa populations (Table 6). Varying level of wild oat resistance to clodinafop have been detected in wheat fields in different locations (Yücel, 2004; Uludag et al., 2007; Torun, 2017; Sizer and Tepe, 2016; Papapanagiotou et al., 2020; Zand et al., 2009; Türkseven, 2011). However, it can

be attributed to that more FOP (Aryloxyphenoxypropionate) herbicides might be used in Şanlıurfa to control *Sorghum halepense* than Mardin due to the popularity of cotton in Şanlıurfa and maize in Mardin. Actually, rotations are the same in both provinces where wheat rotates with lentils, cotton or maize mainly.

**Table 6. The level of resistance to clodinafop in Şanlıurfa province wild oat populations**

Population	GR50(±SE)	t-value	P-value	RI
ŞVR6	7.8±5.7	1.4	0.2	2
ŞHV5	6.2±1.2	5.02	0.00	2
ŞHV4	24.5±20.7	1.18	0.25	8
ŞAK4	18.6±11.3	1.7	0.11	6
ŞSV7	8.9±4.1	2.2	0.04	3
ŞHL3	7.7±1.7	4.5	0.00	2
ŞSV2	7.3±1.5	4.78	0.00	2
ŞVR7	11.1±9.5	1.17	0.26	4
ŞVR2	9.9±2.3	4.25	0.00	3
ŞVR4	33.7±1.1	0.3	0.77	11
ŞVR3	3.1±0.6	4.95	0.00	1
ŞSV3	9.5±1.6	5.9	0.00	3
Susceptible	3.1±1.9	1.6	0.12	

Clodinafop resistant populations were from Siverek, Hilvan, Viranşehir, and Haliliye districts and Derik, Kızıltepe, and Nusaybin districts which have the largest lentil acreages which have been used FOP herbicides mainly in *Avena* spp. control and grown in rotation with wheat.

#### 4. Conclusions

The differences in herbicide resistance among provinces, districts, or populations were determined and herbicide resistance in these provinces has continued evolving. The differences can be attributed to cropping and weed control history of a particular field, years herbicides have been used, frequencies and rates of herbicides applied and/or environmental conditions as mentioned in earlier studies (Uludag et al., 2007; Travlos et al., 2011; Ahmad-Hamdani et al., 2012; Türkseven et al., 2022). Despite long history of herbicide uses in these provinces, less level of herbicide resistance comparing to cases in other locations in Türkiye and the other countries needs further comparative research on weather and soil conditions as well as agronomic applications might be set to find out the reasons for less and low levels of resistance in these two provinces compared to other places with higher and wider resistance cases reported, which may contribute to theories related to herbicide resistance.

It is clear that the herbicide resistance problem in Şanlıurfa and Mardin provinces will expand and become more detrimental in wheat fields because current weed control practices in wheat and rotating crops rely on mainly ACCase and ALS herbicides which can lead to further development of resistance that have already populations lower levels of herbicide resistance. Green deal policies and UN sustainable development goals suggested less herbicide depended, less carbon and nitrogen emitted, and water efficient agriculture systems should be employed to avoid side effects of weed control techniques including prevention or delay of herbicide resistance.

#### Acknowledgment

This study was supported by the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policy Research Project (Project No:TAGEM-BS-12/12-01/04-01), Turkey.

#### Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

#### Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

### **Authorship Contribution Statement**

Concept: İES, EA, NT, CÖ, AU; Design: İES, EA, NT, CÖ, AU; Data Collection or Processing: İES, EA, NT, CÖ, AU; Statistical Analyses: İES, EA, NT; Literature Search: İES, EA, AU; Writing, Review and Editing: İES, EA, NT, CÖ, AU.

## References

- Acıbuca, V. (2021). Production of durum wheat and the problems of the producers in Mardin province. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4): 977-987.
- Aghajani, Z., Zand, E., Baghestani, M. A. and Mirhadi, M. J. (2009). Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana Durieu*) populations to iodosulfuron+mezosulfuron herbicide. *Iranian Journal of Weed Science*, 6:79-93.
- Ahmad-Hamdani, M. S., Owen, M. J., Yu, Q. and Powles, S. B. (2012). ACCase-inhibiting herbicide resistant wild oat (*Avena fatua* L.) populations from the Western Australian grain belt. *Weed Technology*, 26: 130-136.
- Anonymous (2023a). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OCL> (Accessed Date: 15.04.2023).
- Anonymous (2023b). Turkish Statistical Institute. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Accessed Date: 13.04.2023).
- Arslan, Z. F. (2018). Decrease in biodiversity in wheat fields due to changing agricultural practices in five decades. *Biodiversity and Conservation*, 27(12): 3267-3286.
- Ateş, E. and Üremiş, İ. (2018). Determination of germination temperatures of *Sinapis arvensis* L. and *Avena sterilis* L. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2): 154- 159.
- Ateş, E. and Üremiş, İ. (2020). Determination of weed species and their frequency and density in wheat cultivation areas of Şanlıurfa province, Turkey. *Harran Journal of Agriculture and Food Sciences*, 24(1): 33-43.
- Ayata, M. U. (2014). *The importance of accase (Acetyl-Coa Carboxylase) enzyme inhibitor herbicide resistance in sterile wild oat (Avena sterilis L.) and mapping of resistant populations in the wheat fields of Adana province*. (Ph. D. Thesis) Cukurova University, The Institute of Naturel and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- Beckie, H. J. and Tardif, F. J. (2012). Herbicide cross resistance in weeds. *Crop Protection*, 35: 15-28.
- Doğan, M. (1985). *Avena* L. pp 302-307 in DAVIS, P.H. (ED.): *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Volume 09 (final volume)*.
- Gökalp, Ö. and Üremiş, İ. (2015a). Determination of weed seeds in wheat grain in Mardin province of Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University Research Article*, 20(1): 23-30.
- Gökalp, Ö. and Üremiş, İ. (2015b). Determination of weed species and their frequency and density in wheat fields in Mardin province, Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University Research Article*, 20(1): 13-22.
- Gürbüz, R., (2016). *The determination of ALS inhibitor herbicide resistance biotypes of sterile wild oat (Avena sterilis L.) and wild mustard (Sinapis arvensis L.) mapping of resistant populations in the wheat fields of Adana province*. (Ph. D. Thesis) Çukurova University, The Institute of Natural and Applied Sciences Department of Plant Protection, Adana, Turkey.
- Heap, I. (2023). The International herbicide-resistant weed database. [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org).
- Heap, J. and Knight R. A. (1982). Population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl in South Australia. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 48: 156-7.
- Kadioglu, I. and Faroog, S. (2017). Potential distribution of sterile oat (*Avena sterilis* L.) in Turkey under changing climate. *Turkish. Journal of Weed Science*, 20: 1-13.
- Kadioglu, İ., Çınar, A. and Uygur, F. N. (1988). Studies on Wheat-wild Oat (*Avena sterilis* L.) Interactions and Control Possibilities. *5th. Turkish Phytopathology Congress*, 18-21 October, P.79. Antalya, Turkey.
- Keleş, G. (2019). The Analysis of factors affecting the seed choices of wheat producers in the Trakya region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(3): 423-431.
- Khan, M., Ali, H. H., Ali, L., Rizwan, M. S., Mahmood, A., Raza, A. and Javaid, M. (2020). Competitive interactions of wild oat (*Avena fatua* L.) with quality and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Planta Daninha*, 38: 1-13.
- Knezevic S. Z., Streibig J. C. and Ritz C. (2007). Utilizing R software package for dose-response studies: the concept and data analysis. *Weed Technology*, 21: 840-848.
- Konyalı, S. and Gaytancıoğlu, O. (2007). The Agricultural policies applied for wheat and problems of wheat producers' in the Thrace region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4(3): 249-259.
- Llewellyn, R., Ronning, D., Clarke, M., Mayfield, A., Walker, S. and Ouzman, J. (2016). Impact of weeds on Australian grain production: the cost of weeds to Australian grain growers and the adoption of weed management and tillage practices. Report for GRDC. CSIRO, Australia.
- Mahajan, G. and Chauhan, B. S. (2021). Interference of wild oat (*Avena fatua*) and sterile oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*) in wheat. *Weed Science*, 69(4): 485-491.
- Martin, R. J., Cullis, B. R. and McNamara, D. W. (1987). Prediction of wheat yield loss due to competition by wild oats (*Avena* spp.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 38(3): 487-499.

- Pala, F., Erman, M., Cig, F. and Dilmen, H. (2020). A study on weed flora and importance value index of weeds in wheat crop. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 6(1): 49-59.
- Palma-Bautista, C., Portugal, J., Vázquez-García, J. G., Osuna, M. D., Torra, J., Lozano-Juste, J., Gherekhloo, J. and De Prado, R. (2022). Tribenuron-methyl metabolism and the rare Pro197Phe double mutation together with 2,4-D metabolism and reduced absorption can evolve in papaver rheoas with multiple and cross herbicide resistance to ALS inhibitors and auxin mimics. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 188: 105226.
- Papapanagiotou, A. P., Damalas, C. A., Menexes, G. C., Eleftherohorinos, I. G. (2020). Resistance levels and chemical control options of sterile oat (*Avena sterilis* L.) in Northern Greece. *International Journal of Pest Management*, 66(2): 106-115.
- Reddy, K. N. (2001). Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 15: 660-668.
- Ritz, C. and Streibig, J.C. (2005). Bioassay Analysis Using R. *Journal of Statistical Software*, 12(5): 1–22.
- Sasanfar, H., Zand, E., Baghestani, M. A., Mirhadi, M. J. and Mesgaran, M. B. (2017). Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. *Phytoparasitica*, 45: 419-428.
- Serpi, Y., Topal, A., Sade, B., Ögüt, H., Soylu, S., Boyraz, N., Bilgili, N. and Direk, M. (2011). National Grain Council (UHK), Wheat Report, 69.
- Sizer, V. and Tepe, I. (2016). Determination of susceptibility of winter wild oat (*Avena sterilis* L.) biotypes against Clodinafop-propargyl and Mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium herbicides prevalent in wheat fields of Diyarbakır, Turkey. *Turkish Journal of Weed Science* 19(2): 10-19.
- Torun, H. (2020). Determination of effects on weed height and weed biomass of wild oat (*Avena sterilis* L.) populations in wheat fields against ALS and ACCase herbicides. *Journal of Agriculture and Nature*, 23(2): 358-366.
- Torun, H., (2017). *Investigation on effect of crop rotation systems on herbicide resistance of wild oat (Avena sterilis L.) in Osmaniye province and it's mapping*. (Ph. D. Thesis) Cukurova University, The Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- Travlos, I. S., Giannopolitis, C. N. and Economou, G. (2011). Diclofop resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis* L.) in wheat fields in Greece and its management by other post-emergence herbicides. *Crop Protection*, 30(11): 1449-1454.
- Türkseven, S. and Nemli, Y. (2015). First report on herbicides resistance of wild oat (*Avena fatua* L.) in Turkey. *Turkish Journal of Weed Science*, 18(2): 1-11.
- Türkseven, S. G. (2011). *Investigations on resistance of wild oat (Avena fatua L.) and steril wild oat (Avena sterilis L.) to herbicides in wheat fields of the Marmara region*. (Ph. D. Thesis) Ege University, Department of Plant Protection, İzmir, Turkey.
- Türkseven, S. G., Uludağ, A., Demirci, M. and Serim, A. T. (2022). Herbicide resistance in *Avena sterilis* subsp *ludoviciana* populations from the wheat fields of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(6): 888-897.
- Tursun, N. (2012). Determination on a quick test of herbicide resistance to fenoxaprop-p-ethyl in sterile oat (*Avena sterilis* L.) in cereal crops. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 161-166.
- Ulloa, S. M., Datta, A., Bruening C., Neilson, B., Miller, J., Gogos, G. and Knezevic, S. Z. (2011). Maize response to broadcast flaming at different growth stages: Effects on growth, yield and yield components. *European Journal of Agronomy*, 34: 10–19.
- Uludağ, A. (1993). *Weed survey in cereal-lentil rotation crops in Diyarbakır and some biological aspects of important weeds*. (Ph. D. Thesis) Cumhuriyet University, Department of Plant Protection, Tokat, Turkey.
- Uludag, A. (1997). Weed Infestation Level Changes in Cereals in Diyarbakir, Turkey. *10th Symposium, EWRS*. 22-26 June, P.22. Poznan, Poland.
- Uludag, A. (1999). Integrated Pest Management in Turkey. *Proceedings of The Workshop on Integrated Pest Management of Agricultural Pests for Oic Member Countries in Asia*, 8-11 March, P.180-201, Islamabad, Pakistan.
- Uludağ, A. (2003). *Researches on herbicide-resistance in sterile wild oat in wheat fields in the Eastern Mediterranean region of Turkey*. (Ph. D. Thesis) Ege University, Department of Plant Protection, İzmir, Turkey.
- Uludag, A. (2017). Agriculture, Environment, Culture, Civilization in The Context of Konuralp Rice. *3<sup>rd</sup> International Duzce History, Culture and Art Symposium*, 476-487, Düzce, Turkey.
- Uludag, A. and Demir, A. (1996). Herbicide Consumption in The Area of Southeastern Anatolian Irrigation Project. *The Second Turkish Pesticide Symposium*, 18-20 November, P.80-90. Ankara, Turkey.
- Uludag, A., Gullu, M., Tatli, F. and Toktay, H. (2002). Plant Protection Problems in Monoculture Wheat System. *Congress and Exhibition for Cereal Products*, 3-4 September, 2000, In Turkish with summary in English. P. 515-520. Adana, Turkey.
- Uludag, A., Nemli, Y., Tal, A. and Rubin, B. (2007). Fenoxaprop resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis*) in wheat fields in Turkey. *Crop Protection*, 26(7): 930-935.
- Uludag, A., Tastan, B., Uremis, I., Uygur, F.N., Rusen, M. (Katkat) and Uzun, A. (1999). Changes in Weed Flora in Cereals. *11th Symposium, EWRS*. 28 June-1 July, P.5, Basel, Switzerland.

- Walia, U. S. and Brar, L. S. (2001). Competitive ability of wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.) and broad leaf weeds with wheat in relation to crop density and nitrogen levels. *Indian Journal of Weed Science*, 33(3and4): 120-123.
- Yücel, E. (2004). *Investigation of resistance problems of phalaris brachystachys Link. (short spiked canarygrass) is problem weed of wheat fields in Cukurova region against to some wheat herbicides.* (Ph. D. Thesis) Cukurova University, The Institute of Naturel and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- Zand, E., Benakashani, F., Soufizadeh, S., Ebrahimi, M., Minbash, M., Dastaran, F. and Forozesh, S. (2009). Study on the resistance of problematic grass weed species to clodinafop propargyl in wheat in Iran. *Environmental Sciences*, 6: 145-160.

## Which Method Is Better for Preserving Meat and Cheese: Coating Propolis on The Packaging Material or Spraying Directly onto The Food?\*


Et ve Peyniri Saklamak İçin Hangi Yöntem Daha İyi: Ambalaj Malzemesine Propolis Kaplamak mı, yoksa Doğrudan Gıdanın üzerine Püskürtmek mi?

Ezgi KARPUZ<sup>1\*</sup>, İbrahim PALABIYIK<sup>2</sup>

### Abstract

This study was carried out to determine whether it is better to spray a preservative coating of propolis on the food packaging material or directly onto meat and cheddar cheese. To test this, the surfaces of a vacuum bag (Polyamide/Polyethylene-PA/PE), some stretch film (Low Density Polyethylene- LDPE) and a ziploc bag (Oriented Polypropylene-OPP) and food samples were coated by spraying them with a propolis-ethyl acetate (PEA) solution. Moreover, a propolis-propylene glycol (PPG) solution was sprayed directly on the food surfaces (cheese and meat) to study the shelf life of these products without packaging. Meat and cheddar cheese placed in packages and covered with a PPG solution were stored at 4°C for 30 and 45 days, respectively. The predominant phenolic compound in the propolis used in the study was caffeic acid phenethyl ester (CAPE) at a level of 27.523,4 µg g<sup>-1</sup>, and the lowest amount of phenolic acid was epigallocatechin gallate at 287.53 µg g<sup>-1</sup>. At the end of the storage period, the *Enterobacteriaceae* count of the meat sample stored in propolis sprayed vacuum packaging decreased by 1.01 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0.05) compared to the control, and achieved the best result. It was concluded that the PPG solution applied onto the meat did not adhere well to it and the solution could not achieve its antimicrobial effect. At the end of the storage period, while the cheddar cheese sample kept in a propolis-treated vacuum bag had the lowest TMAB count for 21 days (p<0.05), PPG directly sprayed on cheddar cheese had the lowest TMAB count at the end of storage with 6.64 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0.05). The PPG solution was able to adhere to the surface of the cheddar cheese and propolis was able to show its antimicrobial activity. In addition, the LAB (MRS) value for the cheddar cheese sample stored in propolis-treated vacuum packaging decreased by 0.60 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0.05) compared to the control and achieved the best result. Microbiological analysis showed that propolis coating in vacuum packaging improved the microbiological quality of the meat and the cheddar cheese.

**Keywords:** Propolis, Packaging, Antimicrobial, Shelf life, Spraying

<sup>1</sup>Ezgi Karpuz, Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, 59030, Türkiye. E-mail: [karpuzezgi@gmail.com](mailto:karpuzezgi@gmail.com)  ORCID: 0000-0002-2470-3769

<sup>2</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İbrahim Palabiyik, Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, 59030, Türkiye. E-mail: [ipalabiyik@nku.edu.tr](mailto:ipalabiyik@nku.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-8850-1819.

Atıf: Karpuz, E., Palabiyik, İ. (2024). Et ve peyniri saklamak için hangi yöntem daha iyi: Ambalaj malzemesine propolis kaplamak mı, yoksa doğrudan gıdanın üzerine püskürtmek mi? *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 602-618.

Citation: Karpuz, E., Palabiyik, İ. (2024). Which method is better for preserving meat and cheese: Coating propolis on the packaging material or spraying directly onto the food? *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 602-618.

\*Bu çalışma Ezgi Karpuz'un Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

**Öz**

Bu çalışma, propolisin koruyucu bir kaplamasının gıda ambalaj malzemesi üzerine mi yoksa doğrudan et ve kaşar peyniri üzerine mi püskürtülmesinin daha iyi olduğunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bunu test etmek için bir vakum torbası (Poliamid/Polietilen-PA/PE), bir miktar streç film (Düşük Yoğunluklu Polietilen-LDPE) ve bir ziploc torbası (Yönlendirilmiş Polipropilen-OPP) ve gıda örneklerinin yüzeyleri propolis-etil asetat (PEA) çözeltisi püskürtülerek kaplanmıştır. Ayrıca, bu ürünlerin ambalajsız raf ömrünü incelemek için gıda yüzeylerine (peynir ve et) doğrudan propolis-propilen glikol (PPG) çözeltisi püskürtülmüştür. Paketlere yerleştirilen ve PPG çözeltisi ile kaplanan et ve kaşar peyniri sırasıyla 30 ve 45 gün boyunca 4°C'de saklanmıştır. Çalışmada kullanılan propoliste baskın fenolik bileşik 27.523,4 µg g<sup>-1</sup> ile kafeik asit fenetil ester (CAPE), en düşük fenolik asit miktarı ise 287,53 µg g<sup>-1</sup> ile epigallocateşin gallat olmuştur. Depolama süresinin sonunda, propolis püskürtmeli vakum ambalajda depolanan et numunesinin *Enterobacteriaceae* sayısı kontrole kıyasla 1,01 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0,05) azalmış ve en iyi sonucu elde etmiştir. Et üzerine uygulanan PPG solüsyonunun ete iyi yapışmadığı ve solüsyonun antimikrobiyal etkisini gösteremediği sonucuna varılmıştır. Depolama süresinin sonunda, propolisle muamele edilmiş vakum torbasında tutulan kaşar peyniri örneği 21 gün boyunca en düşük TMAB sayısına sahipken (p<0.05), kaşar peynirine doğrudan püskürtülen PPG 6.64 log CFU g<sup>-1</sup> ile depolama sonunda en düşük TMAB sayısına sahip olmuştur (p<0.05). PPG çözeltisi kaşar peynirinin yüzeyine yapışabilmiş ve propolis antimikrobiyal aktivitesini gösterebilmiştir. Ayrıca, propolisle muamele edilmiş vakumlu ambalajda saklanan kaşar peyniri numunesi için LAB (MRS) değeri kontrole kıyasla 0,60 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0,05) azalmış ve en iyi sonucu elde etmiştir. Mikrobiyolojik analizler, vakum ambalajda propolis kaplamanın etin ve kaşar peynirinin mikrobiyolojik kalitesini iyileştirdiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Propolis, Ambalaj, Antimikrobiyal, Raf Ömrü, Püskürtme



## 1. Introduction

Propolis is a natural medicine that has been widely used since ancient times (Castaldo and Capasso, 2002). Propolis is a bee product that is collected from the leaves and buds of poplar, birch, pine, oak, eucalyptus and chestnut trees, and is mixed with wax and used for many purposes in the hive. Among more than 300 components identified in the chemical composition of propolis, phenolic compounds are important since they are responsible for the pharmacological and biological activities of propolis (Escriche and Juan-Borrás, 2018; Galeotti et al., 2018). The anti-inflammatory (Memmedov et al., 2017), antioxidant (Zabaiou et al., 2017), antibacterial (Hames-Kocabas et al., 2013), antiviral and antifungal (Güney and Yılmaz, 2013) properties of propolis have been proven in many studies.

Propolis has an antimicrobial effect on some Gram positive and Gram negative bacteria such as *E. coli*, *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *B. subtilis*, *S. epidermidis* and *Streptococcus* (Aliyazcoglu et al. 2013; Fadaly and El-Badrawy, 2001; Obregón Fuentes and Rojas Hernández, 1990). In the studies which investigated propolis as a natural antimicrobial and antioxidant agent for food preservation, it was determined that samples coated with propolis reduced lipid oxidation and successfully inhibited microbial growth (Coban and Coban, 2020; Correa et al., 2019; Güler et al., 2022; Jonaidi Jafari et al., 2018; Safaei and Roosta Azad, 2020; Yazgan et al., 2020). Properties of packaging materials has become more significant today since it plays a crucial role in delaying the deterioration of food products, extending the shelf life, and protecting the quality and safety of foods (López-Rubio et al., 2004).

Packaging is an effective way to restrict the growth of microorganisms and extend shelf life, thereby helping to maintain the quality of the food (Dizaj et al., 2014; Yu et al., 2017). Jonaidi Jafari et al. (2018) removed food fillets after 30 seconds of soaking them in a coating solution containing 0.1% and 2% propolis extract with chitosan to form the coating, and then re-immersed them for 30 seconds after 2 minutes. Correa et al. (2019) immersed cheese slices in 5% and 10% ethanol extract of green propolis solutions for 5 seconds. In the study by Coban and Coban (2020), food fillets were dipped in coating solutions (pure chia mucilage (CM), CM with added 0.1% propolis liquid extract, and CM with added 0.3% propolis liquid extract) at 4°C three times at two-minute intervals. After immersion, the fillets were dried in a sterile incubator under an airflow (4°C and 50% RH) for 60 minutes. Safaei and Roosta Azad (2020) developed active polylactic acid films containing 10%, 20% and 40% w w<sup>-1</sup> propolis extract as active agents in order to extend the shelf life of meat products. The methods of dipping food in propolis solution and the use of propolis as an additive are of limited industrial use on a large scale. However, the spraying method is practical and suitable for industrial-scale use. The spray technique offers potential cost reduction, single-end coating, thickness control and the possibility of very easy application (Andrade et al., 2012; Olivás and Barbosa-Cánovas, 2009; Ustunol, 2009). No study has been found that examines systematically the use of propolis by spraying on the packaging or on foods directly to increase their shelf life at the same time. Meat and cheddar cheese is an excellent source of animal protein with high biological value, containing all essential amino acids and unsaturated fatty acids for human nutrition. These foods are perishable due to their biological composition (Labadie, 1999; Zheng et al., 2021). In this study, the comparison of spraying methods of propolis indirectly on the packaging or directly on meat and cheddar cheese has been investigated. Thus, the more effective of these methods will be determined for the first time in the literature for the perishable foods.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Materials

Raw propolis was obtained from beekeepers in Kırklareli province where the oak (*Quercus* spp.) tree is the dominant tree. Materials obtained from the international companies included ethyl alcohol (Merck, Germany), ethyl acetate (Tekkim, Türkiye), propylene glycol (Alfasol, Germany), Whatman A4 filter paper (Merck, Germany), M17 agar acc. to TERZAGHI (Merck, Germany), Man Rogosa and Sharpe (MRS) (Merck, Germany), Violet Red Bile Glucose (VRBG) (Merck, Germany), Plate Count skimmed milk (PCSM) (Merck, Germany), Nutrient Broth (Merck, Germany), Mueller-Hinton Agar (MHA) (Merck, Germany), Nessler reagent (Merck, Germany) and a stomacher bag (PE, 180 × 310 mm, Lp Italiana Spa). Beef meat and cheddar cheese were purchased directly from a local market (Tekirdağ, Türkiye). 80 µm thick vacuum bags (Polyamide/Polyethylene-PA/PE) (Packtech, Türkiye), stretch film (Low Density Polyethylene-LDPE) (Packtech, Türkiye), ziploc bags

(Oriented Polypropylene-OPP) (Packtech, Türkiye) were purchased from the wider market. A spray painting system (TC-SY 600 S, Germany) was used for the spraying application.

## **2.2. The preparation of propolis solutions**

Thirty grams of powdered propolis were mixed with 100 ml of 70% ethanol. Subsequently, the mixture was placed in a shaker incubator (Infors HT Ecotron, Switzerland) at 60°C and 150 rpm for 24 hours. After this, the mixture was filtered through Whatman A4 filter paper, and the ethyl alcohol was evaporated completely in a rotary evaporator (R-100, Büchi, Switzerland). The resulting solvent-free propolis resin was stored in a refrigerator (4±0.5°C) until the experiments were conducted (Bölük et al., 2021).

Proposed weights of solvent-free propolis resin were mixed with liquid ethyl acetate or propylene glycol, and the mixtures were shaken in a shaker incubator (Infors HT Ecotron, Switzerland) at 150 rpm for 5 to 6 hours at room temperature to dissolve propolis resin completely in these solvents. Propolis-ethyl acetate (PEA) solutions were obtained at ratios of 5%, 10%, 20% and 30% (propolis/ethyl acetate, w v<sup>-1</sup>) to cover the surface of the packages. On the other hand, propolis-propylene glycol (PPG) solutions in ratios of 5%, 10%, 20% and 30% (propolis/propylene glycol, w v<sup>-1</sup>) were prepared and used as a solution to directly coat the propolis onto meat and cheddar cheese samples.

## **2.3. Coating packaging and food with propolis solutions**

Spray coating was carried out using a compressed air-assisted sprayer (Ronseal Power Sprayer, Sheffield, UK) (Leceta et al., 2015; Meng et al., 2010). Propolis-coated stretch film, ziploc bags, vacuum bags and the PPG solution sprayed onto meat and cheese samples are shown in *Figure 1*. Vacuum packaging, stretch film and ziploc bags are easily accessible and cheap to produce. In addition, these packages are frequently used in the food industry. Considering all these points, vacuum packaging, stretch film and ziploc bags were preferred in this study in order to protect food in a way that is compatible with industry.

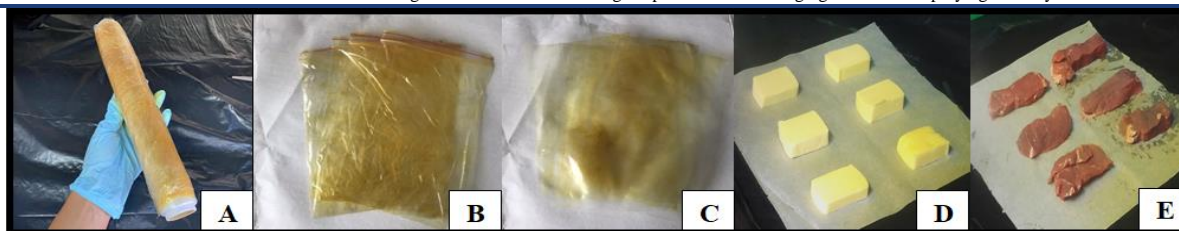
A 10% PEA solution was sprayed homogeneously onto the stretch film (30 cm × 50 cm) – opened up to 1 meter in length – for 7 seconds with the help of a compressor. Then, by keeping the stretch film at room temperature for 6 hours, the ethyl acetate was completely evaporated and only propolis remained as a thin yellow layer.

For vacuum and ziploc bags, 5 ml of a 10% PEA solution was taken and poured into the vacuum bags and ziploc bags using a glass pipette and was manually spread all over the packaging. Then, the ethyl acetate was again evaporated off for 6 hours at room temperature. After the packages were covered with propolis solution and dried, the surfaces of the packages became yellow. Propolis is a sticky substance that is less soluble in water and is attached to the packaging (Keskin, 2018).

In addition, a 5% PGG solution was sprayed for 7 seconds with the help of a compressor to cover the entire surface of the meat and cheddar cheese samples. As a result of preliminary experiments, the amount sprayed was chosen by considering the maximum amount of propolis that does not impair the sensory properties of the food, and 0.4 g of propolis was sprayed on each square meter of food surface.

During the preparation of solutions with propolis, propolis was extracted at 50°C and it was not exposed to any higher temperature during the study. Since the coating processes of packaging materials of propolis solutions of different concentrations are created at room temperature, the phenolic compounds in propolis are protected (Yurteri, 2015). For this reason, the method used to treat packages with propolis is also important in terms of protecting the phenolics in it.

Meat and cheddar cheese samples of fixed weights (40 g and 30 g, respectively) were aseptically wrapped in stretch film, put and sealed in vacuum bag and sealed in Ziploc bag without evacuation of the air. Control samples had the packaging materials which were uncoated with propolis. On the other hand, meat and cheddar cheese samples sprayed with PPG solution were aseptically placed in a container without packaging during storage. All the samples were kept in the refrigerator at +4°C; the meats were stored for 30 days and the cheddar cheese for 45 days.



**Figure 1. Stretch film with propolis (A), Ziploc with propolis (B), vacuum bag with propolis (C) preparation and coating of cheddar samples and beef meat with PPG solution (D, E)**

#### 2.4. Determination of the optimum concentration of propolis

Antimicrobial activity analysis was performed to find the optimum concentrations of propolis solutions to be used for the packaging and for spraying on foods.

*Staphylococcus aureus* (ATCC6538P) and *Escherichia coli* (ATCC8739) strains taken from the Microbiology Laboratory Culture collection of the Food Engineering Department (Tekirdağ Namık Kemal University) were used to evaluate the antibacterial activity of the solutions. Antibacterial activity was measured using the agar well diffusion method. Bacterial strains cultured in nutrient broth were incubated at 37°C (18 to 24 hours). A standard working culture was formed by setting McFarland at a value of 0.5. A 100 µL amount of bacterial suspension was spread on the surface of Mueller-Hinton Agar (MHA) with the help of a sterile drigalski spatula. Then 10 µL propolis preparations were injected into different petri dishes through two wells opened equidistant from the agar surface. After the solutions were added to the agar, they were incubated at 37°C for 24 hours. At the end of the incubation period, the susceptibility of the test organisms was determined by measuring the diameters of the inhibition zone around the well with digital calipers. The results given are the average of 3 consecutive results.

#### 2.5. The determination of the phenolic compounds in propolis using the HPLC-DAD system

Chromatographic separation was conducted using an Inertsil® ODS-3 (5µm, 4.6 × 150 mm, Tokyo, Japan) column, mobile phase A (0.1% formic acid and deionized water, v v<sup>-1</sup>) and mobile phase B (acetonitrile) at a flow rate of 1 ml min<sup>-1</sup>. The column temperature was 30°C. A 5 µL alcoholic extract of propolis injection was done at a wavelength of 270 nm with a gradient system. Stock solutions of corresponding phenolic compounds were prepared with methanol at a concentration of 1 mg ml<sup>-1</sup>. Spectra were determined by injecting the standards into the HPLC (Agilent, USA) system. Solutions diluted with methanol to concentrations of 3, 6, 12, 24 and 48 µg ml<sup>-1</sup> were used for the preparation of calibration curves (Pellati et al., 2011).

#### 2.6. Putrefaction analysis

All meat samples (5 g) were taken and placed in a petri dish and Nessler's reagent (Chembio CB2740.0100) was poured over it (15 ml). If the sample putrefied, a color ranging from orange to dark orange-brown was formed (Kirillov et al., 2020).

#### 2.7. Microbiological analysis

Microbiological analyses were performed on meat samples at day 0, 7, 15, 21 and 30, and to cheese samples on day 0, 7, 15, 21 and 45. Samples (10 g) were aseptically unpacked and placed in a stomacher bag (PE, 180 × 310 mm, Lp Italiana Spa) and homogenized for 2 minutes in sterile 0.85 g l<sup>-1</sup> of tryptone salt solution with a blender (Stomacher 400, Germany). Serial decimal dilutions were prepared with peptone at the same dilutions and 1 or 0.1 ml samples of the dilution were spread on agar plates. Plate Count Agar (Merck, Germany) medium was used for a total mesophilic aerobic bacteria count, as well as M17 agar acc. to Terzaghi (Merck, Germany) medium and Man Rogosa and Sharpe (MRS) (Merck, Germany) medium. Violet Red Bile Glucose (VRBG) (Merck, Germany) medium was used for the *Enterobacteriaceae* family, and Plate Count skimmed milk (PCSM) (Merck, Germany) medium was used for *Pseudomonas* bacteria. Incubation conditions were 30°C for 2 days and 30°C for 3 to 4 days for total mesophilic aerobic bacteria and lactic acid bacteria counts, respectively. *Pseudomonas* and *Enterobacteriaceae* were incubated at 37°C for 2 days. The results given are the average of 3 parallel results obtained by observing the characteristics of the colonies (shape, size, pigmentation, etc.) and expressing them as log<sub>10</sub> CFU g<sup>-1</sup> meat and log<sub>10</sub> CFU g<sup>-1</sup> cheese samples (Muhlisin, Utama, Lee, Choi, and Lee, 2016; Talon et al., 2007).

## 2.8. Statistical analysis

Two-way ANOVA tests and Tukey multiple comparison test were used with the JMP (5.0.1, USA) statistical software package to determine the differences created by TMAB, LAB, *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* bacteria in meat and cheddar cheese samples by directly spraying on food samples and spraying on the food packaging ( $p < 0.05$ ).

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Profiling the phenolic compounds in propolis

The phenolic compounds found in propolis are shown in *Table 1*. The predominant phenolic compound in propolis was found to be caffeic acid phenethyl ester (CAPE) at a level of  $27.523,4 \mu\text{g g}^{-1}$ , and the lowest amount of phenolic acid was epigallocatechin gallate at  $287.53 \mu\text{g g}^{-1}$ . It has been stated that studies on the bioactivity of propolis should commence with the phenolic profiling of the propolis extracts, since its antibacterial activity is largely due to phenolic compounds (Sforcin and Bankova, 2011). CAPE (Velazquez et al., 2007), ferulic acid (Borges et al., 2013), quercetin (Xu and Lee, 2001), pinocembrin (Rasul et al., 2013; Velazquez et al., 2007), galangin (Cushnie and Lamb, 2005), kaempferol (Xu and Lee, 2001), naringenin and chalcone (Cushnie and Lamb, 2005) are phenolic compounds found in propolis that have antibacterial effects. The antimicrobial activity of propolis is due to the flavonoids, aromatic acids and esters contained in the resin. Galangin, pinocembrin and pinostrobin are the most effective flavonoids against bacteria. Ferulic and caffeic acids also provide an antibacterial effect to propolis (Marcucci, 1995).

**Table 1. Phenolic compounds of propolis**

Compound	Value ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
Epigallocatechin gallate	287.53
Caffeic acid	1.304,39
<i>trans</i> -Ferulic acid	556.21
<i>trans</i> -Isoferulic acid	2.529,77
3-4 Dimethoxycinnamic acid	2.203,40
Quercetin	2.062,06
<i>trans</i> -Cinnamic acid	2.105,71
Naringenin	3.823,16
Apigenin	2.335,43
Kaempferol	3.075,68
Chrysin	6.795,93
Pinocembrin	16.246,77
Galangin	11.809,23
Caffeic acid phenethyl ester	27.523,40
<i>trans</i> - Chalcon	11.700,92

### 3.2. Determination of the optimum concentration of propolis

The antibacterial activity results of PEA and PPG solutions on *Escherichia coli* (ATCC8739) and *Staphylococcus aureus* (ATCC6538P) bacteria are shown in *Table 2*. According to the results in *Table 2*, the antimicrobial effect of 5%, 10%, 20% and 30% PEA solutions on *E. coli* bacteria was not found to be statistically significant ( $p > 0.05$ ). The antimicrobial effect of 5% and 10% PEA solutions on *S. aureus* bacteria was found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ). Again, according to these results, the antimicrobial effect of 5%, 10% and 20% PPG solutions on *E. coli* bacteria was found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ), and the antimicrobial effect of 5%, 10% and 20% PPG solutions on *S. aureus* bacteria was also found to be significant ( $p < 0.05$ ).

It is commercially important to use the minimum amount of propolis to create a solution. For this reason, according to the results in *Table 2*, a 10% PEA solution was preferred for the coating of the packaging and a 5% PPG solution was preferred for the direct coating of the foods due to their statistically highest antimicrobial effect for the least cost. In one study, it was recommended to add 10% water extract of propolis to extend the shelf life of soft cheese (Moawad et al., 2001). Pobiega et al. (2021) investigated the effect of coating with 5% and 10% propolis extract of blueberry to reduce the number of bacteria, mold and reduce the effect of physicochemical properties during storage.

Ertürk (2015) carried out a study and found that the inhibitory effect of 20% ethyl acetate extract of propolis on *E. coli* and *S. aureus* was 17 mm and 13 mm, respectively. In another study, Tosi (1996) found that a 30% propylene glycol extract of propolis had an inhibition zone diameter of 6 to 15 mm against the same bacteria. The results of this study were consistent with some of the results in existing published literature (Apaydın and Gümüş, 2018; Rahman et al., 2010; Vică et al., 2021). According to the antimicrobial activity results in *Table 2*, a 10% PEA solution was preferred for spraying on packaging, and a 5% PPG solution was preferred for direct spraying on meat and cheddar cheese samples.

**Table 2. Antibacterial activity on *Escherichia coli* (ATCC8739) and *Staphylococcus aureus* (ATCC6538P) bacteria (Diameter of inhibition zone, mm)**

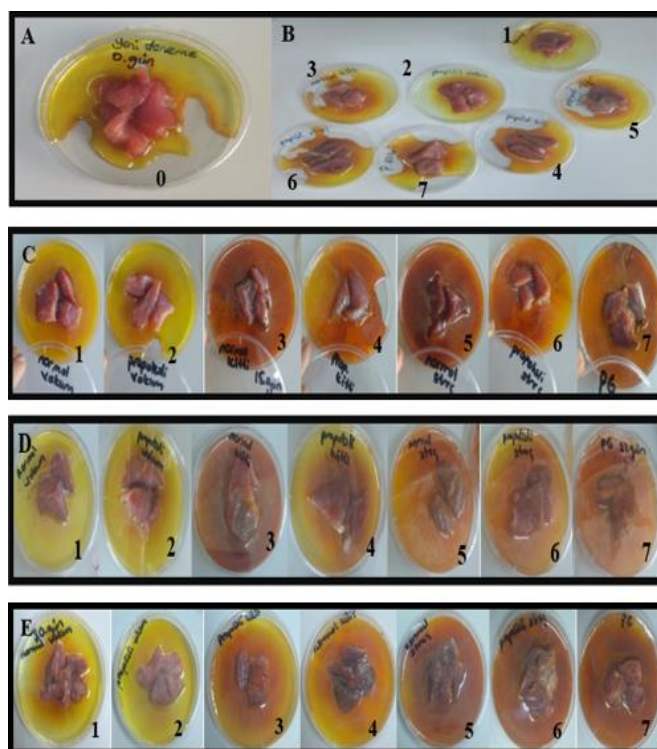
<i>E. coli</i> (mm)		<i>S. aureus</i> (mm)	
Solutions		Solutions	
E <sub>0</sub>	15.68±2.86 <sup>a</sup>	E <sub>0</sub>	15.68±2.86 <sup>b</sup>
E <sub>1</sub>	16.86±3.66 <sup>a</sup>	E <sub>1</sub>	34.04±7.91 <sup>ab</sup>
E <sub>2</sub>	23.06±4.74 <sup>a</sup>	E <sub>2</sub>	41.44±0.0 <sup>a</sup>
E <sub>3</sub>	16.06±2.02 <sup>a</sup>	E <sub>3</sub>	43.62±5.16 <sup>a</sup>
E <sub>4</sub>	15.97±0.63 <sup>a</sup>	E <sub>4</sub>	35.29±8.65 <sup>ab</sup>
P <sub>0</sub>	0±0 <sup>c</sup>	P <sub>0</sub>	0±0 <sup>b</sup>
P <sub>1</sub>	17.13±1.25 <sup>a</sup>	P <sub>1</sub>	37.97±10.76 <sup>a</sup>
P <sub>2</sub>	9.26±0.11 <sup>b</sup>	P <sub>2</sub>	33.52±6.47 <sup>ab</sup>
P <sub>3</sub>	11.74±3.30 <sup>ab</sup>	P <sub>3</sub>	50.92±14.57 <sup>a</sup>
P <sub>4</sub>	11.51±0.00 <sup>ab</sup>	P <sub>4</sub>	32.74±2.40 <sup>ab</sup>

\*The means of replicates ± standard deviations are shown. <sup>a-c</sup>Different lowercase letters within a column indicate significant differences between volumes (p<0.05). E<sub>0</sub>: ethyl acetate, E<sub>1</sub>: 5% propolis-ethyl acetate, E<sub>2</sub>: 10% propolis-ethyl acetate, E<sub>3</sub>: 20% propolis-ethyl acetate, E<sub>4</sub>: 30% propolis-ethyl acetate, P<sub>0</sub>: propylene glycol, P<sub>1</sub>: 5% propolis-propylene glycol, P<sub>2</sub>: 10% propolis-propylene glycol, P<sub>3</sub>: 20% propolis-propylene glycol, P<sub>4</sub>: 30% propolis-propylene glycol

### 3.3. Putrefaction analysis

The results of the Nessler analysis after 30 days for meat samples coated with solutions and stored in different packaging are shown in *Figure 2*. Microbial surface contamination was the main cause of spoilage in the raw meat. Putrefaction in meat occurred due to alteration of microbial flora (Nakamura et al., 2021; Ouoba et al., 2003). The total volatile base nitrogen (TVB-N) result is considered to be an important factor when measuring the extent of protein degradation and putrefaction of meat and meat products to amino acids (Han et al., 2001). In many studies it was found that treating meat and meat products with propolis extracts reduced the TVB-N value (Ali et al., 2010; Gutiérrez-Cortés and Suarez Mahecha, 2014; Han et al., 2001; Jonaidi Jafari et al., 2018; Mehdizadeh and Mojaddar Langroodi, 2019). Storage conditions are very important to reduce the putrefaction in foodstuffs (Tucker, 2015). It could be seen in *Figure 2* that changing colours to darker tone showed putrefaction took place during storage time. The findings demonstrated that propolis-coated packaging significantly reduced putrefaction at day 15 compared to uncoated packagings as the colours tone were lighter. Yingyuad (2006) stated that the use of a natural antimicrobial coating such as chitosan together with vacuum (PVDC/nylon) packaging promoted the formation of better organoleptic qualities and better microbiological quality of foods compared to conventionally

packaged food products. It was observed that the colour change was the least for meat samples stored by vacuum packaging which meant that the least putrefaction was taken place in vacuum packaging. Compared to the other packaging types used in this research, the vacuum bag ensured a minimum level of oxygen in the environment (Narasimha Rao and Sachindra, 2002) and was more in contact with the meat samples. Ziploc bags and stretch films have less contact with the meat sample and more oxygen permeability compared to vacuum packaging. Therefore, it was observed that the higher the contact area of propolis coated packaging materials with the samples, the stronger the microbial prevention effect of the propolis was.



**Figure 2.** Color change of Nessler solution after dropped on meat samples which were kept by different methods (0) control (1) normal vacuum bag (2) vacuum bag with propolis (3) normal ziploc bag (4) ziploc bag with propolis (5) normal stretch film (6) stretch film with propolis (7) PPG spraying. Storage times (A) day 0 (B) day 7 (C) day 15 (D) day 21 and (E) day 30

### 3.4. Microbiological analysis

The microbiological analysis results of stored meat samples are given in *Table 3*. According to the findings, the TMAB count increased in the sample stored in a normal vacuum bag, normal ziploc bag, normal stretch film packaging and propylene glycol solution with propolis during storage. In the sample stored in the vacuum bag with propolis, the ziploc bag with propolis and the stretch film with propolis packaging, the TMAB count first increased until day 7, then decreased until day 15 day, and then continued to increase until the end of storage. By the end of day 30, it was determined that the meat samples preserved in propolis-coated vacuum packaging had the lowest ( $p < 0.05$ ) TMAB count at  $6.57 \log \text{CFU g}^{-1}$ . There was a  $0.56 \log \text{CFU g}^{-1}$  reduction compared to the control vacuum packaging. Vacuum packaging with propolis reduced the TMAB count in the meat sample. Vacuum packaging is more in contact with the meat surface than other packaging due to complete evacuation of the air. Thus, propolis showed more antimicrobial activity by virtue of being more in contact with the meat surface (Siripatrawan and Vitchayakitti, 2016).

Jonaidi Jafari et al. (2018) examined the effect of an edible chitosan (2%) coating – containing a propolis ethanolic extract (1% and 2%) – on the microbiological properties of chicken fillets and observed a  $7 \log \text{CFU g}^{-1}$  reduction in 12 days. Compared to control samples, Shavisi et al. (2017) found a  $4.27 \log \text{CFU g}^{-1}$  reduction after 11 days of storage in a film-wrapped meat sample containing 2% essential oil, 2% propolis ethanolic extract and 1% cellulose nanoparticles. In another study, ethanolic extract added to minced carp was found to be effective

against microorganisms that cause spoilage, including psychrotrophic and lactic acid bacteria (Payandan et al., 2017). Duman and Ozpolat (2015) found that the total plate count of fresh shibuta (*Barbus grypus*) fillet samples treated with propolis extracts was lower than the control sample. These results were consistent with our findings.

The effect of *Enterobacteriaceae* on the microflora of meat should be taken into account due to deterioration and potential health hazards during long-term storage (Ercolini et al., 2006). The *Enterobacteriaceae* count increased in the samples stored in normal ziploc bags, ziploc bags with propolis, normal stretch film, stretch film with propolis-treated packaging, and with a propylene glycol solution with propolis during storage. In the sample stored in a normal vacuum bag and vacuum bag with propolis, the *Enterobacteriaceae* count first increased until day 7, then decreased until day 15, and then continued to increase until the end of storage. At the end of day 30, it was determined that the meat sample preserved in propolis-coated vacuum packaging had the lowest ( $p < 0.05$ ) *Enterobacteriaceae* count of  $4.78 \log \text{CFU g}^{-1}$ . There was a reduction of  $1.01 \log \text{CFU g}^{-1}$  ( $p < 0.05$ ) in propolis samples compared to the control vacuum packaging. Vacuum packaging with propolis reduced the *Enterobacteriaceae* count in the meat sample.

Shavisi et al. (2017) reported that on day 11 the *Enterobacteriaceae* population reached  $6.24 \log \text{CFU g}^{-1}$  in the control sample and  $3.66 \log \text{CFU g}^{-1}$  in the film-wrapped samples containing 2% essential oil, 2% propolis ethanolic extract and 1% cellulose nanoparticles. Bazargani-Gilani et al. (2021) reported that the *Enterobacteriaceae* count in trout fillets wrapped with a carboxymethyl cellulose coating combined with 2% propolis extract was  $6.015 \log \text{CFU g}^{-1}$ , whereas counts for the control samples reached  $8.69 \log \text{CFU g}^{-1}$  in control fillets after 15 days of storage.

*Pseudomonas* spp. is known as one of the contributors to the bacterial spoilage of meat stored under refrigeration (Labadie, 1999; Molin et al., 1986). The inhibitory effect of propolis on *Pseudomonas* has already been proven (Mascheroni et al., 2014; Petruzzi et al., 2020). The *Pseudomonas* count increased in the sample stored in a normal vacuum bag, vacuum bag with propolis, stretch film with propolis, normal stretch film, normal ziploc bag, ziploc bag with propolis packaging, and the propylene glycol solution with propolis during storage. At the end of day 30, the meat sample preserved in propolis-coated vacuum packaging had the lowest ( $p < 0.05$ ) *Pseudomonas* count of  $6.44 \log \text{CFU g}^{-1}$ . There was a reduction of  $0.34 \log \text{CFU g}^{-1}$  ( $p < 0.05$ ) in the propolis-coated vacuum packaging compared to the control sample. Vacuum packaging with propolis reduced the *Pseudomonas* count in the meat sample.

Mehdizadeh and Langroodi (2019) applied the combination of propolis extract and chitosan enriched with Zataria multiflora essential oil (ZEO) to coat poultry meat, and at the end of the storage period, the samples featuring 1% chitosan with propolis extract and 0.5% ZEO, and 1% chitosan with propolis extract and 1% ZEO had the lowest *Pseudomonas* spp. counts. The number of bacteria in the sample treated with 1% chitosan with propolis extract and 1% ZEO decreased by  $2.81 \log \text{CFU g}^{-1}$  compared to the control sample. In the study by Shavisi et al. (2017), the beef sample with antimicrobial film containing propolis ethanolic extract had the lowest *Pseudomonas* spp. count compared to the control sample. Rollinia et al. (2017) showed that the potential combination of propolis and chitosan to develop a bio-based active food packaging material increased antibacterial activity against *Pseudomonas putida* ATCC 12633. These results were consistent with our findings.

It was determined that *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* TMAB numbers were the highest during the storage period where PPG was directly sprayed on meat samples ( $p < 0.05$ ). It was concluded that PPG was not suitable for direct use on meat products. Although this result was not consistent with published literature, as it was found that propylene glycol inhibited *Pseudomonas* numbers (Meto et al., 2020; Ramanauskiene et al., 2013), the high water activity in fresh meat might cause this result and decrease the shelf life during storage.

In previous studies, it was stated that the antibacterial activity of propolis was largely due to phenolic compounds (Chaillou and Nazareno, 2009; Sforcin and Bankova, 2011). According to our findings, it was determined that the *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* TMAB numbers for the meat sample stored in a vacuum bag with propolis were the lowest ( $p < 0.05$ ) both during storage and at the end of 30 days. It can be deduced that the reason why the vacuum bag inhibited the growth of the microorganisms more than other packaging was due to the larger contact surface area and lack of oxygen because vacuum packaging completely covered all the surfaces of the samples.

**Table 3. Microbiological quality of meat samples during the storage period \*(log CFU g<sup>-1</sup>)**

Total Mesophilic Aerobic Bacterial Counts							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>	4.81±0.06 <sup>a</sup>
7	6.22±0.10 <sup>c</sup>	5.86±0.15 <sup>d</sup>	7.60±0.03 <sup>a</sup>	7.55±0.02 <sup>a</sup>	7.13±0.07 <sup>b</sup>	7.10±0.06 <sup>b</sup>	7.56±0.03 <sup>a</sup>
15	6.28±0.5 <sup>e</sup>	5.83±0.03 <sup>f</sup>	8.80±0.04 <sup>a</sup>	7.16±0.11 <sup>d</sup>	7.96±0.04 <sup>c</sup>	7.01±0.07 <sup>d</sup>	8.21±0.01 <sup>b</sup>
21	7.15±0.02 <sup>e</sup>	6.33±0.01 <sup>f</sup>	8.18±0.03 <sup>ab</sup>	7.92±0.02 <sup>c</sup>	8.32±0.11 <sup>a</sup>	7.60±0.01 <sup>d</sup>	8.03±0.09 <sup>bc</sup>
30	7.13±0.03 <sup>d</sup>	6.57±0.04 <sup>e</sup>	8.39±0.02 <sup>ab</sup>	7.99±0.08 <sup>c</sup>	8.18±0.12 <sup>bc</sup>	8.04±0.09 <sup>c</sup>	8.57±0.1 <sup>a</sup>

Enterobacteriaceae Counts							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>	0.66±0.57 <sup>a</sup>
7	4.83±0.03 <sup>e</sup>	4.64±0.04 <sup>f</sup>	5.99±0.01 <sup>b</sup>	5.84±0.02 <sup>bc</sup>	5.81±0.03 <sup>c</sup>	5.21±0.04 <sup>d</sup>	6.15±0.11 <sup>a</sup>
15	4.48±0.02 <sup>f</sup>	4.33±0.05 <sup>g</sup>	7.38±0.01 <sup>b</sup>	7.08±0.03 <sup>c</sup>	6.80±0.00 <sup>d</sup>	5.90±0.05 <sup>e</sup>	8.33±0.07 <sup>a</sup>
21	5.50±0.08 <sup>d</sup>	4.47±0.10 <sup>e</sup>	8.33±0.01 <sup>ab</sup>	8.08±0.02 <sup>b</sup>	8.32±0.15 <sup>ab</sup>	7.64±0.07 <sup>c</sup>	8.45±0.11 <sup>a</sup>
30	5.79±0.02 <sup>d</sup>	4.78±0.01 <sup>e</sup>	8.66±0.07 <sup>ab</sup>	8.28±0.03 <sup>b</sup>	7.71±0.36 <sup>c</sup>	7.45±0.27 <sup>c</sup>	8.97±0.02 <sup>a</sup>

Pseudomonas Counts							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>
7	6.10±0.01 <sup>b</sup>	5.84±0.03 <sup>c</sup>	6.46±0.02 <sup>a</sup>	5.78±0.02 <sup>c</sup>	5.57±0.01 <sup>d</sup>	4.90±0.02 <sup>e</sup>	5.60±0.0 <sup>d</sup>
15	6.30±0.03 <sup>e</sup>	5.89±0.04 <sup>g</sup>	7.48±0.03 <sup>b</sup>	6.48±0.05 <sup>d</sup>	7.25±0.02 <sup>c</sup>	6.13±0.04 <sup>f</sup>	7.84±0.02 <sup>a</sup>
21	6.42±0.03 <sup>d</sup>	6.12±0.06 <sup>e</sup>	7.84±0.00 <sup>b</sup>	7.37±0.03 <sup>c</sup>	7.75±0.03 <sup>b</sup>	7.38±0.05 <sup>c</sup>	8.62±0.10 <sup>a</sup>
30	6.78±0.08 <sup>e</sup>	6.44±0.01 <sup>f</sup>	7.57±0.09 <sup>c</sup>	7.31±0.09 <sup>d</sup>	7.82±0.03 <sup>b</sup>	7.40±0.05 <sup>cd</sup>	8.42±0.04 <sup>a</sup>

\*The means of replicates ± standard deviations are shown. <sup>a-g</sup> Different lowercase letters within a column indicate significant differences ( $p < 0.05$ ). V0: normal (control) vacuum bag, V1: vacuum bag with propolis, PPG: propylene glycol solution with propolis, S0: normal (control) stretch film, S1: stretch film with propolis, K0: normal (control) Ziploc bag, K1: Ziploc bag with propolis.

Microbiological results of cheddar cheese samples during the storage period are shown in *Table 4*. Counts of LAB grown on TMAB, MRS agar and LAB on M17 agar were recorded on days 0, 7, 15, 21 and 45. According to the findings of this study, the TMAB count of the sample stored in a normal vacuum bag, vacuum bag with propolis, normal ziploc bag, ziploc bag with propolis and normal stretch film packaging all increased during storage. The TMAB count of the sample coated with propylene glycol solution with propolis first increased until day 7, then decreased until day 15, then continued to increase until the end of storage. The TMAB count of the sample stored in the stretch film with propolis packaging first decreased until the day 7, then increased until day 15, then continued to increase until the end of storage. At the end of day 45, while the cheddar cheese sample kept in a propolis covered vacuum bag had the lowest ( $p < 0.05$ ). TMAB count at day 21 among the all samples, cheddar cheese with PPG directly sprayed on it had the lowest TMAB count at the end of storage with a value of 6.64 log CFU g<sup>-1</sup> ( $p < 0.05$ ). At the end of the storage, the TMAB value of the cheddar cheese sample coated with PPG was followed by the cheddar cheese sample stored in a vacuum bag treated with propolis with a value of



6.80 log CFU g<sup>-1</sup>. In previous studies, it was demonstrated that extracts of propolis with different combinations are effective against TMAB (El-Demery et al., 2016; Metwalli, 2011; Nessianpour et al., 2019; Payandan et al., 2017). In another study, the number of TMAB in the control during storage (45 days) was higher than in Tallaga cheese with 5% propolis extract (Saleh et al., 2020). El-Deeb and Omar (2017) suggested that the addition of 6% and 10% water extracts of propolis to karish cheese can create a natural and safe source of antimicrobial agents during storage periods.

**Table 4. Microbiological quality of Cheddar cheese during the storage period \*(log CFU g<sup>-1</sup>)**

Total Mesophilic Aerobic Bacterial Counts							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>a</sup>
7	6.08±0.05 <sup>b</sup>	4.79±0.04 <sup>c</sup>	6.62±0.07 <sup>a</sup>	6.16±0.15 <sup>b</sup>	6.04±0.05 <sup>b</sup>	5.28±0.10 <sup>d</sup>	5.70±0.06 <sup>c</sup>
15	6.17±0.01 <sup>c</sup>	4.84±0.06 <sup>e</sup>	6.86±0.01 <sup>a</sup>	6.65±0.04 <sup>b</sup>	6.27±0.01 <sup>c</sup>	6.15±0.04 <sup>c</sup>	5.52±0.13 <sup>d</sup>
21	6.35±0.01 <sup>d</sup>	5.30±0.17 <sup>f</sup>	7.35±0.13 <sup>a</sup>	7.08±0.01 <sup>b</sup>	6.77±0.00 <sup>c</sup>	6.31±0.02 <sup>d</sup>	5.88±0.09 <sup>e</sup>
45	7.13±0.05 <sup>b</sup>	6.80±0.02 <sup>c</sup>	7.24±0.02 <sup>a</sup>	7.18±0.01 <sup>ab</sup>	6.78±0.01 <sup>c</sup>	6.71±0.02 <sup>cd</sup>	6.64±0.07 <sup>d</sup>

Lactic acid Bacterial Counts in the M17 medium							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>	5.96±0.05 <sup>a</sup>
7	5.51±0.02 <sup>d</sup>	5.03±0.08 <sup>e</sup>	7.10±0.04 <sup>a</sup>	7.06±0.02 <sup>a</sup>	5.86±0.05 <sup>c</sup>	5.17±0.08 <sup>e</sup>	6.21±0.15 <sup>b</sup>
15	6.57±0.02 <sup>d</sup>	6.02±0.12 <sup>e</sup>	7.44±0.02 <sup>a</sup>	7.14±0.03 <sup>b</sup>	7.19±0.01 <sup>b</sup>	6.41±0.05 <sup>d</sup>	6.81±0.08 <sup>c</sup>
21	6.69±0.08 <sup>c</sup>	6.54±0.08 <sup>d</sup>	7.62±0.01 <sup>a</sup>	7.51±0.02 <sup>a</sup>	7.23±0.02 <sup>b</sup>	6.33±0.07 <sup>e</sup>	7.08±0.02 <sup>b</sup>
45	7.38±0.04 <sup>ab</sup>	6.84±0.01 <sup>c</sup>	7.65±0.05 <sup>a</sup>	7.61±0.02 <sup>a</sup>	6.76±0.06 <sup>c</sup>	6.58±0.25 <sup>c</sup>	7.19±0.04 <sup>b</sup>

Lactic acid Bacterial Counts in the MRS medium							
Day	V0	V1	K0	K1	S0	S1	PPG
0	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>	5.88±0.03 <sup>a</sup>
7	5.72±0.02 <sup>c</sup>	5.13±0.11 <sup>d</sup>	7.15±0.06 <sup>a</sup>	6.92±0.04 <sup>a</sup>	6.94±0.04 <sup>a</sup>	4.92±0.17 <sup>d</sup>	6.08±0.07 <sup>b</sup>
15	6.49±0.17 <sup>c</sup>	6.01±0.02 <sup>d</sup>	7.23±0.03 <sup>a</sup>	7.18±0.02 <sup>a</sup>	6.54±0.05 <sup>c</sup>	5.26±0.06 <sup>e</sup>	6.81±0.04 <sup>b</sup>
21	6.79±0.03 <sup>d</sup>	6.43±0.05 <sup>e</sup>	7.37±0.01 <sup>a</sup>	7.19±0.03 <sup>b</sup>	7.00±0.03 <sup>c</sup>	6.36±0.01 <sup>e</sup>	7.11±0.01 <sup>b</sup>
45	7.23±0.09 <sup>b</sup>	6.63±0.07 <sup>d</sup>	7.54±0.07 <sup>a</sup>	7.49±0.08 <sup>a</sup>	6.89±0.11 <sup>c</sup>	6.85±0.09 <sup>cd</sup>	7.20±0.09 <sup>b</sup>

\*The means of replicates ± standard deviations are shown. <sup>a-g</sup> Different lowercase letters within a column indicate significant differences (p < 0.05). V0: normal (control) vacuum bag, V1: vacuum bag with propolis, PPG: propylene glycol solution with propolis, S0: normal (control) stretch film, S1: stretch film with propolis, K0: normal (control) Ziploc bag, K1: Ziploc bag with propolis.

The LAB (M17) counts of the samples stored in normal ziploc bags, ziploc bags with propolis packaging and those covered with propylene-glycol propolis solution increased until the end of the storage period. LAB (M17) counts of the samples stored in vacuum bags with propolis, normal vacuum bags, normal stretch film and stretch film with propolis-treated packaging first decreased until day 7 and then continued to increase until the end of storage. It was determined that the cheddar cheese sample, which was kept in a propolis covered vacuum bag had the lowest (p<0.05) LAB (M17) number at day 21. At the end of day 45, the cheddar cheese sample covered by propolis stretch film had the lowest LAB (M17) number with a value of 6.58 log CFU g<sup>-1</sup>. There was a reduction

of 0.18 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0.05) compared to the control sample. Stretch film with propolis was able to demonstrate the antimicrobial activity of propolis by wrapping the film around the cheddar cheese. Jonaidi Jafari et al. (2018) revealed that the LAB count at day 12 was 7.7 log CFU g<sup>-1</sup> in the control sample and 5.5 log CFU g<sup>-1</sup> in the 2% propolis ethanolic extract sample. Bazargani-Gilani et al. (2021) stated that carboxymethyl cellulose-containing propolis extract was the most powerful application in preventing LAB replication, since it caused a 1.22 log CFU g<sup>-1</sup> reduction in fillet samples at the end of the storage period. In another study by Duman and Ozpolat (2015), the LAB count was 7.81 log CFU g<sup>-1</sup> in the control sample and 6.55 log CFU g<sup>-1</sup> in the 5% propolis water extract sample on day 9. These results were consistent with our findings.

The LAB (MRS) count increased in the sample stored in a normal ziploc bag, ziploc bag with propolis packaging and propylene-glycol propolis solution during storage. The LAB (MRS) count of the sample stored in a vacuum bag with propolis, normal vacuum bag and stretch film with propolis packaging first decreased until day 7 and then continued to increase until the end of storage. The LAB (MRS) count of the sample stored in the normal stretch film package first increased until day 7, then decreased until day 15, and then continued to increase until the end of storage. It was determined that the cheddar cheese sample covered by propolis-treated stretch film had the lowest LAB (MRS) number after 21 days as well. At the end of day 45, it was determined that the cheddar cheese sample covered by a propolis-treated vacuum bag had the lowest (p<0.05) LAB (MRS) count of 6.63 log CFU g<sup>-1</sup>. There was a reduction of 0.60 log CFU g<sup>-1</sup> (p<0.05) compared to the control sample. At the end of storage, cheddar cheese kept in vacuum packaging with propolis was followed by cheddar cheese preserved in propolis-treated stretch film with a value of 6.85 log CFU g<sup>-1</sup> M17. Vacuum packaging coated with propolis and stretch film coated with propolis showed more antimicrobial activity than the normal ziploc bag.

According to the findings of this study, the reason why the vacuum bag and stretch film showed more antibacterial effect than the ziploc bag was due to the larger contact area with the samples. The reason why the effect of normal ziploc bag packaging on shelf life is low is because of the decrease in the contact between the propolis and the food. Therefore, it is thought that shelf life increase of foods with propolis is not due to propolis' volatile compounds since the results showed that if the contact with propolis was low, the antimicrobial effect of propolis decreased. In addition, the PPG solution sprayed on the surface of the cheddar cheese was able to adhere to the surface and showed antimicrobial activity since the cheddar cheese sample adsorbed the PPG solution well.

#### 4. Conclusions

In the study, the surface of food packaging was coated with propolis by spraying it on ziploc bags, stretch film and vacuum bags. In addition, propolis-PPG solution was formed, and spray coated on the food. According to the antimicrobial activity analysis, a 10% PEA solution was preferred to coat the packages and a 5% PPG solution was preferred to spray directly on the meat and cheddar cheese. The 8.97 log CFU g<sup>-1</sup> *Enterobacteriaceae*, 8.57 log CFU g<sup>-1</sup> TMAB and 8.42 log CFU g<sup>-1</sup> *Pseudomonas* values of the meat samples coated with PPG solution were the highest values at the end of storage. Direct spraying is not suitable for wet and slippery foods such as meat. Because adsorption of propolis solution on this kind of foods could not happen. Nevertheless, the direct spraying process can provide protection for cheddar cheese which are drier than meat, and well adsorption of propolis solution was observed. The 7.24 log CFU g<sup>-1</sup> TMAB, 7.65 log CFU g<sup>-1</sup> M17 and 7.54 log CFU g<sup>-1</sup> MRS values for the cheddar cheese sample stored in a normal ziploc bag were the highest values at the end of storage. As a result of this study, the best results were found in the samples stored in propolis-treated vacuum bags, and the worst results were found in the samples stored in normal ziploc bags. When all these results are evaluated, a new platform can be created where propolis packaging can be produced with a few additional installations in existing established packaging factories.

#### Acknowledgements

This work supported by the Tekirdag Namık Kemal University Research Project (Project Number: NKUBAP.03.YL.19.225), Türkiye.

#### Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

### **Conflicts of Interest**

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

### **Authorship Contribution Statement**

Concept: Karpuz, E., Palabiyik, İ.; Design: Karpuz, E., Palabiyik, İ.; Data Collection or Processing: Karpuz, E., Palabiyik, İ.; Statistical Analyses: Karpuz, E.; Literature Search: Karpuz, E.; Writing, Review and Editing: Karpuz, E., Palabiyik, İ.

---

**References**

- Ali, F. H., Kassem, G. M. and Atta-Alla, O. A. (2010). La propoli come decontaminante e antiossidante nella salsiccia orientale fresca. *Veterinaria Italiana*, 46(2), 167–172.
- Aliyazcoglu, R., Sahin, H., Erturk, O., Ulusoy, E. and Kolayli, S. (2013). Properties of phenolic composition and biological activity of propolis from Turkey. *International Journal of Food Properties*, 16(2): 277–287. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.551312>
- Andrade, R. D., Skurtys, O. and Osorio, F. A. (2012). Atomizing spray systems for application of edible coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(3): 323–337. <https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2012.00186.X>
- Apaydin, H. and Gümüş, T. (2018). Inhibitory effect of propolis (Bee Gum) against staphylococcus aureus bacteria isolated from instant soups. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(1): 67–75.
- Bazargani-Gilani, B., Pajohi-Alamoti, M., Hassanzadeh, P. and Raeisi, M. (2021). Impacts of Carboxymethyl Cellulose Containing Propolis Extract on the Shelf Life of Trout Fillets. *Archives of Hygiene Sciences*, 10(2): 117–132. <https://doi.org/10.52547/archhygsci.10.2.117>
- Bölük, E., Atik, D. S., Kolaylı, S., Demirci, A. Ş. and Palabiyik, I. (2021). Delivery of phenolics and caffeic acid phenethyl ester by propolis resin: Chewing gum system. *Food Bioscience*, 41:101090. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101090>
- Borges, A., Ferreira, C., Saavedra, M. J. and Simões, M. (2013). Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 19(4): 256–265. <https://doi.org/10.1089/mdr.2012.0244>
- Castaldo, S. and Capasso, F. (2002). Propolis, an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia*, 73(SUPPL. 1):1–6. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00185-5)
- Chaillou, L. L. and Nazareno, M. A. (2009). Bioactivity of propolis from Santiago del Estero, Argentina, related to their chemical composition. *LWT - Food Science and Technology*, 42(8): 1422–1427. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.002>
- Coban, M. Z. and Coban, O. E. (2020). Potency and use of chia mucilage coating containing propolis liquid extract for improves shelf-life of sea bass fillets. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 19(3): 255–260. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0843>
- Correa, F. T., de Souza, A. C., de Souza Júnior, E. A., Isidoro, S. R., Piccoli, R. H., Dias, D. R. and de Abreu, L. R. (2019). Effect of Brazilian green propolis on microorganism contaminants of surface of Gorgonzola-type cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4): 1978–1987. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03664-2>
- Cushnie, T. P. T. and Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5): 343–356. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2005.09.002>
- Dizaj, S. M., Lotfipour, F., Barzegar-Jalali, M., Zarrintan, M. H. and Adibkia, K. (2014). Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C*, 44: 278–284. <https://doi.org/10.1016/J.MSEC.2014.08.031>
- Duman, M. and Özpolat, E. (2015). Effects of water extract of propolis on fresh shibuta (*Barbus grypus*) fillets during chilled storage. *Food Chemistry*, 189: 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.091>
- El-Deeb, A. and Omar, S. (2017). Effect of Propolis Extract as a Natural Preservative on the Microbial Content of Kareish Cheese. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(7): 295–302. <https://doi.org/10.21608/jfds.2017.38715>
- El-Demery, M., Elsebaie, E., Zidan, N. and Essa, R. (2016). Efficiency of Propolis and Turmeric Powders As Natural Preservatives in Minced Beef. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(1): 45–50. <https://doi.org/10.21608/jfds.2016.42805>
- Ercolini, D., Russo, F., Torrieri, E., Masi, P. and Villani, F. (2006). Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(7): 4663–4671. <https://doi.org/10.1128/AEM.00468-06>
- Ertürk, Ö., Yavuz, C. and Sıralı, R. (2015). The antimicrobial activity of propolis from Ordu Province of Turkey. *Mellifera*, 15(1): 37–38.
- Escriche, I. and Juan-Borrás, M. (2018). Standardizing the analysis of phenolic profile in propolis. *Food Research International*, 106: 834–841. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.055>
- Fadaly H., E. and El-Badrawy, E. E. Y. (2001). Flavonoids of propolis and their antibacterial activities. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(2): 204–207. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2001.204.207>
- Galeotti, F., Maccari, F., Fachini, A. and Volpi, N. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of propolis prepared in different forms and in different solvents useful for finished products. *Foods*, 7(3): 41. <https://doi.org/10.3390/foods7030041>
- Güler, G., Şen, A., Korkmaz Turgud, F., Tahtabiçen, E., Ağma Okur, A. and ŞAMLI, H. E. (2022). Effects of propolis extract coating on shelf life and quality parameters of eggs obtained from free-range hens. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(1): 89–100. <https://doi.org/10.33462/JOTAF.893121>
- Güney, F. and Yılmaz, M. (2013). Propolisin kimyasal içeriği ile antibakteriyel, antiviral, antitümör, antifungal ve antioksidan aktivititesi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 5(1): 25–28.
-

- Gutiérrez-Cortés, C. and Suarez Mahecha, H. (2014). Antimicrobial activity of propolis and its effect on the physicochemical and sensorial characteristics in sausages. *Vitae*, 21(2): 90–96.
- Hames-Kocabas, E. E., Demirci, B., Uzel, A. and Demirci, F. (2013). Volatile composition of Anatolian propolis by headspace-solid-phase microextraction (HS-SPME), antimicrobial activity against food contaminants and antioxidant activity. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(28): 2140–2149. <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.4470>
- Han, S. K., Yamauchi, K. and Park, H. K. (2001). Effect of nitrite and propolis preservative on volatile basic nitrogen changes in meat products. *Microbios*, 105(411): 71–75.
- Jonaïdi Jafari, N., Kargozari, M., Ranjbar, R., Rostami, H. and Hamedî, H. (2018). The effect of chitosan coating incorporated with ethanolic extract of propolis on the quality of refrigerated chicken fillet. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1): 133–136. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13336>
- Keskin, M. (2018). Alginat-Propolis mikrokapsüllerin in vitro sindirim sisteminde salınımının ham propolis ile kıyaslanması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 18(2): 94–100. <https://doi.org/10.31467/ULUARICILIK.485031>
- Kirillov, I., Asrutdinova, R., Yakupova, L., Gilmutdinov, R. and Fayzrakhmanova, G. A. (2020). Veterinary sanitary assessment of chicken meat using squalene. *BIO Web of Conferences*, 17(45): 00185. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700185>
- Labadie, J. (1999). Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. *Meat Science*, 52(3): 299–305. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00006-6)
- Leceta, I., Molinaro, S., Guerrero, P., Kerry, J. P. and De la Caba, K. (2015). Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 100: 142–150. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2014.09.022>
- López-Rubio, A., Almenar, E., Hernandez-Muñoz, P., Lagarón, J. M., Catalá, R. and Gavara, R. (2004). Overview of active polymer-based packaging technologies for food applications. *Food Reviews International*, 20(4): 357–387. <https://doi.org/10.1081/FRI-200033462>
- Marcucci, M. C. (1995). Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26(2): 83–99. <https://doi.org/10.1051/APIDO:19950202>
- Mascheroni, E., Figoli, A., Musatti, A., Limbo, S., Drioli, E., Suevo, R., ... Rollini, M. (2014). An alternative encapsulation approach for production of active chitosan-propolis beads. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(5): 1401–1407. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12442>
- Mehdizadeh, T. and Mojaddar Langroodi, A. (2019). Chitosan coatings incorporated with propolis extract and *Zataria multiflora* Boiss oil for active packaging of chicken breast meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141: 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.267>
- Memmedov, H., Aldemir, O. and Aliyev, E. (2017). Propolisin antioksidan ve antiinflamatuvar etkisi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 9(2): 56–62.
- Meng, X. H., Qin, G. Z. and Tian, S. P. (2010). Influences of preharvest spraying *Cryptococcus laurentii* combined with postharvest chitosan coating on postharvest diseases and quality of table grapes in storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43(4): 596–601. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2009.10.007>
- Meto, A., Colombari, B., Meto, A., Boaretto, G., Pinetti, D., Marchetti, L., ... Blasi, E. (2020). Propolis affects *Pseudomonas aeruginosa* growth, biofilm formation, eDNA release and phenazine production: Potential involvement of polyphenols. *Microorganisms*, 8(2): 243. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020243>
- Metwalli, S. A. H. (2011). Extended shelf life of kareish cheese by natural preservatives. *Journal of Agricultural Research*, 89(2): 640–648.
- Moawad, A., Aly, S. and Galal, E. (2001). Effect of Egyptian honeybee propolis on the growth of *Aspergillus ochraceus* and ochratoxin A production in Ras cheese. *8th Egyptian Conference for Dairy Science and Technology, Held at the International Agriculture Centre, Cairo, Egypt*.
- Molin, G., Ternstrom, A. and Ursing, J. (1986). *Pseudomonas lundensis*, a new bacterial species isolated from meat. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 36(2): 339–342. <https://doi.org/10.1099/00207713-36-2-339>
- Muhlisin, M., Utama, D. T., Lee, J. H., Choi, J. H. and Lee, S. K. (2016). Effects of gaseous ozone exposure on bacterial counts and oxidative properties in chicken and duck breast meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(3): 405–411. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.3.405>
- Nakamura, A., Takahashi, H., Otomo, K., Mizuno, Y., Kuda, T., Kimura, B. ... Kobayashi, M. (2021). Dynamics of microbiota in Japanese black beef stored for a long time under chilled conditions. *Food Microbiology*, 100: 103849. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103849>
- Narasimha Rao, D. and Sachindra, N. M. (2002). Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products. *Food Reviews International*, 18(4): 263–293. <https://doi.org/10.1081/FRI-120016206>
- Nessianpour, E., Khodanazary, A. and Hosseini, S. M. (2019). Shelf Life of saurida tumbil during storage at refrigeration condition as affected by gelatin-based edible coatings incorporated with propolis extract. *International Journal of Food Properties*, 22(1): 1749–1759. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1651738>
- Obregón Fuentes, A. M. and Rojas Hernández, N. (1990). Acción antimicrobiana de los extractos alcohólicos de propóleo. *Revista Cubana de Farmacia*, 24(1): 34–44.

- Olivas, G. I. I., and Barbosa-Cánovas, G. (2009). Edible Films and Coatings For Fruits And Vegetables. In: Edible Films and Coatings for Food Applications, Eds: Huber, K. C. and Embuscado, M. E., Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_7)
- Ouoba, L. I. I., Rechinger, K. B., Barkholt, V., Diawara, B., Traore, A. S. and Jakobsen, M. (2003). Degradation of proteins during the fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) by strains of *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* for production of Soumbala. *Journal of Applied Microbiology*, 94(3): 396–402. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01845.x>
- Payandan, E., Sayyed-Alangi, S. Z., Shamloofar, M., and Koohsari, H. (2017). Study of chemical composition and efficacy of different extracts of iranian propolis on the microbiological and sensory parameters of minced cyprinus carpio meat at 4°C storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(5): 593–603. <https://doi.org/10.1080/10498850.2016.1240281>
- Pellati, F., Orlandini, G., Pinetti, D. and Benvenuti, S. (2011). HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS/MS methods for metabolite profiling of propolis extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 55(5): 934–948. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.03.024>
- Petruzzi, L., Corbo, M. R., Campaniello, D., Speranza, B., Sinigaglia, M. and Bevilacqua, A. (2020). Antifungal and antibacterial effect of propolis: A comparative hit for food-borne pseudomonas, enterobacteriaceae and fungi. *Foods*, 9(5): 559. <https://doi.org/10.3390/foods9050559>
- Pobiega, K., Igielska, M., Włodarczyk, P. and Gniewosz, M. (2021). The use of pullulan coatings with propolis extract to extend the shelf life of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(2): 1013–1020. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14753>
- Rahman, M. M., Richardson, A. and Sofian-Azirun, M. (2010). Antibacterial Activity of Propolis and Honey Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *African Journal of Microbiology Research*, 4(18): 1872–1878.
- Ramanauskienė, K., Inkenienė, A. M., Petrikaite, V. and Briedis, V. (2013). Total phenolic content and antimicrobial activity of different lithuanian propolis solutions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013: 842985. <https://doi.org/10.1155/2013/842985>
- Rasul, A., Millimouno, F. M., Ali Eltayb, W., Ali, M., Li, J. and Li, X. (2013). Pinocembrin: A novel natural compound with versatile pharmacological and biological activities. *BioMed Research International*, 2013: 379850. <https://doi.org/10.1155/2013/379850>
- Rollini, M., Mascheroni, E., Capretti, G., Coma, V., Musatti, A. and Piergiovanni, L. (2017). Propolis and chitosan as antimicrobial and polyphenols retainer for the development of paper based active packaging materials. *Food Packaging and Shelf Life*, 14: 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.08.011>
- Safaei, M. and Roosta Azad, R. (2020). Preparation and characterization of poly-lactic acid based films containing propolis ethanolic extract to be used in dry meat sausage packaging. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4): 1242–1250. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04156-z>
- Saleh, A., Abd El-Malek, F. and Moussa, M. (2020). Extended shelf life of tallaga cheese by natural preservatives. *Journal of Productivity and Development*, 25(1): 25–37. <https://doi.org/10.21608/jpd.2020.81013>
- Sforzin, J. M. and Bankova, V. (2011). Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2): 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.10.032>
- Shavisi, N., Khanjari, A., Basti, A. A., Misaghi, A. and Shahbazi, Y. (2017). Effect of PLA films containing propolis ethanolic extract, cellulose nanoparticle and *Ziziphora clinopodioides* essential oil on chemical, microbial and sensory properties of minced beef. *Meat Science*, 124: 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.015>
- Siripatrawan, U. and Vitchayakitti, W. (2016). Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. *Food Hydrocolloids*, 61: 695–702. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.06.001>
- Talon, R., Lebert, I., Lebert, A., Leroy, S., Garriga, M., Aymerich, T., ... Lauková, A. (2007). Traditional dry fermented sausages produced in small-scale processing units in Mediterranean countries and Slovakia. 1: Microbial ecosystems of processing environments. *Meat Science*, 77(4): 570–579. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.006>
- Tosi, B., Donini, A., Romagnoli, C. and Bruni, A. (1996). Antimicrobial activity of some commercial extracts of propolis prepared with different solvents. *Phytotherapy Research*, 10(4): 335–336.
- Tucker, G. S. (2015). Food Preservation and Biodeterioration. In Food Preservation and Biodeterioration. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118904657>
- Ustunol, Z. (2009). Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. Edible Films and Coatings for Food Applications, Eds: Huber, K. C. and Embuscado, M. E., Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_8)
- Velazquez, C., Navarro, M., Acosta, A., Angulo, A., Dominguez, Z., Robles, R., ... Hernandez, J. (2007). Antibacterial and free-radical scavenging activities of Sonoran propolis. *Journal of Applied Microbiology*, 103(5): 1747–1756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03409.x>
- Vică, M. L., Glevitzky, M., Tit, D. M., Behl, T., Heghedűş-Mîndru, R. C., Zaha, D. C., ... Bungău, S. (2021). The antimicrobial activity of honey and propolis extracts from the central region of Romania. *Food Bioscience*, 41: 101014. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101014>

- Xu, H. X. and Lee, S. F. (2001). Activity of plant flavonoids against antibiotic-resistant bacteria. *Phytotherapy Research*, 15(1): 39–43.
- Yingyuad, S., Ruamsin, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai, S. and Siripatrawan, U. (2006). Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork. *Packaging Technology and Science*, 19(3): 149–157. <https://doi.org/10.1002/pts.717>
- Yu, D., Jiang, Q., Xu, Y., and Xia, W. (2017). The shelf life extension of refrigerated grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets by chitosan coating combined with glycerol monolaurate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101: 448–454. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.03.038>
- Yurteri, Ü. (2015). *Investigation of bioactivity and chemical content of Turkish propolis from Ankara province*. (MSc. Thesis) Middle East Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Biotechnology Department, Ankara, Türkiye.
- Zabaiou, N., Fouache, A., Trousson, A., Baron, S., Zellagui, A., Lahouel, M. and Lobaccaro, J. M. A. (2017). Biological properties of propolis extracts: Something new from an ancient product. *Chemistry and Physics of Lipids*, 207: 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.04.005>
- Zheng, X., Shi, X., and Wang, B. (2021). A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. *Frontiers in Microbiology*, 12: 703284. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.703284>
- Yazgan, H., Burgut, A., Durmus, M. and Kosker, A. R. (2020). The impacts of water and ethanolic extracts of propolis on vacuum packaged sardine fillets inoculated with *Morganella psychrotolerans* during chilly storage. *Journal of Food Safety*, 40(2): 12767. <https://doi.org/10.1111/jfs.12767>

## Modeling Drinking Milk Consumption Preferences under Climate Change and the Covid-19 Pandemics Conditions


İklim Değişikliği ve Covid-19 Salgını Koşullarında İçme Sütü Tüketim Tercihlerinin Modellenmesi

Yavuz TOPCU<sup>1\*</sup>

### Abstract

Climate changes and Covid-19 pandemic have dramatically led to adverse impacts on not only the food supply chains but also consumers' consumption preferences and purchase decisions in the last decade, and thus they have gradually threatened the welfare of current and next generations. The aim of the research was to determine the factors affecting consumers' milk consumption preference and purchase decisions at TRA1 region in Turkey, and then to construct the first and second-order consumption preference models based on the factors, and finally to test validation of the models. For the purposes, the main data of the study consisted of primary data obtained from 765 households residing in TRA1 region. The data were firstly used in Exploratory Factor Analysis (EFA) to determine factor dimensions, and then in Confirmatory Factor Analysis (CFA) for first and second-order multi-factor measurement models. The results of the study indicated that convergent and discriminant validities for each factor dimension in the CFA model were accepted by according to the compare and goodness-of-fit test threshold criteria. On the other hand, the results also highlighted that hygiene, sensory quality, and reliability factors at a higher level, and brand image, concern and nutrition value factors at a moderate level and milk supply source factor at a minimum level were major indicators on consumers' milk consumption preferences and purchase decisions. All the factors out of concern factor covering the variables related to climate change and Covid-19 pandemic were of positive relationships on their milk consumption pattern, indeed, but concern factor created the negative impacts on the others. Consequently, contraction of animal-based milk diet consumption could be relatively contributed to mitigate the effects of climate change by being transited gradually to moderate-mixed plant-based milk sources, and then to preparation of new national diet programs related to milk consumption.

**Keywords:** CFA, Climate change, Covid-19 pandemic, Goodness of fit test, Milk consumption pattern

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yavuz Topcu, Department of Agricultural Economics, Agriculture Faculty, Ataturk University, Erzurum, Turkey. E-mail: [yavuztopcu@atauni.edu.tr](mailto:yavuztopcu@atauni.edu.tr)  ORCID: [0000-0002-2260-3465](https://orcid.org/0000-0002-2260-3465)

Atıf: Topcu, Y. (2024). İklim değişikliği ve Covid-19 salgını koşullarında içme sütü tüketim tercihlerinin modellenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 619-633.

Citation: Topcu, Y. (2024). Modelling Drinking Milk Consumption Preferences under Climate Change and the Covid-19 Pandemics Conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 619-633.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024



## Öz

Son yıllarda yaşanan iklim değişikliği ve Covid-19 salgını, sadece gıda arz zinciri üzerinde değil aynı zamanda tüketicilerin tüketim tercihi ve satın alma kararları üzerinde de dramatik bir şekilde ters bir etkiye neden olmakta ve bu yüzden mevcut ve gelecek jenerasyonların refahlarını da tehdit etmektedir. Araştırmanın amacı, TRAl bölgesinde tüketicilerin süt tüketim tercihi ve satın alma kararını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, daha sonra bu faktörlere dayalı olarak birinci ve ikinci düzey tercih modellerini oluşturmak ve son olarak da bu modellerin geçerliliklerini test etmektedir. Bu amaçlar için çalışmanın ana materyali TRAl bölgesinde 765 hane halkından toplanan birincil veriler kullanılmıştır. Bu veriler öncelikle faktör boyutlarını belirlemek için Keşfedici Faktör Analizinde (EFA) ve daha sonra ise birinci ve ikinci düzey çok faktörlü ölçüm modelleri için Doğrulayıcı Faktör Analizlerinde (CFA) kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları, CFA modelde her bir faktör boyutunun yakınsama ve ayrışma geçerliliği, model uyum ve karşılaştırma kritik değerlerine göre kabul edildiğini göstermiştir. Diğer taraftan sonuçlar; tüketicilerin süt tüketim tercihi ve satın alma kararı üzerinde hijyen, duyu kalite ve güvenilirlik faktörlerinin daha yüksek bir seviyede, fakat marka imajı, endişe ve besin değeri faktörlerinin ise daha ılımlı bir seviyede ve süt temin kaynağının minimum bir seviyede temel göstergeler olduğuna işaret etmiştir. Gerçekten de tüketicilerin süt tüketim modellerinde iklim değişikliği ve Covid-19 salgını değişkenlerini içeren endişe faktörleri dışındaki bütün faktörler ile pozitif ilişkilere sahiptir, ancak endişe faktörü diğerleri üzerinde negatif bir etki yaratmıştır. Sonuç olarak, hayvansal kaynaklı süt diyeti tüketiminin azaltılması, kademeli olarak orta derecede karma bitkisel bazlı süt kaynaklarına aktararak ve ardından da süt tüketimiyle ilgili yeni ulusal diyet programlarının hazırlanarak iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına nispeten katkıda bulunulabilir.

**Anahtar Kelimeler:** CFA, İklim değişikliği, Covid-19 salgını, Uyum iyiliği istatistiği, Süt tüketim modeli

## **1. Introduction**

Ongoing climate changes and Covid-19 pandemic have intensely led to adverse impacts on not only the food supply chains but also consumers' consumption preferences and purchase decisions in the last decade, and thus they have gradually threatened the welfare of current and next generations (Arumugan et al., 2021; Skalkos et al., 2021; Ritchie et al., 2018; Kleemann and Schmidt, 2017).

The previous researches indicated that livestock product supply chain under the negative effects of climate changes faced with serious challenges to meet the demands of the population due to their ecological footprint increases being created by carbon emission, water and energy uses in the production and manufacturing processes at livestock farms and food industries (Jawhara, 2020; Verain et al., 2017; Ritchie et al., 2018; Rana and Paul, 2017). Indeed, the researchers showed that the diet choices based on livestock products contributed considerably to increase the ecological footprint when compared with the vegetable-based diets (Li et al., 2022; Harguess and Hong, 2020; Sabate and Sabate, 2019; Neff et al., 2018; Graham and Abrahamse, 2017; Kleemann and Schmidt, 2017).

In order to mitigate the impacts of climate change, to conserve the natural resources, and to produce enough food along food supply chain, it was pointed that the plant-based products should be used for direct human diets rather than the animal feeds (Ritchie et al., 2018; Kleemann and Schmidt, 2017). These strong claims and evidences pointed out clearly that diet transition to diminish livestock products' consumption amounts could indeed played an important role to mitigate the effects of climate change and environmental degradation.

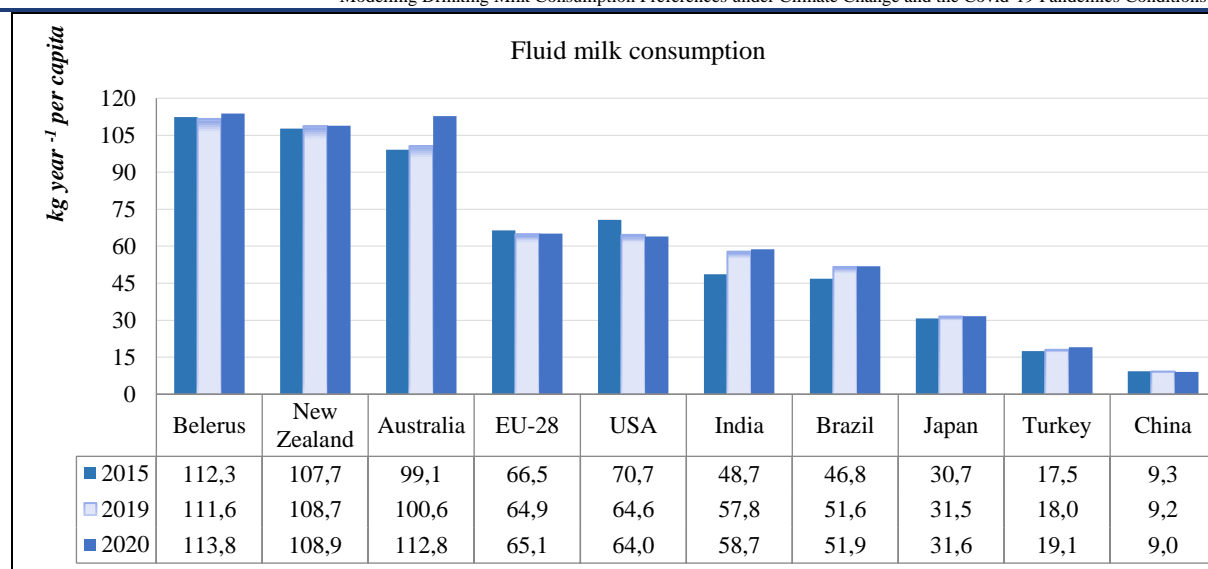
In diet guidelines, therefore, it was reported that moderate-mixed dietary transitions resulting in the uses of both less animal-based diets and higher plant-based ones would be a much more rational decision to implement a reducing approach rather than to eliminate livestock products in view of nationals' acceptance. Because, these diets could be also substituted by various common milk plants such as coconut, rice, soy, hemp, oat, pea and peanut milks instead of animal milk (Ritchie et al., 2018; Verain et al., 2017).

In order to mitigate climate change and to realize a sustainable consumption pattern, it has been gradually transitioned to moderate mixed plant-based diets by decreasing animal-based diets in the last years. While animal-based fluid milk consumption amount in developed countries (USA and EU-28), indeed, implementing the moderate mixed diets according to their dietary health guidelines has been gradually decreasing, that in developing and undeveloped countries (China, Turkey and India) using traditional diets has been increasingly fluctuating as seen in Figure 1 (CLAL, 2021; Eftimov et al., 2020).

In first years of the Covid-19 pandemic, various countries have rigorously implemented some restrictions with sanitizing hands, lowering social activities and a complete lockdown (Hassan et al., 2020). Under these conditions, therefore, societies' dietary perception and purchase attitudes have been considerably altered to healthier and balanced diets in order to maintain a correct nutrition status and to minimize health risks not only by decreasing their purchase frequencies, but also by increasing their buying quantities (Li et al., 2022; Cavallo et al., 2020; Chenarides et al., 2020).

With outbreak of the Covid-19, the higher incidence of the contaminations and human deaths caused consumers to shifting fundamental perception on their purchase pattern prioritizing the sensory quality, nutritional value, core benefit, food safety and hygiene along food supply chain. Attitude being the most vital determinant of perception to purchase the food products, hence, considers in a strong correlation with purchase intention, and impulsive drivers of these relations are also motives (Cavallo et al., 2020; Rana and Paul, 2017).

In fact, it is considered that consumers' purchase attitude and behaviors towards the food products could be assessed under the effects of not only the hedonic motives triggered by the extrinsic food quality clues but also the utilitarian motives stimulated by the intrinsic food attributes. Utilitarian motivation steams from food quality and safety, health concern, sensory appeal, nutritional value or product content, suitability/convenience, durability and core benefits. Contrary to utilitarian motives, hedonic motivation focuses on prestige, brand, label, emotion, affection, comfort, appeal, ambition, desire for individuality, pleasure, hunger and thirst, mood, reliability, familiarity and habits (Picot et al., 2021; Martinez et al., 2021; Li et al., 2020; Cavallo et al., 2020).



**Figure 1. Annual per capita fluid milk consumption**

The results of previous researches conducted on the dairy products highlighted that psycho-social variables impacting on consumers' buying attitudes were of a much greater influence than the sociodemographic factors (Azabağaoğlu et al., 2016; Konyalı, 2019; Li et al., 2020; Ouyang et al., 2021; Martinez et al., 2021). In addition to these results, it was declared that the main reason of livestock product demand increase was also the campaigns supported by decision makers, and the effective utilitarian and hedonic motive drivers in the convergence guidelines recommended for livestock-based diet choices in FAO 2013 report (Gerber et al., 2013). Contrarily, animal-based dairy product consumptions could be decreased gradually by using moderate-mixed planted-based diets instead of animal-based diets. To do so, it is of a great importance to know societies' milk consumption trends and to determine the motive factors affecting them. Only then, could be taken the effective measures to reduce animal-based milk.

Consequently, drinking milk and dairy products being one of the essential components of human diets are fairly rich in view of protein, vitamin and mineral substances, especially calcium; and thus consumption of the products has a positive effect on human health, but also an adverse effect on climate change. It has partly estimated that drinking milk, furthermore, along food supply chain varying from dairy farms to retailer shelves also threatened human health by exposing to various contaminations during the Covid-19. In sight of all the progresses, the aim of the study is to determine the factors impacting on consumers' milk consumption preference and purchase decision at TRA1 region in Turkey, and then to construct the first and second-order consumption satisfaction models, and finally to test validation of the models.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Material

The main material of the research consisted of the primary data obtained from households consuming drinking milk and residing at TRA1 Region, Turkey by taking into consideration the questionnaire form approved by Ataturk University Ethics Committee in 2021. On the other hand, secondary data was also collected from both the various institutions and organizations and numerous publications.

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Method used in sample size calculation

Sample size identified by Simple Random Sampling Method considering the proportions of the households (75%, 80% and 85% milk consumption rates for Erzurum, Erzincan and Bayburt were determined by a preliminary research in each province) consuming drinking milk in TRA1 Region was given in Equation 1 (Malhotra, 1996). Sample sizes were calculated as 302, 258 and 205 households in Erzurum, Erzincan and Bayburt, respectively, and totally 765 those at TRA1 Region.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{c^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

In the Equation 1:

n: Sample size

Z: Standard Z value (%95 confidence range, 1.96)

p: The proportions of drinking milk consumption (75%, 80% and 85% for Erzurum, Erzincan and Bayburt)

c: Deviation from the mean ( $\pm 0.05$ )

In order to be able to exactly represented the households consuming milk at TRA1 Region, the research regions were first segmented into the sub-regions at central districts, and then it was derived the set of random numbers as much as the sample sizes calculated according to household rates in each region, and finally they were selected via the water subscriber numbers of the households.

### 2.2.2. Method used in data collection

By being added various agenda variables to the scales designed according to the results of Exploratory Factor Analysis (EFA) of the researches conducted by Topcu (2015), Topcu (2019a) and Topcu (2019b) on drinking milk consumption preferences, it was formed a questionnaires form (*Table 1*) with 5-point Likert Scale (1: minimum, 3: neutral, 5: maximum preference scores), and then it was used to collected the data from target consumer masses.

**Table 1. Item names and codes related to drinking milk consumption preferences**

Item codes	Item names	Item codes	Item names
M1	Taste and smell	M16	Product information
M2	Flavor	M17	Promotion
M3	Color and fatness of milk	M18	Packaging
M4	Hygiene in animal feeding	M19	Manufacturer brand
M5	Hygiene at retail level	M20	Local brand
M6	Hygiene in milking	M21	Retailer brand
M7	Hygiene in milk processing	M22	Advertisement
M8	Trust to farmer	M23	Price-quality relation
M9	Trust to manufacturer	M24	Ecological footprint concern
M10	Trust to retailer	M25	Covid-19 concern
M11	Protein content	M26	Antibiotic residual and hormone concern
M12	Vitamin content	M27	Artificial milk concern
M13	Mineral matter content	M28	Sheep milk
M14	Calcium content	M29	Goat milk
M15	Fat ratio		

By being added various agenda variables to the scales designed according to the results of Exploratory Factor Analysis (EFA) of the researches conducted by Topcu (2015), Topcu (2019a) and Topcu (2019b) on drinking milk consumption preferences, it was formed a questionnaires form (*Table 1*) with 5-point Likert Scale (1: minimum, 3: neutral, 5: maximum preference scores), and then it was used to collected the data from target consumer masses.

### 2.2.3. Methods used in statistical analyses

In order to determine the factor dimensions of drinking milk consumption preference scales, EFA and Parallel Analysis applied on “Patil et al. (2007)’s Parallel Analysis Engine” were used (Karagöz, 2020). Parallel Analysis calculates Eigenvalues from randomly generated correlation matrices based on parameters and sample sizes. Eigenvalues are then compared with eigenvalues extracted from the results of total variance explained of the EFA. The number of factors to retain will be initial eigenvalue numbers that are larger than the corresponding random eigenvalues (Patil et al., 2007). Approved EFA factor dimensions were used for first-order multifactor Confirmatory Factor Analysis (CFA) measurement model (Gürbüz, 2019; Civelek, 2020).

In order to test convergent and discriminant validities of CFA measurement model, AVE (average variance extracted), CR (construct reliability) and DV (discriminant validity) values assessed on the factor loadings and error variances, and MSV (maximum square variance), and ASV (average shared square variance) values computed on factor correlations were used.

AVE measuring the level of variance captured by a construct versus that due to measurement error and CR defining convergent validity criteria of items or constructs reliability among items must be greater than 0.5 ( $AVE > 0.5$ ) and 0.7 ( $CR > 0.7$ ), and thus  $CR > AVE$  should be. AVE and CR measurement values were calculated in Equation 2 and 3 (Gürbüz, 2019).

$$AVE_j = \frac{\sum_{i=1}^k \beta_{ij}^2}{(\sum_{i=1}^k \beta_{ij}^2) + (\sum_{i=1}^k \varepsilon_{ij})} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$CR_j = \frac{(\sum_{i=1}^k \beta_{ij})^2}{(\sum_{i=1}^k \beta_{ij})^2 + \sum_{i=1}^k \varepsilon_{ij}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Discriminant validity (DV) in CFA model also must have the least correlation among other factors and the factors including in their own items. DV, therefore, could be assessed by comparing the amount of the variance capture by the construct (AVE<sub>j</sub>) and the shared variance with other constructs (ε<sub>ij</sub>). For these aims, MSV criterion indicating maximum correlation among the factor constructs and ASV criterion determining average shared square correlations among the factor constructs were frequently used. Thus, DV for each construct should be greater than the correlation involving in the constructs, and the levels of the AVE for each construct should be greater than the squared correlation involving in the constructs ( $MSV < AVE$ ,  $ASV < AVE$  and  $r < DV$ ). MSV, ASV and DV measurement values were given the Equation 4, 5 and 6 (Ocak, 2020).

$$DV_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \beta_{ij}^2}{(\sum_{i=1}^k \beta_{ij}^2) + (\sum_{i=1}^k \varepsilon_{ij})}} = AVE_j \quad (\text{Eq. 4})$$

$$MSV_{ij} = \text{Max } r_j^2 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$ASV_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^k r_{ij}^2}{n} \quad (\text{Eq. 6})$$

In the Equation 2, 3 4, 5 and 6:

β: Standardized path coefficient (factor loadings)

ε: Error variance ( $1 - \beta^2$ )

r: Partial correlation coefficient

n: Items and factor numbers

CMIN/df indices (likelihood ratio chi-square test/degree of freedom) were used for overall goodness of fit indices of CFA measurement model from structural equation modeling, and thus smaller values than 3 and 5 for goodness of and acceptable fit indices, respectively ( $CMIN/df < 3$  and  $5$ ) were assessed (Meydan and Şeşen, 2015; Gürbüz, 2019). IFI (incremental fit index) for the problem solutions with wide variation, and CFI (comparative fit index) and RMSEA (root mean square error of approximation) being highly sensitive to sample sizes in comparative fit indices were considered. Goodness of fit and acceptable fit indices for IFI and CFI should be greater than 0.90 and 0.95 ( $IFI$  and  $CFI > 0.95$  and  $0.90$ ), but for RMSEA should be smaller than 0.08 and 0.10 ( $RMSEA < 0.08$  and  $0.10$ ) (Meydan and Şeşen, 2015).

On the other hand, GFI (goodness of fit index) and RMR/SRMR (standardized/root mean square residual) from absolute fit indices of measurement models were assessed to test that model fit is independence than sample sizes on model and explain variance and covariance rations, to measure the residual correlations of global and sample correlations. Goodness of and acceptable fit indices for GFI and RMR/SRMR should be greater than 0.95 and 0.90, and 0.05 and 0.08 ( $GFI > 0.95$  and  $0.90$ , and  $RMR/SRMR < 0.05$  and  $0.08$ ) (Marsh et al., 1988; Civelek, 2020).

It was used IBM SPSS 25.0 package program for EFA, IBM AMOS 24.0 ones and for CFA measurement model, and a web-based parallel analysis engine presented by Patil et al. (2007) for optimal factor dimensions in statistical analyses applications.

### 3. Results and Discussion

The results of EFA highlighted that seven factor dimensions from drinking milk consumption preference scales with 29 items (*Table 1*), explaining 65% of total variance were constructed, and KMO statistics (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) comparing observed and partial correlation coefficients and Bartlett's Test of Sphericity was found as 0.812 and 7959.80 ( $\lambda_{0,05;378}^2 = 7959,80$  ( $p < 0.001$ )).

These statistics assessing the sample data, therefore, indicated that the data was at a very good level for EFA. On the other hand, percentile eigenvalues computed by Parallel Analysis Engine were compared with the eigenvalues extracted from total variance explained of EFA, and the number of factors to retain was determined seven initial eigenvalues that were greater than the corresponding random eigenvalues (*Table 2*).

**Table 2. Factor dimensions determined by Parallel and EFA Analyses**

Factor dimensions	Parallel Analysis		EFA Analysis		Results
	Mean Eigenvalues	Percentile Eigenvalues	Initial Eigenvalues		
1	1.387	1.436	<	6.047	Accept
2	1.333	1.372	<	3.328	Accept
3	1.294	1.328	<	2.139	Accept
4	1.261	1.290	<	1.816	Accept
5	1.231	1.258	<	1.634	Accept
6	1.202	1.226	<	1.383	Accept
7	1.177	1.198	<	1.292	Accept
8	1.152	1.171	>	1.091	Reject
9	1.127	1.148	>	0.863	Reject
10	1.104	1.125	>	0.785	Reject

In order to test convergent validity of CFA measurement model according to seven factor dimensions, AVE and CR values were calculated in *Table 3*. AVE and CR values computed for each level indicated that they were greater than 0.50 and 0.70 threshold values, respectively, and AVE values were smaller than CR values ( $AVE < CR$ ). Convergent validity of the model, therefore, was greatly provided. Similarly, internal consistencies among milk consumption preference items under each factor were also found significantly according to Cronbach alfa criteria values.

On the other hand; DV, MSV and ASV values related to discriminant validity of CFA measurement model were given in *Table 3, 4* and *5*. *Table 4* and *5* showed that DV values calculated for each factor were greater than the correlation matrixes of factor constructs obtained from the results of CFA, and MSV and ASV values were also smaller than AVE values. DVs compared with seven factors of CFA model, therefore, were completely approved.

Path diagrams of first and second-order CFA models approved by convergent and discriminant validities for fluid milk consumption preferences were given in *Figure 2* and *3*. The CFA results highlighted that the factor structures of sensory quality with 3, hygiene with 4, reliability with 3 items, nutritional value with 5 items, brand image with 8 items, worry with 4 items and milk supply source with 2 items were at fairly good levels in terms of overall, absolute and comparative goodness of fit indexes (*Table 6*).

CMIN/df (overall goodness of fit indices), RMSEA (comparative fit indices) and SRMR (absolute fit indices) values were of a very good (excellent) fit, but IFI and CFI (comparative fit indices), GFI and RMR (absolute fit indices) values had a good (acceptable) fit. Conclusively, overall goodness of fit indexes of proposed first and second-order seven-factor CFA model indicated that the model was of considerably a good fit with applied data set and at range acceptable criteria.

Consumers' drinking milk consumption preference factors, their item path coefficients and some statistics for first and second-order seven-factor CFA model were given in *Table 7*. The CFA results indicated that the coefficients of items constructed under sensory quality varied from  $\beta_0 = 0.66$  ( $p < 0.001$ ) to  $\beta_0 = 0.82$  ( $p < 0.001$ ), and taste and smell (M1) from the items was the most impact ( $\beta_0 = 0.82$ ) and explanatory ( $R^2 = 0.66$ ) variable. On the other hand, covariance among sensory quality and other factors varied from 0.04 to 0.48 (*Figure 2*), and correlation and explanation of sensory quality on drinking milk consumption preferences were also determined as 0.60 ( $r = 0.60$ ) and 36% ( $R^2 = 0.36$ ) (*Figure 3*).

**Table 3. AVE, CR, Cronbach alfa and DV values for the convergent and discriminant validities**

Items	Factors	AVE	DV	CR	Cronbach alfa
M1	Sensory	0.521	0.722	0.764	0.746
M2					
M3					
M4	Hygiene	0.649	0.806	0.789	0.762
M5					
M6					
M7					
M8	Reliability	0.591	0.769	0.741	0.724
M9					
M10					
M11	Nutritional value	0.561	0.749	0.801	0.797
M12					
M13					
M14					
M15					
M16	Brand image	0.492	0.702	0.823	0.831
M17					
M18					
M19					
M20					
M21					
M22					
M23					
M24	Worry	0.561	0.749	0.833	0.807
M25					
M26					
M27					
M28	Source	0.719	0.848	0.835	0.821
M29					
Measurement model					0.863

**Table 4. Correlation matrix of the factor structures and DV values\***

Factors	Sensory	Hygiene	Reliability	Nutritional value	Brand image	Worry	Source
Sensory	(0.722)						
Hygiene	0.481	(0.806)					
Reliability	0.339	0.419	(0.769)				
Nutritional value	0.373	0.318	0.085	(0.749)			
Brand image	0.291	0.359	0.342	0.070	(0.702)		
Worry	0.232	0.340	0.181	0.280	0.343	(0.749)	
Source	0.042	0.049	0.202	-0.109	0.320	0.142	(0.848)

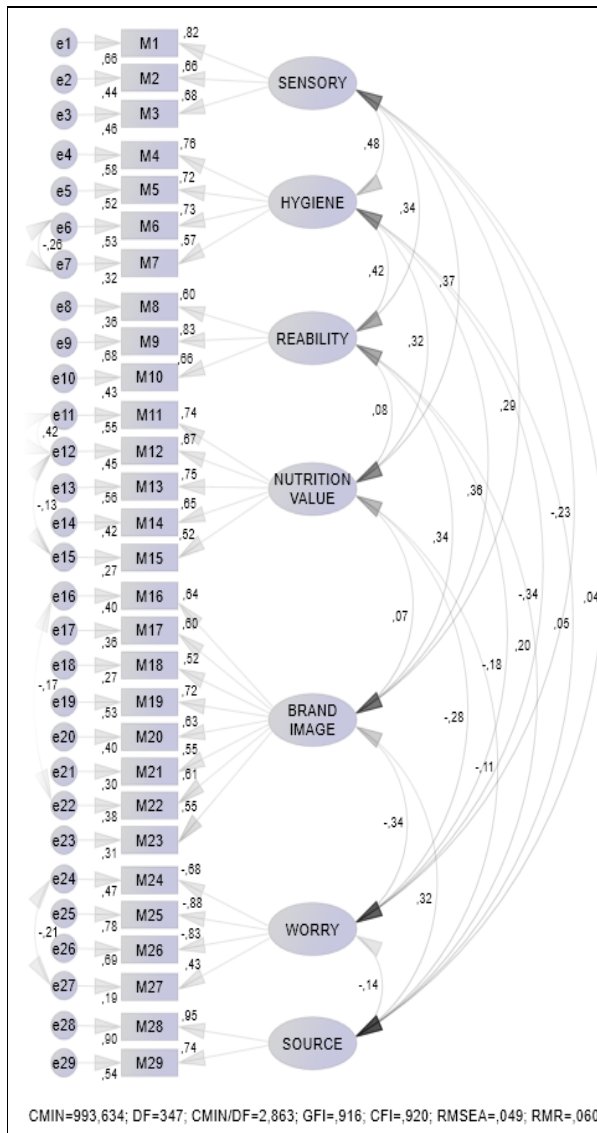
\*Values in parentheses refer to DV values

Previous researches revealed that sensory quality attributes such as taste, smell, color, flavor and fat rate, effecting on drinking milk consumption preferences were a major determinant, and thus that there was a strong positive relationship between consumers' purchase intentions and fluid milk with high sensory attributes (Rana and Paul, 2017). The research results conducted by Delley and Bruner (2019) reported that nutritional composition and sensory quality in the attributes hierarchy of dairy products played a predominate role on buying intention and attitudes of consumers in USA and Europe countries.

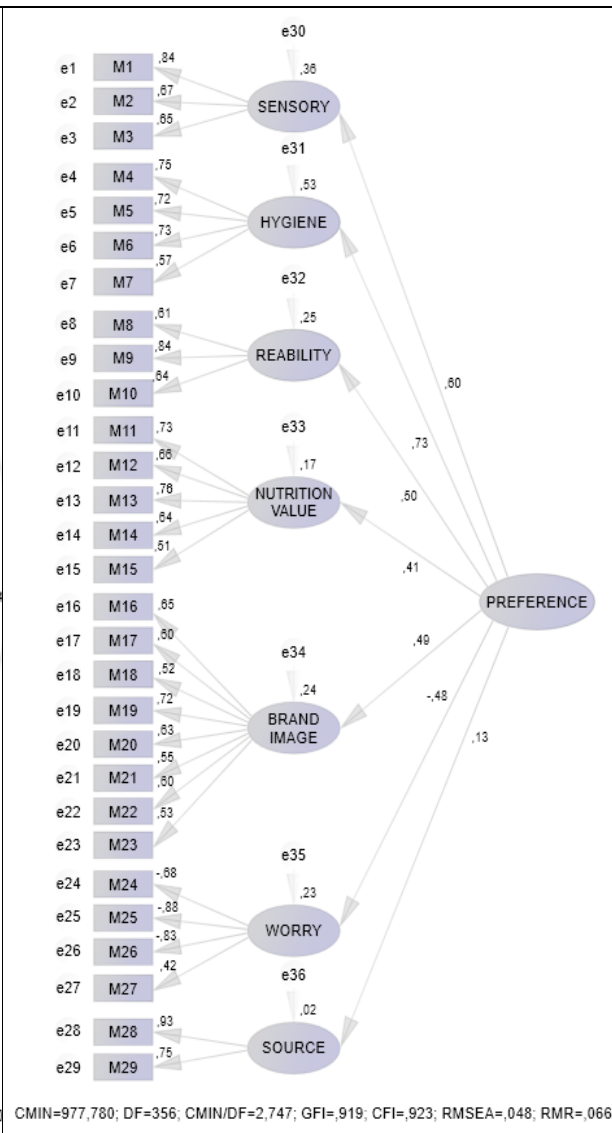
Similarly, Ouyang et al. (2021) highlighted that sensory appeal for dairy products was an important factor, and also was of a strong and direct impact on consumers' food preference. Bus and Worsley (2002), additionally, declared that taste and flavor were a priority determinant of fluid milk choice and purchase intention, and these properties of drinking milk on consumers' buying decisions also were of a positive motivation.

**Table 5. MSV and ASV values and requirement conditions for the discriminant validities of the factor structures**

Factors	MSV		AVE	ASV		AVE	AVE		CR
Sensory	0.232	<	0.521	0.104	<	0.521	0.521	<	0.764
Hygiene	0.176	<	0.649	0.126	<	0.649	0.649	<	0.789
Reliability	0.117	<	0.591	0.082	<	0.591	0.591	<	0.741
Nutritional value	0.139	<	0.561	0.056	<	0.561	0.561	<	0.801
Brand image	0.129	<	0.492	0.093	<	0.492	0.492	<	0.823
Worry	0.118	<	0.561	0.070	<	0.561	0.561	<	0.833
Source	0.103	<	0.719	0.030	<	0.719	0.719	<	0.835



**Figure 2. First-order seven-factor CFA model**



**Figure 3. Second-order seven-factor CFA model**



**Table 6. Overall, absolute and comparative fit indices and threshold ranges of first and second-order seven-factor CFA measurement model**

Fit indices	Goodness of fit indices threshold criteria	Acceptable fit indices threshold criteria	First-order CFA model values	Second-order CFA model values
CMIN/DF	< 3.00	< 5.00	2.863	2.747
IFI	> 0.95	> 0.90	0.921	0.924
CFI	> 0.95	> 0.90	0.920	0.923
GFI	> 0.95	> 0.80	0.916	0.919
RMSEA	< 0.08	< 0.10	0.049	0.048
RMR	< 0.05	< 0.08	0.056	0.066
SRMR	< 0.05	< 0.08	0.050	0.051

Items' loadings related to hygiene and reliability on drinking milk consumption satisfaction were calculated at range from  $\beta_0 = 0.57$  and  $0.60$  ( $p < 0.001$ ) to  $\beta_0 = 0.76$  and  $0.83$  ( $p < 0.001$ ), and hygiene in animal feeding at farm level (M4) and trust to manufacturer (M9) were analyzed as the most effect ( $\beta_0 = 0.76$  and  $0.83$ ) and explanatory ( $R^2 = 0.58$  and  $0.68$ ) items. Similarly, covariance among hygiene and reliability and the others indicated a variation between 0.05 and 0.08 and 0.48 and 0.42 (Table 7 and Figure 2), and correlation impacts and explanation ratios of them on those were found as 0.73 ( $r = 0.73$ ) and 0.50 ( $r = 0.50$ ) and 0.53 ( $R^2 = 0.53$ ) and 0.25 ( $R^2 = 0.25$ ) (Figure 3). There was a compact relationship, therefore, not only between hygiene and reliability factors based on intrinsic fluid milk attributes but also on consumption preferences and purchase decisions.

In the last studies related to hygiene and reliability in dairy products were reported that base of sanitary fluid milk production depended on the animal health and hygiene conditions at dairy farms, and thus in order to minimize microbial contamination of milk must have been applied for animal rearing and housing, veterinary care and diagnostic approaches, milking hygiene, processing, packaging and sanitation practices.

In addition, it was emphasized that sanitary and health standards such as personal hygiene, waste management, warehouse and distribution control and maintenance of hygienic production practices based on alternative industrial applications in the dairy industry decreased considerably milk infection risks, and thus it could be conveniently used by all the consumers.

In result, the consumer demands have considerably increased in the last two decades due to innovative progresses such as sanitary animal rearing, dairy product manufacturing and retailing processes, and trust to their actors (Alegbeleye et al., 2018; Delley and Brunner, 2019; Berge and Baars, 2020). Especially, Skalkos et al. (2021) reported that a major issue in food purchase intention and choices of consumers in Covid-19 pandemic were reliability/trust involving safety, health, sustainability, hygiene, freshness, traceability at short supply chain varying from dairy farms to food retailers, and thus it was an important predictor of food acceptance by reducing risk perceptions. It was emphasized that this factor guided to their buying attitudes, therefore, and the greater trust to the actors at dairy product supply chain, the higher would have been consumers' purchase intention and consumption trends.

Item scores of nutritional value varied from  $\beta_0 = 0.53$  ( $p < 0.001$ ) to  $\beta_0 = 0.75$  ( $p < 0.001$ ), and the protein (M11) and calcium contents (M14) were the most effective ( $\beta_0 = 0.75$  and  $0.74$ ) and explanatory ( $R^2 = 0.56$  and  $0.55$ ) variables (Table 7). Additionally, it was analyzed that covariance among nutritional value with other factors varied from 0.07 to 0.37, and the correlation and explanation impacts of nutritional value on consumption preference and purchase intention were 0.41 ( $r = 0.41$ ) and 17% ( $R^2 = 0.17$ ) (Figure 2 and 3).

Experimental researches revealed that fluid milk and dairy products used frequently and widely in human diets were a crucial source of protein, vitamin and mineral matters, and thus their consumption strengthened the musculoskeletal system by preventing humans from osteoporosis, and that could decrease risks of coroner heart diseases, stroke, dental caries, hypertension and various types of cancer. It was also determined that positive perception and consumers' attitudes rather than their negative beliefs about nutritional attribute and values of drinking milk, therefore, led to an increasing trend and positive perceptions on their demands (Delley and Brunner, 2019; Guo et al., 2020; Perez et al., 2020).

**Table 7. Path coefficients of first order measurement model related to consumers' drinking milk consumption preference factors and items**

Items	Path	Factors	$\beta_0$	$\beta_1$	S.E.	C.R.	p
M1	<---	Sensory	0.816	1.000			
M2	<---	Sensory	0.662	0.986	0.063	15.600	***
M3	<---	Sensory	0.678	0.862	0.054	15.856	***
M4	<---	Hygiene	0.760	1.000			
M5	<---	Hygiene	0.725	0.914	0.050	18.255	***
M6	<---	Hygiene	0.720	0.918	0.053	17.409	***
M7	<---	Hygiene	0.570	0.830	0.061	13.568	***
M8	<---	Reliability	0.652	1.000			
M9	<---	Reliability	0.831	1.437	0.106	13.551	***
M10	<---	Reliability	0.602	1.269	0.096	13.275	***
M15	<---	Nutritional value	0.647	1.000			***
M11	<---	Nutritional value	0.750	1.126	0.090	12.463	***
M12	<---	Nutritional value	0.667	1.034	0.092	11.268	***
M13	<---	Nutritional value	0.526	1.271	0.101	12.575	***
M14	<---	Nutritional value	0.736	0.979	0.083	11.832	***
M21	<---	Brand image	0.562	1.000			
M16	<---	Brand image	0.642	1.260	0.095	13.553	***
M17	<---	Brand image	0.518	1.213	0.102	11.897	***
M18	<---	Brand image	0.600	1.038	0.096	10.837	***
M19	<---	Brand image	0.646	1.630	0.123	13.196	***
M20	<---	Brand image	0.612	1.102	0.089	13.563	***
M22	<---	Brand image	0.543	1.319	0.110	11.969	***
M23	<---	Brand image	0.715	1.167	0.103	11.329	***
M27	<---	Worry	0.430	1.000			
M26	<---	Worry	-0.831	-2.231	0.192	-11.637	***
M25	<---	Worry	-0.881	-1.599	0.133	-12.045	***
M24	<---	Worry	-0.630	-2.052	0.177	-11.594	***
M29	<---	Source	0.735	1.000			
M28	<---	Source	0.948	1.301	0.135	9.628	***
Structure Equation Modelling							
Sensory	<---	Preference	0.600	1.000			
Hygiene	<---	Preference	0.730	1.223	0.131	9.352	***
Reliability	<---	Preference	0.500	0.719	0.097	7.418	***
Nutritional Value	<---	Preference	0.413	0.494	0.076	6.469	***
Brand image	<---	Preference	0.489	0.788	0.107	7.337	***
Worry	<---	Preference	-0.476	-0.512	0.076	-6.770	***
Source	<---	Preference	0.134	0.335	0.125	2.685	***

 $\beta_0$ : Standardized path coefficients $\beta_1$ : Unstandardized path coefficients\*\*\*  $p < 0.001$ 

The CFA results also pointed that variable coefficients of brand image on drinking milk consumption preferences changed between  $\beta_0 = 0.52$  ( $p < 0.001$ ) and  $\beta_0 = 0.72$  ( $p < 0.001$ ), and that price-quality relation (M23), manufacturer brand (M19) and product information (M16) among them were the most effective ( $\beta_0 = 0.72, 0.65$  and  $0.64$ ) and explanatory ( $R^2 = 0.53, 0.40$  and  $0.40$ ) items (Table 7). In the same time, it was determined that covariance impact of brand image on the other factors varied from 0.07 to 0.36, and that brand image on the consumption preferences was of correlation with 0.49 ( $r = 0.49$ ) and regression coefficient with 0.24 ( $R^2 = 0.24$ ) (Figure 2 and 3). Various previous studies indicated that brands were one of the fundamental tools pushing the consumers to select particular products and their subsequent repurchase, compared to others, and thus determined loyalty leading to a competitive advantage (Rihn et al., 2019; Slade et al., 2019; Marchini et al., 2021;). Brand image, therefore, affects prominently the consumer preferences and attitudes, purchase decisions, willingness to pay towards dairy products.

These researches also highlighted that considered to be the indicators of brand image with labelling under product information; quality, price, region of origin, nutritional information, health claims, quality and price

relation of dairy products were essential determinants for the consumers, and thus they could considerably increase their sustainability consumption trends under brand image with more favorable motivation drivers on purchase attitude and intention (Boncinelli et al., 2018; Yin et al., 2018; Perito et al., 2019; Marchini et al., 2021).

In Table 7, it was reported that item loadings of worry/concern factor affecting negatively milk consumption preference varied from  $\beta_0 = +0.43$  ( $p < 0.001$ ) to  $\beta_0 = -0.88$  ( $p < 0.001$ ), and that Covid-19 infection (M25) and antibiotic residual and hormone concerns (M26) were the most effective ( $\beta_0 = -0.88$  and  $-0.83$ ) and explanatory ( $R^2 = 0.78$  and  $0.69$ ) variables. Creating a negative impact on drinking milk consumption, worry factor was of the covariance varying from -0.14 to -0.34 with other preference factors, and then, the correlation and regression coefficients were also measured as -0.48 ( $r = -0.48$ ) and 0.23 ( $R^2 = 0.23$ ) (Figure 2 and 3).

Indeed, various studies reported that the worry/concern items such as ecological footprints of dairy products, Covid-19 pandemic, antibiotic residuals and hormone concerns, as well as production of artificial milk and dairy products claims led to a downwards influence on fluid milk consumption of consumers. At the same time, outgoing outbreak of Covid-19 and climate changes were adversely affected consumers' purchase attitude and behaviors at the agro-food markets ranged from the dairy farms to dairy food retailers due to food quality and safety, hygiene and trust to market actors. As result, all the concern factors impacting on food quality and safety caused significantly to contraction of consumers' fluid milk demands in all economic and social systems (Bentivoglio et al., 2020; Arumugam et al., 2021; Shamim et al., 2021; Skalkos et al., 2021). Especially, Covid-19 pandemic, as well as ecological and water footprint as a result of dairy cow farming and their industrial applications gaining increasing momentum to climate changes have considerably led to negative trends on the consumers' attitudes and behavior towards dairy products in the last years.

The results of CFA indicated that variable coefficients and relative explanation levels of sheep milk (M28) and goat milk supply sources (M29) were  $\beta_0 = 0.95$  and  $0.74$  ( $p < 0.001$ ), and  $R^2 = 0.90$  and  $0.54$ , respectively (Figure 2). Milk supply source exhibited a negative correlation with both worry (-0.14) and nutritional value (-0.11), but a positive one with the others varying from 0.04 to 0.32 (Figure 1). Its impact and total variance explain rate, moreover, on milk consumption preferences were also computed as 0.13 ( $r = 0.13$ ) and 2% ( $R^2 = 0.02$ ) (Figure 3).

In researches conducted the effects of milk from producing species, cow, sheep and goat in human diet intake were reported that sheep and goat milk contained higher levels of key macro-nutritional fractions, essential and trace minerals, protein, vitamin, lipid and total solids compared with cow milk, and they were used as a milk allergy-alternatives for those suffering allergic reactions to cow milk, and thus consumption of sheep and goat milk created a greater benefit to bone healthy than consumption of cow milk (Moatsou and Sakkas, 2019). In research area, however, it was almost impossible to find the sheep and goat milk at local markets due to dairy cow rearing under geographical and agro-ecological conditions, and the consumers' sociocultural attitudes, economic conditions and consumption preferences. In present study, it was measured that goat and sheep milk, therefore, were of a much low effect on consumers' drinking milk consumption preferences.

#### 4. Conclusions

The results of the study showed that the most impact and explanatory factors influencing the consumers' drinking milk consumption preferences were attributed to the hygiene, sensory quality and reliability, and thus there were strong relationships among these factors on consumption satisfaction. Similarly, brand image, concern and nutrition value were attributed to be moderate correlation and determination impacts on consumption preferences, but milk supply source created a smaller impact. On the other hand, all the factors out of the risk factor were of positive linear relationships on consumption preference. The societies decreasing animal-based milk consumption due to environmental friendliness and ethical consumerism could gradually transit to moderate-mixed plant-based diets, and thus could considerably mitigate the impacts of climate change.

Consequently, in order to mitigate ecological footprint and the ethical concerns of drinking milk consumption, it should be considerably encouraged and supported cattle milk farming herds consisting of high-yielding dairy cows with fewer cultured breeds instead of low-yielding dairy cows in milk production along with plant-based milk. Plant-based milk consumption should be increased, therefore, by being decreased animal-based milk consumption. On the other hand, the farmers and manufacturers at animal production and processing stages could considerably contribute

to mitigate the negative impacts of livestock on ecological footprint by providing sequestration of carbon through various means, improving the feeds to reduce enteric fermentation, improving manure management, and using more efficient fertilizers.

For a sustainable consumption under animal food supply safety and security, moreover, the farmers, therefore, could comprehensively adapt the livestock system management strategies to climate change by diversifying cattle herd species and forages, changing breeding strategies (tolerance to heat stresses and the diseases), adopting scientific and technological advances, implementing the institutional and policy changes. All these measures would not contribute to adapt only the cattle breeders' farm management strategies to climate change, but could also provide possibility to retain the consumers' milk consumption satisfaction. Consumption patterns of the products including in sensory quality attributes under sanitary production and trust to the actors along livestock product supply chain, moreover, as well as nutritional ingredients providing their core benefits should be considerably integrated with milk of plant-based and other species, and then diversified under brand images satisfied to target consumers.

#### **Ethical Statement**

This study was prepared under the permission numbered 2021/13, dated 24.08.2021, from the Ethics Committee of Atatürk University.

#### **Conflicts of Interest**

There is no conflict of interest between the article authors.

#### **Authorship Contribution Statement**

The author carried out the planning, execution and conclusion of the study.

---

**References**

- Alegbeleye, O. O., Guimaraes, J. T., Cruz, A. G. and Sant'Ana, A. S. (2018). Hazard of a health trend: an appraisal of the risk of raw milk consumption and the potential of novel treatment technologies to serve as alternatives to pasteurization. *Trend in Food Science and Technology*, 82: 148-166.
- Arumugan, S., Ozkan, B., Jayaraman, A. and Mockaisamy, P. (2021). Impacts of Covid-19 pandemic on global agriculture, livelihoods and food system. *Journal of Agricultural Science*, 27(3): 239-246.
- Azabağaoğlu, M. Ö., Abdikoğlu, D. İ. and Unakıtan, G. (2016). Consumer's fish purchase behavior in Tekirdağ. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 13(4): 145- 151.
- Bentivoglio, D., Finco, A., Bucci, G. and Staffolani, G. (2020). Is there a promising market for the A2 milk? Analysis of Italian consumer preferences. *Sustainability*, 12: 6763.
- Berge, A. C. and Baars, T. (2020). Raw milk producers with high levels of hygiene and safety. *Epidemiology and Infection*, 148 (e14): 1-7.
- Boncinelli, F., Gerini, F., Neri, B. and Casini, L. (2018). Consumer willingness to pay for non-mandatory indication of the fish catch zone. *Agribusiness*, 34(4): 728-741.
- Bus, A. E. M. and Worsley, A. (2002). Consumers' sensory and nutritional perceptions of three types of milk. *Public Health Nutrition*, 6(2): 201-208.
- Cavallo, G., Sacchi, G. and Carfora, V. (2020). Resilience effects in food consumption behavior at the time of Covid-19: Perspectives from Italy. *Heliyon*, 6: e05676.
- Chenarides, L., Grebitus, C. and Lusk, J. (2020). Food consumption behavior during the Covid-19 pandemic. *Agribusiness*, 37: 44-81.
- Civelek, M. E. (2020). Methodology of Structural Equation Modelling (Second Edition). Beta Basım ve Yayım A.Ş., İstanbul.
- CLAL (2021). An overview of annual per capita consumption of fluid milk. [https://www.clal.it/en/?section=tabs\\_consumi\\_procapite](https://www.clal.it/en/?section=tabs_consumi_procapite) (Accessed Date: 15.10.2021).
- Delley, M. and Thomas, A. B. (2019). A segmentation of Swiss fluid milk consumers and suggestions for target product concepts. *Journal of Dairy Sciences*, 103: 3095-3106.
- Eftimov, T., Popovski, G., Petkovic, M. and Seljak, B. K. (2020). Covid-19 pandemic changes the food consumption patterns. *Trend in Food Science Technology*, 104: 268-272.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. and Tempio, G. (2013). Tackling Climate Change Through Livestock-A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities, FAO, Roma.
- Graham, T. and Abrahamse, W. (2017). Communicating the climate impacts of meat consumption: The effect of values and message framing. *Environment Change*, 44: 98-108.
- Guo, Q., Wang, B., Cao, S., Jia, C., Yu, X., Zhao, L., Dellarco, M. and Duan, X. (2020). Association between milk intake and childhood growth: results from a nationwide cross-sectional survey. *International Journal of Obesity*, 44: 2194-2202.
- Gürbüz, S. (2019). Structural Equation Modelling with AMOS. Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar, Ankara.
- Harguess, C. and Hong, Y. (2020). Strategies to reduce meat consumption: A systematic literature review of experimental studies. *Appetite*, 144: 2-10.
- Hassan, T. B., Bilali, H. and Allahyari, M. S. (2020). Impact of Covid-19 on food behavior and consumption in Qatar. *Sustainability*, 12: 69-73.
- Jawhara, S. (2020). Can drinking micro-filtered raw immune milk from cows immunized against SARS-CoV-2 provide short-term protection against COVID-19? *Front Immunology*, 28(11): 1888.
- Karagöz, Y. (2020). Scientific research methods: SPSS and AMOS applications. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Kleemann, S. and Schmidt, U. J. (2017). Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: A review of influence factors. *Regional Environmental Change*, 17: 1261-1277.
- Konyalı, S. (2019). The sugar consumption tendencies of university students: The case of Tekirdağ Namık Kemal University. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(2): 163-172.
- Li, J., Abbasi, A., Cheema, A. and Abraham, L. B. (2020). Path to purpose? How online customer journeys differ for hedonic vs utilitarian purchases. *Journal of Marketing*, 84 (4): 127-146.
- Li, S., Kallas, Z. and Rahmani, D. (2022). Did the Covid-19 lockdown affect consumers' sustainable behavior in food purchasing and consumption in China? *Food Control*, 132: 108352.
- Malhotra, N. K. (1996). Marketing Research an Applied Orientation. Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Marchini, A., Riganelli, C., Diotallevi, F. and Polenzani, B. (2021). Label information and consumers behavior: evidence on drinking milk sector. *Agricultural Food Economics*, 9(8): 1-24.
- Marsh, H. W., Balla, J. R. and McDonald, R. P. (1988). Goodness of fit indexes in Confirmatory Factor Analysis: The effect of sample size. *Psychical Bulletin*, 103: 391-410.
-

- Martinez, U. J., Mediano, J. and Rodriguez, A. L. (2021). The impact of the Covid-19 crisis on consumer purchasing motivation and behavior. *European Research Management and Business Economics*, 24 (3): 19-37.
- Meydan, C. H. and Şeşen, H. (2015). *Structural Equation Modelling and AMOS Applications (Second Edition)*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Moatsou, G. and Sakkas, L. (2019). Sheep milk components: focus on nutritional advantages and bio-functional potential. *Small Ruminant Research*, 180: 86-99.
- Neff, D., Edwards, A., Palmer, R., Ramsing Righter, A. and Wolfson, J. (2018). Reducing meat consumption in the USA: A nationally representative survey of attitudes and behaviors. *Public Health Nutrition*, 21(10): 1835-1844.
- Ocak, M. (2020). *Step to step Structural Equation Modelling with AMOS*. Ekin Press Publish Distribution, İstanbul.
- Ouyang, H., Li, B., McCarthy, M., Miao, S., Kilcawley, K., Fenelon, M., Kelly, A. and Sheehan, J. (2021). Understanding preferences for, and consumer behavior toward, cheese among a cohort of young, educated, internationally mobile Chinese consumers. *Journal of Dairy Science*, 104(12): 12415-12426.
- Patil, V. H., Singh, S. N., Mishra, S. and Donavan, D. T. (2007). Parallel analysis engine to aid determining number of factors to retain [Computer 23\*software]. Retrieved from <http://smishra.faculty.ku.edu/parallelengine.htm>, Utility developed as part of Patil, V.H., Singh, S.N., Mishra, S. Donavan, D.T. (2008). Efficient theory development and factor retention criteria: A Case for Abandoning the eigenvalue greater than one criterion. *Journal of Business Research*, 61(2): 162-170.
- Perez, E. V. B., Faber, I., Osorio, J. S. and Stergiadis, S. (2020). Consumer knowledge and perceptions of milk fat in Denmark, the United Kingdom, and the United States. *Journal of Dairy Science*, 103: 4151-4163.
- Perito, M. A., Sacchetti, G., Di Mattia, C. D., Chiodo, E., Pittia, P., Saguy, I. S. and Cohen, E. (2019). Buy local! Familiarity and preferences for extra virgin olive oil of Italian consumers. *Journal of Food Product Marketing*, 25(4): 462-477.
- Picot, K., Krey, N., Huré, E. and Ackermann, C. L. (2021). Still work and/or fun? Corroboration of the hedonic and utilitarian shopping value scale. *Business Research*, 126: 578-590.
- Rana, J. and Paul, J. (2017). Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review and research agenda. *Journal of Retailing Consumer Service*, 38: 157-165.
- Rihn, A., Wei, X. and Khachatryan, H. (2019). Text vs. logo: does eco-label format influence consumers' visual attention and willingness-to-pay for fruit plants? An experimental auction approach. *Journal of Behavior Expectation Economics*, 82: 101452.
- Ritchie, H., Reay, D.S. and Higgins, P. (2018). The impact of global dietary guidelines on climate change. *Global Environmental Change*, 49: 46-55.
- Sabate, R. and Sabate, J. (2019). Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (9): 3-37.
- Shamim, K., Ahmad, S. and Alam, M. A. (2021). Covid-19 health safety practices: Influence on grocery shopping behavior. *Journal of Public Affairs*, 21(4): e2644.
- Skalkos, D., Kosma, I. S., Vasilou, A. and Guine, R. P. F. (2021). Consumers' trust in Greek traditional food in the post Covid-19 era. *Sustainability*, 13: 9975.
- Slade, P., Michler, J. D. and Josephson, A. (2019). Foreign GI, consumer preferences, and the domestic market for cheese. *Applied Economics Perspective Policy*, 41(3): 370-390.
- Topcu, Y. (2015). Turkish consumer decisions affecting ice cream consumption. *Italian Journal of Food Science*, 27 (1): 29-39.
- Topcu, Y. (2019a). Consumers' consumption patterns towards drinking milk with the region of origin: Case of Iğdir province. *ÇOMÜ Agriculture Faculty Journal*, 7(1): 195-205.
- Topcu, Y. (2019b). Determining product profiles based on consumers' consumption satisfaction towards drinking milk with the region of origin: Case of Iğdir province. *Anadolu Agriculture Science Journal*, 34 (3): 268-278.
- Verain, M. C., Sijtsema, S. J., Dagevos, H. and Antonides, G. (2017). Attribute segmentation and communication effects on healthy and sustainable consumer diet intentions. *Sustainability*, 9 (5): 730-743.
- Yin, S., Ly, S., Chen, Y., Wu, L., Chen, M. and Yan, J. (2018). Consumer preference for infant milk-based formula with select food safety information attributes: evidence from a choice experiment in China. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 66(4): 557-569.

## Determination of Consumer Perceptions of Eco-Friendly Food Products Using Unsupervised Machine Learning\*

Çevre Dostu Gıda Ürünlerine Yönelik Tüketici Algısının Denetimsiz Makine Öğrenmesi Kullanılarak Belirlenmesi


Yusuf ÇAKMAKÇI<sup>1\*</sup>, Harun HURMA<sup>2</sup>, Cihan ÇAKMAKÇI<sup>3</sup>


### Abstract

This study aims to comparatively determine the consumer perception of food products marketed under ecologically friendly concepts (organic food, good agriculture, and natural production) and food sold directly by farmers, conventional food, and farmer cooperative branded food. For this purpose, a face-to-face survey was conducted with 171 identified consumers. R program was used to perform all of the analyses. Machine learning methods such as Logistic Regression (LR), Correspondence Analysis (CA), and Principal Component Analysis (PCA) are used for determining consumer perception from obtained data. Descriptive statistics results showed that 51.5 percent of those polled were male and 48.5 percent were female. It found that the mean age of the consumers was joined to the survey was 36.4. According to the LR findings, consumer socioeconomic characteristics have a considerable impact on the purchase of various foods (such as organic labeled foods, good agricultural practices foods, producer cooperative branded foods, etc.). It has been discovered as the result of the PCA, people perceived organic branded food and good agricultural practices foods, which are healthier, more flavorful, and more trustworthy than other food. however, it has been discovered that they believe the costs of these types of food are expensive and that they are difficult to obtain. On the other hand, they perceive the pricing of farmer cooperative branded foods and food sold directly by the farmer to be lower. Furthermore, it was observed in CA findings that there was a correlation between these various food groups and purchase locations. While products sold directly by farmers are mostly purchased from public markets, they prefer grocery stores and supermarkets when purchasing foods with good agricultural practices and natural labeled (from the markets). When seen from this perspective, it is possible to conclude that ecologically friendly food and other food products are regarded differently by customers based on product characteristics. The use of marketing techniques that create a positive perspective in terms of affordability and accessibility and the development of policies and production techniques that boost consumers' current perceptions of these items are considered will promote the consumption of these products.

**Keywords:** Eco-friendly foods, Consumer perceptions, Machine learning, Product appreciation, Purchasing decision

<sup>1\*</sup>**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Yusuf Çakmakçı, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 59000 Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [cak76yusuf@gmail.com](mailto:cak76yusuf@gmail.com)  ORCID: 0000-0002-5136-9102

<sup>2</sup>Harun Hurma, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 59000 Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [h.hurma@gmail.com](mailto:h.hurma@gmail.com)  ORCID: 0000-0003-1845-3940

<sup>3</sup>Cihan Çakmakçı, Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Animal Biotechnology Section, 65080 Van, Türkiye. E-mail: [cakmakcicihan@gmail.com](mailto:cakmakcicihan@gmail.com)  ORCID: 0000-0001-6512-9268.

**Atf:** Çakmakçı, Y., Hurma, H., Çakmakçı, C. (2024). Çevre dostu gıda ürünlerine yönelik tüketici algısının denetimsiz makine öğrenmesi kullanılarak belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 634-647.

**Citation:** Çakmakçı, Y., Hurma, H., Çakmakçı, C. (2024). Determination of consumer perceptions of eco-friendly food products using unsupervised machine learning. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 634-647.

\*This study was summarized from the Yusuf Çakmakçı MSc. thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Bu çalışma, çevre dostu konseptler (organik gıda, iyi tarım ve doğal üretim) altında pazarlanan gıda ürünleri ile doğrudan çiftçiler tarafından satılan gıdalar, konvansiyonel gıdalar ve çiftçi kooperatifi markalı gıdalara yönelik tüketici algısını karşılaştırmalı olarak belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla belirlenen 171 tüketici ile yüz yüze anket yapılmıştır. Tüm analizleri gerçekleştirmek için R programı kullanılmıştır. Elde edilen verilerden tüketici algısının belirlenmesi için Lojistik Regresyon (LR), Yazışma Analizi (CA) ve Temel Bileşenler Analizi (PCA) gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistik sonuçları, ankete katılanların yüzde 51,5'inin erkek ve yüzde 48,5'inin kadın olduğunu gösterdi. Araştırmaya katılan tüketicilerin yaş ortalamasının 36,4 olduğu tespit edildi. LR bulgularına göre, tüketici sosyoekonomik özelliklerinin çeşitli gıdaların (organik etiketli gıdalar, iyi tarım uygulamaları gıdaları, üretici kooperatifi markalı gıdalar vb.) satın alınmasında önemli bir etkisi vardır. PCA sonucunda insanların organik markalı gıdaları ve iyi tarım uygulamaları gıdalarını diğer gıdalardan daha sağlıklı, daha lezzetli ve daha güvenilir olarak algıladıkları saptanmıştır. Ancak bu tür gıdaların maliyetinin pahalı ve elde edilmesinin zor olduğuna inandıkları tespit edilmiştir. Öte yandan, çiftçi kooperatifi markalı gıdaların ve doğrudan çiftçi tarafından satılan gıdaların fiyatını daha düşük olarak algılamaktadırlar. Ayrıca CA bulgularında çeşitli gıda grupları ile satın alma yerleri arasında bağlantı olduğu belirlenmiştir. Çiftçiler tarafından doğrudan satılan ürünler daha çok halk pazarlarından satın alınır iken, iyi tarım uygulamalı gıdalar ve doğal etiketli (marketlerden)gıdalar satın alınırken, daha çok bakkal ve süpermarketleri tercih etmektedirler. Bu açıdan bakıldığında, çevre dostu gıda ve diğer gıda ürünlerinin, ürün özelliklerine göre müşteriler tarafından farklı değerlendirildiği sonucuna varmak mümkündür. Satın alınabilirlik ve erişilebilirlik açısından olumlu bir bakış açısı oluşturan pazarlama tekniklerinin kullanılması ve tüketicilerin bu ürünlere yönelik mevcut algılarını yükselten politikalar ve üretim tekniklerinin geliştirilmesinin bu ürünlerin tüketimini artıracakı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre dostu gıdalar, Tüketici algıları, Makine öğrenimi, Ürün takdiri, Satın alma kararı



## 1. Introduction

Consumer concerns about healthy foods and the environment have risen dramatically in recent decades. These concerns have encouraged them to be more conscious of the environment while purchasing products such as technological devices and foods in particular (Petrescu et al., 2020). Consumer attitudes are rapidly integrated into the production of all goods and foods. This rapid integration towards eco-friendly food, organic food, good agricultural practices etc. It has brought along various new production applications as well as new marketing concepts, such as what's driving consumers' preferences while purchasing foods (Kashif et al., 2020).

Consumers' preferences for food products are affected by socioeconomic factors such as gender, education, income as well as, a number of product-related factors such as pricing of products (Echeverría et al., 2022), package of product (Nascimento et al., 2022), location of their residence (Yılmaz et al., 2009), taste, safety, freshness (Oraman et al., 2011), awareness of consumers, availability and accessibility of the product, product appreciation, product quality perception and sensory characteristics, production method (organic, conventional), food safety (antibiotics and hormone usage) and its effects on human beings (Ramya and Ali, 2016; Argemí-Armengol et al., 2019; Çakmakçı and Hurma, 2021). As well as consumer-related factors such as geographical region of production, socioeconomic structure, age, education level, gender, culture, beliefs, and consumption habits (De-Groote and Kimenju, 2008; Ramya and Ali, 2016). Food consumption patterns of consumers, on the other hand, are constantly changing. These changes, however, are linked not only to socioeconomic and cultural developments that influence the whole society, but also to more diverse consumer groups with distinct lifestyles (Ripoll et al., 2018). Changes in consumer expectations for agricultural goods, as well as ethical concerns regarding production procedures, are driving a rise in demand for information about these products' production processes. For this reason, product labels are used to provide information about food products when deciding what to purchase and play a role in purchasing decision-making processes (Klopčič et al., 2012). In recent years, local food production systems have received more attention as a potential alternative to the production patterns of the industrialized global food system. This is due to environmental concerns and the idea that they may make the food production chain more sustainable (Aprile et al., 2016). Local products are often associated with qualitative characteristics such as freshness, flavor, nutritional value, health, and safety (Petrescu et al., 2020). Aside from flavor or safety, some consumer groups may be motivated to purchase products with organic or ecological labels because they believe they are healthier, safer, and free of treatments and nutritional supplement residues such as pesticides, hormones, antibiotics, and chemical fertilizers (Bougherara and Combris, 2009). On the other hand, despite consumers' positive attitudes toward products bearing the eco-friendly label and characterized by their sustainability features, issues such as a lack of market knowledge about the products, the lack of distinctiveness of such products in comparison to conventional products, and the limited availability of such products prevent this mindset from being translated into actual purchase behaviors (Eldesouky et al., 2020). Previous studies have attempted to evaluate consumer perceptions of food products such as preference, trust, quality, and flavor by focusing on a single product or one or two products' characteristics (Nam et al., 2020; Petrescu et al., 2020). The categorization of potential consumers and the acquisition of accurate information about their characteristics are important for predicting their behavior toward food products (Vindigni et al., 2022). Machine learning methods have become widely used approach in such studies (Shiokawa et al., 2018). For cross-selling strategies, consumer segmentation, and qualitative data analysis, this method works perfectly. Principal component analysis (PCA) is one of widely used unsupervised machine learning technique for exploratory data analysis, dimensionality reduction, and data de-noising (IBM, 2022). Besides, Correspondence Analysis (CA) is a statistical method that provides visualize the relation between attributes (Greenacre, 2015), such as the relationship of purchased products and places. On the other hand, Logistic Regression (LR) aims to measure the relationship between a categorical dependent variable and one or more independent variables (continuous or categorical) by drawing the probability scores of dependent variables (Ingwersen et al., 2023).

This study focuses on multiple food products and examines their relative positions based on different attributes. In that respect, the purpose of this study was to identify how consumers perceive food products with different labels, such as conventional, organic, natural, directly from the farmers, good agricultural products, and cooperative labeled, taking into consideration factors such as price, taste, availability, advertising, health, and general trust. Furthermore, determine the impact of consumers' socioeconomic characteristics on their purchasing of foods with different labels.

The overall objective of this study was to show that unsupervised machine learning approaches provide a novel strategy for understanding consumers' positioning, purchase locations, and purchasing intentions of foods with different labels. To achieve this, the primary purpose of this research was to determine consumers' attitudes using unsupervised machine learning approach, Principal Component Analysis (PCA), Logistic Regression and Correspondence Analysis (CA).

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Material and data collection

The data for the study was obtained from a face-to-face survey of 171 consumers that was conducted in 16 major neighborhoods of the Süleymanpaşa district in Tekirdağ province between December 2019 and January 2020.

Size of the sample was estimated using the proportional sampling approach (Eq. 1) and the error margin (7.5 percent) from the population of which the main population is known in order to better reflect the main population of the data (number of surveys) gathered in the study (Newbold, 1995) n: Number of samples, N: Main mass, p: Number of people purchasing specified food products q: Number of people who did not purchase the specified food products, d: margin of error for p (0.075), t: significance level (1.96 for t table 0.5).

$$n = N * t^2 * p * q / (N - 1) * d^2 + t^2 * p * q \quad \text{Eq (1)}$$

### 2.2. Method

In this study, six different products, including conventional, organic, natural, directly from the farmers, good agricultural products, and cooperative-labeled, were evaluated. The consumers were asked to rate these products based on seven characteristics, including price, taste, availability, advertising, health, and general trust, on a scale ranging from 1 to 7 (1: the product is not good at all, 7: the product is very good).

#### 2.2.1. Consumer perception of food products based on product characteristics

A technique of unsupervised machine learning PCA (principal component analysis) was employed to determine consumer perceptions of food products positioning based on product characteristics. PCA is one of the widely used multivariate statistical approach, which can be applied to almost every scientific field (Abdi and Williams, 2010). PCA, which benefits from covariance or correlation seeks to identify important characteristics of variability and derive inferences from linear relationships between variables matrices (Jolliffe and Cadima, 2016). PCA simplifies identification by reducing the data to a small number of synthetic variables rather than all the original variables (Husson et al., 2011). The aim of this study was to determine the relationships between products and product attributes in the same data table by assessing them together using PCA. Bartlett's test of sphericity and Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) sample adequacy measure were calculated using the "psych" R package (Revelle, 2019) to assess the suitability of the data set for PCA. PCA was implemented using "FactoMineR" (Husson et al., 2011). The results of PCA were visualized using "Factoextra" R package (Kassambara and Mundt, 2020).

#### 2.2.2. Relationship between different labeled foods and purchasing places

Following the PCA, Correspondence Analysis (CA) was used to determine the relationship between different labeled foods and purchasing locations. CA is a special case of a generalized principal component analysis used to analyze qualitative data by using the contingency of two nominal variables (Abdi and Williams, 2010). CA is a multivariate analysis method that uses a two-dimensional diagram to explain the associations between the categories of two nominal variables (Di Franco, 2016) and does not require any assumptions about the data distribution (Sourial et al., 2010). The number of dimensions to use to explain the variability in a dataset is determined using similar principles as in principal component analysis. Common criteria include keeping the dimensions that account for more than 70% of the variation or have an eigenvalue greater than 1 (Sourial et al., 2010). Bartlett's test of sphericity and Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) sample adequacy measure were calculated using the "psych" R package (Revelle, 2019) to assess the suitability of the data set for PCA. PCA was implemented using "FactoMineR" (Husson et al., 2011). The results of PCA were visualized using "Factoextra" R package (Kassambara and Mundt, 2020).

#### 2.2.3. The impact of consumer personal characteristics purchasing intentions for foods with different labels

Another way to assess consumers' (response) purchasing intentions for products with different labels is to understand the consumers characteristics that may influence them (De-Groote and Kimenju, 2008). Logistic Regression (LR) is the most widely used machine learning method for analyzing such data. LR seeks to determine whether there is a relationship between

a dependent variable (Y) associated with the occurrence or non-occurrence of an event binary and one or more categorical or continuous independent variables (Díaz-Pérez et al., 2019). The response variables are binary type data that represent consumers' purchasing intentions for products with different labels. The response variables Natural, Organic, Good Agriculture, Local and Cooperatives are factors with two levels, and the first level, "no", corresponds to not buying (zero) and the second level, "yes", to buying (1). Stepwise logistic regression models for binary response data were implemented using the logit link function (Fox and Weisberg, 2019) to determine the variables that should be used in the final model. The best subset of independent variables among all subsets was determined by applying stepwise regression to all independent variables. For model selection, the Akaike Information Criterion (AIC) was used as measure of fit. Likelihood ratio (LR) chi-square test was used to test the hypothesis.

Collinearity, which occurs when the data contains highly associated predictor variables, is a critical issue in regression analysis. The appropriateness of the estimated regression coefficients is determined by strong linear correlations among the variables in a linear model (Fox and Weisberg, 2019). The variance inflation factor (VIF) is a useful indicator for collinearity diagnostics (Fox and Monette, 1992). However, because the variance inflation factor cannot be directly applied to sets of related predictors with the degree of freedom higher than 1, Fox and Monette (1992) suggest to use the generalized variance inflation factor ( $\sqrt{GVIF^{(1/(2 \cdot Df))}}$ ), which can be applicable to sets of related predictors. The  $\sqrt{GVIF^{(1/(2 \cdot Df))}}$  is equivalent to reporting the square root of the VIF for an individual coefficient (Fox and Monette, 1992). As a general rule, the  $\sqrt{GVIF^{(1/(2 \cdot Df))}}$  values greater than 2 indicate strong collinearity. Collinearities were checked by using the "car" R package (Fox and Weisberg, 2019). All analysis were performed using R programming language, R version 4.0.2 (R Core Team, 2020).

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Participants' socioeconomic characteristics

Socio-economic and demographic data of the consumers are given in *Table 1*. A 51.5% of the consumers are male and 48.5% are female. 56.1% of consumers are "36 years old or younger," while 43.9% are "over the age of 36". 36.2% have "graduate and postgraduate" education, while 46.8% have "high school and undergraduate" education, and 17.0% have "pre-high school" education.

**Table 1. Consumer social and demographic characteristics (%)**

Gender	%	Age	%
Female	48.5	36 years and below	56.1
Male	51.5	Over 36	43.9
Education		Income*	
Graduate and Post Graduate	36.2	0-2900TL	36.3
High School and Under Graduate	46.8	2901-4500TL	35.1
Pre-High School	17.0	4501TL and Higher	28.5

#### 3.2. Logistic Regression (LR)

Stepwise regression was applied for all independent variables to obtain the optimal subset of independent variables that explain the variations in dependent variables. The results indicated that the final models that explain dependent variables were significantly different from null models (*Table 2*).

House ownership was the only factor that had a significant effect on the purchasing of natural labeled products ( $P < 0.05$ ). Gender, habits, and age of consumers all had a significant effect on their purchase intentions for organic labeled products ( $P < 0.05$ ). Additionally, habits significantly effect the purchase of products with good agriculture labels, while age was the only factor that affected the purchase of Direct sells by farmers ( $P < 0.05$ ). On the other hand, both marital status ( $P < 0.05$ ) and family size ( $P < 0.001$ ) had a significant effect on the purchase of Farmer Cooperatives branded foods (*Table 3*).

The Variance Inflation Factor (VIF) for each independent variable was used to check for multi-collinearity (*Table 4*). It is a measure of multicollinearity among several regression variables. The greater the value of VIF, the greater the connection between this variable and the others. When the value of VIF is  $1 \leq VIF \leq 5$ , the variables are moderately related. The VIF difficulty value runs from 5 to 10, suggesting that the variables are highly related. If VIF is between 5 and 10, the predictors in the regression model will be multicollinear, and VIF larger than 10

indicates that the regression coefficients are inadequately calculated due to multicollinearity. Table 4 shows that there are no issues with multicollinearity between the independent variables ( $VIF < 5$ ).

**Table 2. Hypothesis test for final model vs null model**

Dependent Variables	Model	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
Natural labeled (from market)	Null Model	167	232.87	0.024*
	Final Model	165	225.44	
Organic labeled	Null Model	167	230.01	0.002***
	Final Model	159	206.01	
Good Agriculture	Null Model	167	226.76	0.010***
	Final Model	165	217.62	
Direct sells by farmers	Null Model	167	222.28	0.048*
	Final Model	166	218.39	
Farmer Cooperatives branded foods	Null Model	167	210.99	0.000***
	Final Model	164	190.37	

**Table 3. Test of individual parameters and pseudo-R squared for final model**

Dependent Variables	Exploratory variables	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)	AIC	McFadden's Pseudo R2
Natural labeled (from market)	House ownership	4.97	1	0.026*	2231	0.032
	Age	3.77	1	0.052*		
	Gender	4.74	1	0.030**		
Organic labeled	Environmental consumption level	7.74	2	0.021**	2224	0.104
	Children	2.50	1	0.114		
	Age	4.63	1	0.031**		
	Occupation	6.04	3	0.110		
Good Agriculture	Environmental consumption level	9.15	2	0.010***	2224	0.040
Direct sells by farmers	Age	3.90	1	0.048**	2222	0.018
Farmer Cooperatives branded foods	Marital status	5.19	1	0.023**	1198	0.098
	Family size	18.37	2	0.000***		

\* $P < 0,10$ , \*\* $P < 0,05$ , \*\*\* $P < 0,01$

**Table 4. Variance inflation factors to check multicollinearity**

Products	Exploratory variables	GVIF	Df	$GVIF^{(1/(2*Df))}$
Natural labeled (from market)	House ownership	1.100	1	1.049
	Age	1.100	1	1.049
	Gender	1.126	1	1.061
Organic labeled	Environmental consumption level	1.141	2	1.033
	Children	1.096	1	1.047
	Age	1.100	1	1.049
	Occupation	1.198	3	1.031
Farmer Cooperatives branded foods	Marital status	1.073	1	1.036
	Family size	1.073	2	1.018

The fact that the odds are 52% higher for house owners than for renters indicates that renters are less likely to purchase products with natural labels compared to homeowners (OR = 0.48, 95% CI [0.25, 0.92]), P=0.028) (Table 5). In terms of purchasing habits, consumers in the low-eco-friendly category are less likely to buy organic-labeled products than consumers in the high-eco-friendly category (OR = 0.24, 95% CI [0.08, 0.67]), P=0.008). Similarly, male consumers were 54% less likely to buy organic-labeled products than female consumers (OR = 0.46, 95% CI [0.23, 0.93]), P=0.032). Those under the age of 37 were more likely to purchase organic-labeled products than those older than 36 (OR = 2.11, 95% CI [1.07, 4.28]), P=0.034). Large families are less likely to purchase Farmer Cooperatives branded foods than those small families (P<0.05). Marital status also significantly influenced consumers' preferences for products with Farmer Cooperatives branded foods. Married consumers were more likely to purchase products Farmer Cooperatives branded foods than single consumers (OR = 0.44, 95% CI [0.21, 0.89]), P=0.024). In terms of habits, consumers in the high-eco-friendly category were more likely to purchase products with good agriculture labels(P<0.05) than those in the other categories (OR = 0.2, 95% CI [0.05, 0.58]), P=0.006). In addition, younger consumers tend to buy direct sells by farmers more than other consumers (OR = 0.53, 95% CI [0.27, 1.00]), P=0.051).

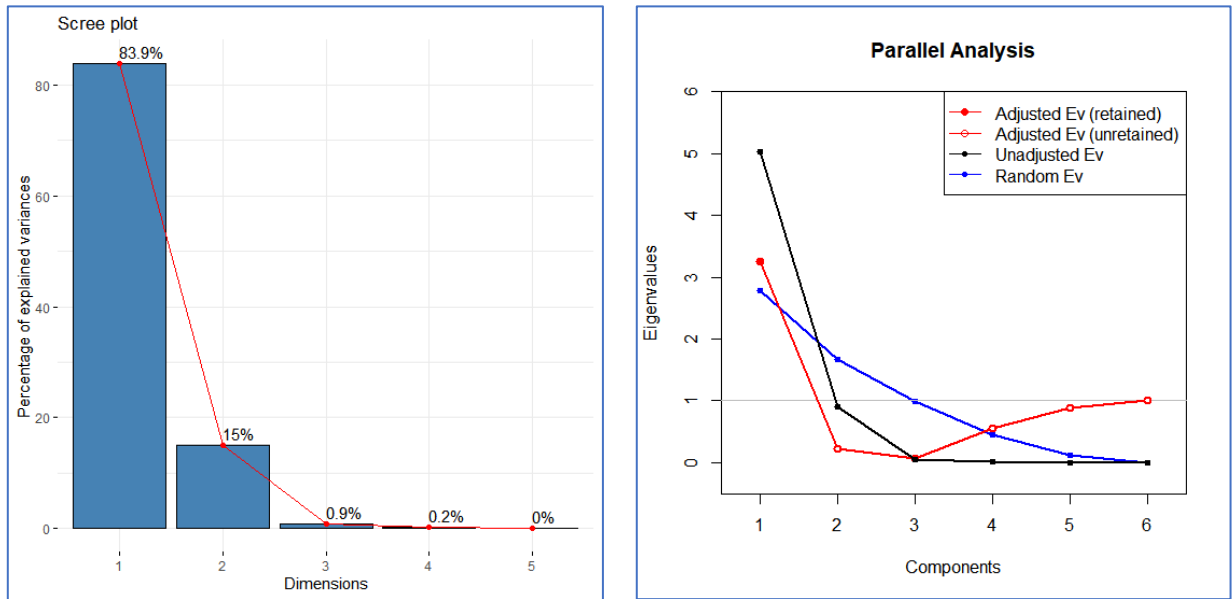
**Table 5. Coefficients, and exponentiated coefficients as odds-ratios (OR) and confidence intervals of OR**

	Variables	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z )	OR Estimate	OR 2.5%	OR 97.5%
<b>Natural labeled (from market)</b>	(Intercept)	-0.074	0.255	-0.292	0.770	0.928	0.561	1.530
	House_ownershipRental	-0.724	0.329	-2.201	0.028	0.485	0.252	0.91
	AgeAge_Under_37	0.625	0.325	1.923	0.055	1.869	0.994	3.568
	(Intercept)	0.552	0.415	1.329	0.184	1.736	0.776	3.989
<b>Organic labeled</b>	GenderMale	-0.766	0.357	-2.148	0.032	0.465	0.228	0.927
	low environmental consumption	-1.427	0.537	-2.657	0.008	0.240	0.080	0.670
	medium environmental consumption	-0.548	0.373	-1.469	0.142	0.578	0.275	1.194
	ChildrenYes	0.622	0.400	1.553	0.120	1.862	0.863	4.186
	AgeAge_Under_37	0.749	0.352	2.125	0.034	2.114	1.069	4.275
	OccupationOwn_busines	-0.722	0.616	-1.172	0.241	0.486	0.140	1.602
	OccupationPrivate	-0.120	0.419	-0.285	0.776	0.887	0.388	2.024
<b>Good Agriculture</b>	OccupationPublic	0.777	0.540	1.438	0.150	2.175	0.771	6.507
	(Intercept)	-0.030	0.244	-0.122	0.903	0.971	0.599	1.570
	low environmental consumption	-1.628	0.598	-2.724	0.006	0.196	0.053	0.582
	medium environmental consumption	-0.343	0.338	-1.014	0.310	0.710	0.364	1.375
<b>Direct sells by farmers</b>	(Intercept)	0.879	0.254	3.467	0.001	2.409	1.487	4.040
	AgeAge_Under_37	-0.642	0.329	-1.953	0.051	0.526	0.274	0.995
<b>Farmer Cooperatives branded foods</b>	(Intercept)	2.225	0.479	4.650	0.000	9.255	3.870	25.686
	Marital_statusSingle	-0.828	0.368	-2.252	0.024	0.437	0.210	0.891
	Family_size3-4	-1.210	0.475	-2.551	0.011	0.298	0.110	0.720
	Family_size4<	-2.469	0.621	-3.979	0.000	0.085	0.024	0.273

### 3.3. Principal Component analysis

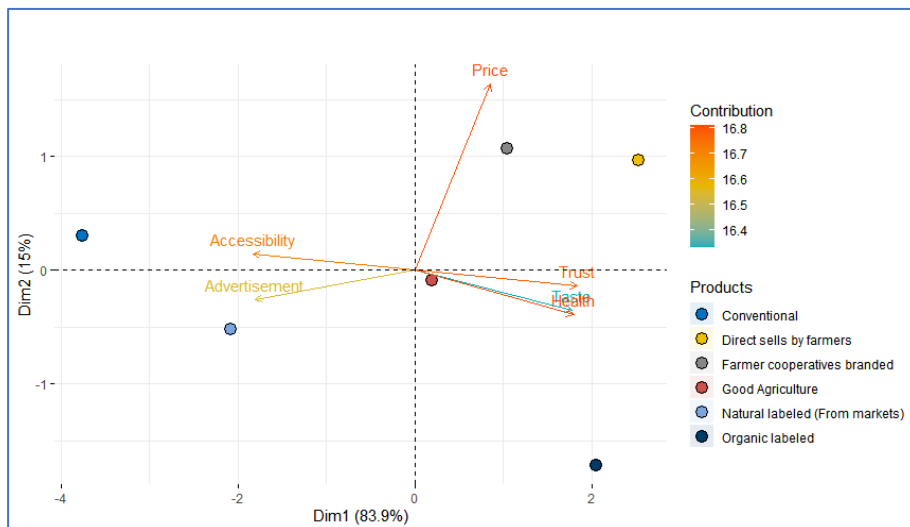
Bartlett's test of sphericity (X<sup>2</sup>=40.987, P<0.01) and Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sample adequacy (0.72) were calculated to test the validity of PCA in the dataset. The first two PCA components account for 98.9% of the variation in the dataset. This percentage is particularly high and thus the first plane perfectly represents the dataset variability. The parallel analysis showed that only the first component should be kept (Figure 1a). The first

component with an eigenvalue bigger than one accounted for 83.9% of the total variation (*Figure 1b*). The first two dimensions were taken into account in order to visualize the dataset on a two-dimensional plane.



**Figure 1. a: The proportion of variations that each principal component explains. b; Plot of parallel analysis**

The positions of the consumers along with the product features that consumers consider when purchasing a product are shown on a two-dimensional plane in *Figure 2*. The variables taste, health, and trust are highly correlated with the first dimension (a respective correlation of 0.93, 0.95, and 0.99,  $P < 0.01$ ) whereas the variables accessibility and advertisement were highly correlated with the first dimension ( $r = -0.99$  and  $r = -0.96$ ,  $P < 0.01$ ). On the other hand, price was closely linked with the second dimension ( $r = 0.88$ ,  $P < 0.05$ ). Although their link was unclear, consumers who perceived the products as healthy, reliable, and tasty also considered the price more reasonable. Consumers believed that the prices of products labelled as Farmer Cooperatives branded foods or Direct sells by farmers were reasonable, but their promotion was insufficient. Although consumers found conventional food products more accessible, they did not consider them as reliable, tasty, or healthy. Consumers believed that advertisements for products with natural labeled (from markets) were adequate, but that their prices were high. Good agriculture labelled foods were positioned close to the origin of the plane. Consumers regarded these products as tasty, healthy, and reliable, but lacking in terms of accessibility.



**Figure 2. PCA-Biplot for food product perceptions of consumers.**

### 3.4. Correspondence Analysis (CA)

Bartlett’s test for sphericity (Chi square [X2] =28.91591, P <0.01) and the Kaiser-Meyer-Olkin measure of sample adequacy (KMO=0.67) indicated that the dataset was suitable for CA. Parallel analysis revealed that only the first dimension was necessary; however, the second dimension was also maintained so that the result could be displayed on a two-dimensional plane (Figure 3a). The first two components obtained from the CA account for 93.5% of the total variation in dataset (Figure 3b).

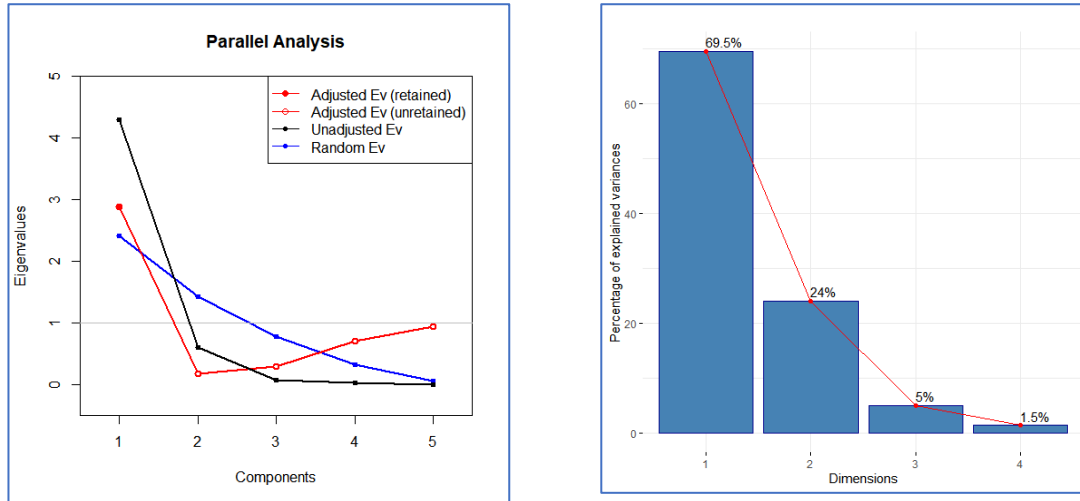


Figure 3. a) Parallel analysis, b) Percentage of explained variance for each dimension

### 3.5. Correspondence Analysis (CA)

Correlations between variables are provided in Figure 4a. The sign and magnitude of correlations were used to explain and interpret the relationship between rows and columns. Blue colors show positive correlations, while red colors show negative correlations. The size of the nodes indicates the magnitude of the correlations. There was a highly positive correlation between municipal direct sale points and cooperative labeled products, which indicated that consumers mostly prefer to buy cooperative labeled products from municipal direct sale points (Figure 4b). Similarly, while locally labeled (Direct sells by farmers) products were mostly purchased from public markets, this was followed by purchases directly from the producers. In addition, when purchasing products with good agricultural practices and natural labels (from markets), they mostly prefer grocery stores and supermarkets.

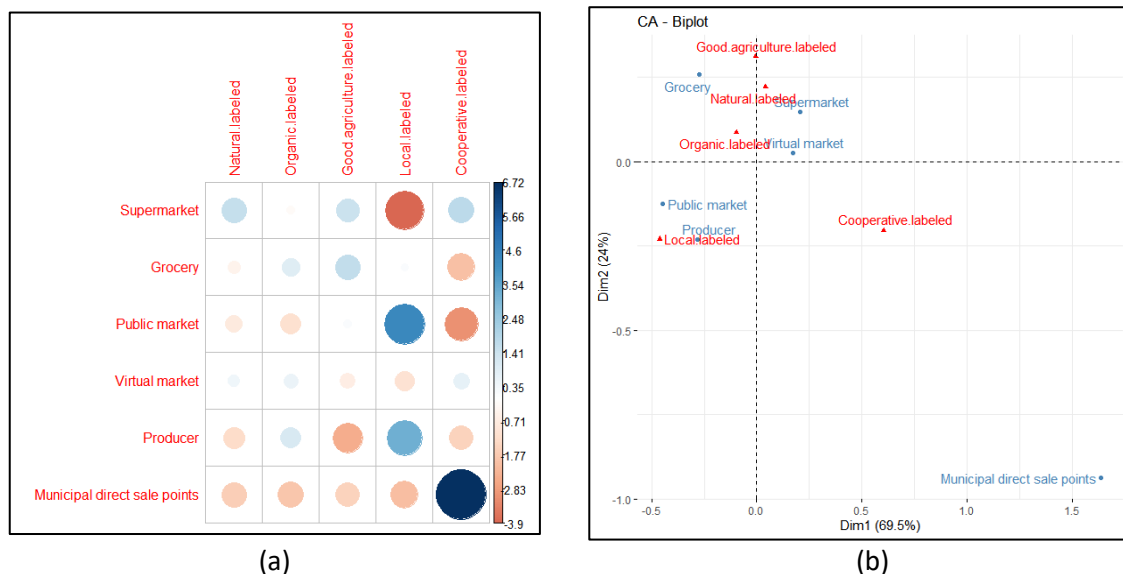


Figure 4. a) Correlations between variables, b) Biplot of correspondence analysis.

This study revealed that householders were more likely to buy organic foods than renters. Similarly, younger individuals (under 37) were shown to be more likely to buy natural labeled products than older ones. In line with these results, (Banyté et al., 2010) reported that young consumers have a higher environmental awareness and desire for a healthier lifestyle than older consumers, and they are more likely to buy eco-friendly food products.

Habit and age had an effect on the probability of purchasing organic labeled products. Male customers were 54% less likely to buy organic labeled foods than female consumers. Similarly, (Curl et al., 2013) reported that female consumers are more likely than male consumers to buy organic foods. Moreover, (Witek and Kuźniar, 2021) reported that females showed more enthusiasm to support environmental causes and green goods than males. In contrast, (Shrestha and Baral, 2019) discovered that men were 2% more likely than women to be willing to pay a higher price for organic goods. Given their purchasing habits, consumers in the low-eco-friendly category were less likely to buy food labeled organic or produced using good agricultural practices than high-eco-friendly consumers. The age of consumers is another factor that affects the purchasing of organically labeled foods. These findings are consistent with those of earlier research. In this respect, (Curl et al., 2013) showed that age was firmly connected with organic consumption preferences, such that the probability of being an organic consumer decreased by 13% for every 10-year increase in age. Similarly, study carried out in Bangladesh observed that younger consumers are more likely to buy eco-friendly food products (Fahmida et al., 2020). According to Polish research (Bryła, 2016), Polish young individuals trust organic food more since it is associated with stricter controls, looks much nicer, and is more environmentally friendly. However, research done in Thailand by (Roitner-Schobesberger et al., 2008) found that older consumers were more likely to buy organic vegetables.

There is evidence that older customers are more to purchase products directly from producers than younger consumers. The odd ratio was %47 higher for older customers, indicating that consumers over the age of 36 were more likely to purchase directly from producers than those under the age of 37. Similarly, (Onianwa et al., 2005) found that while there was no significant correlation between consumer age and buying food directly from farmers (producers), older individuals were more likely to buy food directly from farms. According to the findings of a study conducted in Romania by Polimeni et al. (2018) age has been found as an important factor while shopping at the piata, or farmer's market. It has been stated that older Romanian consumers choose locally produced goods and are less concerned about price, which may be due to the fact that older Romanians have purchased at the piata for years and formed relationships with sellers (Polimeni et al., 2018). In this study, the perception that foods purchased directly from farmers are healthier, of higher quality, less expensive, and produced using traditional techniques may be the underlying reason why older consumers in Turkey prefer to buy directly from farmers.

The findings of this study suggest that consumers perceive organic and good agricultural practices products, which are ecologically friendly food, to be distinct from other food products (conventional food, Farmers Cooperatives branded and market products). They are confident in these products and believe they are safe for consumption. Consumers, on the other hand, believe that the price and accessibility of these products are limited. Comparable research indicates that consumers see environmentally friendly foods as healthy, natural, fresh, tasty, trustworthy, nutritious, and safe for human and animal health (Dardak et al., 2009; Ağır et al., 2014). According to other surveys, consumers regard organic foods to be of better quality than conventional foods, despite their higher pricing (Bilgen, 2017; Rodríguez-Bermúdez et al., 2020). Similarly, consumers prefer organic foods because they perceive them to be nutritious, natural, fresh, tasty, pesticide-free, and caring for animal welfare (Dardak et al., 2009; Bahsi and Akça, 2019; Rodríguez-Bermúdez et al., 2020; İnan et al., 2021). On the other hand, the most significant barriers to purchasing organic food are their high price, limited availability (Ağır et al., 2014; Bahsi and Akça, 2019), and lack of trust in these products (Doğan and Gürel, 2016). The findings of this study are consistent with earlier studies. This study differs from the others in that it assesses consumer perception of a variety of products and product attributes presented under different concepts.

#### **4. Conclusions**

The findings of this study suggest that socioeconomic aspects of consumers affect product positioning. In addition, consumers are familiar with food products marketed under various concepts and can evaluate the products based on their attributes. In addition, it was established that there is a perception that the specified food products have distinct product qualities. Consumers perceive ecologically friendly products to be tasty, healthy, and safe, but they find their prices to be high and their availability to be limited. Based on these results, extending the availability and



advertising/promotion efforts for commercially available environmentally friendly foods, as well as implementing steps to reduce their prices, may result in an increase in the purchase of these products. The direction of future studies may be to identify consumers' perceptions of different products by segmenting them according to their characteristics using different machine learning techniques.

**Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

**Conflicts of Interest**

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

**Authorship Contribution Statement**

Concept: Hurma, H, Çakmakçı, Y.; Design: Hurma, H, Çakmakçı, Y.; Data Collection or Processing: Hurma, H, Çakmakçı, Y., Çakmakçı, C.; Statistical Analyses: Hurma, H, Çakmakçı, Y., Çakmakçı, C.; Literature Search: Çakmakçı, Y.; Writing, Review and Editing: Hurma, H, Çakmakçı, Y., Çakmakçı, C.

## References

- Abdi, H. and Williams, L. J. (2010). Principal Component Analysis (Issue 2). [www.utdallas.edu/](http://www.utdallas.edu/).
- Ağır, B. H., Poyraz, N., Yılmaz, H. İ. and Boz, İ. (2014). Organic product perception of consumers: Sample of Kayseri Province. *XI. Congress of Agricultural Economics*, 3-5 September, Samsun, Türkiye.
- Aprile, M. C., Caputo, V. and Nayga, R. M. (2016). Consumers' Preferences and Attitudes Toward Local Food products. *Journal of Food Products Marketing*, 22(1): 19–42. <https://doi.org/10.1080/10454446.2014.949990>
- Argemí-Armengol, I., Villalba, D., Ripoll, G., Teixeira, A. and Álvarez-Rodríguez, J. (2019). Credence cues of pork are more important than consumers' culinary skills to boost their purchasing intention. *Meat Science*, 154: 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.001>
- Bahsi, N. and Akça, A. (2019). A research on the determination of consumers' perspectives on organic agricultural products: Case study in Osmaniye and Şanlıurfa Provinces. *Journal of Agriculture and Nature*, 22(1): 26–34. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.443228>
- Banytė, J., Brazionienė, L. and Gadeikienė, A. (2010). Investigation of green consumer profile: A case of Lithuanian market of eco-friendly food products. *Economics and Management*, 15: 374–383.
- Bilgen, İ. (2017). Perceived quality in organic agriculture products: A research on the consumers in Istanbul. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 7(4): 678–685. <https://doi.org/10.7456/10704100/013>
- Bougherara, D. and Combris, P. (2009). Eco-labelled food products: What are consumers paying for? *European Review of Agricultural Economics*, 36(3): 321–341. <https://doi.org/10.1093/erae/jbp023>
- Bryła, P. (2016). Organic food consumption in Poland: Motives and barriers. *Appetite*, 105: 737–746. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2016.07.012>
- Çakmakçı, Y. and Hurma, H. (2021). The relationship between socio-economic characteristics and environmental awareness levels of consumers and the factors effective in purchasing environmentally friendly food products. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(7): 1297–1303. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i7.1297-1303.4439>
- Curl, C. L., Beresford, S. A. A., Hajat, A., Kaufman, J. D., Moore, K., Nettleton, J. A. and Diez-Roux, A. v. (2013). Associations of organic produce consumption with socioeconomic status and the local food environment: Multi-Ethnic study of atherosclerosis (MESA). *PLoS ONE*, 8(7):1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069778>
- Dardak, R. A., Abidin, A. Z. Z. and Kasim Ali, A. (2009). Consumers' perceptions, consumption and preference on organic product: Malaysian perspective (Persepsi, penggunaan dan kecenderungan pengguna terhadap produk organik: Perspektif rakyat Malaysia). *Economic and Technology Management Review*, 4:95-107.
- De-Groote, H. and Kimenju, S. C. (2008). Comparing consumer preferences for color and nutritional quality in maize: Application of a semi-double-bound logistic model on urban consumers in Kenya. *Food Policy*, 33(4): 362–370. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.02.005>
- Di Franco, G. (2016). Multiple correspondence analysis: one only or several techniques? *Quality and Quantity*, 50(3): 1299–1315. <https://doi.org/10.1007/s11135-015-0206-0>
- Díaz-Pérez, M., Carreño-Ortega, Á., Salinas-Andújar, J. A. and Callejón-Ferre, Á. J. (2019). Application of logistic regression models for the marketability of cucumber cultivars. *Agronomy*, 9(1): 17. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010017>
- Doğan, G. H., and Gürel, E. (2016). The determination of attitudes and behaviors in organic product consumption of consumers living of central district of Kırşehir Province. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33(2016-2): 147–156. <https://doi.org/10.13002/jafag1033>
- Echeverría, R., Montenegro, A. B., Albarrán, E. S. and Charry, L. (2022). Consumer willingness to pay for cheese with a social sustainability attribute. *Ciência Rural*, 52(5):1-8. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210281>
- Eldesouky, A., Mesias, F. J. and Escribano, M. (2020). Perception of Spanish consumers towards environmentally friendly labelling in food. *International Journal of Consumer Studies*, 44(1): 64–76. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12546>
- Fahmida, A., Palash, M. S., Alam Monirul, G. M. and Amin, M. R. Md. (2020). Young consumers' eco-friendly food purchasing consciousness-behaviorgap in Bangladesh. *The Bangladesh Journal of Agricultural Economics*, 41(2): 29–44. <https://www.researchgate.net/publication/348658012>
- Fox, J. and Monette, G. (1992). Generalized collinearity diagnostics. *Journal of the American Statistical Association*, 87(417):178–183.
- Fox, J. and Weisberg, S. (2019). An R Companion to Applied Regression Third Edition. SAGE Publications Inc. [https://toc.library.ethz.ch/objects/pdf03/z01\\_978-1-5443-3647-3\\_01.pdf](https://toc.library.ethz.ch/objects/pdf03/z01_978-1-5443-3647-3_01.pdf).
- Greenacre, M. (2015). Correspondence Analysis. In J. D. Wright (Ed.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 1-5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.42005-2>
- Husson, F., Le, S. and Pagès, J. (2017). *Exploratory multivariate analysis by example using R*. CRC Press.
- IBM (2022). *Machine Learning*. <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>

- İnan, R., Bekar, A. and Uurlu, H. (2021). An assessment of consumers of organic food purchase behavior and attitudes. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 9(1): 220–235. <https://doi.org/10.21325/jotags.2021.786>
- Ingwersen, E. W., Stam, W. T., Meijjs, B. J. V., Roor, J., Besselink, M. G., Groot Koerkamp, B., de Hingh, I. H. J. T., van Santvoort, H. C., Stommel, M. W. J. and Daams, F. (2023). Machine learning versus logistic regression for the prediction of complications after pancreatoduodenectomy. *Surgery*, 174(3): 435-440. <https://doi.org/10.1016/J.SURG.2023.03.012>
- Jolliffe, I. T. and Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 374, Issue 2065). Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kashif, U., Hong, C., Naseem, S., Khan, W. A. and Akram, M. W. (2020). Consumer preferences toward organic food and the moderating role of knowledge: A case of Pakistan and Malaysia. *Ciencia Rural*, 50(5): 1–13. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190842>
- Kassambara, A. and Mundt, F. (2020). Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Klopčič, M., Kuipers, A. and Hocquette, J. F. (2012). *Consumer attitudes to food quality products: Emphasis on Southern Europe* (EAAP publication no. 133). Wageningen Academic Publishers. <https://edepot.wur.nl/242193>
- Nam, K., Lim, H. and Ahn, B. il. (2020). Analysis of consumer preference for milk produced through sustainable farming: The case of mountainous dairy farming. *Sustainability*, 12(7): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su12073039>
- Nascimento, A. G. M., Toledo, B. S., Guimarães, J. T., Ramos, G. L. P. A., da Cunha, D. T., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A. and Mársico, E. T. (2022). The impact of packaging design on the perceived quality of honey by Brazilian consumers. *Food Research International*, 151: 110887. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110887>
- Newbold, P. (1995). *Statistics for Business and Economics*. Prentice-Hall International.
- Onianwa, O., Wheelock, G. and Mojica, M. (2005). An analysis of the determinants of farmer-to-consumer direct-market shoppers. *Journal of Food Distribution Research*, 36(1): 1-5.
- Oraman, Y., Unakitan, G., Yılmaz, E. and Başaran, B. (2011). Analysis of the factors affecting consumer's some traditional food products preferences by multidimensional scaling method. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 8 (1): 33-40. <https://dergipark.org.tr/pub/jotaf/issue/19043/201415>
- Petrescu, D. C., Vermeir, I. and Petrescu-Mag, R. M. (2020). Consumer understanding of food quality, healthiness, and environmental impact: A cross-national perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1): 1-20. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010169>
- Polimeni, J. M., Iorgulescu, R. I. and Mihnea, A. (2018). Understanding consumer motivations for buying sustainable agricultural products at Romanian farmers markets. *Journal of Cleaner Production*, 184: 586–597. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.02.241>
- R Core Team. (2020). *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Ramya, N. and Ali, S. M. (2016). Factors affecting consumer buying behavior. *International Journal of Applied Research*, 2(10): 76–80. [www.allresearchjournal.com](http://www.allresearchjournal.com)
- Revelle, W. (2019). Package “psych”: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.9.12.
- Ripoll, G., Joy, M. and Panea, B. (2018). Consumer perception of the quality of lamb and lamb confit. *Foods*, 7(5): 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods7050080>
- Rodríguez-Bermúdez, R., Miranda, M., Orjales, I., Ginzo-Villamayor, M. J., Al-Soufi, W. and López-Alonso, M. (2020). Consumers' perception of and attitudes towards organic food in Galicia (Northern Spain). *International Journal of Consumer Studies*, 44(3): 206–219. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12557>
- Roitner-Schobesberger, B., Darnhofer, I., Somsook, S. and Vogl, C. R. (2008). Consumer perceptions of organic foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy*, 33(2): 112–121. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2007.09.004>
- Shiokawa, Y., Date, Y. and Kikuchi, J. (2018). Application of kernel principal component analysis and computational machine learning to exploration of metabolites strongly associated with diet. *Scientific Reports*, 8(1): 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20121-w>
- Shrestha, A., and Baral, S. (2019). Consumers' willingness to pay for organic agriculture products: a case study of Nepalgunj city, Banke. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 3(2): 58–61. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2019.2.2>
- Sourial, N., Wolfson, C., Zhu, B., Quail, J., Fletcher, J., Karunanathan, S., Bandeen-Roche, K., Béland, F. and Bergman, H. (2010). Correspondence analysis is a useful tool to uncover the relationships among categorical variables. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63(6): 638–646. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.08.008>
- Vindigni, G., Peri, I., Consentino, F., Selvaggi, R. and Spina, D. (2022). Exploring consumers' attitudes towards food products derived by new plant breeding techniques. *Sustainability*, 14(10): 1-14. <https://doi.org/10.3390/su14105995>

Witek, L. and Kuźniar, W. (2021). Green purchase behavior: The effectiveness of sociodemographic variables for explaining green purchases in emerging market. *Sustainability*, 13(1): 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13010209>

Yılmaz, E. Oraman, Y. and İnan, İ. H. (2009). Determination of consumer behaviour dynamics relating to food products: Trakya Region Example. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(1): 1-10. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19049/201465>

## Kullanımda Olan Sera Pülverizatörlerindeki Meme Plakalarının Püskürtme Özelliklerinin Belirlenmesi\*

Determination of Spraying Properties of Nozzle Plates in Greenhouse Sprayers in Use

Mehmet SİVRİ<sup>1</sup>, Murad ÇANAKCI<sup>2\*</sup>

### Öz

Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede yaygın olarak kimyasal yöntemler uygulanmaktadır. Kimyasal yöntemlerde kullanılan tarım ilaçlarının (pestisitler) hedef yüzeylere uygulanmasında en fazla kullanılan makineler pülverizatörlerdir. Üretim sezonundaki pülverizatör kullanımını; ürün çeşidi, yetiştiricilik şekli, üretim dönemi, hastalık, zararlı ve yabancı ot durumu, ürünün ekonomik değeri gibi birçok faktör etkilemektedir. Pülverizatör kullanımının yoğun olduğu üretim alanlarından birisi de sera yetiştiriciliğidir. Geleneksel seralarda elektrik motorundan hareketli, içi boş konik hüzmeli memelere sahip püskürtme çubuğu ile ilaçlama yapılan, hidrolik pülverizatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Pülverizatörlerin kullanımındaki başarı; gıda güvenliği, sağlıklı tarımsal üretim, sürdürülebilir bir çevre, iş sağlığı ve güvenliği vb. konular açısından önemlidir. Bu nedenle pülverizatör seçimine özen gösterilmesinin yanında, makinelerin tamir ve periyodik bakımlarının zamanında yapılması gereklidir. Meme başlıkları, pülverizasyonun (püskürtme işlemi) başarısı açısından kritik bir parçadır ve kullanım süresine bağlı olarak meme plakası delik şekli ve boyutları değişmektedir. Periyodik bakımlarda yapılması gereken işlemlerden birisi de aşınmış meme plakalarının yenileri ile değiştirilmesidir. Bu çalışmada, geleneksel sera işletmelerinde kullanımda olan sera pülverizatörlerinde bulunan meme plakalarının püskürtme özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Antalya İli'nde yürütülen denemelerde, 5 farklı ilçede faaliyet gösteren 60 adet geleneksel sera işletmesinden toplanan sera pülverizatörlerine ait 1.5 mm çapındaki meme plakaları ve üç adet yeni meme plakası kullanılmıştır. Çalışmada meme plakalarına ait delik boyutları, hüzmeye açıları, debi ve dağılım düzgünlük değerleri belirlenmiş ve yeni plaka değerleri ile karşılaştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre kullanımda olan meme plakalarının delik çapı ve debi değerleri, yeni meme plakalarına göre sırasıyla ortalama %11.0 ve %10.8 oranında artış göstermiştir. Kabul edilebilir çap büyümesi sınır değeri (%5) dikkate alındığında kullanımda olan meme plakalarının %73'ünün yenileri ile değiştirilmesi gerektiği görülmektedir. Diğer bir sınır değer olan debi artış değerine (%10) göre kullanımda olan meme plakalarının %46.7'sinin yenilenmesinin gerekli olduğu anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sera ilaçlaması, Pestisit uygulamaları, Pülverizasyon, Hidrolik pülverizatör, Paternatör, Meme plakası

<sup>1</sup> Mehmet Sivri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye, [mehmetsivri07@gmail.com](mailto:mehmetsivri07@gmail.com)  
ORCID: 0000-0001-8350-3284

<sup>2\*</sup> Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Murad ÇANAKCI, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye, [mcanakci@akdeniz.edu.tr](mailto:mcanakci@akdeniz.edu.tr) ORCID: 0000-0002-1985-83873284

Atf: Sivri, M., Çanakçı, M. (2024). Kullanımda olan sera pülverizatörlerindeki meme plakalarının püskürtme özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 648-665.

Citation: Sivri, M., Çanakçı, M. (2024). Determination of spraying properties of nozzle plates in greenhouse sprayers in use. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 648-665.

\*Bu çalışma Mehmet Sivri'nin Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

---

## **Abstract**

In agricultural production, chemical methods are widely used in the fight against diseases, pests and weeds. Sprayers are the most used machines for the application of pesticides (pesticides) used in chemical methods to target surfaces. The use of sprayers in the production season; Many factors such as product variety, cultivation method, production period, disease, pest and weed status, and economic value of the product affect it. One of the production areas where the use of sprayers is intense is greenhouse cultivation. In traditional greenhouses, hydraulic sprayers, which are powered by an electric motor and sprayed with a spray bar with hollow conical nozzles, are widely used. Success in the use of sprayers; food safety, healthy agricultural production, a sustainable environment, occupational health and safety, etc. matters are important. For this reason, in addition to paying attention to the selection of the sprayer, it is necessary to perform the repair and periodic maintenance of the machines on time. The nozzle heads are a critical part of the success of the pulverization (spraying process), and the nozzle plate hole shape and dimensions change depending on the period of use. One of the procedures to be done in periodic maintenance is to replace the worn nozzle plates with new ones. In this research, it is aimed to examine the spraying properties of the existing nozzle plates in greenhouse sprayers used in traditional greenhouse enterprises. In the trials carried out in Antalya Province, 1.5 mm diameter nozzle plates belonging to greenhouse sprayers collected from 60 traditional greenhouse enterprises operating in 5 different districts and three new nozzle plates were used. In the study, the hole sizes, beam angles, flow rate and drug distribution values of the nozzle plates were determined and compared with the new plate values. According to the research findings, the hole diameter and flow rate values of the nozzle plates in use increased by an average of 11.0% and 10.8%, respectively, compared to the new nozzle plates. Considering the acceptable diameter growth limit value (5%), it was seen that 73% of the nozzle plates in use should be replaced with new ones. According to the flow rate increase value (10%), which is another limit value, it was understood that 46.7% of the nozzle plates in use need to be renewed.

**Keywords:** Greenhouse spraying, Pesticide applications, Pulverization, Hydraulic sprayer, Paternator, Nozzle plate

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artışı ve beslenme alışkanlıkları gibi faktörlerin yön verdiği modern tarımda bitki koruma uygulamalarının önemi artmaktadır. Kısa sürede etkisini göstermesi ve uygulama kolaylığı gibi nedenlerle kimyasal yöntem en yaygın kullanılan bitki koruma yöntemidir (Zeren ve Bayat, 1995; Çilingir ve Dursun 2010; Temel ve Öztekin, 2020). Bu yöntemler ile farklı formlardaki tarım ilaçları (pestisitler), hedef yüzeylere (yaprak, gövde, toprak, kapalı alan, açık alan vb.) uygulanmaktadır. Amacına uygun bir biçimde kullanılmadığında ilaçların kimyasal etkisinin; gıda güvenliği, iş sağlığı ve güvenliği ile çevre sağlığına olumsuz etkileri bulunması nedeniyle günümüzde tarımda kimyasalların kullanımına yönelik yaklaşımlara olan ilgi artmaktadır. Örneğin Avrupa Birliği tarafından gündeme getirilen Yeşil Mutabakat kapsamında, sürdürülebilir ve daha sağlıklı bir gıda üretim sistemi ile toprağın, havanın ve gıdanın korunmasına yönelik kimyasal kullanımının azaltılmasına vurgu yapılmıştır. Bu amaçla 2030 yılına kadar pestisit kullanımının %50 azaltılması hedeflenmiştir (EU, 2022). Kimyasal ilaç uygulamalarının azaltılmasına yönelik entegre mücadele yöntemleri önerilmektedir (Sayın ve ark., 2021). Ayrıca kimyasal yöntemlerde kullanılan bitki koruma ürünlerinin ve makinalarının doğru seçilmesi ve çalışma şartlarının önemi büyüktür. Bitki koruma uygulamalarında sıvı ilaçlar ya da bazı toz formdaki katı ilaçlar belirli miktar sıvı (su) ile karıştırılarak uygulanmaktadır. Sıvı-ilac karışımının damlacıklar haline getirilerek bitkilere (hedef yüzeye) ulaştırılması işlemine pülverizasyon (püskürtme), bu amaçla kullanılan makinalara pülverizatör (püskürtücü, sprayer) adı verilir (Yağcıoğlu, 2008). Pülverizatörler, ülkemizde ve dünyada bitki koruma uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan bitki koruma makinalarıdır. Ülkemizdeki pülverizatör sayısı 2008 yılında toplam 937.320 iken bu değer 2022 yılında 1.215.489 sayısına ulaşmıştır. Son 15 yıl içerisindeki artış yaklaşık %30 olarak gerçekleşmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Antalya ilindeki pülverizatör sayısı ise 69.120'dir (TÜİK, 2023).

Pülverizatörlerde ilacın dış ortama hüzmeye şeklinde çıkmasını sağlayan organa meme (nozıl) adı verilir. Pülverizatörün diğer organları daha ileri teknoloji ile üretilenler bile ilaçlamadaki başarı, önemli ölçüde sıvı ilaç karışımının son çıkış noktası olan memelere bağlıdır (Yağcıoğlu, 2008). Hidrolik basınç enerjisiyle çalışan memelerin gövde tasarımları standart olduklarından, günümüzde kullanılan ilaç uygulama ekipmanlarına uyumludurlar. Belirtilen meme tiplerinin, ucuz ve kolay bulunabilir olmaları ve bakım masraflarının olmaması kullanım alanlarını yaygınlaştırmaktadır (Sayıncı ve Bastaban, 2009). Bu nedenle içi boş konik hüzmeli memeler tarla, meyve bahçesi uygulamalarının yanında seralarda zararlı ve hastalıklara karşı yapılan kimyasal mücadele uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Çanakçı ve Akıncı, 2009).

İçi boş konik hüzmeli memeler, böcek ve hastalık kontrolü için pestisit bitki örtüsü yapraklarının arasına etkili bir şekilde girmesinin (penetrasyon) önemli olduğu; ilaç damlacıklarının hedef dışına sürüklenmesinin ise olumsuz bir etki yaratmadığı düşünülen durumlarda kullanılır. Bu nedenle, yaprakları bol bitkilerin, zararlı ve hastalıklara karşı ilaçlanmasından başka, kontak etkili herbisit uygulamaları için de uygundur. İlaçlama uygulamaları sırasında; pestisit dağılımı tekdüzeliği, hedefi kaplama durumu, sürüklenmesi gibi faktörler memenin özellikleriyle yakından ilgilidir. Bu nedenle meme, pülverizatörün küçük, göreceli olarak ucuz, ancak en önemli parçalarından biridir (Yağcıoğlu, 2008). Hidrolik memelerin gövde ve başlıkları kullanılan kimyasalların aşındırma etkisine ve korozyonuna dayanıklı olmalıdır. Delikli meme plakaları (orifis plakaları) memenin en fazla aşınan parçasıdır. Bu nedenle değiştirilebilecek şekilde yapılması gerekir. Meme plakaları genellikle pirinç, paslanmaz çelik, seramik ve özel plastik malzemelerden üretilmektedirler. Aşınmalar, memelerin pülverizasyon karakteristiklerini etkilemekte ve buna bağlı olarak püskürtülen ilacın biyolojik etkinliğini değiştirmektedir. Plakaların yüzeyindeki mikroskobik düzensizlikler dahi, basınçlı sıvının bu alanlarda girdap yapmasına ve içinde bulunan mikroskobik sert parçacıkların bu hareketin etkisiyle söz konusu alanları ovalayarak daha fazla aşındırmasına neden olmaktadır (Çakmak, 2000).

Hidrolik pülverizatörlerin yaygın kullanıldığı alanlardan birisi de sera yetiştiriciliğidir. Ülkemizde toplam sera alanı 53.092 ha'dır ve sera alanlarının %53,4'ünün bulunduğu Antalya ilindedir (TÜİK, 2023). Sera yetiştiriciliğinde yoğun bir şekilde kimyasal ilaç uygulamaları söz konusudur. Seralarda yaygın olarak elektrik motorundan hareketli hidrolik pülverizatörler kullanılmaktadır ve pülverizatörlerde püskürtme tabancasının ucunda bir adet içi boş konik hüzmeli meme başlığı yer almaktadır. Çanakçı ve Akıncı (2009) tarafından yapılan bir çalışmada tek ürün yetiştiriciliğinde farklı ürünler için yılda yapılan ilaçlama sayısının 20-35 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu değerler Sivri (2020) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile örtüşmektedir.

Birçok bilimsel araştırmada, yapım malzemesine göre değişmekle birlikte konik hüzmeli meme plakalarındaki aşınmaların delik boyutlarını değiştirdiği, debi değerlerini artırdığı ve sıvı dağılım düzgünlüğünü olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Çelen (1998), tarafında yürütülen bir araştırmada tarla pülverizatörlerinde kullanılan yeni ve aşınmış yelpaze hüzmeli memelerin pülverizasyon karakteristikleri incelenmiştir. Toplam yedi farklı meme üzerinde yapılan denemelerde aşındırma materyali olarak kaolin kullanılmıştır. Aynı memelere, debi artışı %10 değerine ulaşıncaya kadar yapay aşındırma işlemi uygulanmış ve belirtilen değerler yeniden ölçülerek, aşındırma öncesi ve sonrasında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve her bir meme için faydalı ömür değerleri tespit edilmiştir. Çalışma sonunda çelik ve seramik memeden imal edilmiş malzemelerin kullanımı önerilmiştir. Çakmak (2000), tarafından yapılan bir çalışmada hidrolik ve pnömatik pülverizatörlerde kullanılan meme plakalarının malzeme dayanımlarını belirlemek üzere piyasada yaygın olarak kullanılan meme tipleri, yapay aşındırıcılarla aşındırılarak denemeye alınmış ve aşınma değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aşındırma işlemi kuvars mineralleri ile yapılmıştır. Denemelerde farklı tipte paslanmaz çelik, plastik ve seramik meme plakaları kullanılmıştır. En fazla aşınmanın paslanmaz çelikte olduğu belirlenmiştir. Ergül ve Dursun (2003), çalışmalarında tarla pülverizatörlerinde üç farklı malzemelerden yapılmış 1.5 mm delik çaplı, yapım malzemesi plastik, paslanmaz çelik ve seramik olan içi boş konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisini araştırmışlardır. Aşındırma malzemesi olarak kaolin ve %1'lik bakır oksiklorür karışımı kullanılmıştır. Dağılım paternindeki en büyük farklılık paslanmaz çelik malzemede, en düşük farklılık seramik memede belirlenmiştir. Özellikle ülkemizde yapılan çalışmalarda meme plakalarının aşındırılmasının laboratuvar koşullarında yapay yöntemlerle kontrollü şartlarda gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte, yurtdışında yürütülmüş, üreticilerden toplanmış kullanımda olan meme plakaları ile denemelerin gerçekleştirildiği, sınırlı sayıda çalışmanın yapıldığı bildirilmektedir. Aşınmış meme plakalarıyla ilaçlama işlemi sürdürülürse, akışkan debisi önemli miktarda artmaktadır. Aşınmış plakalar ile çalışmaya devam edilmesi durumunda damla büyüklüklerinde, debi değerlerinde ve ilaçlanan yüzey üzerindeki ilaç dağılımında sapmalar meydana gelmektedir. Aşınmış memeyi değiştirmeyerek edildiği zannedilen parasal tasarruf, meme debisinin artmasına bağlı fazla pestisit kullanımı, ilaçlanan yüzey üzerinde üniform olmayan ilaç dağılımına neden olmaktadır. Bunun sonucunda ilaçlama etkinliğinin düşmesi ve tekrarlanan ilaçlama nedeniyle daha fazla parasal kayıplar söz konusu olabilmektedir (Yağcıoğlu, 2008).

İlaçlama uygulamalarında, kullanım süresiyle birlikte meme başlıkları ve diğer pülverizatör parçalarındaki aşınmaya ve deformasyon bağlı olarak, ilaç dağılım düzgünlüğü azalmaktadır. Bu nedenle bazı Avrupa ülkelerinde pülverizatörlerin zorunlu denetimi söz konusudur. Örneğin, Norveç'te pülverizatörlerin zorunlu denetimlerinin, tarım makineleri satan firmalar, bölgesel denetleme istasyonları veya Ziraat Fakültelerinin kontrolü altında yapılmakta olduğu belirtilmiştir (Andırın ve Bayat, 2005). Ülkemizde özellikle iklimin uygun olduğu alanlarda yoğun bir şekilde sera yetiştiriciliği yapılması ve sera alanlarında kimyasal ilaçların yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen, seralarda pülverizatör kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan saha çalışmalarında, sera yetiştiriciliğinde aşınmış meme plakalarının zamanında yenileri ile değiştirilmemesinin ihmal edilen konular arasında yer aldığı gözlenmiştir.

Sera yetiştiriciliğinin merkezi Antalya ilinde yürütülen bu çalışmada, geleneksel işletmeler tarafından kullanılmakta olan meme plakalarının delik boyutlarının ölçülmesi, laboratuvar koşullarında debi, hüzmeye açısı ve dağılım düzgünlüğü gibi pülverizasyon özelliklerinin belirlenerek yeni meme plakaları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Meme plakaları

Araştırmanın ana materyalini, geleneksel sera işletmeleri tarafından kullanılmakta olan meme plakaları ile yeni meme plakaları oluşturmaktadır. Antalya bölgesinde geleneksel seralarda elektrik motorundan hareketli hidrolik pülverizatörlerin kullanımı yaygındır. Pülverizatörlerde sıvı iletim hortumuna bağlı bir adet püskürtme tabancası ve tabancanın ucunda girdap hücresi ayarlanabilir içi boş konik hüzmeli meme başlığı bulunmaktadır (Çanakcı ve Akıncı, 2004). Araştırmada, meme başlıklarında yaygın olarak kullanılan, paslanmaz çelik malzemeden yapılmış ve 1.5 olarak kodlanan, 1.5 mm (ø) delik çapına sahip meme plakaları kullanılmıştır (Şekil 1).



Denemelerde, referans meme olarak üç adet referans (yeni) ve 60 adet kullanımda olmak toplam 63 adet meme plakası kullanılmıştır. Kullanılmamış 1.5 mm delik çapında olan referans meme plakaları satış yerlerinden temin edilmiştir. Kullanımda olan 1.5 mm kodlu meme plakaları ise sera yetiştiriciliği faaliyetinde bulunan toplam 60 farklı işletmeye ait pülverizatörler üzerinden sökülerek toplanmıştır. Sökülen meme plakaları yerine, üreticinin mağdur olmaması için yeni meme plakaları takılmıştır. Kullanımda olan meme plakaları, Antalya ilinde 8 farklı ilçeye (Aksu, Demre, Elmalı, Kepez, Korkuteli, Kumluca, Manavgat ve Serik) ait toplam 18 mahallede seracılık faaliyetlerinde bulunan geleneksel işletmelerden tesadüfi örnekleme yolu ile seçilmiştir.

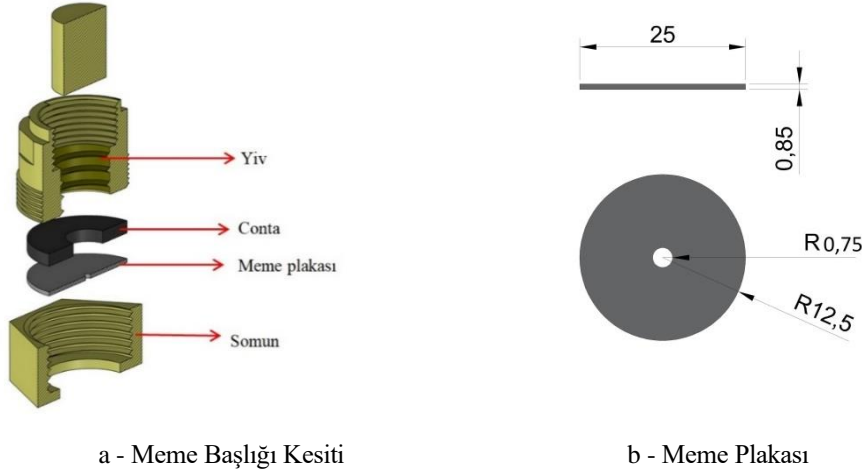


Figure 1. Section of hollow cone nozzle and technical dimensions of nozzle plate

Şekil 1. İçi boş konik hüzmeli meme kesiti ve meme plakası teknik ölçüleri

### 2.1.2. Paternatör

Araştırma kapsamında, meme başlıklarının debi, dağılım düzgünlükleri ve püskürtme açılarının belirlenmesi için mekanik bir paternatör imal edilmiştir. Genişliği 230 cm, uzunluğu 100 cm olan paternatörde sıvının toplanması için yer alan olukların arası 4.5 cm'dir ve toplam 50 adet oluk yer almaktadır. Paternatör teknik çizimi Şekil 2'de verilmiştir. Paternatör olukları, 1 mm et kalınlığında paslanmaz çelik sac malzemeden yapılmıştır. Paternatörde sıvının püskürtüldüğü oluklar %9 eğimlidir. Denemelerde paternatör üzerine basınçlı sıvı (şebeke suyu), 100 litre depo kapasitesine sahip elektrik motorundan hareketli bir sera pülverizatörü ile püskürtülmüştür. Paternatör üzerinde bulunan kontrol ünitesinde regülatör, basınç takibi için manometre ve sigorta kutusu bulunmaktadır. Denemeler sırasında bir adet hidrolik meme kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Araştırma kapsamında kullanımda olan memelere ait plaka delik çapları, püskürtme (hüzme) açısı, debi ve püskürtme dağılım düzgünlükleri belirlenmiş ve aynı parametrelerin belirlendiği üç adet yeni meme plakası değerleri ile karşılaştırılmıştır. Denemeler Antalya ilinde kapalı atölye koşullarında yürütülmüştür.

#### 2.2.1. Meme plaka delik çapı ölçülerinin belirlenmesi

Yeni ve aşınmış meme plakalarının delik çaplarının ölçümünde, TRONIC marka XJL-17AT model Ters Troinoküler Metalurji Mikroskobu ve UCMOS03100KPA marka mikroskop kamerası kullanılmıştır. Ölçümler öncesinde 100X lens altında uzunluk kalibrasyonu yapılmasının ardından görüntüleme işlemine başlanmıştır. Her bir plakada püskürtülen ilacın giriş yüzü görüntülenecek konumda mikroskop tablasına yerleştirilerek 100X lens ile plaka deliğinin kısmi bölümleri görüntülenmiştir. Topview mikroskop görüntüleme ve düzenleme programı ile kısmi görüntüler 32-24 FPS ile kaydedilmiş, her bir plaka için yaklaşık 2000 adet görüntü Image Stitching yöntemi ile birleştirilip tümleşik delik görüntüsü elde edilmiştir. Her bir plaka için delik çevresi boyunca 5 farklı noktadan çap ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçüm değerlerinden ortalama delik çap değerleri hesaplanmıştır (Dursun ve ark., 2000). Yapılan değerlendirmelerde, ölçülen 5 farklı çap değeri  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$  ve  $d_5$  olarak adlandırılmıştır. Ortalamalara ait standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

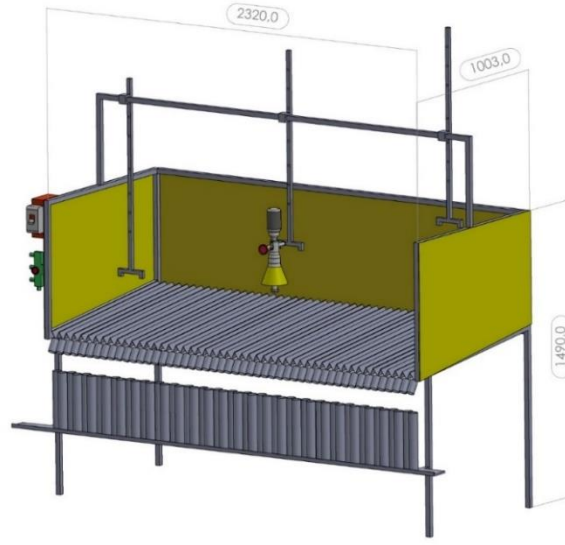


Figure 2. Technical drawing of paternator

### Şekil 2. Paternatör teknik çizimi

#### 2.2.2. Püskürtme özelliklerinin belirlenmesi

Üç tekerrürlü yürütülen denemelerde, pratik deneme koşullarında yapılan gözlemler ve literatür değerleri dikkate alınarak püskürtme yüksekliği 50 cm ve püskürtme süresi 60 saniye olarak dikkate alınmıştır (Çelen, 1998; Ergül ve Dursun, 2003). Püskürtme süresi dijital kronometre ile ölçülmüştür. Denemeler sırasında basınç değeri, çalışma koşulları dikkate alınarak 20 bar olarak belirlenmiştir (Çakmak, 2000). Meme başlığının girdap hücresi boyutları ve hüzmeye açısı, püskürtme çubuğunda yer alan ayar mekanizmasının döndürülmesi ile değiştirilebilmektedir. Denemeler sırasındaki girdap hücresi boyutu için ayar mekanizması bir tur (360°) döndürülmüştür. Püskürtme özellikleri kapsamında debi, hüzmeye açısı ve dağılım düzgünlüğüne yönelik değerler elde edilmiştir.

#### Püskürtme (hüzme) açısının belirlenmesi

Çalışmada, yeni ve aşınmış meme plakaları için hüzmeye açıları ölçülmüş ve hüzmeye açısının orta noktadan düşey doğrultuya göre sağ ve sol taraftaki açıların eşit olup olmadığı belirlenmiştir. Hüzmeye açısının belirlenmesinde dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır. Fotoğraf makinası, debi denemeleri sırasında paternatörün karşısına yerleştirilen tripod ayak üzerine sabitlenmiştir. Alınan görüntülerdeki hüzmeye açıları, AutoCad programı yardımıyla ölçülmüştür. Hüzmeye açısının daha kolay ve sağlıklı bir şekilde tespit edilebilmesi için hüzmeye arkasına mavi renkli bir fon yerleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca, hüzmeye açısının sağ ve sol olmak üzere her iki tarafta eşit dağılıma sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla fotoğraf makinası bakış yönü ve meme plakası deliği düşey eksenine esas alınarak, hüzmeye açısı sağ ve sol taraf olarak adlandırılmış ve ayrı ayrı ölçümlendirilmiştir.

#### Debi ölçümü ve püskürtme dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Debi ve püskürtme dağılım düzgünlüğü, ilaçlama işlemlerinin hedef yüzey üzerinde istenilen miktarda uygulanması ve homojen dağılımı ile ilgili temel göstergelerden birisidir. Çalışma sırasında memeden püskürtülen sıvı, paternatör kanallarından akararak ölçülü kaplara akmaktadır. Üç tekerrürlü yapılan her bir deneme sonrasında ölçülü silindirik kaplarda toplanan sıvının debisi ve dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi için akıllı bir telefonla fotoğraf çekilmiştir. Telefon, püskürtme açısında olduğu gibi tripod ayak üzerine yerleştirilmiştir. Her bir denemede kaplarda biriken sıvı miktarının kolay bir şekilde tespit edilmesi için ölçülü kapların içine renkli küçük plastik toplar bırakılmıştır. Fotoğrafları çekilen ölçülü kapların dosyaları bilgisayar ekranında büyütülerek her bir kaptaki sıvı miktarı belirlenmiştir. Toplam 60 saniyede kaplarda biriken sıvı miktarı dikkate alınarak püskürtme sırasındaki debi değerleri (ml dk<sup>-1</sup>) hesaplanmıştır. Yeni ve aşınmış meme plakaları arasındaki debi artış değerleri yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Standart sapma ve varyasyon katsayısı (CV, %) değerleri belirlenmiştir.

Püskürtme işlemi sırasında yatay düzlemdaki sıvı dağılımının belirlenmesi için her bir kapta biriken sıvı miktarı (ml) değerleri MS Excel yardımıyla paternatör kanalları arası mesafe dikkate alınarak tablanmıştır. Her bir denemede elde edilen dağılım değerlerinin standart sapma ve CV değerleri hesaplanmış ve dağılımların grafikleri çizilerek yeni meme plakası değerleri ile birlikte değerlendirilmeler yapılmıştır.

### **Çoklu kullanımda enine dağılım düzgünlüğü**

Tarla pülverizatörlerinde kullanılan meme başlıkları ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, örtme payı ve püskürtme kolu üzerinde belirli aralıklarla yerleştirilmesi dikkate alınarak, meme başlıklarının hacimsel dağılım düzgünlükleri belirlenmektedir (Çelen 1998, Ergül ve Dursun 2003, Yağcıoğlu 2008). Yapılan çalışmalarda örtme payı ve püskürtme paterni dikkate alınarak memeler arası mesafe hesaplanmakta ya da sabit memeler arası mesafelerde uygun püskürtme yükseklikleri belirlenmektedir.

Sera ilaçlamaları sırasında kullanılan pülverizatörlerde yaygın olarak bir adet püskürtme çubuğu ve çubuğun ucunda bir adet meme başlığı bulunmaktadır. Bu çalışmada, seralarda işgücünden tasarruf ve makina kapasitesinin artırılmasına yönelik çoklu meme başlıklarının kullanım potansiyeli dikkate alınarak çoklu kullanımına yönelik değerlerin de belirlenmesinin yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda, elde edilen veriler dikkate alınarak, yeni plakalara sahip meme başlıkları için en iyi dağılım düzgünlüğünü sağlayan memeler arası mesafe belirlenmiş ve varyasyon katsayıları hesaplanarak kullanımda olan meme plakalarına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

### **Varyasyon katsayısı (CV)**

Varyasyon katsayısı değeri, standart sapmanın ortalamadan ayrılışının bir ölçüsünü ifade etmektedir. Bu çalışmada plaka delik çapları, debi ve dağılım düzgünlüğü değerlerine yönelik CV değerleri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Şahin, 2017).

$$CV = \frac{SS}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte; CV, varyasyon katsayısı (%); SS, standart sapma ve  $\bar{x}$ , ortalama'dır.

## **3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma**

### **3.1. Meme plakaları delik çapı ölçüleri**

Araştırma kapsamında ölçümleri yapılan yeni meme plakalarına ait çap ölçüm değerleri *Tablo 1*'de verilmiştir.

**Tablo 1. Yeni meme plakalarına ait ölçüler**

*Table 1. Dimensions of new nozzle plates*

Yeni Plaka No	Plaka Delik Çapı (mm)					$\bar{x}$	SS	CV (%)
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>			
I	1.58	1.57	1.57	1.57	1.56	1.57	0.01	0.5
II	1.59	1.58	1.58	1.55	1.57	1.57	0.02	1.0
III	1.57	1.56	1.57	1.59	1.57	1.57	0.01	0.7

Denemeler kullanılan ve 1.5 kodlu üç adet yeni plakanın ortalama delik çapı değerleri 1.57 mm'dir. Plakalara ait standart sapma (SS) değerleri 0.01-0.02, varyasyon katsayısı (CV) değerleri %0.5-1.0 arasında hesaplanmıştır. Kod değerleri dikkate alındığında, plakaların 1.5 mm olarak bildirilen ortalama çap değerinin %4.67 fazlalıkla 1.57 mm olarak ölçüldüğü görülmektedir. Konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda da benzer bir durumla karşılaşıldığı bildirilmektedir. Dursun ve ark. (2000), tarafından yürütülen bir çalışmada, üç farklı delik çapından (1 mm, 1.2 mm ve 1.5 mm) ikişer adet olmak üzere toplam altı farklı meme plakası ile çalışılmıştır. Çalışmada, plakalardaki delik çaplarının firma tarafından bildirilen değerlerle farklılık gösterdiği ve delik şekillerinin tam bir dairesellik göstermediği belirtilmiştir. Yapılan ölçümlerde, yeni plakaların delik çapları, bildirilen değerlere göre %-9.6 ile %7.0 arasında farklı değerlerde ölçülmüştür. Çalışmada, imalat aşamasında deliklerin delinmesi sırasında, delik kenarlarında havşaların ve çapakların oluştuğu belirtilmiştir. Benzer bir durumun bu çalışmada kullanılan yeni meme plakalarında da gözlemlendiği söylenebilir (*Şekil 3*). Kullanımda olan meme plakalarına ait çap ölçüm değerleri *Tablo 2*'de verilmiştir.

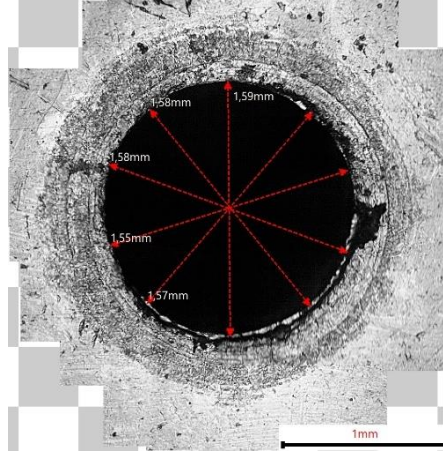


Figure 3. An example for measurement of new nozzle plate hole diameter (Plate no : II)

**Şekil 3. Yeni meme plakası delik çapı ölçüm örneği (Plaka no: II)**

**Tablo 2. Kullanımda olan meme plakalarına ait ölçüler**

Table 2. Dimensions of nozzle plate in use

Plaka No	Plaka Delik Çapı (mm)					$x$	SS	CV (%)	Fark* (%)
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>				
1	1.90	1.93	1.86	1.89	1.91	1.90	0.03	1.4	+20.9
2	1.63	1.61	1.60	1.64	1.70	1.64	0.04	2.4	+4.2
3	1.68	1.64	1.59	1.64	1.60	1.63	0.04	2.2	+3.8
4	1.65	1.66	1.62	1.66	1.63	1.64	0.02	1.1	+4.7
5	1.79	1.78	1.72	1.75	1.82	1.77	0.04	2.2	+12.9
6	1.60	1.58	1.57	1.61	1.62	1.60	0.02	1.3	+1.7
7	1.81	1.79	1.81	1.72	1.75	1.78	0.04	2.2	+13.1
8	1.95	1.87	1.76	1.76	1.76	1.82	0.09	4.8	+15.9
9	1.79	1.79	1.77	1.84	1.86	1.81	0.04	2.1	+15.3
10	1.65	1.67	1.66	1.62	1.61	1.64	0.03	1.6	+4.6
11	1.70	1.74	1.76	1.66	1.70	1.71	0.04	2.3	+9.0
12	1.77	1.85	1.86	1.78	1.77	1.81	0.05	2.5	+15.0
13	1.61	1.57	1.58	1.59	1.58	1.59	0.02	1.0	+1.0
14	1.60	1.60	1.62	1.60	1.61	1.61	0.01	0.6	+2.3
15	1.79	1.72	1.71	1.76	1.81	1.76	0.04	2.5	+12.0
16	1.76	1.82	1.77	1.76	1.77	1.78	0.03	1.4	+13.1
17	1.59	1.62	1.58	1.57	1.55	1.58	0.03	1.6	+0.8
18	1.80	1.84	1.79	1.81	1.82	1.81	0.02	1.1	+15.4
19	1.86	1.75	1.82	1.83	1.86	1.82	0.05	2.5	+16.2
20	1.70	1.73	1.75	1.73	1.64	1.71	0.04	2.5	+8.9
21	1.77	1.62	1.66	1.68	1.78	1.70	0.07	4.1	+8.4
22	1.70	1.64	1.69	1.75	1.75	1.71	0.05	2.7	+8.7
23	1.70	1.67	1.72	1.72	1.64	1.69	0.03	2.0	+7.6
24	1.79	1.77	1.78	1.79	1.84	1.79	0.03	1.5	+14.3
25	1.83	1.83	1.83	1.81	1.86	1.83	0.02	1.0	+16.7

**Tablo 2 (devam)**

*Table 2 (continue)*

26	1.83	1.95	1.95	1.98	1.94	1.93	0.06	3.0	+22.9
27	2.16	1.83	1.97	2.10	1.97	2.01	0.13	6.4	+27.8
28	1.76	1.71	1.73	1.70	1.77	1.73	0.03	1.8	+10.4
29	1.63	1.60	1.56	1.51	1.64	1.59	0.05	3.4	+1.1
30	1.60	1.59	1.63	1.56	1.57	1.59	0.03	1.7	+1.3
31	1.59	1.63	1.57	1.59	1.60	1.60	0.02	1.4	+1.7
32	1.77	1.68	1.69	1.73	1.76	1.73	0.04	2.3	+9.9
33	1.72	1.77	1.76	1.67	1.67	1.72	0.05	2.8	+9.4
33	1.72	1.77	1.76	1.67	1.67	1.72	0.05	2.8	+9.4
34	1.70	1.76	1.73	1.68	1.69	1.71	0.03	1.9	+9.0
35	1.61	1.62	1.60	1.65	1.63	1.62	0.02	1.2	+3.3
36	1.78	1.77	1.69	1.71	1.78	1.75	0.04	2.5	+11.2
37	1.76	1.74	1.76	1.80	1.85	1.78	0.04	2.5	+13.5
38	1.60	1.69	1.58	1.63	1.63	1.63	0.04	2.6	+3.6
39	1.70	1.72	1.75	1.69	1.68	1.71	0.03	1.6	+8.8
40	1.71	1.70	1.71	1.71	1.78	1.72	0.03	1.9	+9.7
41	1.62	1.65	1.70	1.63	1.62	1.64	0.03	2.0	+4.7
42	1.70	1.72	1.76	1.80	1.74	1.74	0.04	2.2	+11.1
43	1.78	1.68	1.72	1.74	1.80	1.74	0.05	2.7	+11.1
44	1.80	1.84	1.85	1.81	1.82	1.82	0.02	1.1	+16.2
45	1.72	1.85	1.81	1.76	1.68	1.76	0.07	3.9	+12.4
46	1.82	1.82	1.83	1.85	1.86	1.84	0.02	1.0	+16.9
47	2.02	1.96	2.08	2.10	2.00	2.03	0.06	2.8	+29.4
48	1.70	1.73	1.79	1.82	1.73	1.75	0.05	2.8	+11.7
49	1.59	1.61	1.61	1.64	1.56	1.60	0.03	1.8	+2.0
50	1.60	1.61	1.60	1.63	1.58	1.60	0.02	1.1	+2.2
51	1.80	1.89	1.82	1.82	1.84	1.83	0.03	1.9	+16.8
52	1.71	1.73	1.76	1.79	1.81	1.76	0.04	2.3	+12.1
53	1.63	1.64	1.69	1.68	1.67	1.66	0.03	1.6	+5.9
54	1.77	1.72	1.71	1.72	1.78	1.74	0.03	1.9	+10.8
55	1.92	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	0.02	1.1	+20.4
56	1.85	1.82	1.83	1.82	1.87	1.84	0.02	1.2	+17.1
57	1.86	1.89	1.81	1.82	1.85	1.85	0.03	1.7	+17.6
58	1.92	1.90	1.92	1.83	1.78	1.87	0.06	3.3	+19.1
59	1.65	1.69	1.72	1.68	1.68	1.68	0.03	1.5	+7.3
60	1.91	1.93	2.04	2.03	2.11	2.00	0.08	4.1	+27.6
<i>x</i>	1.75	1.74	1.74	1.74	1.75	1.74	0.04	2.16	+11.0
SS	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.02	1.02	7.0
CV (%)	6.7	6.1	6.6	6.9	6.9	6.3	52.4	47.5	63.1

\* Kullanımda olan plaka ortalama delik çapı değeri ile yeni plaka çağ değeri (1.57 mm) arasındaki fark.

Kullanımda olan meme plakalarına ait ortalama çap değerleri 1.58-2.03 mm arasındaki sınır değerlerde ortalama delik çapı 1.74 mm olarak hesaplanmıştır. Yeni plakalara göre ortalama çap artış değeri %11.0'dır. En düşük çap değeri 17 No.lu plakada, en yüksek çap değeri 47 No.lu plakada belirlenmiştir (Tablo 2). Belirtilen plakalarda, yeni plakalarda ortalama çap değeri artışları sırasıyla %0.8 ve %29.4 olarak hesaplanmaktadır.

Plaka ortalama delik çaplarına ait standart sapma sınır değerleri 0.01-0.13 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri arasında en düşük değer 14 No.lu, en yüksek değer 27 No.lu kullanımda olan plakaya aittir. Belirtilen plakalardaki CV değerleri sırasıyla %0.6 ve %6.4'tür. Tüm plakalar dikkate alındığında standart sapma değeri 0.04 ve CV değeri %2.16 olarak hesaplanmaktadır.

Kullanımda olan meme plakaları delik çapı ölçümlerine ait örnek görüntüler Şekil 4'de verilmiştir. Yeni meme plakaları ile karşılaştırıldığında, kullanımda olan meme plakalarındaki ortalama delik çaplarının büyüdüğü görülmektedir. TS 4280 (1991) ve Çakmak (2000), meme başlığındaki deliğin aşınması sonucu çap büyümesinin kabul edilebilir değerinin %5 olduğunu belirtmişlerdir. Belirtilen sınır değer dikkate alındığında araştırma kapsamında incelenen ve kullanımda olan toplam 60 adet meme plakasının 44 adetinin (%73) sınır değeri aştığı ve değiştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

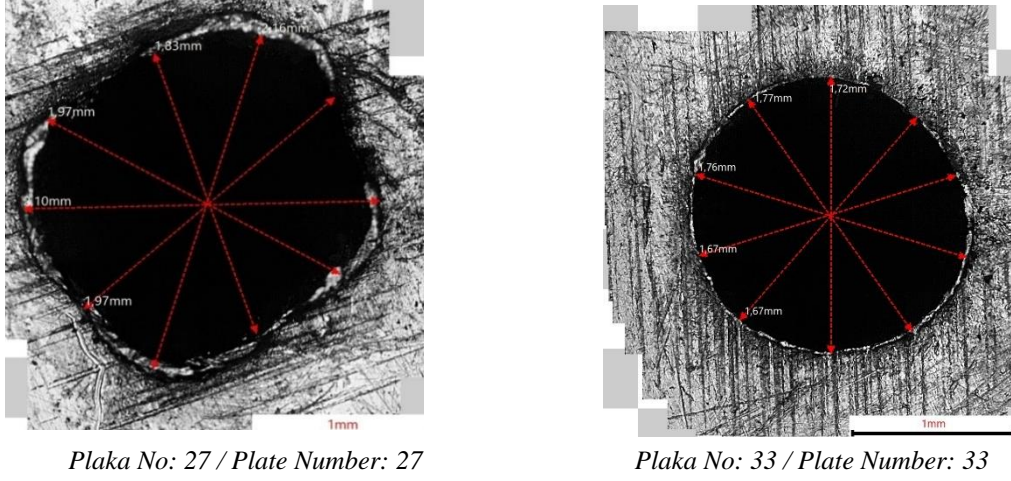


Figure 4. Examples for hole diameter measurement of nozzle plate in use

Şekil 4. Kullanımda olan meme plakası delik çapı ölçüm örnekleri

### 3.2. Püskürtme açıları, debi değerleri ve püskürtme dağılım düzgünlükleri

Hüzme açısı ve debi değerleri, pülverizasyon sırasında bilinmesi gereken ve pülverizasyon işleminin performansına etkili, meme başlıklarının temel özelliklerinden birisidir. Yeni ve kullanımda olan meme plakalarına ait hüzme açısı ve debi değerleri, sırasıyla *Tablo 3* ve *4*'te verilmiştir.

Table 3. Spray angle and flow rate values of new nozzle plates

Tablo 3. Yeni meme plakalarına ait püskürtme (hüzme) açısı ve debi değerleri

Yeni Plaka No	Hüzme Açısı (°)			Ort. Debi (ml dk <sup>-1</sup> )	Standart Sapma	CV (Debi)	CV (Püskürtme Dağılımı)
	Toplam	Sol Taraf	Sağ Taraf				
I	68	34	34	2385	13.1	0.5	57.1
II	70	35	35	2402	5.3	0.2	56.7
III	68	34	34	2409	18.0	0.7	56.9
x	68.7	34.3	34.3	2399	12.1	0.5	56.9
SS	1.2	0.6	0.6	12.5	6.4	0.3	0.2
CV	1.7	1.7	1.7	0.5	52.9	52.7	0.3

*Table 4. Spray angle and flow rate values of nozzle plates in use*

**Tablo 4. Kullanımda olan meme plakalarına ait püskürtme (hüzme) açısı ve debi değerleri**

Plaka No	Hüzme Açısı			Ortalama Debi (ml dk <sup>-1</sup> )	Standart Sapma	CV (Debi)	Yeni Meme ile Debi Farkı (%)	CV (Püskürtme Dağılımı)
	Toplam	Sol Taraf	Sağ Taraf					
1	69	35	34	2853	12.1	0.42	+ 19.0	51.6
2	65	32	33	2575	12.4	0.48	+ 7.4	61.9
3	63	31	32	2598	3.5	0.13	+ 8.3	56.1
4	74	43	31	2519	7.6	0.30	+ 5.0	82.2
5	69	37	32	2613	7.2	0.28	+ 8.9	69.8
6	67	34	33	2427	6.3	0.26	+ 1.2	58.7
7	69	36	33	2494	3.1	0.12	+ 4.0	58.5
8	69	37	32	2620	3.2	0.12	+ 9.3	54.5
9	74	38	36	2567	8.1	0.31	+ 7.0	59.9
10	61	30	31	2551	7.6	0.30	+ 6.4	60.5
11	65	34	31	2657	4.3	0.16	+ 10.8	64.4
12	64	31	33	2683	12.0	0.45	+ 11.9	59.0
13	66	33	33	2514	8.4	0.33	+ 4.8	51.0
14	68	34	34	2578	6.2	0.24	+ 7.5	57.7
15	67	32	35	2664	5.5	0.21	+ 11.1	54.2
16	71	35	36	2678	5.3	0.20	+ 11.6	50.7
17	72	36	36	2547	4.4	0.17	+ 6.2	62.0
18	72	34	38	2699	5.2	0.19	+ 12.5	61.7
19	70	34	36	2682	6.5	0.24	+ 11.8	58.5
20	62	35	27	2556	6.1	0.24	+ 6.6	60.0
21	72	39	33	2602	5.7	0.22	+ 8.5	55.1
22	66	34	32	2634	4.1	0.16	+ 9.8	58.4
23	71	38	33	2707	7.2	0.27	+ 12.9	54.6
24	67	36	31	2685	4.3	0.16	+ 12.0	52.9
25	64	31	33	2739	4.0	0.15	+ 14.2	56.3
26	67	38	29	2748	2.5	0.09	+ 14.6	57.2
27	67	33	34	2883	4.4	0.15	+ 20.2	57.8
28	64	30	34	2646	3.2	0.12	+ 10.3	49.8
29	70	35	35	2603	5.2	0.20	+ 8.5	55.4
30	67	33	34	2508	8.1	0.32	+ 4.6	49.6
31	68	35	33	2533	10.5	0.41	+ 5.6	59.8
32	57	28	29	2602	6.9	0.27	+ 8.5	55.5
33	67	35	32	2566	7.8	0.30	+ 7.0	49.4
34	74	38	36	2638	7.5	0.28	+ 10.0	52.5
35	67	35	32	2595	6.0	0.23	+ 8.2	56.2
36	74	35	39	2683	5.0	0.19	+ 11.9	59.8
37	66	35	31	2576	7.1	0.28	+ 7.4	49.2
38	74	30	44	2566	3.6	0.14	+ 7.0	58.7
39	68	40	28	2506	7.6	0.30	+ 4.5	62.4
40	68	36	32	2619	8.2	0.31	+ 9.2	54.7
41	66	31	35	2660	8.7	0.33	+ 10.9	52.5

**Tablo 4 (devam)**

Table 4 (continue)

42	65	34	31	2771	9.1	0.33	+ 15.6	51.8
43	64	32	32	2744	5.3	0.19	+ 14.4	47.9
44	66	34	32	2856	5.7	0.20	+ 19.1	53.2
45	65	34	31	2572	2.4	0.09	+ 7.2	48.5
46	71	37	34	2765	3.9	0.14	+ 15.3	54.1
47	70	36	34	2980	6.5	0.22	+ 24.3	51.5
48	62	30	32	2638	3.1	0.12	+ 10.0	63.1
49	65	31	34	2587	6.4	0.25	+ 7.9	57.1
50	65	30	35	2568	2.8	0.11	+ 7.1	57.8
51	61	29	32	2861	6.5	0.23	+ 19.3	59.6
52	59	32	27	2593	3.0	0.11	+ 8.1	57.7
53	66	32	34	2596	6.2	0.24	+ 8.2	51.8
54	66	34	32	2541	5.5	0.22	+ 5.9	42.4
55	72	35	37	2748	9.2	0.34	+ 14.6	53.9
56	68	34	34	2752	5.1	0.19	+ 14.7	56.8
57	70	31	39	2844	7.5	0.26	+ 18.6	54.3
58	57	29	28	2906	7.2	0.25	+ 21.2	57.8
59	54	27	27	2679	6.0	0.22	+ 11.7	58.9
60	70	34	36	3051	9.3	0.30	+ 27.2	62.7
<i>x</i>	67.0	33.9	33.1	2657	6.2	0.23	+10.8	56.5
SS	4.31	3.06	3.03	187.3	1.7	0.04	7.8	2.6
CV	6.4	9.0	9.2	7.1	26.6	17.56	72.5	4.6

Deneme koşullarında incelenen üç adet yeni meme plakasının ikisine ait hüzmeye açısı 68°, birine ait hüzmeye açısı değeri 70° olarak ölçülmüştür. Pülverize edilen sıvı hüzmelerinin sağ ve sol tarafı dikkate alındığında, hüzmeye açısının her iki tarafa da eşit dağıldığı görülmektedir (Şekil 5). Kullanımda olan plakalara ait hüzmeye açıları incelendiğinde, yeni meme plakalarına göre farklılıklar olduğu görülmektedir. Toplam hüzmeye açıları yanında sağ ve sol taraf açıları eşitsizlikler bulunmaktadır. Araştırmada dikkate alınan deneme koşullarında, toplam hüzmeye açıları için sınır değerler 54°-74°, sağ ve sol taraf açıları için sınır değerler ise sırasıyla 27°-44° ve 27°-43° olarak ölçülmüştür. Sağ ve sol tarafı eşit açıda olmayan plaka sayısı 54 adettir (%90). Şekil 6'da kullanımda olan plakalara ait farklı hüzmeye açılarına ait örnek görüntüler yer almaktadır.

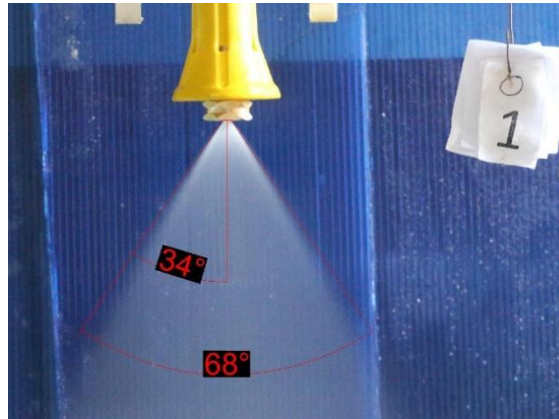


Figure 5. Example of spray angle for new nozzle plate (Plate Number: 1)

Şekil 5. Yeni plaka hüzmeye açısı örneği (Plaka No: 1)



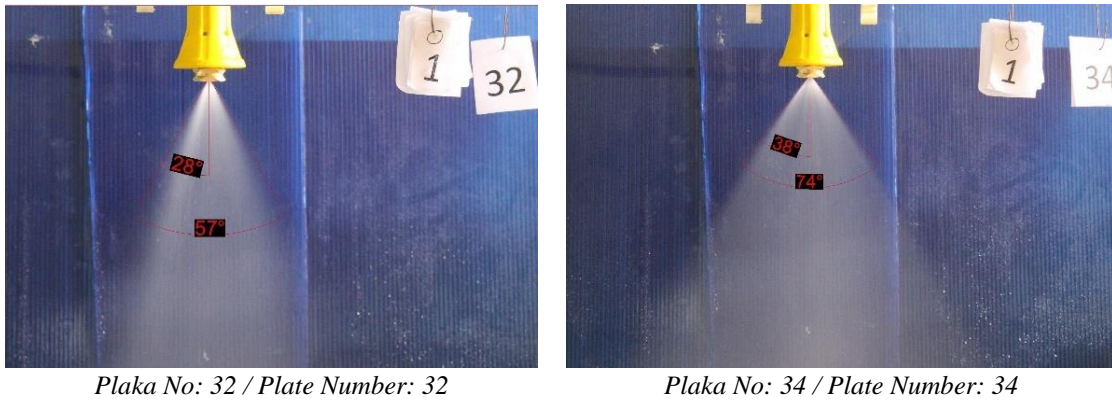


Figure 6. Examples of spray angle for nozzle plate in use

**Şekil 6. Kullanımda olan plakalarda hüzmeye açısı örnekleri**

Araştırmada incelenen üç adet yeni meme plakasına ait ortalama debi değerleri 2385-2409 ml dk<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Standart sapma ve CV değerleri sırasıyla 5.3-18.0 ve %0.2-0.7 değerleri arasında hesaplanmıştır. Yeni plakalara ait ortalama debi, ortalama standart sapma ve CV değerleri sırasıyla 2399 ml dk<sup>-1</sup>, 12.1 ve %0.5 olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Balcı ve Yağcıoğlu (1994) tarafından yürütülen bir çalışmada, sırt pülverizatörlerinde püskürtme çubuğu ile yapılan uygulamalarda 1.5 mm delik çapı için debi değerleri 1207-1809 ml dk<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Dursun ve ark. (2000), yürüttükleri bir çalışmada, tarla pülverizatörlerinde kullanılan konik hüzmeli memelerde, 1.5 mm meme plakası delik çapı için debi değerlerini 1119-1405 ml dk<sup>-1</sup> arasında ölçmüşlerdir. Şahin (2017), çalışmasında tarla pülverizatörlerinde kullanılan 1.0 mm delik çapına sahip içi boş konik hüzmeli meme başlıklarında debi sınır değerlerini, 660-1100 ml dk<sup>-1</sup> aralığında belirlemiştir. Çelen (1998), çalışmasında, tarla pülverizatörleri için debi değerleri 1480-2540 ml dk<sup>-1</sup> olan farklı tiplerde yelpaze hüzmeli meme başlıklarını kullanmıştır. Bolat ve Bayat (2019), tarafından yürütülen bir çalışmada tarla pülverizatörlerinde kullanılan 1200 ml dk<sup>-1</sup> debi değerine sahip yelpaze hüzmeli memeler kullanılmıştır. Bu çalışmada yeni plakalar ile ölçülen debi değerlerinin önceki çalışmalarda kullanılan konik hüzmeli memeler için belirlenen debi değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Seralarda kullanılan ve tek püskürtme çubuğu ile çalışan pülverizatörlerdeki çalışma basıncının yüksek (20 bar) olması, tarla pülverizatörlerine göre debi değerini artıran başlıca faktör olduğu söylenebilir. Denemelerde ölçülen ortalama debi değeri, düşük debiye sahip yelpaze hüzmeli memelerden daha yüksektir. Ancak yelpaze hüzmeli memelerde delik şekli ve boyutları değiştirilerek yüksek debilerle tarla ilaçlaması yapılabilmektedir. Çelen (1998), tarafından yürütülen çalışmadaki yüksek debili meme (06 kodlu) meme başlıklarında elde edilen 2360-2540 ml dk<sup>-1</sup> sınır değerler, bu çalışmadaki ölçülen değerler ile yakındır.

İçi boş konik hüzmeli memelerde bir meme başlığından püskürtülen sıvı hacmi belirli bir genişlik boyunca dağılım sağlamaktadır. Yeni meme plakaları ile yapılan püskürtme işlemi sonucu, dağılım düzgünlüğüne yönelik belirlenen CV değerleri ortalama %56.9 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Belirlenen değer, önceki bazı çalışmalarda tarla pülverizatörlerinde bulunan hidrolik memelerde ölçülen sınır değerler arasında kaldığı görülmektedir. Şahin (2017), tarafından yapılan çalışmada ortalama CV değeri %52.0 olarak belirlenmiştir. Bolat ve Bayat (2019), araştırmalarında elde edilen CV sınır değerlerinin %40.7-65.9 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Denemeler sırasında yeni meme plakalarında belirlenen püskürtme dağılımı Şekil 7'de verilmiştir. Bu grafikte eğri üzerinde gösterilen hata çubukları püskürtme paterni boyunca ilgili noktada farklı meme plakalarına ait elde edilen standart sapma değerlerini göstermektedir. Yeni meme plakaları ile çalışmada, hüzmeye genişliği boyunca dağılım dikkate alındığında, püskürtülen sıvının kenarlarda daha az biriktiği görülmektedir. Belirlenen dağılım hidrolik meme başlıkları için beklenen bir dağılımdır. Balcı ve Yağcıoğlu (1994), çalışmalarında dağılım paterni küçük çaplı meme başlıklarında üçgen iken delik çapı büyüdükçe trapez şekline yaklaştığını belirtmektedirler. Bu çalışmada 1.5 mm çaplı ve yüksek debili yeni meme plakaları ile elde edilen püskürtme paterninin trapez şekline yaklaştığı görülmektedir.

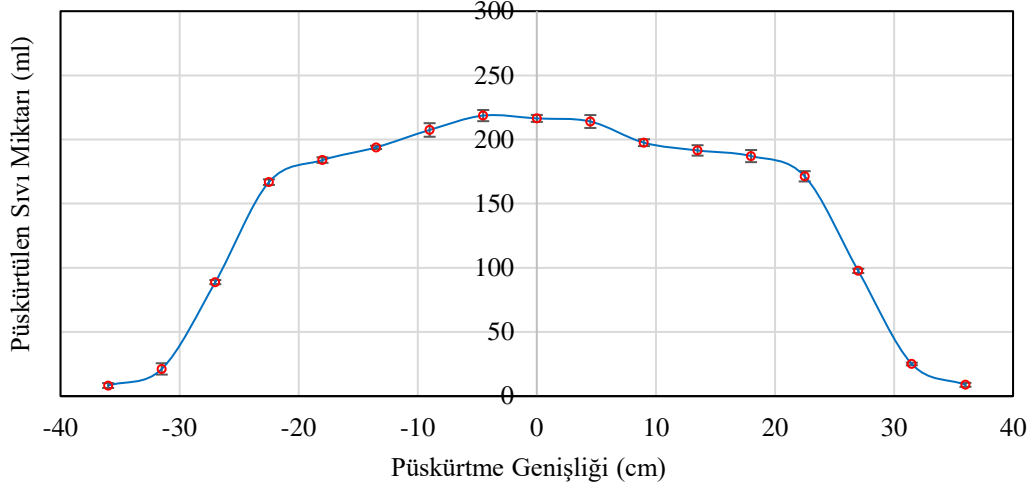


Figure 7. Spray distribution of new nozzle plates

### Şekil 7. Yeni meme plakalarının püskürtme dağılımı

Araştırmada incelenen 60 adet kullanımda olan meme plakasına ait ortalama debi değerleri 2427-3051 ml dk<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Standart sapma ve CV değerleri sırasıyla 2.4-12.4 ve %0.09-0.48 arasında hesaplanmıştır. Kullanımda olan plakalara ait ortalama debi, ortalama standart sapma ve CV değerleri sırasıyla değeri 2657 ml dk<sup>-1</sup>, 6.2 ve %2.3 olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Kullanımda olan meme plakalarının yeni meme plakalara göre %1.2-%27.2 arasında daha fazla sıvı püskürttüğü belirlenmiştir. Aşınmaya bağlı olarak meme plakalarında belirli debi artışından sonra dağılım düzgünlüklerinin ve damla çaplarındaki homojenliğin bozulması nedeniyle meme plakalarının değiştirilmesi gereklidir (Çelen, 1998). Bu nedenle meme plakalarının değiştirilmesinde plakadaki debi artış düzeyi belirleyici bir faktördür. Türk Standardı TS 4280 (1991)'e göre memelerin verdikleri, meme plaka delik çapı veya meme başlığı, girdap diski veya yivli gövde ile anma basıncı aynı kalmak şartıyla önceden belirtilen verdi değerinden  $\pm$  %5'den fazla sapma göstermemelidir. Bununla birlikte ASAE Standartları ve bazı çalışmalarda, meme plakalarının değiştirilme zamanını gösteren debi artış sınır değerinin %10 olduğu ifade edilmektedir (ASAE, 2001; Çelen 1998, Ergül ve Dursun 2003, Şahin 2017). Araştırma kapsamında denemeye alınan kullanımdaki meme plakaların yeni plakalarda göre ortalama debi artışı %10.8 düzeyindedir. Bu değeri belirtilen sınır değerinin üzerindedir. Denemeye alınan toplam 60 adet meme plakasının 28 adetinde debi artışı %10 ve üzerindedir. Bu değerler kullanımda olan plakaların yaklaşık yarısının (%46.7) değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kullanımda olan meme plakaları ile yapılan püskürtme işlemi sonucu, yatay dağılım düzgünlüğüne yönelik belirlenen CV değerleri ortalama %56.5 olarak hesaplanmıştır. Varyasyon katsayılarına ait sınır değerler %49.2-82.2 arasında belirlenmiştir. Denemeler sırasında kullanımda olan meme plakalarında belirlenen püskürtme dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde yeni plakalardaki trapez şeklindeki eğrinin, kullanımdaki plakalarda yarım daire şekline dönüşmeye başladığı söylenebilir.

### 3.3. Çoklu kullanımda dağılım düzgünlüğü

Denemelerde kullanılan yeni meme plakalarına ait dağılım düzgünlükleri ve paternatör oluğu mesafeleri dikkate alınarak, çoklu kullanımlar için uygun meme başlıkları arasındaki mesafe 54 cm olarak belirlenmiştir. Belirtilen mesafe dikkate alınarak elde edilen dağılım düzgünlüğü Şekil 9'da verilmiştir.

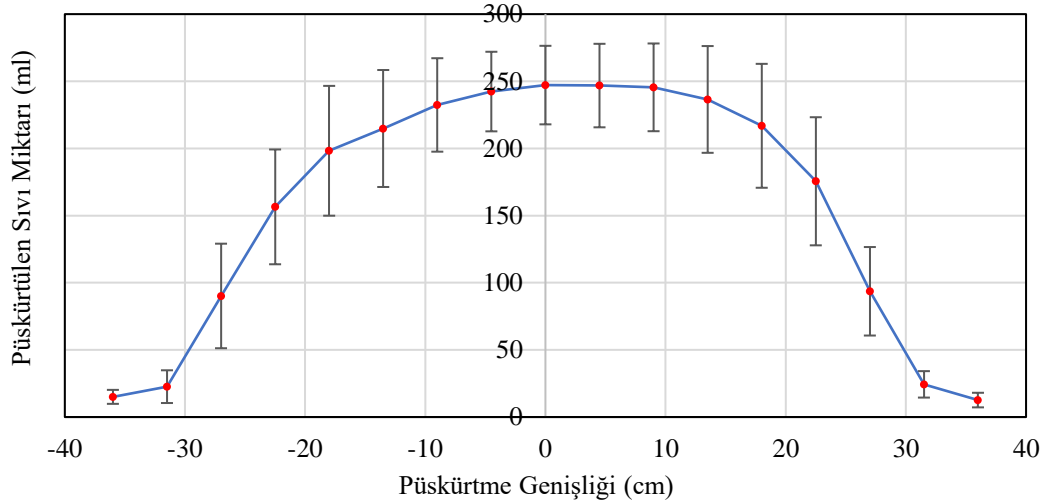


Figure 8. Spray distribution of nozzle plates in use

**Şekil 8. Kullanımdaki meme plakalarının püskürtme dağılımı**

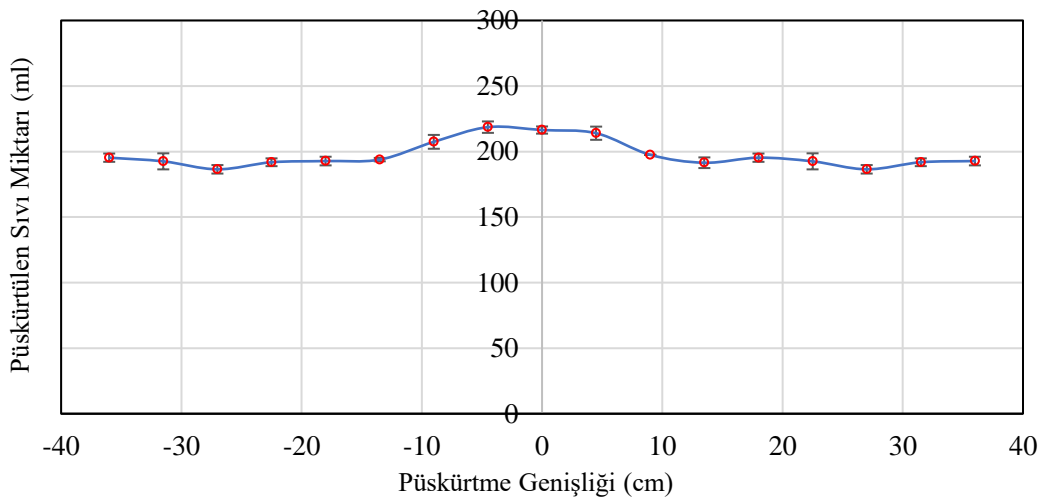


Figure 9. Spray distribution of new nozzle plates in multiple uses

**Şekil 9. Çoklu kullanımlarda yeni meme plakalarına ait dağılım düzgünlüğü**

Yeni plakaların çoklu kullanımlarında, belirli bir örtme payı ile trapez şeklindeki dağılım daha düze yakın bir dağılım şekline dönüşmektedir (Şekil 9). Tekli kullanımda %56.9 olan *CV* değeri çoklu kullanımda %5.4'e düşmüştür. Varyasyon katsayısının %10 değerinin altında olmasının dağılım düzgünlüğü açısından kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir. Bazı çalışmalarda kabul edilebilir dağılım düzgünlüğü için varyasyon katsayısı sınır değeri %15 olarak bildirilmiştir (AFMRSC-PAMI, 1978, Ergül ve Dursun, 2003, Şahin, 2017). Bu değerler dikkate alındığında belirlenen varyasyon değerleri ile yeni plakaların dağılım düzgünlüklerinin çoklu kullanımlar için uygun olduğu görülmektedir.

Çoklu kullanımlar için belirlenen 54 cm'lik mesafe dikkate alınarak kullanımda olan meme plakaları için elde edilen dağılım düzgünlüğü Şekil 10'da verilmiştir.

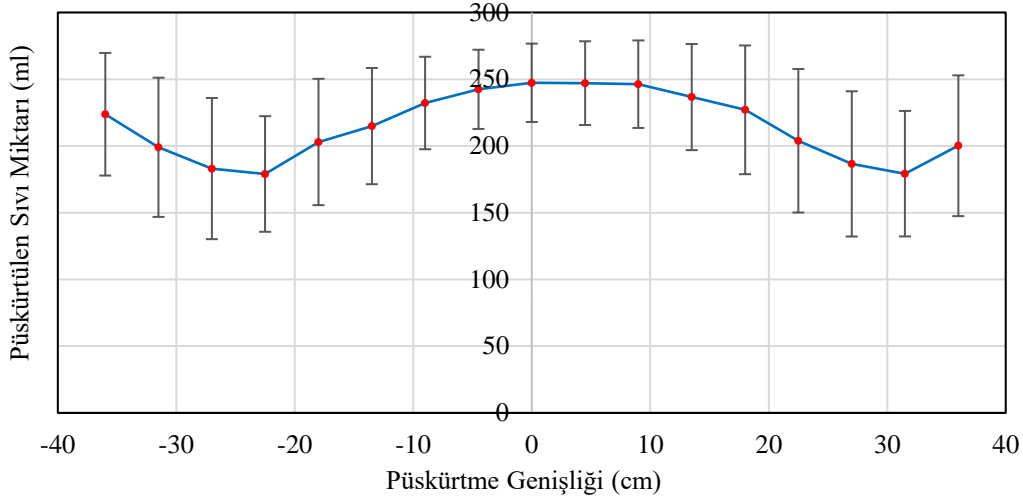


Figure 10. Spray distribution of nozzle plates in use in multiple uses

#### Şekil 10. Çoklu yerleştirme düzeninde kullanımda olan meme plakalarına ait dağılım düzgünlüğü

Şekil 10'da görüldüğü gibi tekli kullanımlarda yarım daireye benzer dağılımın, kullanımda olan plakaların belirli bir örtme payı ile çoklu kullanımlarında, dalgalı bir dağılım şekline dönüşmektedir. Tekli kullanımda %56.5 olan CV değeri çoklu kullanımda %22.2 değerine düşmektedir. Yeni meme plakalarında %5.4 olan bu değer dikkate alındığında kullanımda olan meme plakalarında daha heterojen bir dağılımın elde edildiği görülmektedir. Kullanımda olan meme plakaları ile çalışmada, dağılım düzgünlüğü için belirtilen %15'lik CV sınır değeri dikkate alındığında, 10 adet (%16.7) plakadaki dağılımın bu değerinin altında bir CV değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda kullanımda olan meme plakalarının %83.3'ünün çoklu kullanımlar için uygun olmadığı söylenebilir. Sınır değer %10 olarak dikkate alınırsa bir adet plaka (3 No.lu plaka) hariç tüm plakaların çoklu kullanımlar için uygun olmadığı görülmektedir.

#### 4. Sonuç

Antalya bölgesinde geleneksel sera işletmelerinin kullanımında olan meme plakalarının pülverizasyon özelliklerinin belirlenmesine yönelik yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Kullanımda olan meme plakalarında delik çaplarında boyutsal ve şekilsel olarak değişimler bulunmaktadır. Çalışmada elde edilen delik çapı, debi, hüzmeye açısı, dağılım düzgünlüğünün belirlenmesine yönelik bulgular pülverizatörlerin özellikle periyodik bakımlarının zamanında yapılması kapsamında plakaların değiştirilmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Zamanında değiştirilmeyen meme plakaları ile yapılan ilaçlama işlemlerinde belirtilen sınır değerlerin dışına çıktığı görülmektedir. Örneğin yeni plakalarda 1.57 olan delik çapı kullanımda olan plakalarda ortalama 1.74 mm olarak belirlenmiştir. Delik çaplarındaki aşınmaya bağlı olarak belirtilen %5 büyüme sınır değerine göre kullanımda olan plakaların %73'ünün değiştirilmesi gerekmektedir. Hüzmeye açıları yeni plakalarda 68° ve 70° olarak ölçülmüştür ve sağ ve sol taraf açıları eşittir. Kullanımda olan plakalarda hüzmeye açısı değerleri 54°-74° sınırları arasında belirlenmiş ve plakaların %90'ının sağ ve sol tarafta açıların eşit olmadığı görülmüştür. Yeni meme plakalarında 2399 ml dk<sup>-1</sup> olan debi değeri, kullanımda olan meme plakalarında ortalama %10.8'lik artışla 2657 ml dk<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Meme plakalarının değiştirilme zamanını gösteren debi artış sınır değerinin %10 olduğu dikkate alındığında kullanımda olan plakaların %46.7'sinin değiştirilmesinin gerekli olduğu anlaşılmaktadır.

Yürütülen çalışmanın yoğun kullanıma rağmen üzerinde bilimsel çalışmaların sınırlı düzeyde kaldığı geleneksel seralarda yapılan ilaçlama işlemlerine yönelik olması ve çalışma materyalinin sahadan toplanması nedeniyle elde edilen bulguların sera işletmecileri başta olmak üzere bu konuya yönelik çalışmalar yürüten kamu, üniversite, sivil toplum teşkilatları ile makina ve meme başlığı/plaka üreticileri için dikkate alınması gereken veriler içerdiği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında kullanım süresine bağlı olarak delik boyutlarının ve dağılım düzgünlüklerinin değişimine yönelik kontrollü ortamlarda araştırma çalışmalarının

yapılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte meme plakalarında paslanmaz çelik yerine aşınma dayanımı daha yüksek malzemelerin yaygınlaştırılması konusunda çalışmalar yapılabilir.

Kimyasal madde ile çalışılması nedeniyle konu, tarımsal üretim ile birlikte sürdürülebilir bir çevre, gıda güvenliği, iş sağlığı ve güvenliği gibi farklı alanları da ilgilendirmektedir. Bu kapsamda, makinaların kullanımına yönelik eğitim çalışmalarının yanında, bazı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi pülverizatörlerin periyodik muayenelerinin yapılmasına yönelik çalışmaların başlamasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

#### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Çanakçı, M., Sivri M., Materyal ve Metot: Çanakçı, M., Sivri M., Veri toplama ve İşleme: Sivri M., Çanakçı, M., İstatistik Analiz: Çanakçı, M., Sivri M., Literatür Tarama: Sivri M., Çanakçı, M., X.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Çanakçı, M., Sivri M.

## Kaynakça

- AFMRC-PAMI (1978). Evaluation Report. Wilger Model 804S Field Sprayer. Alberta Farm Machinery Research Centre-Prairie Agricultural Machinery Institute, ISSN 0383-3445.
- Andırın, İ. and Bayat, A. (2005). Tarla pülverizatörünün zorunlu denetimine ait bazı temel verilerinin saptanması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(2): 135-141.
- ASAE (2001). Guide for Preparing Field Sprayer Calibration Procedures. ASAE Standarts. American Society of Agricultural Engineers. ASAE EP367.2 JAN01, 25-27.
- Balcı, Y. ve Yağcıoğlu, A. (1994). Sırt Pülverizatörlerinde Kullanılan Bazı Hidrolik Memelerin Volumetrik Dağılım Karakteristikleri. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, 20-22 Eylül, Antalya, Türkiye.
- Bolat, A. ve Bayat, A. (2019). Tarımsal ilaçlamada kullanılan bazı memelerin farklı püskürtme yüksekliği ve basınç düzeylerinde oluşturduğu püskürtme dağılımının belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3): 373-380.
- Çakmak, B. (2000). Farklı Malzemelerden Yapılan Meme Plakalarının Yapay Aşındırıcı Kullanılarak Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi*, 1-2 Haziran, S.207-121. Erzurum, Türkiye.
- Çanakcı, M. ve Akıncı, İ. (2004). Antalya bölgesi sera sebze yetiştiriciliği işletmelerinde tarımsal altyapı ve mekanizasyon özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 101-108.
- Çanakcı, M. ve Akıncı, İ. (2009). Antalya ili sera sebze yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve insan işgücü kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(2): 193-201.
- Çelen, İ. H. (1998). *Yelpaze hüzmeli püskürtme memelerinde aşınmanın pülverizasyon karakteristiklerine etkisi üzerine bir araştırma*. (Doktora Tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çilingir, İ. ve Dursun, E. (2010). Bitki Koruma Makinaları (II. Baskı). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. Yayın No: 1531. Ders Kitabı: 484. Ankara.
- Dursun, E., Karahan, Y. ve Çilingir, İ. (2000). Türkiye’de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3): 135-140.
- Ergül, İ. ve Dursun, E. (2003). Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(3): 278-283.
- EU (2002). European Commission, EIP-AGRI, Green Deal: Halving pesticide use by 2030. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticide-use-2030.html> (Erişim tarihi: 10 05 2023).
- Sayın, B., Bayav, A., Beşen, T., Emre, M., Çelikyurt, M. A., Karamürsel, D., Kuzgun, M., Yılmaz, Ş. G. ve Arslan, S. (2021). Biyolojik-biyoteknik mücadele desteklemeleri hakkında üretici görüşlerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 344-358.
- Sayın, B. ve Bastaban, S. (2009). Hidrolik memelerin ilaç uygulama performansını etkileyen faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2): 35-41.
- Sivri, M. (2020). *Geleneksel sera sebze işletmelerinde kullanımda olan pülverizatörlerin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Semineri) Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı., Antalya.
- Şahin, M. (2017). *Pülverizatör memelerinde püskürtme paterni değişkenlerinin doğrusal hareketli simülasyonda belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Erzurum.
- Temel, U. ve Öztekin, Y. B. (2020). Tokat ilinde kullanılan bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 276-284.
- TS 4280 (1991). Türk Standardı-Pülverizatör Memeleri. ICS 35.060.40. Türk Standartları Enstitüsü, 19.11.1991. S 22.
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 20.05.2023)
- Yağcıoğlu, A. (2008). Bitki Koruma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 508. İzmir.
- Zeren, Y. ve Bayat, A. (1995). Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Genel Yayın No: 108. Ders Kitapları Yayın No: 27. Adana.

## The Effect of Wild Mushroom Collection in The Mountains of Strandja on The Economic Development of The People Living in The Region

Istranca Dağları'ndaki Doğal Mantar Toplamının Bölgede Yaşayan İnsanların Ekonomik Gelişimine Etkisi

Emine YILMAZ<sup>1\*</sup>

### Abstract

There is a need for innovative approaches that can accommodate the rural population and manage to keep the rural population in the settlement. At this point, it is important to carry out actions that will adequately meet the living conditions of rural areas and to increase the income levels of rural people. The protection of forests and the maintenance of biological diversity are important in terms of non-wood forest products collected from the forests by the villagers living in that region, and it is very important for the sustainability and economic future of life in the region. In this study, a questionnaire was collected from 130 households living in the region to determine the importance of mushrooms, which grew naturally in the mountains of Strandja and were used for consumption, in terms of family economy and development. The empirical analysis was based on a face-to-face survey of 130 respondents living in villages close to the Strandja Mountains and collecting mushrooms in 2019. The answers given to the questions, which determined the opinions of the participants about the mushrooms growing in nature, were taken with a 5-point Likert scale and factor analysis was performed. Villagers collecting mushrooms could not get the income they wanted from the products they obtained. It was determined that the income of mushroom collectors from mushrooms contributed to their daily needs, but did not make a significant contribution to increasing their welfare level. For this, villagers needed to establish cooperatives and create their own sales points. Since the mushroom collectors used the mushrooms in their diets, the villagers should be trained in mushroom drying and canning to ensure mushroom consumption throughout the year. In the research, it was observed that the local people were aware of the contribution of mushrooms to the economy and that a large part of their food consumption consisted of mushrooms grown in nature and therefore it was important in rural development.

**Key words:** Rural development, Wild mushroom, Mushroom collect, Forest villages, Strandja Mountain

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine Yılmaz, Tekirdag Namık Kemal University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics. Tekirdag, Türkiye. E-mail: [emineyilmaz@nku.edu.tr](mailto:emineyilmaz@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-3434-8932

Atıf: Yılmaz, E. (2024). Istranca Dağları'ndaki doğal mantar toplamının bölgede yaşayan insanların ekonomik gelişimine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 666-682.

Citation: Yılmaz, E. (2024). The effect of wild mushroom collection in the mountains of Strandja on the economic development of the people living in the region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 666-682.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Kırsal da kırsal nüfusu barındırabilecek ve kırsal nüfusu yerleşimde tutmayı başarabilecek yenilikçi yaklaşımlara gereksinim vardır. Bu noktada kırsal alanların yaşam koşullarının yeteri düzeyde karşılanacağı eylemlerin gerçekleştirilmesi ve kırsal kesimde yaşayanların gelir seviyelerini arttırmaya yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır. Ormanların korunması ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi, o bölgede yaşayan köylüler tarafından ormanlardan toplanan odun dışı orman ürünleri açısından önem arz etmekte olup, bölgedeki yaşamın sürdürülebilirliği ve ekonomik geleceği açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmalar özellikle dağ ve orman köylerinde yaşayanlar için çok daha önemlidir. Bu çalışmada, Istranca Dağları'nda doğal olarak yetişen ve tüketim amacıyla kullanılan mantarların, bölgede yaşayan ailelerin ekonomisi ve kalkınması açısından önemini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma, 2019 yılında Istranca Dağları'na yakın köylerde yaşayan ve mantar toplayan 130 katılımcıyla yüz yüze yapılan bir anket üzerinden gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların doğada yetişen mantarlar hakkındaki görüşlerini belirleyen sorulara verdikleri cevaplar 5'li Likert ölçeği ile alınmış ve faktör analizi yapılmıştır. Mantar toplayıcılarının mantardan elde ettikleri gelirin günlük ihtiyaçlarına katkı sağladığı ancak refah düzeylerini arttırmada önemli bir katkı sağlamadığı belirlenmiştir. Topladıkları mantarların gelirlerini arttırması için köylülerin pazarlama noktasında problemleri oluşu ve bu problemin çözümüne karşılık pazarlamanın daha etkili olabilmesi için köylülerin kooperatifler kurması ve kendi satış noktalarını oluşturması gerekmektedir. Mantar toplayıcıları, topladıkları mantarları kendi beslenmelerinde de kullanmaktadırlar. Köylülerin topladıkları mantarları yıl boyunca tüketimini sağlamak ve bu ürünlerden tüm yıl boyunca gelir elde etmelerini sağlayabilmek için köylülere mantar kurutma ve konserve yapma gibi eğitimler verilmelidir. Araştırmada yöre halkının mantarın ekonomiye katkısının farkında olduğu ve özellikle toplama mevsiminde gıda tüketimlerinin büyük bir kısmının doğada yetişen mantarlardan oluştuğu ve bu nedenle bölgede yaşayanlar açısından kırsal kalkınmada önemli olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kırsal kalkınma, Doğal mantar, Mantar toplama, Orman köyleri, Istranca Dağı



## 1. Introduction

In rural areas, it is aimed to reduce development differences by increasing the income level and life quality of rural areas on the one hand, and to protect environmental and cultural values, on the other hand, based on the sustainable use of natural resources (DPT, 2006). In addition, there are problems in the implementation of sustainable forestry rules in forest villages where the adverse effects of land and climatic conditions affect the quality of life and where the dependence on natural resources and especially forests is high. Therefore, rural development in forest villages is more important than other rural areas.

In Turkey, forestry activities are conducted to preserve and increase the forested land and to improve the conditions of villagers living around forests. The Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry develops projects with social and economic goals to improve the quality of life of forest villagers, to ensure onsite development, and to reduce the pressure on forests (Bulut et al., 2021)

Forests produce non-wood products as well as wood-based products. Forest products such as blackberries, mushrooms, aromatic, medicinal and decorative plant materials, hazelnuts, sap and resins are non-wood products in forests. In a global context, especially for low-income households, non-wood forest products can represent 10-60% of household income, which is an important source of livelihood, provide food security by balancing the seasonality of other food sources, and play an important cultural and spiritual role (Lovric et al., 2020; Lovric et al., 2021).

There are groups of people who are engaged in collecting products that grow naturally in almost all parts of the world. Furthermore, recently there have been several indications that these products have acquired new popularity either as part of foodie culture, newly discovered traditional/cultural roots, search for healthier diets, etc. (Stryamets et al., 2015; Wirsum, 2017; Wirsum et al., 2018).

In recent years, interest in the commercial harvest of wild mushrooms has increased all over the world and the consumption of edible mushrooms provides significant economic contributions to the inhabitants of the region (Cai et al., 2011). The income obtained from agricultural products contributes significantly to the national economy in Turkey. Edible and medicinal mushrooms are categorized also as agricultural products, and it is thought that they can lead the family economy and regional development with the studies and regulations to be made (Ali et al., 2007). In addition to cultivated mushroom cultivation, interest in wild mushrooms has increased all over the world in recent years. Due to its flora and climatic conditions, Turkey is very rich in natural mushrooms that grow in different environments (Allı and Şen, 2016). For this reason, mushroom species that are eaten in many parts of Turkey are collected during the growing season and used as food.

It is reported that edible wild mushrooms collected from nature, especially in European countries, are much more demanded than cultivated mushrooms (Kalac, 2009). The increasing demand for edible wild mushrooms and the potential for trade put them among the valuable non-wood forest products alternative (Boa, 2004; Egli et al., 2006). One of the biggest reasons why mushrooms collected from nature are in demand is their high nutritional properties. Mushrooms contain 5-10 times more vitamin B3 than some vegetables (Anşın et al., 2000). They are low in fat and carbohydrate amounts and rich in protein amount. It is stated in some sources that 70% of the protein found in mushrooms can be easily digested by the body (Anşın et al., 2000; Babar et al., 2005; Türkoğlu and Gezer, 2006).

Wild-grown mushrooms have been a popular delicacy in many countries, particularly in central and east Europe (Keleş and Genççelep, 2020). In Turkey, consumption of wild-grown mushrooms is also increasing particularly in the Marmara region (Gürbüz, 2019). Today; collecting mushrooms from nature has become a recreational and money-saving activity. It does not require much labor and is low cost, especially for some families in rural areas; it has become a source of livelihood for such reasons (Chang and Miles, 2004). Turkey has approximately 40 kinds of edible mushroom species are collected from nature from which 25 species commercially and exported (Okan et al., 2013).

In addition to being food, wild mushrooms are also an important source of livelihood for the villagers. Most of the mushrooms exported are collected from the forests by the villagers and they make important contributions to the country's economy (Khan et al., 2012; Pekşen and Akdeniz, 2012).

It is assumed that non-wood forest products have the potential to play a more important role in rural development by providing socio-economic benefits to a number of actors along the entire value chain, from the forest harvester to the retailer who sells these products (Huber et al., 2019). For forest villages, mushroom collecting that grows in nature is gaining importance as a primary way of utilizing non-wood forest products due to its potential for utilization in domestic and foreign markets, being a direct source of income, and supporting rural development by increasing the welfare of rural areas. While the services provided by forests differ in such a wide range, their effects on the living conditions of rural forest villagers in socio-economic terms are among the important issues that should be evaluated in terms of poverty management and poverty alleviation and rural development.

The aim of this study is to evaluate the collection and consumption of natural mushrooms that grow naturally in this region, which includes Tekirdağ Province Saray District, and are collected by the local people. In this article, answers to the following questions were sought in particular; (1) Determining the sociodemographic structure of the families living in the region and what kind of families participate in mushroom picking activities? (2) To determine how many mushrooms these households have collected? and (3) how much income they get from these collected mushrooms and how much they use for their own consumption and how they spend their income from harvesting mushrooms?



**Figure 1. Location of the research area on the map**

## 2. Material and Methods

With its green vegetation, dense forests, endemic plant species and fertile soils, mushrooms are an important source of income in Ayvacık, Safaalan, Bahçeköy, and especially in Güngörmez Village, in the Saray district of Tekirdağ, where agriculture and forestry activities are intensely carried out. Porcini is from the Boletaceae family (*Boletus edulis species*) and is one of the most common edible mushroom species in the world. The natural mushroom, which grows in the forests of the Saray every year with the spring rains and known as "bear mushroom", "bolete mushroom" or "porcini mushroom" by the locals, is collected and sold by the citizens. Bolete mushroom that grows in nature is a very important source of livelihood for in this region, but it is also important for rural development. The mushrooms collected by the village residents are sold on stalls in the village square and are also exported mainly to European countries such as Italy, France and Spain.

This region is named after a floodless water source surrounded by lush and tall trees. It was established in the foothills of the Strandja Mountains and is 7 km away from Saray. The height of the village is 220 meters. The means of livelihood is farming, animal husbandry, forestry products and factory labor (Anonymous, 2021).

In this research, primary data was obtained through a face-to-face survey conducted to mushroom collectors and live in the villages near the Strandja mountain foothills and the Igneada floodless forests, mainly within the borders of the Saray district of Tekirdag province (Figure 1). In determining the sample volume, the limited main mass formula was used for the ratios. In the formula, 90% confidence interval, 5% margin of error and  $p = q = 0.5$  in order to reach the maximum sample volume (Equation 1).

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N - 1) \sigma_p^2 + p \cdot q} \tag{Eq. 1}$$

n = sample volume,

N = population size (600 households)

p = estimate ratio (0.5)

$\sigma_p^2$  = ratio variance (value with 10% margin of error at 99% confidence interval to reach maximum sample volume).

The original data of the study consisted of the findings of a face-to-face survey with 130 households selected by random sampling method from in this region. In order to test the suitability of the prepared questionnaire for its purpose, a preliminary survey was conducted with 30 people living in the region, and some parts of the questionnaire were corrected and finalized. In the first part of the survey, there were questions that determined the demographic (age, gender, marital status, education level, occupation) characteristics of the people who participated in the survey. In the first part, there were multiple-choice and open-ended questions (Equation 1). In the second part, there were questions about the contribution of the income of the participants from mushroom picking to their economic situation. Factor and logit analysis were applied to the obtained data.

### 2.1. Factor analysis

Factor analysis is a type of statistical analysis with many variables that provides a more meaningful and summary of the data based on the relationships between variables (Kurtuluş, 2004; Tekin, 2007; Karpati and Szakal, 2009). The main purpose of this analysis is to interpret each factor individually by explaining the relationship between the original variables with a group of factors with the least loss of information. In short, factor analysis makes it possible to work with less data by preserving the original information as much as possible. Most of the time, it is not possible to measure people's behavior on a subject with a single question. Many factors that affect this behavior are closely related. The purpose of factor analysis is to reduce the loss of information as much as possible, bringing these close factors together and allowing to work with fewer factors (Ness, 2000; Topçu, 2006; Uzundumlu, 2011).

In the study, the following hypotheses were tested to reveal the wild mushroom picking status of individuals. Testing of hypotheses was carried out by using factor groups obtained from factor analysis as explanatory variables in the logit model.

H0: Health-conscious individuals do not pick natural mushrooms. H1: Health-conscious individuals go out to collect natural mushrooms,

H0: Individuals do not go out to collect mushrooms in order to create an additional source of income. H1: Individuals go out to collect mushrooms in order to create an additional source of income.

### 2.2. Logit Analysis

Bivalent selection models assume selection between two alternatives depending on the characters of the individuals. Once knowing about the behavior of individuals and the choices they will make, an equation can be predicted to predict their non-exemplary choices. Since it is possible to make many assumptions about the probability structures of individuals regarding choices, alternative model specifications emerge (İşyar, 1994). In the study, logit analysis, one of the multivariate statistical analysis methods, was used to reveal the criteria that affect the preferences of individuals to go to natural mushroom picking or not.

The logit model, which was created as an alternative to the probit model to solve the problems encountered in the linear probability model, is more attractive in practice and is used more widely. Although it is the same as the probit model in terms of its formation process, it differs from it in terms of the cumulative distribution function on which it is based (Özer, 2004).

The probability of an individual going to pick mushrooms;

$$P_i = E(Y = 1|X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}} \quad (\text{Eq. 2})$$

or

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-Z}} \quad (\text{Eq. 3})$$

it is indicated by. Here,

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (\text{Eq. 4})$$

and (3) is known as the equation (cumulative) logistic distribution function. It is known that while Zi varies from  $-\infty$  to  $+\infty$ , Pi takes values between 0 and 1 and its relation with Zi is not linear (Equation 2-4).

If the probability of going to mushroom picking is Pi, then the probability of not going (1-Pi) is;

$$1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{Z_i}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Therefore, the following can be written,

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{1 + e^{Z_i}}{1 + e^{-Z_i}} = e^{Z_i} \quad (\text{Eq. 6})$$

In this case Pi / (1-Pi) is the bet rate of going to mushroom picking (Equation 5-6). If the natural logarithm of this equation is taken, the following result is obtained;

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = Z_i \quad (\text{Eq. 7})$$

$$= \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

The logarithm of the bet odds, L, is linear not only with respect to X but also with respect to the main mass coefficients. L is called logit and the logit model comes from equation (7) (Gujarati, 1999).

The variables used in the model are given in the following equation and the values they take are given in Table 1.

**Table 1. Definition of the variables**

<b>Dependent variable</b>	
<b>Go to pick mushrooms</b>	<b>1 Who goes to pick mushrooms?</b>
	<b>0 Who does not go to pick mushrooms?</b>
<b>Independent variables</b>	
Income group	1 1001-2000
	2 2001-3000
	3 3001-4000
	4 4001 +
Education	1 Non-education
	2 Primary school
	3 Secondary School
	4 High school
	5 University
Factor 1	
Factor 2	
Factor 3	
Factor 4	

### 3. Results

A survey was conducted to determine the social and economic structure of families living in this region of Tekirdağ Saray District. The socio-demographic characteristics of the survey participants were given in *Table 2*. The majority of the respondents (27.7%) were between the ages of 46-55. This was followed by the age range of 26-35 with 23.8%. 57.7% of the participants were women and 42.3% were men. 63.8% of these people were married and 26.9% were single. Similar results were obtained from Pellecier-Gonzalez et al. (2002).

*Table 2. Socio-economic status of families (%)*

	Number	%		Number	%
<b>Gender</b>			<b>Income (monthly)</b>		
Woman	75	57.7	166-333\$	17	13.1
Men	55	42.3	334-500\$	46	35.3
<b>Ages</b>			501-666\$	27	20.8
16-25	12	9.2	667\$ +	40	30.8
26-35	31	23.8	Total	130	100
36-45	17	13.1	<b>Family type</b>		
46-55	36	27.7	Mother, father and children	120	92.3
56-65	21	16.2	Mother, father and children and grandparents	10	7.7
66≥	13	10.0	Others	-	-
Total	130	100	Total	130	100
<b>Education Groups</b>			<b>Marital status</b>		
Primary school	56	43.1	Married	83	63.8
Secondary school	14	10.8	Single	35	26.9
High school	23	17.7	Widow	8	6.2
Bachelor	22	16.9	Divorced	4	3.1
Master science and PhD	15	11.5	Total	130	100
Total	130	100	Total	130	100

It was determined that 43.1% of the participants were primary school graduates. Looking at the incomes of the families, it was determined that 35.3% of the respondents had an income between 333-500\$ and 30.8% had an income of 667\$ or more. 86.9% of the respondents stated that they had an income higher than the minimum wage 355\$. 92.3% of the families participating in the survey consisted of the basic family structure (mother, father and children). It was determined that the crowded family structure was less in the region where the survey was conducted (7.7%).

*Table 3. Participants going to mushroom picking (%)*

Going to pick mushrooms	Number	Rate (%)
Yes	92	68.3
No	38	31.7
Total	130	100.0
Single	18	19.6
With my wife	24	26.1
With my wife and children	16	17.4
With Relatives	18	19.6
With Neighbors	5	5.4
Other	11	12.0
Total	92	100.0

68.3% of the respondents went to collect mushrooms in nature, 31.7% did not. Participants mostly went to pick mushrooms because it was a traditional family activity and it was profitable. It was observed that the participants mostly went to mushroom picking with their spouse (26.1%). When asked why mushroom collectors were going with their spouse, they stated that “the more people the more mushrooms” they collected (*Table 3*). Yılmaz et al. (2017) conducted a study in Feke district of Adana province, the cedar mushroom collector households subjected

to the survey stated that they went to the cedar mushroom collection together with "other household members and friends". It was seen that our results were consistent with the Yılmaz et al. (2017). Questions about the "mushroom picking time" were also posed to the natural mushroom collectors who participated in the survey. Accordingly, they stated that natural mushroom picking was an activity that took place in the "spring-autumn" season, "every week" of the month and "every day" of the week.

**Table 4. Time participants spend in nature to find mushrooms (%)**

Time Spent	Number	Rate (%)
3 Hours and less	22	23.9
Between 3-5 Hours	32	34.8
Between 5-7 Hours	30	32.6
7-9 Hours	8	8.7
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>100.0</b>

Within the scope of the research, the participants were asked about the time they spent in nature to collect mushrooms daily, and the data obtained were given in *Table 4*. According to the data obtained, the fluctuation in the amount of mushrooms also affected the time spent to collect mushrooms in nature. The main reason for this was that sometimes the rain fall in the season, and sometimes the rain did not fall on time and sufficiently. This time period was 5-10 hours in the period when mushrooms were abundant, but it was limited to 3-5 hours in periods when mushrooms were less. It was seen that our results were consistent with the results of the previous study (Cai et al., 2011). The amount of mushrooms collected in nature also varied in proportion to the time period. 34.8% of the mushroom collectors who participated in the survey stated that they spent 3-5 hours to find mushrooms in the nature, and 8.7% stated that they spent 7-9 hours.

**Table 5. Mushroom amount of participants collected daily from nature (%)**

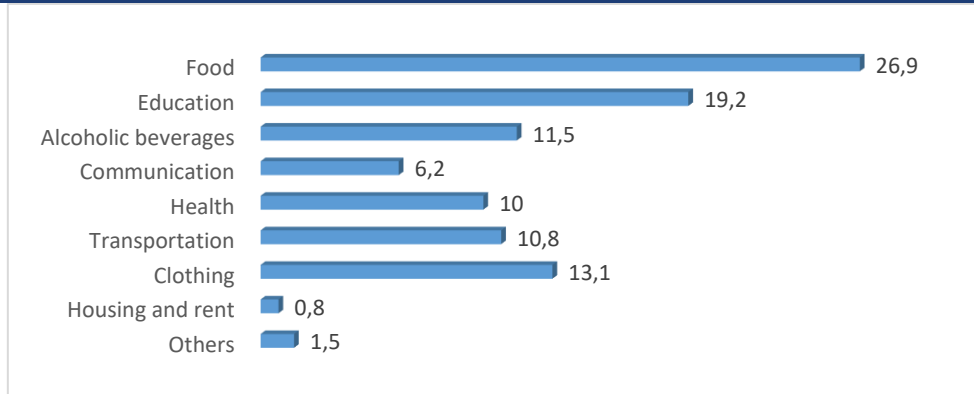
The amount of mushrooms collected	Number	Rate (%)
Less than 5 kg	26	28.3
6-10 kg	29	31.5
11-20 kg	17	18.5
21-30 kg	16	17.4
31-40 kg	2	2.2
40 kg +	2	2.2
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>100.0</b>

**Table 6. Income of participants from daily mushroom picking (\$)**

Income	Number	Rate (%)
Less than 8.33 \$	25	27.2
8.34-16.66 \$	29	31.4
16.67-50\$	25	27.2
50.01-83.3\$	11	12.0
83.31-133.3\$	2	2.2
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>100.0</b>

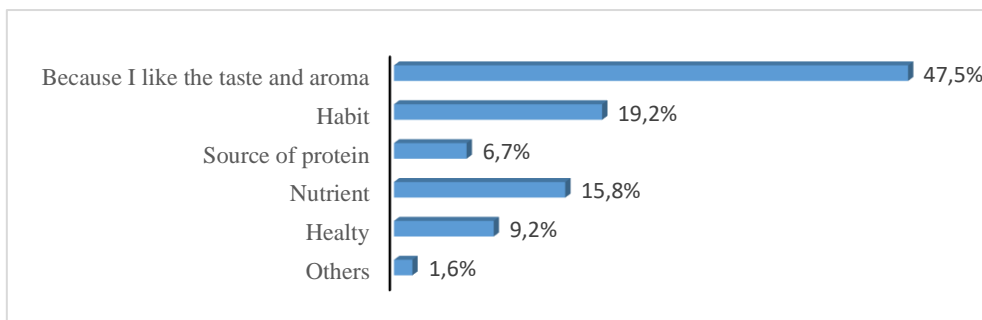
In the periods when mushrooms were abundant, 11-20 kg and more mushrooms could be collected in 3-5 hours in the nature, while 4-5 kilograms of mushrooms could be found in nature by traveling for 3-5 hours in the periods when the mushrooms were less. When the amount of mushroom picking was examined, it was mostly collected between 6-10 kilograms (*Table 5*). Considering the income from daily mushroom picking, 31.4% of the participants stated that they earned between 8.5-16.5\$ (*Table 6*).

26.9% of the income obtained from the mushroom collected was used for food expenditures (*Figure 2*), 19.2% for education expenditures and 13.1% for clothing expenditures. Increasing the income level of the local people through mushroom cultivation would be an effective factor in development for the region, especially considering that these mushrooms could be obtained with very low costs.



**Figure 2. In which expenditures the income is used (%)**

While 96.9% of the participants stated that they found the mushrooms grown in nature to be healthier because they did not contain heavy metals and chemicals, 3.1% stated that they did not find it healthy. When we looked at their consumption, 92.3% of the participants consumed mushrooms that grew in nature, and 7.7% did not. All those who went to collect mushrooms found the mushrooms grown in nature healthy, 97.8% of them consumed this mushroom and 2.2% of them did not consume.



**Figure 3. Nature-grown mushroom consumption status**

When the mushroom consumption status was examined, consumption due to its taste was the first place with a ratio of 47.5% (Figure 3). This was followed by habit at 19.2% and those who consumed it because it was nutritious was 15.8%. Similar results were obtained from Adanacıoğlu et al. (2017). When the participants who did not consume mushrooms were asked why they did not consume mushrooms, 40% of the consumers stated that they did not find the mushrooms grown naturally in nature healthy and did not consume them because they were afraid of poisoning, while 20% did not like the taste of mushrooms. When asked how natural mushrooms were consumed, 27.9% of them were served with meat, while 24.6% were sautéed, 23.0% fried, 9.8% soup, 9.0% pastry, 2.5% pickles and 3.2% on the grill or in the oven.

**Table 7. Reasons for less mushroom growing in nature compared to previous years**

The reasons why mushrooms are scarce in nature	Number	Rate (%)
Lengthening of summer and shortening of autumn due to global warming	26	20
Delay of rain season due to global warming again	40	30.8
Thinning the forests	28	21.5
Unconscious collection	36	27.7
Total	130	100

The respondents thought that the publicity of mushrooms grown in nature was not sufficient. They stated that the publicity of natural mushrooms could be made via internet 50.8%, television 38.5%, newspaper 6.9%, fairs and festivals.

When the data obtained as a result of the research were examined, when asked why the mushrooms growing in nature were less common than in previous years, 30.8% of the participants stated that it was due to the delay of the rainy season due to global warming (Table 7). Most of the participants stated that they knew that the fungus

existed in rain and temperature conditions with the experience of the past years. For the solution of these problems, questions were asked to the participants and when the solution ways were examined, it was agreed that the destruction of nature should be prevented with a rate of 53.3% (Table 8).

**Table 8. What should be done to solve the reasons of less mushrooms in nature (%)**

What to do to solve the problem	Number	Rate (%)
The public should be made aware	45	35.0
Nature destruction should be prevented	69	53.3
Tightening of inspections against illegal logging	16	11.7
Total	130	100.0

Considering that the damage caused by human beings to nature was increasing day by day, it was reported that the fear that we might not see this mushroom species in nature again after a decade was the common thought of natural mushroom collectors. They stated that some measures should be taken in order to prevent the destruction of nature.

The answers to the questions determining the opinions of the participants about the mushrooms growing in nature were taken with a 5-point Likert scale. Since the scaled criteria were numerous, it was not possible to use each of them as explanatory variables. Therefore, variables should be presented in summary form. Summarizing the variables in the study was done by factor analysis with the help of PASW 18.0 software.

The Kaiser-Meyer-Olkin measure was used to determine whether the variables to be used were suitable for factor analysis. As seen in Table 9, the KMO test result was calculated as 0.703. In addition, Bartlett's Test of Sphericity value and significance tests whether the variables showed correlation with each other and showed whether it was appropriate to perform factor analysis with the data used. As can be seen from Table 9, it was shown that the data used in two values were suitable for factor analysis. It was stated in the literature that factor loads ranging from 0.30 to 0.40 could be taken as the lower cut-off point in forming the factor pattern (Büyüköztürk, 2007).

The suitability of the data set for factor analysis was tested with the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett tests. KMO values > 0.90: excellent, 0.80: very good, 0.70: good, 0.60: medium, 0.50: weak and < 0.50; interpreted as rejection (Table 9).

**Table 9. KMO and Bartlett's test results**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,703
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	623,890
	df	78
	Sig.	,000

In the initial solution of the factor analysis, the eigenvalues, variance and cumulative variance values used in deciding the number of factors were calculated and given in Table 10. The number of factors with eigenvalues greater than 1 is 4. All of these 4 factors explained 65,611% of the total variance.

Factor 1 consisted of 4 items and the factor load values of the items under this dimension vary between 0.588 and 0.864, Factor 2 consists of 4 items, factor load values are 0.638 and 0.830, Factor 3 consists of 3 items, factor load values are 0.540 and 0.895. It was determined that Factor 4 consists of 2 items and factor loadings are 0,431 and 0,926 (Table 11).

**Table 10. Factor analysis initial solution statistical results**

Factor	Eigen Value	Variance	Cumulative Variance
1	4,238	32,603	32,603
2	1,871	14,394	46,997
3	1,271	9,780	56,777
4	1,148	8,833	65,611



**Table 11. Factor Analysis Results**

Factors and Variables that Form Factors	Factor Loads			
	F1	F2	F3	F4
<b>Factor 1 Nutritional value</b>				
Mushrooms have anti-aging properties	,864			
Mushrooms that grow in nature are healthier than others	,723			
Mushrooms are a source of protein	,701			
I don't think mushrooms are healthy	,-588			
<b>Factor 2 Health awareness</b>				
I don't consume mushrooms because I'm afraid of poisoning		,830		
Mushroom flavor matters		,746		
Mushrooms should be consumed for health		,668		
Over-consumption of mushrooms can cause poisoning		,638		
<b>Factor 3 Conscious consumption</b>				
Public awareness should be raised about the consumption of natural mushrooms			,895	
Consuming mushrooms protects against cancer			,595	
Consuming mushrooms strengthens our immune system			,540	
<b>Factor 4 Additional income and product processing</b>				
Facilities processing natural mushrooms should be established				,926
Mushroom collecting provides an extra income for rural residents				,431

Factor 1 is named as "nutritional value" and it explains 32.603% of the variance. Factor 2 has been named "Health Awareness". It explains 14.394% of the variance. Factor 3 has been named "Conscious Consumption". It explains 9,780% of the variance. Factor 4 has been named "Additional income and product processing". It explains 8,833% of the variance.

### Logit Analysis

In the study, the logit model was used to examine the variables affecting whether the household in this region goes to collect mushrooms or not. In this method, each estimation probability is compared according to the split point C (Hosmer and Lemeshow 1989). If the estimated probability value exceeds C, the investigated variable will be equal to 1, otherwise it will be equal to zero. Usually, 0.50 is used for the discrimination point (Karaman and Yılmaz, 2007). As seen in *Table 12*, the rate of correct estimates of the logit model is 90.8%. 92.4% of the individuals who went to mushroom picking and 86.8% of the individuals who did not go to pick mushrooms were classified correctly.

Such criteria can be used to test the validity of the model since the criteria similar to the sum of error squares based on the difference of likelihood ratio values of the model that includes all variables and the estimated model show  $\chi^2$  distribution. The likelihood ratio test is similar to the general F test for significance of coefficients in multiple linear regression. The likelihood value of the model consisting of  $L_0$  constant terms was calculated as  $\chi^2$  111.54, where  $L_1$  is the likelihood value of the model, and it was found to be statistically significant ( $111.54 > 25,0.01 = 16.81$ ) at the 0.01 significance level. The Cox & Snell  $R^2$  coefficient was calculated as 0.57 and the Nagelkerke  $R^2$  coefficient as 0.82, among the criteria of goodness of fit (*Table 13*).

**Table 12. Correct prediction table of the Logit Model**

Observed	Estimated			
Whether to go pick mushrooms or not	1	0		Correct prediction
	1	85	7	92.4
	0	5	33	86.8
Total correct prediction rate				90.8

C= 0.50

Hosmer and Lemeshow H test, which gives goodness of direct fit, shows  $\chi^2$  distribution with t-2 degrees of freedom (Hosmer and Lemeshow, 1989).

Tested hypotheses; H<sub>0</sub>: Model is compatible, H<sub>1</sub>: The model is incompatible.

Since the observed value of the H test statistic is  $H = 5.37 < \chi^2_{8, 0.01} = 20.09$ , the H<sub>0</sub> hypothesis showing the goodness of fit of the model cannot be rejected and the model is considered significant at the 0.01 significance level.

**Table 13. Goodness of fit criteria**

L <sub>0</sub> (-2 log probability)	157.08
L <sub>1</sub> (-2 log probability)	45.54
LR statistics	111.54
Cox & Snell R <sup>2</sup>	0.57
Nagelkerke R <sup>2</sup>	0.82

The significance of the independent variables in the model can be determined by using the Wald test. When the significance levels of the variables were examined according to the Wald test, Factor2, Factor3, Factor 4 and "educational status" independent variables were found to be statistically significant (Table 14).

Odds ratios are used in the interpretation of the estimators of the Logit model. Odds ratio; It expresses how many times the dependent variable will affect the realization probability of the dependent variable when the relevant independent variable takes 1 or 0 while the other variables are constant. If the coefficients of the estimators take negative values, the Odds ratios of these coefficients should be corrected as  $OO = 1 / OO$  (Özdamar, 2004). In the model, Odds ratios for monthly income, education level and Factor 1 variables were corrected. While the other factors are constant, an individual who cares about judgments in the Factor 1 group will be 1.39 times less likely to go to mushroom picking than other individuals. For the other factor groups, an individual's probability of going to mushroom picking is 5.91 times higher than other individuals for the Factor 2 group, 10.68 times higher than the other individuals for the Factor 3 group, and 17.79 times higher than the other individuals for the Factor 4 group. While the results of Factor 2 and Factor 3 variables support the hypothesis of "H1: Individuals with health awareness go out to collect natural mushrooms", the result of Factor 4 variable supports the hypothesis "H1: Individuals go out to collect mushrooms to create an additional income source". Since the coefficients of monthly income and education level variables are also negatively signed, the Odds rates were arranged and commented. Accordingly, when the grouped monthly income rises by 1 slice, the probability of going to mushroom picking will be 1.61 times less. Similarly, when an individual's education level rises to the next level, the probability of going to mushroom picking decreases by 25 times. Activities to make improvements in agriculture, in parallel with the problems, were first to have consistency in agricultural policies, followed by planning production and reducing costs (Keskin, 2021).

**Table 14. Logit Model Results**

Variable	Coefficient	Std. Error	Wald	Expressiveness	Odds ratio
Factor 1 (nutritional value)	-,334	,890	,141	,707	,716
Factor 2 (health awareness)	1,777	,621	8,191	,004	5,913
Factor 3 (conscious consumption)	2,369	,942	6,318	,012	10,687
Factor 4 (additional income)	2,879	,835	11,877	,001	17,793
Education status	-3,230	,799	16,349	,000	,040
Monthly income status	-,480	,548	,768	,381	,619
Constant term	13,376	3,919	11,650	,001	644432,032

In the logit model, when the constant coefficient is zero (0), the slope coefficients measure the change in the logit (L) for a unit change in the independent variable, while the log-probability ratio of individuals' preferences to go to mushroom picking. When you want to estimate the probability of going to mushroom picking, not the odds, predictors need to be determined in advance (Gujarati, 1999). Equation (8) can be solved by giving values according to a scenario for the independent variables in the model. For example, the probability of an individual who has a monthly income between 500-666 \$, a high school graduate, and attaches importance to Factor 3 and Factor 4, can be calculated with the help of the following equation.

$$P = \frac{1}{1+e^{-Z}} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$Z = 13.376 - 0.480 * 3 - 3.230 * 3 + 2.369 * 1 + 2.879 * 1 = -3,002$$

$$P = \frac{1}{1 + e^{3.002}} = 0.047 = \%4.7$$

The probability of the mentioned individual going to mushroom picking is 4.7%. Examples can be increased for individuals who attach importance to different factor groups and have different income and education levels.

#### 4. Discussion

In the last two decades, interest in commercial harvesting of wild edible mushrooms has increased significantly in many regions (Cai et al., 2017). When the literature is examined, very few studies can be found on the socio-economic characteristics of mushroom collectors, their practices, and the returns of the activity. It is important to carry out this research in a region very close to the Igneada Floodplain forests in the northwest of Turkey to determine how many people and what kind of people participate in the commercial mushroom harvesting, to measure the time allocated to the activity and the collected amounts, and to evaluate the economic importance of this income source.

It is seen that 43.1% of mushroom collectors are primary school graduates and are in the middle age group. In this sense, young people do not adopt the mushroom as a business. It is determined that most families participate in this activity together and spend more than 3 hours collecting mushrooms. It is seen that 59.8% of participants collect 10 kg or less mushrooms and this group is in low-income level. When the time spent to collect mushrooms in the forest increases, the amount of mushrooms collected also increases. Since the collection of common mushroom varieties in the region is open to everyone, it is clear that it provides an opportunity for the people living in that region to both nutrition and earning an additional income. In a study conducted on the subject of the research, it was reported that mushroom collectors both increased income from the mushrooms they collected and used them as an alternative to meat in their diet (Gürbüz, 2019). The results obtained by Gürbüz (2019) are similar to our results.

The forest ecosystem directly affects the development of rural areas. For developing countries, including Turkey, the development of rural areas and the continuity of production in these areas are positively reflected in the gross national product. Based on this situation, the forest ecosystem in or near it should be fully utilized for the development of rural areas. In addition to the ecological, social and cultural functions of forest products and services, wild foods such as fruit, leaves, mushrooms and walnuts obtained from forests in many regions of the world provide important supplementary food especially to the poor rural population. In recent years, the contribution of forests, trees and agroforestry activities to food security and nutrition has been better understood.

The wild mushroom, which is grown in natural conditions and cannot be cultivated, is in high demand in the food sector due to its nutritional value (Bulam et al., 2018). Especially the restaurants in the region offer the dishes made from mushrooms to the consumers. Wild mushroom, which is one of the mushroom varieties closest to meat in terms of taste, provides great benefits for health with the protein, vitamins, and minerals it contains. The logit analysis, applied to the results of the research shows the importance of the mushrooms grown in their natural environment in terms of nutrition. In addition, the fact that this region is far from the industrial area reduces the potential contamination of the mushrooms that grow spontaneously and increases its importance in terms of nutrition.

When the studies on the effects of mushroom collection on rural economies in mountainous regions are examined, it is seen that they earn an important income both from organizing tours for mushroom picking and by selling the mushrooms collected in these tours to hotels and restaurants in the region (Martinez-Pena et al., 2007; Martinez-Aragon et al., 2011). This study is the first approach to estimate mushroom productivity and corresponding economic value at the regional level based on mushroom field surveillance, and our results are similar to Martinez-Pena et al. (2007) and Martinez Aragon et al. (2011) is lower than the stated values.

Turkey's geography of climate, soil, and vegetation diversity provides a natural environment for the growth of many species of mushroom. Wild mushrooms growing in Turkey are exported to more than 80 countries. Turkey is one of the mushroom exporting countries. In every region of our country, there are various wild mushrooms collected and consumed by local people. However, although there are few mushrooms that the local people collect locally, there are quite a lot of wild mushrooms that are unknown and edible locally. There is a need for information

and awareness-raising activities on issues such as the collection of wild mushrooms from their natural habitat and gaining economic value. When spring comes, natural mushroom collectors start to collect mushrooms grown in nature to generate additional income. During this period, natural mushrooms become an important resource for making money. Although natural mushroom collectors cannot be "rich" with their mushroom collecting activity and remain low-income, natural mushroom collectors provide a significant additional income to the household economy of the collectors in this region. In other words, natural mushroom collection for households is not the only, but an additional source of income.

Mushrooms are among the growing food consumption in Turkey every year. Mushrooms, which are among alternative natural products, are consumed by humans due to their different flavors and aromas, as well as their medicinal effects such as antioxidant, antimicrobial, antitumor and immune system regulator (Yılmaz et al., 2017; Sevindik, 2018). Mushrooms are included in food culture as a meal alone or for aroma purposes. However, mushrooms cannot be consumed continuously due to their properties such as having high amount of water as 90-95%, having a short shelf life, being seasonal and local. Therefore, mushrooms are preserved after different processes such as drying, freezing, and pickling (Eren et al., 2017). Thus, mushrooms can be consumed when they are scarce or absent or in regions where they are not available. Considering the consumption habits, only fresh mushroom consumption is possible in the region. However, in addition to this form of consumption, mushrooms can also be offered to consumers as dried or frozen. By providing the local people with the necessary training on the evaluation of mushrooms, it may be possible to use the collected mushrooms in a better way and to spread them over a longer period of time.

Mushroom collectors, who are university graduates (16.9%) and have postgraduate education (11.5%), define this activity as entertainment and spending time with the group rather than making an economic contribution. Those in this group said that they had a good time while collecting mushrooms and that walking in nature was good for their health. They also stated that they mostly used the mushrooms they collected for their food. Mushroom collectors for commercial gain have both more and more time spent collecting in the area they travel. Mushrooms collected by this group are sold entirely for cash.

There are very few businesses processing mushrooms in this area. In these establishments, only cold storage is carried out. These businesses should both increase in number and apply advanced processing techniques. The production and marketing of naturally grown and economically important non-wood forest products (mushroom thyme, sage, frankincense oil, laurel, etc.), especially through cooperatives, will provide income and employment opportunities for forest villagers.

## **5. Conclusions**

The knowledge and skills of those who collect mushrooms from forests are very important. Because knowing the mushroom types will prevent the buyers and those who consume the mushrooms from consuming poisonous mushrooms. The protection of forests and the maintenance of biological diversity are important in terms of non-wood forest products collected from the forests by the villagers living in that region, and it is very important for the sustainability and economic future of life in the region. Villagers collecting mushrooms cannot obtain the income they want from the products they have obtained. For this, villagers need to establish cooperatives and create their own sales points. Since the villagers collecting mushrooms use the mushrooms they collect in their diet, training should be given to the villagers on mushroom drying and canning to ensure mushroom consumption throughout the year. According to the results of the research, it has been determined that the income obtained by the mushroom collectors from the mushrooms they collect contributes to their daily needs, but does not make a significant contribution to the increase in their welfare level. Organizing festivals and organizations (such as mushroom hunting and tour) during the harvesting times in order to support the villagers who collect mushrooms from the forest can contribute to the economic development of the villagers.

This study is important in terms of the economic evaluation of mushrooms grown in the natural environment of forest villagers. Mushrooms that grow naturally can contribute economically to the people living in the region in terms of socio-economical rural development, additional income, creating environmental awareness, preventing the destruction of forest areas, protecting natural resources, and establishing mushroom sales markets. Designing more effective promotion and marketing strategies can be beneficial to the socioeconomic development of mushroom collectors.

### **Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

### **Conflicts of Interest**

The author declares that they have no conflict of interest.

### **Authorship Contribution Statement**

Concept; Design; Data Collection or Processing; Statistical Analyses; Literature Search; Writing, Review and Editing: Yılmaz, E.

## References

- Adanacioglu, N., Tan, A., Karabak, S. Guzelsoy, N. Ayas, F. Aykas, L., and Taylan, T. (2017). Economically important wild mushroom saffron milk cap (*Lactarius Deliciosus* L.) Gray] of Aegean Region, Turkey. *Anadolu Journal of AARI*, 27(2):91 – 96.
- Ali, M. A., Mehmood, M. I., Nawaz, R., Hanif M. A., and Wasim, R. (2007). Influence of substrate pasteurization methods on the yield of oyster mushroom (*Pleurotus species*). *Pakistan Journal of Agriculture Sciences*, 44(2): 300-303.
- Alli, H., Şen, İ. (2016). Edibility and economical importance of Turkish mushrooms. *Agriculture & Food*, 4:415-423. <https://www.scientific-publications.net/en/article/1001057/>
- Anonymous (2021). The demographic structure of Güngörmez village. <https://www.endeksa.com/tr/analiz/tekirdag/saray/gungormez/demografi#nufus> (Accessed Date: 25.08.2022).
- Anşın, R., Eminağaoğlu, Ö. and Göktürk, T. (2000). Edible Mushrooms in Artvin Province. *Turkey VI. Edible Mushroom Congress*, September 20-22, 122-129, Bergama, İzmir, Türkiye.
- Babar, M. H., Afzal, M., Bashir, M. H. and Ali, M. A., (2005). Chemical control of mushroom mite (tarsonimidae) at different time intervals and concentrations of dicofol, abamectin and hexythiazox. *Pakistan Journal of Agriculture Sciences*, 42(3-4): 2005.
- Boa, E. (2004). Wild Edible Fungi, A global overview of their use and importance to people, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. [www.fao.org/3/a-y5489e.pdf](http://www.fao.org/3/a-y5489e.pdf)
- Bulam, S., Ustun, S. N. and Pekşen, A. (2018). The most popular edible wild mushrooms in Vezirköprü District of Samsun Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(2): 189-194.
- Bulut, N. D., Bozlar, T. and Daşdemir, İ. (2021). The economic analysis of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivation in Eastern Black Sea Region of Turkey. *Pakistan Journal of Agriculture Sciences* 58: 1437-1444.
- Büyüköztürk, Ş. (2007). Data Analysis Handbook for Social Sciences. Ankara: Pegem A Publishing.
- Cai, M., Pectenella, D. and Vidale, E. (2011). Income generation from wild mushrooms in marginal rural areas. *Forest Policy and Economics*, 13: 221-226.
- Cai, Y., Gong, Y., Liu, W., Hu, Y., Chen, L., Yan, L., Zhou, Y. and Bian, Y. (2017). Comparative secretomic analysis of lignocellulose degradation by *Lentinula edodes* grown on microcrystalline cellulose, lignosulfonate and glucose. *Journal of Proteomics*, 163:92–101.
- Chang, S. T. and Miles, P. G. (2004). Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact, CRC Press, pp. 15- 18, Florida, ABD.
- DPT (2006). Ninth Five-Year Development Plan Türkiye, Ankara.
- Egli, S., Peter, M., Buser, C., Stahel, W. and Ayer, F. (2006). Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long-term study in Switzerland. *Biological Conservation*, 129(2): 271-276.
- Eren, E., Süren, T. and Kızıleli, M. (2017). A conceptual evaluation of wild edible mushrooms in Turkey from a gastronomic perspective. *Academic Journal of Tourism*, 02: 77-89.
- Gujarati, D. N. (1999). Basic Econometrics (Translation. Ü. Şenesen and G.G. Şenesen), Literature Publishing, İstanbul.
- Gürbüz, İ. B. (2019). Nongreen revolution: a case study of wild-grown edible mushroom. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:7954–7959.
- Hosmer, D. W., and Lemeshow, S. (1989). Applied Logistic Regression, John Willey & Sons.
- Huber, P., Hujala, T., Kurttila, M., Wolfslehner, B. and Vacik, H. (2019). Application of multi criteria analysis methods for a participatory assessment of non-wood forest products in two European case studies. *Forest Policy and Economics*, 103: 103–111.
- İşyar, Y. (1994). Econometric Models. Uludag University Press, Bursa, pages 258.
- Kalac, P., (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 69: 273–281.
- Karaman, S., and Yılmaz, I. (2007). Analysis of factors affecting use of bumble bees for the pollination in glasshouse tomatoes growing. *Journal Tekirdag Agriculture Faculty*, 4(1): 99-7. (in Turkish)
- Karpati, L. and Szakal, Z. (2009). Marketing characteristics of Tokaj Wine specialties based on factor and cluster analyses. Pages; 93-102 Applied Studies in Agribusiness and Commerce, Agroiinform Publishing House, Budapest.
- Keleş, A., and Gençlelep, H. (2020). Determination of elemental composition of some wild growing edible mushrooms. *The Journal of Fungus*, 11(2): 129-137.
- Keskin, G. (2021). A research of determinants of structural transformation in agriculture in Turkey. *Pakistan Journal of Agriculture Sciences*, 58: 1107-1114.
- Khan, S. M., Nawaz, A., Ali, M. A., Ahmad, T., Khan, N. A., and Rehman, A. U. (2012). Response of oyster mushroom on different agricultural wastes of Southern Punjab. *Pakistan Journal of Agriculture Sciences*, 49(2): 127-130.

- Kurtuluş, K. (2004). *Marketing Studies (Extended 7<sup>th</sup> Edition)*. Literature Publications, Publication Number: 114, pages:397-418, İstanbul.
- Lovric, M., Re, D. R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P. J. and Robert Mavsar, R. (2020). Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116 (2020):102175.
- Lovric, M., Re, D. R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P. J. and Robert Mavsar, R. (2021). Collection and consumption of non-wood forest products in Europe. *Forestry*, 2021: 1–14. <https://doi.org.10.1093/forestry/cpab018>
- Martínez de Aragón, J., Riera, P., Giergicznyc, M. and Colinas, C. (2011). Value of wild mushroom picking as an environmental service. *Forest Policy and Economics*, 13: 419-424.
- Martínez-Peña, F., Gómez Conejo, R., and Ortega-Martínez, P. (2007). MICODATA - Geographical information system on the production, use and management of mycological resources in Castilla y León. Available online: <http://www.micodata.es> (Accessed Date: 14/02/2021).
- Ness, M. (2000). *Multivariate Techniques in Marketing Research*. Curso de Especialización Postuniversitaria en Marketing Agroalimentario, CHIEAM, Spain.
- Okan, O. T, Yıldız, S., Yılmaz, A., Barutçıyan, J. and Deniz, I., (2013). Wild Edible Mushrooms Having an Important Potential in East Black Sea Region. *International Caucasian Forestry Symposium*, 24-26 October, Artvin, Türkiye.
- Özdamar, K. (2004). *Statistical Data Analysis with Package Programs 2*. Eskişehir: Kaan Publications.
- Özer, H. (2004). *Econometric Models with Qualitative Variables: Theory and an Application*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Pekşen, A. and Akdeniz, H., (2012). Nature mushrooms as an organic product. *Düzce University Journal of Forestry*, 8(1): 34-40.
- Pellicer-González, E., Martínez-Carrera, D., Sánchez, M., Aliphat, M., and Estrada-Torres, A. (2002). Rural Management and Market-Ing of Wild Edible Mushrooms In Mexico. *IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*, 433-443 pp., Cuernavaca, Mexico. ISBN 968-878-105-3.
- Sevindik, M. (2018). Heavy metals content and the role of *Lepiota cristata* as antioxidant in oxidative stress. *Journal of Bacteriol Mycology*, 6(4): 237–239.
- Stryamets, N., Elbakidze, M., Ceuterick, M., Angelstam, P., and Axelsson, R. (2015). From economic survival to recreation: contemporary uses of wild food and medicine in rural Sweden, Ukraine and NW Russia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11:53.
- Tekin, V. N. (2007). *SPSS Applied Scientific Marketing Research*. Seçkin Publishing, Ankara.
- Topçu, Y. (2006). *Brand competition and consumer behaviors in dairy products: the case of Erzurum Province*. (Ph.D. Thesis). Atatürk University, Institute of Science and Technology, Department of Agricultural Economics, Erzurum.
- Türkoğlu, A. and Gezer, K. (2006). Macrofungi of Buldan Region. *Buldan Symposium*, November 23-24, pages; 377-388. Buldan, Türkiye.
- Uzundumlu, S. A. (2011). *Investigation of processed and unprocessed drinking milk consumption behaviors in Erzurum Province*. (Ph.D. Thesis) Atatürk University, Institute of Science and Technology, Department of Agricultural Economics, Erzurum.
- Wiersum, K. F. (2017). New interest in wild forest products in Europe as an expression of biocultural dynamics. *Human Ecology*, 45: 787–794.
- Wiersum, K. F., Wong, J. L.G., and Vacik, H. (2018). Perspectives on non-wood forest product development in Europe. *International Forestry Review* 20(2): 250-262.
- Yılmaz, A., Yıldız, S., Kılıç, C., and Can, Z. (2017). Protein contents and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* cultivated on tea and espresso wastes. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3;1): 177-18.

## Finansal Performansın Derinlemesine İncelenmesi: Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin Du-Pont Analizi Örneği\*


In-Depth Analysis of Financial Performance: A Case Study of Aşağısevindikli Development Cooperative Using Du-Pont Analysis


Tayfun VARNALI<sup>1\*</sup>, Gülen ÖZDEMİR<sup>2</sup>

### Öz

Kooperatiflerin ekonomik başarısının değerlendirilmesi, işletme stratejilerinin oluşturulması ve etkili kararların alınması bakımından büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, kooperatiflerin finansal performansını anlamak ve geliştirmek amacıyla çeşitli iktisadi analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu analizler genellikle kârlılık, zarar, likidite ve varlık kullanımı gibi temel finansal unsurlara odaklanmaktadır. Bu çalışma, Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi'nin finansal verilerinin titizlikle incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Kooperatifin mali tabloları, gelir tablosu ve nakit akış tablosu gibi temel finansal belgeler analiz edilerek, kooperatifin ekonomik sağlığı ve performansı hakkında kapsamlı bir değerlendirme sunulmuştur. Bu finansal veriler, kooperatifin güçlü yönlerinin ve geliştirilmesi gereken alanlarının belirlenmesinde temel bir rol oynamaktadır. Kooperatiflerin finansal performansını ilerletmek amacıyla maliyetleri düşürme, gelirleri artırma ve finansal sürdürülebilirliği sağlama hedefleri önerilmektedir. Maliyet analizi, işletme içi süreçlerin ve harcamaların detaylı bir şekilde incelenmesi yoluyla maliyetlerin etkin bir biçimde kontrol altına alınmasını amaçlar. Gelir artırma stratejileri ise yeni pazar fırsatlarının değerlendirilmesi, ürün ve hizmet çeşitliliğinin artırılması veya mevcut müşteri tabanının genişletilmesi gibi yöntemleri içerebilir. Finansal sürdürülebilirlik ise uzun vadeli büyüme hedeflerine ulaşmak ve finansal riskleri minimize etmek amacıyla önemli bir araçtır. Bu önerilerin etkili bir şekilde uygulanması, kooperatiflerin finansal durumunu güçlendirebilir ve uzun vadeli başarılarını destekleyebilir. Ancak her kooperatifin benzersiz ihtiyaçlarının ve koşullarının farklı olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, finansal analizler özelleştirilmeli ve her kooperatifin özgün durumuna göre uyarlanmalıdır. Sonuç olarak, kooperatiflerin finansal performansının sürekli olarak takip edilmesi ve iyileştirilmesi, sadece kendi başarıları için değil aynı zamanda toplumun ekonomik büyümesi için de hayati bir öneme sahiptir. Finansal analizler, kooperatif yöneticilerine stratejik karar alma ve planlama süreçlerinde yardımcı olabilir, böylece kooperatifler uzun vadeli sürdürülebilirliklerini ve büyümeyi sağlayabilirler.

**Anahtar Kelimeler:** Kalkınma kooperatifi, Varlık yönetimi, Finansal performans, Du-pont analizi

<sup>1\*</sup>**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Tayfun Varnalı, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [tayfun\\_kkk@hotmail.com](mailto:tayfun_kkk@hotmail.com)  OrcID: 0000-0003-3895-8620

<sup>2</sup> Gülen Özdemir, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [gozdemir@nku.edu.tr](mailto:gozdemir@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0003-3107-972X

**Atıf:** Varnalı, T., Özdemir, G. (2024). Finansal performansın derinlemesine incelenmesi: Aşağısevindikli kalkınma kooperatifinin Du-Pont analizi örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 683-693.

**Citation:** Varnalı, T., Özdemir, G. (2024). In-Depth analysis of financial performance: A case study of Aşağısevindikli development cooperative using Du-Pont analysis. 21(3): 683-693.

\*Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tarım Ekonomisi Tezli Yüksek Lisans Programı kapsamında 2022 yılında tamamlanan "Tarımsal Kooperatiflerde İşletmecilik ve Bilanço Analizi: Tekirdağ İli Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri Örneği" yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024



## **Abstract**

Evaluating the Economic Success of Cooperatives, forming business strategies, and making effective decisions hold significant importance. In this context, various economic analysis methods are employed to comprehend and enhance the financial performance of cooperatives. These analyses commonly focus on fundamental financial aspects such as profitability, loss, liquidity, and asset utilization. This study has been conducted through meticulous examination of the financial data of the 'Aşağısevindikli Development Cooperative.' By analyzing essential financial documents such as balance sheets, income statements, and cash flow statements, a comprehensive evaluation of the cooperative's economic health and performance has been presented. These financial data play a pivotal role in identifying the strengths and areas that require improvement within the cooperative. To advance the financial performance of cooperatives, recommendations include reducing costs, increasing revenue, and ensuring financial sustainability. Cost analysis aims to effectively control costs by closely scrutinizing internal processes and expenses. Revenue enhancement strategies encompass assessing new market opportunities, diversifying product and service offerings, and expanding the existing customer base. Financial sustainability serves as a crucial tool to achieve long-term growth objectives and minimize financial risks. Effective implementation of these recommendations can fortify the financial standing of cooperatives and support their long-term success. It is important to note, however, that each cooperative has unique needs and circumstances. Therefore, financial analyses should be customized and tailored to the distinct situations of individual cooperatives. In conclusion, continuously monitoring and improving the financial performance of cooperatives hold vital significance not only for their individual success but also for the economic growth of the community. Financial analyses can guide cooperative managers in strategic decision-making and planning processes, enabling cooperatives to attain long-term sustainability and growth.

**Keywords:** Development cooperative, Asset management, Financial performance, Du-pont analysis

## 1. Giriş

Kooperatiflerin iktisadi olarak performans değerlendirilmesi, kurumun ortakları ve yöneticileri açısından önemli bir kriterdir. Bir sonraki cari dönem için yönetsel kararlar alınırken, kurumun gelecekteki iktisadi durumunun tahmin edilmesi ve elde edilen tahminlerin sonuçlarına dayanarak mevcut durumun en iyi şekilde belirlenmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Herhangi bir kurumda olduğu gibi, kooperatiflerde de elde edilen kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılması oldukça önemlidir. Kısacası, kooperatifin bilanço tablosu, gelir tablosu gibi mali tablolar, yönetim tarafından gelecek dönemler için karar alma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (İnan, 2007). İktisadi ve finansal konularla ilgili birçok araştırma, çeşitli kurumların iktisadi durumunu belirlemek için geliştirilen yöntemler ve rasyo analizleri bulunduğunu göstermektedir. Bu yöntemler, kullanacakları alana bağlı olarak pozitif etkilerinin yanı sıra negatif etkilere de sahiptir. Fakat genellikle kooperatiflerde uygulanan rasyo analizi tekniği, kooperatif ortaklarının öncelikle dikkat etmesi gereken noktaları belirlemektedir. Ancak bu analiz tekniği, kooperatifin mevcut cari dönemdeki iktisadi durumunu belirlemede ve gelecek dönemlerdeki durumunu tahmin etme ve politika belirleme konularında bazen yetersiz kalabilmektedir. Kurumlarda iktisadi veriler, mali tablolardaki toplam bilgileri anlamlı ve istatistiksel olarak anlamlı verilere dönüştürmek için kullanılan bir yönetim aracıdır. İktisadi olarak doğru sonuçlara ulaşabilmek için kurumun en az 5 yıllık verileri incelenerek eğilim (trend) belirlemek gerekmektedir. Kooperatifler, belirlenen hedeflere ulaşma durumlarını tespit edebilmek ve değerlendirebilmek için önceki-mevcut dönemlerle karşılaştırma yapmalıdır (Khan ve Jain, 2014). Kısacası, iktisadi analizler kooperatiflerin geçmiş ve mevcut durumlarından ziyade geleceğe yönelik projeksiyonlar yapmak için gereklidir (Gapenski ve Pink, 2007). Yapılan iktisadi analizler, kooperatiflerin geleceğe yönelik politika belirleme imkanını sağlayan bir yöntemdir (Bernhardt, 2015). İktisadi analiz yöntemi seçilirken, kurumun ihtiyaçlarına uygunluğu ve ayrıca mevcut durum hakkında ayrıntılı bilgi sağlama yeteneği gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Gapenski ve Pink 2007).

Kooperatiflerin sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için güçlü bir iktisadi yapıya sahip olmaları ve kâr elde etmeleri önemlidir. Bu nedenle, kooperatiflerin iktisadi performansları etkin ve sağlam yöntemlerle analiz edilmeli ve yorumlanmalıdır (Curtis ve Roupas, 2009, Özdemir ve ark., 2011). Kârlılık, zarar, likidite durumu, gelirler ve varlıkların kullanım durumu gibi ölçütler, kooperatifler arasında karşılaştırma yapmak için ideal ölçütler olarak değerlendirilmektedir (Flex, 2005). Kooperatiflerin iktisadi ve mali durumunu inceleyen çeşitli analiz tekniklerine dair yapılan araştırmalar bulunmaktadır (Karadeniz, 2016; Karadeniz ve Koşan, 2017; Aydemir, 2018; Işıkçelik ve ark., 2021; Altan ve Aslan, 2022). Bu çalışmalarda genellikle 3 yıllık iktisadi ve mali verilerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Kooperatiflerin kendilerini geliştirebilmeleri, ayakta durabilmeleri ve doğru iktisadi kararlar alabilmeleri için sürekli olarak ekonomik açıdan izlenmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, kooperatif yönetimi ve ortaklarına gelecekteki cari dönemlere ait politikaların belirlenmesi ve kararlar alınabilmesi için uzun vadeli iktisadi ve mali verilerin sunulması önemlidir. Ancak bu açıdan daha önce yapılmış çalışmaların yetersizliği, uzun vadeli verileri kullanılarak Du-pont yöntemine dayalı yapılan bu çalışma literatüre katkı sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle, Tekirdağ örneği üzerinden ele alınan tarımsal kalkınma kooperatifinin 5 yıllık finansal tabloları Du-pont modeli kullanılarak iktisadi ve mali durum analizi ve yapısı belirlenmiştir. 2015-2019 yılları arasında Net Kâr Oranı (ROS), Aktif Kârlılığı (ROA) ve Öz sermaye Kârlılığı (ROE) gibi kârlılık oranları, ortalama kârlılık oranlarıyla karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu çalışmanın literatür bölümünde Du-pont modeline ilişkin tarihsel süreç ve genel bilgiler sunulmuştur. Yöntem ve analiz kısmında ise örnek alınan kooperatiftan elde edilen iktisadi ve mali veriler analiz edilerek yorumlanmıştır. Sonuç kısmında ise yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

## 2. Kavramsal Çerçeve

### 2.1. Du-pont (Kârlılık Analiz) hesaplamaları

Kooperatiflerin, ekonomik ve mali durumlarını incelemek, geçmiş dönemler arasında karşılaştırmalar yapmak, gelecek dönemlerle ilgili kararlar almak ve yol haritasını belirlemek gerekmektedir. Kooperatifler mevcut ve potansiyel kaynakların kullanımını ve kooperatif yönetiminin performansını ölçmek ve değerlendirmek için performans araçları gibi kritik ekonomik ve mali yönetim araçlarını kullanır. İşletmeler, kurumlar ve kooperatifler, ekonomik başarılarını tespit etmek için çeşitli ekonomik performans ölçme tekniklerini kullanmışlardır (Balkan, 2016). En eski ekonomik performans ölçme tekniği olan Du-pont analiz tekniği ise işletmeler, kurumlar ve kooperatifler tarafından kullanılmaktadır (Botika, 2012). Du-pont analiz tekniği, akademik çalışmalarda "birleşik

ekonomik oran analizi" (Gümüş ve Çıbık, 2018) veya "ekonomik verilerin ayrıştırma yaklaşımı" olarak adlandırılmaktadır (Karadeniz ve ark., 2019). Du-pont analiz tekniği, ilk kez 1914 yılında F. Donaldson Brown tarafından çalıştığı bir kimya firmasında tanıtılmıştır. Du-pont performans modeli, kurumun net kâr marjı ile toplam varlıkların devri arasındaki ilişkileri tespit etmek için kullanılmaktadır. Ancak, orijinal Du-pont analiz tekniği 1912 yılında ortaya çıkmıştır. 1912 yılında geliştirilen Du-pont analiz tekniği, cari dönemler içinde elde edilen verilerden hesaplanan kurumun kârlılık miktarı ve iç verimlilik analizi için kullanılmıştır (Şenkayas ve Kaderli 2009). Du-pont analiz yönteminden elde edilen verileri birçok yatırımcı, kurum hakkında ekonomik kararlar almak için incelerler. Du-pont analiz tekniğinin temel amacı, analizi yapılan kurumun gelecekteki durumunu göstermektir. Bu analiz tekniği, kurumun Aktif Kârlılığı (ROA), Öz sermaye Kârlılığı (ROE) ve Satış Kârlılığı (ROS) gibi kârlılık değerlerini sağlamaktadır (Chang ve ark., 2013; Raza ve ark., 2013; Ercan ve Ban, 2014; Açıkgöz ve Kılıç, 2022; Işıklıçelik ve ark., 2022).

Du-pont analiz tekniği, General Motors firmasında çalışan Pierre tarafından muhasebe tekniği olarak yaygın bir şekilde kullanılmasıyla diğer firmalara da yayılarak popülerlik kazanmıştır (Akyüz ve ark., 2019). Aslında, Du-pont analiz yöntemi gerçek anlamda 1900'lerde ortaya çıkmış olup kurumların cari dönemler içindeki kârlılık seviyelerini ölçmek için kullanılan bir analiz tekniğidir. Bu tekniğin kurumlar tarafından en çok tercih edilme sebebi, basit bir yapıya sahip olması ve kurumun cari dönem içindeki başarı seviyesini göstermesidir. Bu teknik, 1970 yılında revize edilmiş ve Aktif Kârlılık oranından Öz sermaye Kârlılığı oranına geçilmiştir, ayrıca toplam varlık miktarının öz sermayeye oranı da eklenmiştir (Armutlu ve Güngör, 2019; Karadeniz ve Koşan, 2014). Du-pont analiz yöntemi, cari dönem içindeki aktif devir hızı oranını ve kurumun cari dönem içinde elde ettiği net kâr marjı oranını bir araya getirerek kurumun kârlılık düzeyinin nasıl etkilendiğini göstermektedir (Çelik ve Digün, 2018). Kurumlar, öz sermaye miktarlarını belirlerken, net kâr marjı oranı ve cari dönem içindeki aktif devir hızı oranına ek olarak öz sermaye çarpanı oranını da kullanmalıdırlar (Karadeniz ve ark., 2019). Du-pont analiz yöntemi, birden çok verinin işlenip oranların belirlenmesi yoluyla öz kaynakların verimlilik düzeylerini ölçmek için kullanılır (Gümüş ve Çıbık, 2018). Şekil 1'e göre Du-pont analiz tekniğinde kurumun cari dönem içerisindeki öz sermaye kârlılığı o kurumun aktif kârlılığı ve aktif çarpanın bir etkenidir (Gitman, 2002; Henry, 2011). Öz sermaye kârlılığın cari dönem içerisindeki diğer oranlarla bağlantısı şu şekilde oluşmaktadır (Besley ve Brigham, 2007; Weaver, 2012; Kim, 2016):

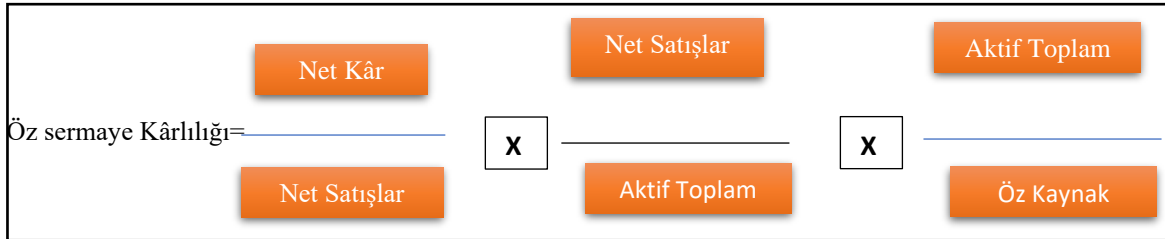


Figure 1. Return on Equity (ROE)

### Şekil 1. Öz sermaye kârlılığı (ROE)

Bir kooperatif veya kurum, aktif kârlılık oranını iyileştirecek adımlar atarak veya iktisadi/mali kaldıraçtan olumlu yönde faydalanarak öz sermaye oranını artırabilir. Kurumlar veya kooperatifler, Du-pont analizinde iktisadi/mali kaldıraç olarak tanımlanan öz kaynak çarpanını kullanarak, cari dönemde elde edilen toplam varlık miktarını öz kaynağa oranlarlar. Kurumun veya kooperatifin yükümlülüğü olmadığı durumlarda öz kaynak çarpanı oranı 1 olur. Sonuç olarak, kurumun öz kaynak kârlılık oranı, aktif kârlılık oranı ile eşit hale gelir. Kısacası, kurumun veya kooperatifin dışarıdan/ortaklarından aldığı borç miktarı arttıkça, öz kaynak ve öz sermaye oranları da artacaktır (Henry, 2011). Öz kaynakların kârlılık oranlarının bir bileşeni olan aktif kârlılık oranının ayrıştırılması, kurum yönetiminin kurumun faaliyet gösterdiği ve göstermediği alanlarda getiri kaynaklarını belirlemesinde ve yorumlamasında kullanılır (Chang ve ark., 2013; Işıklıçelik ve ark., 2022). Kurumun cari dönemdeki aktif devir hızı oranının net kâr marjı oranıyla çarpılması, aktif kârlılık oranını ölçer ve kurumun varlıklarını etkin bir şekilde kullanıp kullanmadığını belirler (Besley ve Brigham, 2007; Kim, 2016). Ancak, kurumun cari dönemdeki aktif devir hızı oranı, kurumdaki varlıkların kullanımını ölçer (Henry, 2011). Ayrıca, aktif devir hızı oranının net kâr marjı ve aktif devir hızı oranlarıyla ilişkisi şu şekildedir:

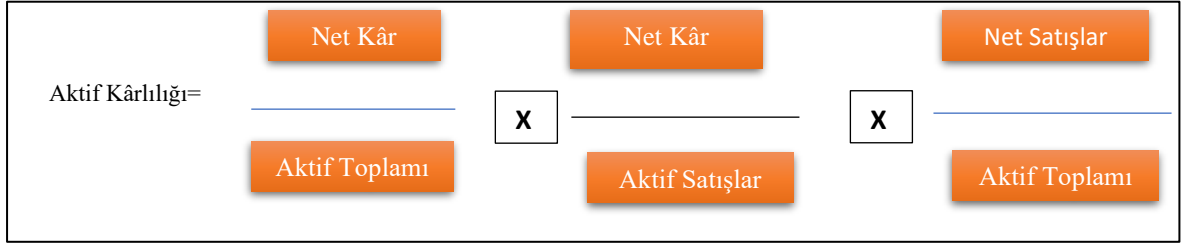


Figure 2. Return on Assets (ROA) (Besley ve Brigham, 2007; Weaver, 2012; Kim, 2016)

Şekil 2. Aktif kârlılık oranı (Besley ve Brigham, 2007; Weaver, 2012; Kim, 2016)

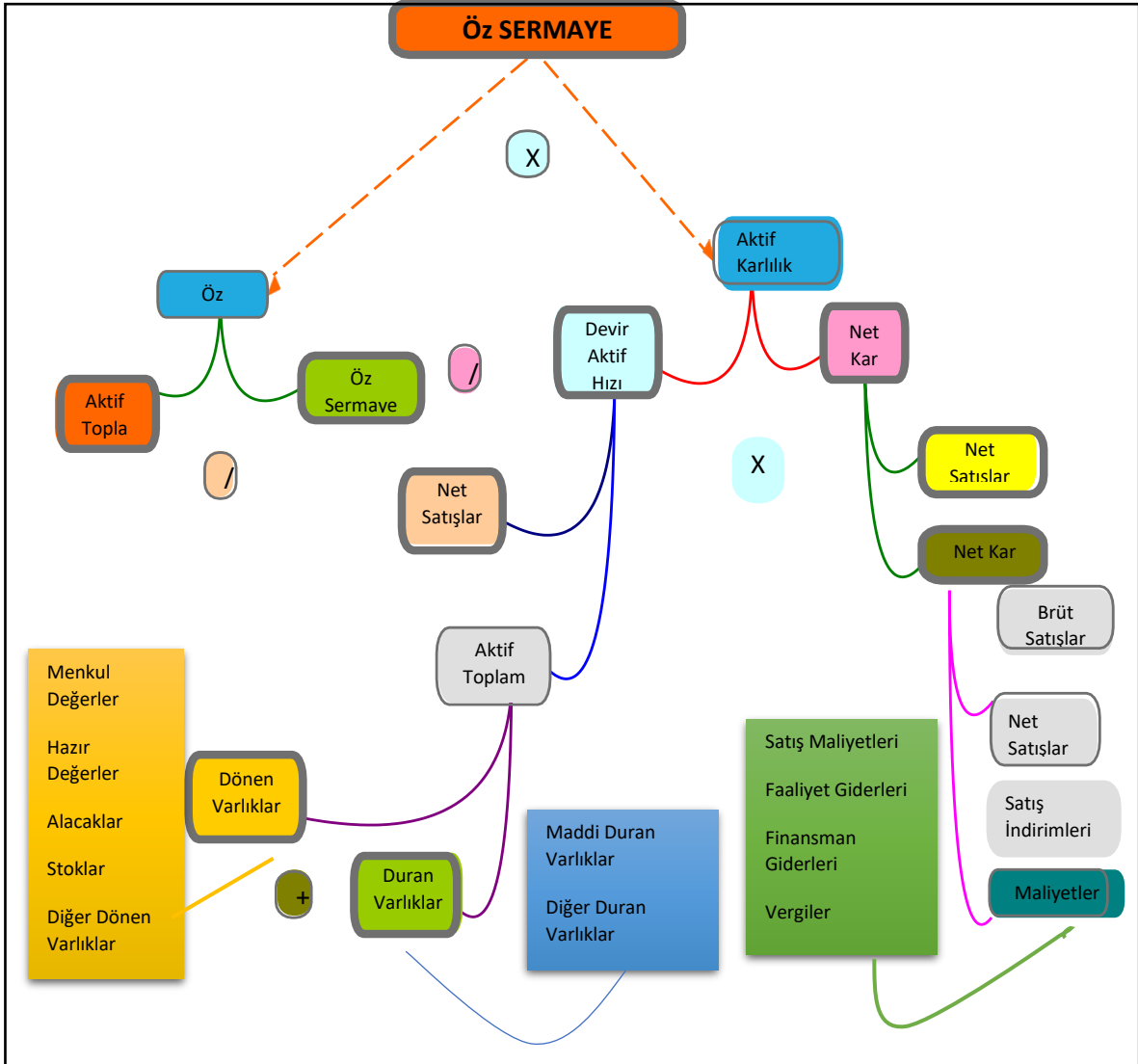


Figure 3. Du-Pont Analysis

Şekil.3. Du-Pont Kontrol Şeması

### 3. Yöntem

Bu çalışma, örnek alınan kooperatifin iktisadi ve mali verilerini analiz etmeyi ve yorumlamayı amaçlayarak Du-pont modelini uygulamıştır. Kooperatifin ekonomik başarılarını belirlemek için Du-pont analiz tekniği kullanılarak Aktif Kârlılık (ROA), Öz Sermaye Kârlılığı (ROE) ve Satış Kârlılığı (ROS) gibi kârlılık değerleri elde edilmiştir. Bu yöntem, kooperatifin finansal performansını detaylı bir şekilde inceleyerek gelecekteki durumu

da öngörmeyi hedeflemiştir. Yapılan analizler, kooperatifin mevcut ekonomik durumunu ortaya koymak amacıyla geçmiş ve mevcut veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Aktif Kârlılık (ROA), kooperatifin toplam varlıkları göz önünde bulundurarak elde edilen kârlılık oranını ifade ederken, Öz Sermaye Kârlılığı (ROE), ortakların yatırdığı öz sermayeye oranla elde edilen kârlılığı ölçmektedir. Ayrıca, Satış Kârlılığı (ROS), kooperatifin satış gelirlerine oranla ne kadar kâr elde ettiğini gösteren önemli bir göstergedir.

Bu analizler, kooperatifin ekonomik performansının güncel durumunu değerlendirmeye yönelik bir anlayış sunmaktadır. Bu sayede, gelecekteki potansiyel zorlukları ve fırsatları tahmin etmek ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak için önemli bir rehberlik sağlamaktadır. Kooperatif yöneticileri ve ortaklar, Du-pont modeli ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda stratejik kararlar alarak kooperatifin ekonomik başarısını artırmayı hedefleyebilirler.

Du-pont analiz tekniği sayesinde örnek alınan kooperatifin ekonomik ve mali durumu detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu analizler, kooperatifin güncel durumunu anlamak ve gelecekteki performansını tahmin etmek için değerli bilgiler sunmuştur. Bu çalışma, kooperatifin ekonomik sürdürülebilirliğini artırmak ve başarılı bir gelecek inşa etmek için önemli bir adım olmuştur.

#### 4. Bulgular

Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi, Türkiye'nin batısında yer alan Tekirdağ iline bağlı bir köyde 1971 yılında kurulmuştur. Köyün başlangıçta aktif süt üretimi 1500-2000 litre arasında seyretmiş olsa da, 2000'li yıllarda bu miktar günlük 250 litreye kadar düşmüştür. Bu durum, kooperatifin kötü yönetimi ve çiftçilerin kooperatifçiliğe olan güven kaybı sonucunda ortaya çıkmıştır. Köydeki büyükbaş hayvan sayısı da zamanla azalmış ve 2000'li yıllarda sadece 24 adet büyükbaş hayvan kalmıştır. 2018 yılında ise kooperatif ortakları büyükbaş hayvancılığı tamamen bırakarak farklı üretim alanlarına yönelmiştir. Günümüzde Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından yapılan tespitlere göre, köyde 4.901 adet koyun, 99 adet keçi ve 39 sığır bulunmaktadır. Kalkınma kooperatifine ait ise sadece 3 adet büyükbaş hayvan mevcuttur ve bu hayvanlardan elde edilen sütler satışa sunulmamaktadır. Köyün tarımsal potansiyeli oldukça geniştir. Toplamda 14.924,234 dekar ekilebilir ve dikilebilir araziye sahiptir. Bu arazilerde pırasa, mısır, lahana, arpa, ayçiçeği ve buğday gibi çeşitli tarım ürünleri yetiştirilmektedir. Bu çalışmada, Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin 2015- 2019 yıllarına finansal verileri ele alınarak incelenmiştir. Bu çalışmada Du-pont modeli uygulanarak örnek alınan kooperatiften elde edilen iktisadi ve mali veriler analiz edilerek yorumlanmıştır. Kooperatifin ekonomik başarılarını tespit etmek için Du-pont analiz tekniği kullanılarak Aktif Kârlılık (ROA), Öz sermaye Kârlılığı (ROE) ve Satış Kârlılığı (ROS) gibi kârlılık değerleri elde edilmiş ve ekonomik performans belirlenerek gelecekteki durum ortaya konmaya çalışılmıştır.

Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin 2015 yılına ait du-pont analiz sonuçları detaylıca incelendiğinde kooperatifin öz kaynak kârlılığı (ROE) oranı %-0.05 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Öz kaynak kârlılığı (ROE) bulmak için kullanılan kooperatifin öz kaynak çarpanı oranı 1.65 oranında ve kooperatifin aktif kârlılığı (ROA) %-0.03 oranında gerçekleşmiş olduğu belirlenmiştir. Kooperatifin 2015 yılında aktiflerin devir hızı 2.15 gibi bir değer almıştır. Kooperatifin net kâr marjı % - 0.01 oranı gibi düşük bir seviyede olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak bu oran kooperatifte üretilen her ürünün 100 TL'lik artışından kooperatif 0.01 TL'lik net zarara uğradığı tespit edilmiştir. Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin gelir tablosundaki veriler detaylıca incelendiğinde kalkınma kooperatifinin ürün satışlarından kaynaklanan maliyetlerin ve kooperatifin bir cari dönem içinde yaptığı faaliyetlerle ilgili giderlerin ve kooperatifin diğer gelir-giderlerin yüksek seviyelerde olması net kâr marjı oranının negatif çıkmasına neden olmuştur. Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin 2015 yılı bilançosundaki Du-pont analizi sonuçları detaylıca incelendiğinde ise kooperatifin öz kaynak çarpanı 1.65 oranında gerçekleştiği için 2015 cari dönemi içerisinde oluşan imalat risklerini kooperatifin dengelemeye çalıştığı söylenebilir.

Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin 2016 yılına ait Du-pont analiz verilerine göre kooperatifte öz kaynak kârlılığı (ROE) oranı, aktif kârlılık oranı (ROA), net kâr marjı oranı (ROS) değerlerinde 2015 yılına göre düşüşler yaşanırken, kooperatifin aktif devir hızlarında ve öz kaynak çarpanında bir önceki yıla göre büyük miktarlarda artışlar yaşandığı görülmüştür. Öz kaynak oranındaki (ROE) düşüşün sebebi bir önceki yıla göre ROA'da meydana gelen azalıştan kaynaklanmaktadır. ROA'daki düşüş kooperatifin hesaplanan aktif devir hızındaki bir önceki döneme göre meydana gelen artışa rağmen bir önceki döneme göre ROS oranlarındaki düşüşten kaynaklanmaktadır. Kooperatifin ROS değerinde bir önceki döneme göre yaşanan düşüşün nedeni kooperatifin

2016 yılı cari dönemi içinde yaptığı faaliyetlerden kaynaklanan giderlerin miktarlarının, ürettiği ürünün satış maliyetleri miktarının ve diğer gelir-gider miktarının yüksek seviyelerde olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kooperatifin bilanço kısmındaki yabancı kaynak borçlanma oranının yüksek seviyelerde olması ve kooperatifin öz kaynak kalemindeki bir önceki döneme göre yaşanan artışlar öz kaynak çarpanı oranını bir önceki döneme göre düşürmüştür. Sonuç olarak bu durumda ROE değerini negatif yönde etkilemiştir.

**Tablo 1. Aşağısivindikli Kalkınma Kooperatifinin Du-Pont Analizi**

*Table 1. Du-Pont Analysis of Aşağısivindikli Development Cooperative*

Gelir Tablosu		Bilanço	
<b>Net Satışlar</b>		<b>Dönen Varlıklar</b>	
2015	1.591.904,04	2015	577.393,95
2016	1.471.658,73	2016	530.646,67
2017	1.454.809,63	2017	544.238,97
2018	1.212.198,43	2018	405.622,32
2019	1.214.780,09	2019	337.138,16
<b>Satışların Maliyeti</b>		<b>Duran Varlıklar</b>	
2015	1.353.527,29	2015	163.607,48
2016	1.224.528,51	2016	142.615,48
2017	1.223.038,19	2017	126.782,25
2018	1.023.527,56	2018	112.772,44
2019	1.012.901,51	2019	106.325,88
<b>Faaliyet Giderleri</b>		<b>Kısa Vadeli Yab. K.</b>	
2015	316.883,22	2015	290.666,79
2016	314.480,06	2016	268.164,76
2017	266.200,78	2017	300.954,69
2018	280.922,13	2018	171.306,17
2019	284.553,22	2019	172.387,09
<b>Diğer Gelir / Giderler</b>		<b>Uzun Vadeli Yab. K.</b>	
2015	57.412,29	2015	450.334,64
2016	25.122,87	2016	405.097,39
2017	9.924,03	2017	370.066,53
2018	70.277,48	2018	347.590,67
2019	6.378,18	2019	271.294,21
<b>Vergi</b>		<b>Özsermaye</b>	
2015	0,00	2015	450.334,64
2016	0,00	2016	405.097,39
2017	0,00	2017	370.066,53
2018	0,00	2018	347.590,67
2019	0,00	2019	271.294,21
<b>Net Kar</b>		<b>Toplam Aktif</b>	
2015	-21.094,18	2015	741.001,43
2016	-42.226,97	2016	673.262,15
2017	-24.505,31	2017	671.021,22
2018	-21.973,78	2018	518.394,76
2019	-76.296,46	2019	443.464,04
<b>Net Kar Marj (ROS)</b>		<b>Toplam Borçlar</b>	
2015	-0,01	2015	290.666,79
2016	-0,03	2016	268.164,76
2017	-0,02	2017	300.954,69
2018	-0,02	2018	171.306,17
2019	-0,06	2019	172.387,09
<b>Aktif Devir Hızı</b>		<b>Pasif Toplamı</b>	
2015	2,15	2015	741.001,43
2016	2,19	2016	673.262,15
2017	2,17	2017	671.021,22
2018	2,34	2018	518.896,84
2019	2,74	2019	443.681,30
<b>Aktif Karlılığı (ROA)</b>		<b>Özsermaye Karlılığı (ROE)</b>	
2015	-0,03	2015	-0,05
2016	-0,06	2016	-0,10
2017	-0,04	2017	-0,07
2018	-0,04	2018	-0,06
2019	-0,17	2019	-0,28
<b>Özsermaye Çarpanı</b>		<b>Özsermaye Çarpanı</b>	
2015	1,65	2015	1,65
2016	1,66	2016	1,66
2017	1,81	2017	1,81
2018	1,49	2018	1,49
2019	1,64	2019	1,64

Kooperatifin 2017 yılına ait Du-pont analizi verilerine göre ROE, ROA, ROS değerleri bir önceki yıla göre düştüğü gözlenmiştir. Kooperatifin ROE oranını düşüren aktif kârlılık oranı % - 0.04 ve kooperatifin öz kaynak çarpanı 1.65 oranında olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılında kooperatifin ROA değerinin oranını bulmayı sağlayan ROS kalemi 2016 yılına göre 2017 yılında % -0.02 oranında düşmüştür. Kooperatifin bulunan ROS değeri 2016 yılına göre 2017 yılında kooperatifin ürettiği her ürünün 100 TL'lik satışında kooperatif 0.02 TL'lik net zarara uğradığı tespit edilmiştir. Kooperatifin bir önceki yıla göre mevcut cari dönemde yaptığı faaliyetler sonucu oluşan faaliyet giderleri, ürettiği ürünlerin satışından kaynaklanan maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı ROS oranı negatif yönlü çıkmaktadır. Kooperatifin bilançosunun yapılan analiz sonuçları incelendiğinde ise kooperatifin öz kaynak çarpanı oranları 2016 yılına göre 2017 yılında artış göstermesine rağmen ROE değerini artırmada etkisiz kalmaktadır.

Kooperatifin 2018 yılına ait Du-pont analiz sonuçlarından elde edilen veriler incelendiğinde kooperatifin ROE değeri 2017 yılına göre 2018 yılında %-0.06 oranı olarak gerçekleşmiştir. ROE'yi bulmak için yararlanılan kalemlerden ise kooperatifin öz kaynak çarpanı oranı 1.49 ve kooperatifin hesaplanan ROA oranı %-0.04 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kooperatifin 2017 yılına göre 2018 yılında gerçekleşen aktif devir hızı oranı 2.34 gibi bir değer almıştır. Kooperatifin yapılan Du-pont analizine göre ROS değeri 2017 yılına göre 2018 yılında sabit kaldığı gözlenmiştir. Kooperatifin gelir- gider tablosundaki 2018 verileri incelendiğinde kooperatifin satışlarının maliyeti kalemi, faaliyetlerin giderleri kalemi ve diğer gelir-giderler kalemlerinin yüksek seviyelerde olduğundan dolayı hesaplanan Du-pont analizi sonuçlarında ROS değeri negatif yönlü çıkmaktadır. Kooperatifin finansal durum tablosunda ise kooperatifin öz kaynak çarpanı 2017 yılına göre 2018 yılında 1.49 olarak gerçekleştiği için kooperatifin 2018 cari dönemi içinde oluşan imalat ile ilgili riskleri dengelemeye çalışmaktadır.

Kooperatifin 2019 analiz sonuçlarına göre kooperatifte ROE, ROA ve ROS değerlerinde 2018 yılına göre 2019 yılında yükselen oranda düşüşler yaşanmaktadır ve aktif devir hızlarında ve öz kaynak çarpanı oranlarında bir önceki döneme göre artışlar yaşandığı tespit edilmiştir. ROE oranının bir önceki döneme göre fazla olarak yaşanan düşüş sebebi ROA oranında yaşanan düşüşten dolayı kaynaklanmaktadır. Kooperatifin aktif devir hızında yaşanan artış ROS değerinin bir önceki döneme göre artmasını sağlayamamıştır. 2018 yılına göre 2019 yılındaki ROS değerlerindeki düşüş kooperatifin gelir-gider tablosunda net olarak görülmektedir. Kooperatifin kısa vadeli yabancı kaynak borçlanma oranı 2018 yılına göre 2019 yılında yüksek olması, öz kaynak çarpanı kalemini düşürmüştür. Sonuç olarak elde edilen bu oranlar ışığında ROE değeri negatif yönde etkilenmiştir.

## 5. Sonuç

Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin 2015-2019 cari dönemlerine ait öz kaynak kârlılık (ROE) ve net kâr marjı (ROS) oranları negatif yönde seyretmektedir. Aynı dönemde, ürettikleri ürünlerin satışlarından kaynaklanan maliyetler yüksek seviyelerdedir ve kooperatifin yaptığı faaliyetler sonucunda elde edilen gelirler, faaliyet giderlerini karşılayamamaktadır. Bunun yanı sıra kooperatifin kısa vadeli borçlanma oranlarının yüksek seviyelerde olması, öz kaynak çarpanı oranlarını etkilemiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi üretim yaparken oluşan maliyetlerin türlerini incelemeli ve elde edilen sonuçlara göre maliyetleri düşürücü politikalar yürütmelidir. Ek olarak kooperatifin kısa vadeli yabancı kaynaklardan yararlanırken ürün üretiminde oluşan maliyetleri, aktif kârlılık oranlarından daha düşük seviyelerde olmalıdır. Son olarak kooperatifin aktif devir hızı ve öz sermaye oranları arzu edilen seviyelerde değildir.

Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin finansal analiz sonuçları, bazı önemli sorunları ortaya koymaktadır. Bu durumda, kooperatiflerin aşağıdaki önerilere dikkat etmeleri önemlidir:

1. Maliyetleri düşürme politikaları: Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi, üretim maliyetlerinin türlerini ayrıntılı olarak incelemeli ve maliyetleri düşürmeye yönelik stratejiler geliştirmelidir. Maliyet analizi yaparak, verimliliği artıracak, tedarik zinciri yönetimini iyileştirecek ve israfı azaltacak önlemler alınmalıdır.
2. Gelir artırma çabaları: Kooperatiflerin, faaliyetlerinden elde ettikleri gelirleri artırmak için çeşitli yöntemleri değerlendirmeleri gerekmektedir. Pazarlama stratejilerini gözden geçirmeli, ürün çeşitliliğini artırmalı ve müşteri tabanını genişletmek için yeni pazarlara açılmalıdır.
3. Kısa vadeli borçlanmanın yönetimi: Kooperatifin kısa vadeli borçlanma oranları yüksek seviyelerde olduğundan, finansal yapılarını güçlendirmek için bu konuya odaklanmaları gerekmektedir. Daha uzun vadeli

borçlanma seçeneklerini değerlendirmeli, nakit akışını düzenlemek ve finansal riskleri azaltmak için etkili bir borç yönetimi stratejisi geliştirmelidir.

Sonuç olarak bu çalışma, Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifinin finansal analizlerini içermektedir. Analiz sonuçları, Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi'nin maliyetlerin kontrolü ve gelirlerin artırılması üzerine odaklanması gerektiğini göstermektedir. Kooperatifin kısa vadeli borçlanma oranlarını azaltması ve finansal yapısını güçlendirmesi gerekmektedir. Bu önerilerin uygulanması, kooperatiflerin finansal durumunu iyileştirerek uzun vadeli başarılarını destekleyebilir. Ayrıca, aktif devir hızı ve öz sermaye oranları gibi diğer performans göstergeleri de göz önünde bulundurularak, kooperatifin verimliliklerini artırmak için ilave adımlar atılmalıdır. Bu çalışma, kooperatiflerin finansal analizlerini geliştirmek ve sürdürülebilir bir iktisadi yapı oluşturmak için yol gösterici olabilir. Gelecekteki araştırmalarda, daha geniş bir veri seti kullanılarak daha kapsamlı bir analiz yapılması önerilebilir. Ayrıca, kooperatiflerin sektörel eğilimleri ve rekabet ortamını dikkate alarak stratejik planlamalarını gözden geçirmeleri, pazarlama ve dağıtım stratejilerini iyileştirmeleri ve verimliliklerini artırmaları gerekmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmanın sınırlamaları da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, sadece belirli bir döneme odaklanılmış olması ve sadece finansal analizlere dayanması gibi sınırlamaları göz önünde bulundurularak, daha kapsamlı ve çoklu perspektifli bir analizin yapılması önerilebilir. Sonuç olarak, bu çalışma, Aşağısevindikli Kalkınma Kooperatifi ve diğer kooperatifler için önemli bir başlangıç noktası olabilir ve gelecekteki çalışmalara ilham verici bir temel sağlayabilir.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz

#### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Varnalı, T., Özdemir, G.; Materyal ve Metot: Varnalı, T., Özdemir, G.; Veri toplama ve İşleme: Varnalı, T., Özdemir, G.; İstatistik Analiz: Varnalı, T., Özdemir, G.; Literatür Tarama: Varnalı, T., Özdemir, G.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Varnalı, T., Özdemir, G.



### Kaynakça

- Açıkgöz, T. and Kılıç, G. (2021). Investigation of financial performance and market value of technology firms with dupont-regression analysis, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (90): 209-226.
- Akyüz, F., Yeşil, T. ve Kara, E. (2019). İşletmelerin dupont karlılık analiziyle performansının belirlenmesi: Borsa İstanbul imalat sektörü örneği. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 83: 61-84.
- Altan, İ. and Aslan, Y. (2022). Hastane Hizmetlerinin Finansal Performans Analizi. *Karadeniz 10<sup>th</sup> International Conference On Applied Sciences*. 17-18 Eylül, 50-57, Samsun, Türkiye.
- Armutlu, M. R. ve Güngör, H. Y. (2019). Turizm sektöründe özkaynak kârlılığının analizi. *Toplum Bilimleri Dergisi*, 25: 137-152.
- Aydemir, İ. (2018). Hastanelerde finansal performansın değerlendirilmesi: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası hastane hizmetleri sektör bilançolarında bir uygulama. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 4(2): 133-149.
- Balkan, D. (2016). *İşletmeler için yeni bir performans ölçüm sistemi tasarımı ve web tabanlı karar destek sistemi*. (Doktora Tezi) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bernhardt, K. (2015). DuPont System For Financial Analysis. Center for Dairy Profitability, University of Wisconsin-Extension. <https://cdp.wisc.edu/wp-content/uploads/DuPont-2015-1.pdf> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)
- Besley, C. and Brigham, E. F. (2007). *Essentials of managerial finance*. South-Western College Pub.
- Botika, M. (2012). The use of dupont analysis in abnormal returns evaluation: empirical study of Romanian market. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, (62): 1179-1183.
- Chang, K. J., Chichernea, D. C. and Hassabelnaby, H. R. (2013). On the dupont analysis in the health care industry. *Journal of Accounting and Public Policy*, 33(1): 83-103.
- Curtis, P. G. and Roupas, T. (2009). Health care finance, the performance of public hospitals and financial statement analysis. *European Research Studies*, 7(4), 199-212.
- Çelik., A. ve Digün., O. (2018). DuPont analizi yöntemiyle Türk çimento sektörü'nün finansal performansının değerlendirilmesi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 4(11): 458-471.
- Ercan, M. K. ve Ban, Ü. (2014). *Finansal Yönetim*, Gazi Kitabevi.
- Flex Monitoring Team (2005). *Select performance dimensions for critical access hospitals*. University of Minnesota North Caroline at Chapel Hill.
- Gapenski, L. C. and Pink, G. H. (2007). *Understanding Healthcare Financial Management*. Chicago: Health Administration Press.
- Gitman, J. L. (2002). *Principles of Managerial Finance*. Pearson, USA.
- Gümüş, U. T. ve Çıbık, E. (2018). Borsa'da işlem gören gayrimenkul yatırım ortaklığı işletmelerinin birleşik oran analizi (dupont) yöntemiyle performansının ölçülmesi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 2178-2194.
- Henry, E. and Robinson, T. R. ve Greuning, J. H. (2011). *Financial Analysis Techniques*. The Financial Analysis Process, CFA Institute.
- Işıkçelik, F., Durur, F. ve Günaltay, M. M. (2021). Özel hastane finansal performansının duPont finansal analiz yöntemiyle değerlendirilmesi. *Alanya Akademik Bakış*, 5(2): 773-791.
- Işıkçelik, F., Turgut, M. ve Ağırbaş, İ. (2022). Hastanelerde finansal performansın farklı analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(34): 505-519.

- Karadeniz, E. (2016). Hastane hizmetleri alt sektörünün finansal performansının incelenmesi: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası sektör bilançolarında bir uygulama. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19 (2): 101-114.
- Karadeniz, E. ve Koşan, L. (2017). Hastane hizmetleri sektörünün aktif ve özsermaye karlılık performansının analizi: Hastane hizmetleri sektör bilançolarında bir araştırma. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 5(1): 37-47.
- Karadeniz, E., Koşan, L., Günay, F. ve Dalak, S. (2019). Otel işletmelerinde kârlılığı etkileyen değişkenlerin DuPont analiz tekniğiyle ölçülmesi: Avrupa borsalarında ekonometrik bir analiz. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 81: 21-36.
- Karadeniz, E. ve Koşan, L. (2014). Konaklama ve yiyecek hizmetleri alt sektörünün finansal performansının dupont finansal analiz sistemi kullanılarak incelenmesi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 11(2), 75-89.
- Khan, M.Y. and Jain, P.K. (2014). Management Accounting: Text, Problems, and Cases (6th ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Kim, H. S. (2016). A study of financial performance using dupont analysis in food distribution market. *Culinary Science & Hospitality Research*, 22 (6): 52-60.
- Özdemir, G., Keskin, G. ve Özüdoğru, H. (2011). Türkiye’de ekonomik krizler ve tarımsal kooperatiflerin önemi, Economic crisis in Turkey and the important of agricultural cooperatives . *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1): 101-113.
- Raza, S. A., Jawaid, S. T. and Adnan, M. (2013). A Du-pont analysis on insurance sector of South Asian Region. Munich Personal RePEc Archive, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/49289/> (Erişim Tarihi: 24.01.2023).
- Serinikli, N. Ve İnan, İ. H. (2007). Edirne köy kalkınma kooperatifleri birliğinin ekonomik analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(3): 237-248.
- Şenkayas, H. ve Kaderli, Y. (2009). Firmaların öz sermaye verimliliğindeki değişmelerin du-pont kontrol şeması ile analiz edilmesi: lojistik sektöründeki firmalar üzerine bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 3: 53-6.
- Weaver, S. C. (2012). *The essentials of financial analysis*. McGraw Hill.

## Mısır Bitkisinin Gelişimi, Zn ve P Geri Alım Etkinliği Üzerine Farklı Fosfor Ortamlarında Organik ve İnorganik Formlu Çinko Kaynaklarının Etkileri

Effects of Organic and Inorganic Zinc Sources on Maize Plant Growth, Zn and P Uptake Efficiency Under Different Phosphorus Environments


Ayşegül KORKMAZ<sup>1\*</sup>, Şerife AVCI<sup>2</sup>, Fatma GÖKMEN YILMAZ<sup>3</sup>, Sait GEZGIN<sup>4</sup>


### Öz

Bu çalışma, farklı fosfor miktarlarında uygulanan organik ve inorganik formlu çinko kaynaklarının mısır bitkisinin çinko (Zn) ve fosfor (P) içerikleri, kaldırılan miktarları ve alım etkinliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sera şartlarında hafif alkalın reaksiyonlu, kireçli, düşük organik madde ve fosfor içeriğine sahip bir toprakta tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak deneme kurulmuştur. Denemede; çinko, 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde inorganik (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnO ve 20-20+Zn) ve organik formlu (Zn-Glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat ve ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoasit, Zn-EDTA) kaynaklar kullanılarak fosfor, 0 ve 120 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde DAP kullanılarak uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda mısırın kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği ve kaldırılan miktarları, P ve Zn geri alım etkinlikleri organik ve inorganik çinko kaynaklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Toprakta fosfor içeriğinin az olduğu durumlarda mısırın en yüksek kuru madde miktarı, P içeriği ve kaldırılan P miktarı inorganik formlu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilirken, Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarı ise organik formlu Zn EDTA uygulaması ile elde edilmiştir. Toprakta fosfor içeriğinin fazla olması halinde mısırın en yüksek kuru madde miktarı, P ve Zn içerikleri ve kaldırılan P ve Zn miktarları organik formlu Zn içerikli kaynaklar ile elde edilmiştir. Fosfor geri alım etkinliği çinko uygulama kaynakları ve uygulanan fosfor miktarına göre farklılık göstermiş olup, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formlu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (%17.9) inorganik formlu 20-20+Zn uygulaması ile %11 oranında azalırken, organik formlu Zn Glukonat uygulaması ile %38 oranında artmıştır. Çinko geri alım etkinliği ise inorganik formlu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (%5.4) inorganik formlu 20-20+Zn uygulaması ile %33 oranında azalırken, organik formlu Zn Glukonat uygulaması ile %17 oranında artmıştır. Bitki fosforu ve çinkonun geri alım etkinliği sırasıyla ortalama %21.0 ve %5.1 olup en yüksek organik formlu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Mısır bitkisinin kuru madde miktarı ve P ve Zn geri alım etkinlikleri bakımından yaygın olarak kullanılan inorganik formlu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O kaynağının yerine organik formlu Zn-Glukonat uygulamasını önerebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Kleyt, organik, Zn-EDTA, Zn-glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşegül Korkmaz, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [aysegul.korkmaz22@gmail.com](mailto:aysegul.korkmaz22@gmail.com)  ORCID: 0000-0002-6745-5742

<sup>2</sup>Şerife Avcı, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [serife.avci98@gmail.com](mailto:serife.avci98@gmail.com)  ORCID: 0009-0004-2943-7684

<sup>3</sup>Fatma Gökmen Yılmaz, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [fgokmen@selcuk.edu.tr](mailto:fgokmen@selcuk.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-8523-1825

<sup>4</sup>Sait Gezgin, Adres Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [sgezgin@selcuk.edu.tr](mailto:sgezgin@selcuk.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-3677-2868

**Atıf:** Korkmaz, A., Avcı, Ş., Yılmaz, G. F., Gezgin, S. (2024). Mısır bitkisinin gelişimi, Zn ve P geri alım etkinliği üzerine farklı fosfor ortamlarında organik ve inorganik formlu çinko kaynaklarının etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 694-704.

**Citation:** Korkmaz, A., Avcı, Ş., Yılmaz, G. F., Gezgin, S. (2024). Effects of organic and inorganic zinc sources on maize plant growth, Zn and P uptake efficiency under different phosphorus environments. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 694-704.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## **Abstract**

This study was conducted to determine the zinc (Zn) and phosphorus (P) content, removed quantities and intake activities of the corn plant of organic and inorganic form zinc sources applied in different amounts of phosphorus. The experiment was established in greenhouse conditions in a soil with slightly alkaline reaction, calcareous, low organic matter and phosphorus content in three replicates according to the coincidence plots experimental design. In the experiment, zinc was applied at 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> using inorganic (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnO and 20-20+Zn) and organic (Zn-Gluconate, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humate and ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoacid, Zn-EDTA) sources and phosphorus was applied at 0 and 120 mg P kg<sup>-1</sup> using DAP. As a result of the study, it was determined that dry matter content, P and Zn content, P and Zn uptake, P and Zn reuptake efficiency of maize varied depending on organic and inorganic zinc sources in case of low and high phosphorus content in the soil. In cases where the phosphorus content in the soil is low, the highest dry matter amount, P content and removed P amount of maize were obtained with the application of inorganic form 20-20+Zn, while the Zn content and the amount of Zn removed were obtained with the application of organic form Zn EDTA. In case of high phosphorus content in the soil, the highest dry matter content, P and Zn contents and P and Zn removal amounts of maize were obtained with organic sources containing Zn. Phosphorus reuptake efficiency differed according to zinc application sources and the amount of phosphorus applied, and it decreased by 11% with inorganic form 20-20+Zn application and increased by 38% with organic form Zn Gluconate application compared to inorganic form ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O application (17.9%), which is widely used in the elimination of zinc deficiency. Zinc reuptake efficiency decreased by 33% with the application of 20-20+Zn with inorganic form compared to the application of ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O with inorganic form (5.4%), while it increased by 17% with the application of organic form Zn Gluconate. The uptake efficiency of plant phosphorus and zinc was 21.0% and 5.1%, respectively, and the highest was determined with organic form Zn Gluconate application. In terms of dry matter content and P and Zn uptake efficiency of maize plants, we can recommend the application of organic form Zn-Gluconate instead of the commonly used inorganic form ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O source.

**Keywords:** Kleyt, organic, Zn-EDTA, Zn-gluconate, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun %40'ında çinko başta olmak üzere mikro element noksanlıklarından kaynaklı sağlık sorunları yaşanmaktadır (Bekir ve ark., 2020). Ülkemiz tarım topraklarının %50'sinde (Eyüpoğlu ve ark., 1994; Çakmak ve ark., 1996), Orta Anadolu tarım topraklarının %70'inde Zn noksanlığı görülmekte (Çakmak ve ark., 1996) ve bu problem beraberinde verimde %60-80'lere varan oranlarda azalmalara neden olmaktadır (Çakmak ve ark., 1999). Bitkilerde Zn noksanlığından kaynaklı verim azalması yanında kalite düşüklüklerinin giderilmesinde organik (lignosülfatlar, fulvik ve hümik asitler, glukonatlar ve amino asitler) (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Lucena ve ark., 2010) ve inorganik formda Zn kaynakları ( $ZnO$ ,  $ZnCO_3$ ,  $ZnSO_4$ ,  $Zn(NO_3)_2$ ,  $ZnCl_2$  ve  $Zn-EDTA$ ) kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak ucuz olması, kolay bulunabilmesi ve suda çözünürlüğünün fazla olmasından dolayı inorganik kaynaklı  $ZnSO_4$  tercih edilmektedir (Duymuş, 2020). Son zamanlarda inorganik formda Zn kaynaklarının yerine organik formda Zn kaynaklarının da kullanılması sonucunda bitkiler tarafından Zn alımının artması nedeniyle verim ve kalitede artışların olduğu bilinmektedir (Wessels ve ark., 2021). Ayrıca verim artışında inorganik formda çinko kaynakları kompoze gübreler ile birlikte kullanılmaktadırlar (Montalva ve ark., 2016; Bekir ve ark., 2020). Fasulye tanesinin Zn alımı organik formda çinko şelat uygulaması ile inorganik formda çinko sülfat uygulamasına göre 1.5 kat daha fazla artırdığını bildirmişlerdir (Tabesh ve ark., 2020). Bitkinin çinko alımında, toprak reaksiyonu, kireç ve organik madde içeriği gibi özelliklerinin yanında başta fosfor, olmak üzere demir, bakır ve mangan kapsamları da etkili olduğu bildirilmektedir. Nitekim fosfor uygulaması ile mısır bitkisinin Zn alımını arttırdığı fakat artan fosfor uygulamasına bağlı olarak Zn alımının azaldığı bilinmektedir. Şimdiye kadar P-Zn interaksyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda, topraklarda bitkiye yarayışlı Zn miktarının düşük olması nedeniyle Zn noksanlığının etkileri yanında fosforlu gübre uygulaması ile bitkinin Zn alımı üzerindeki etkileri ve mekanizmaları incelenmiştir (Watts-Williams ve ark., 2015). Ancak topraklarda bitkiye yarayışlı fosfor miktarının fazla olduğu durumlarda bitkinin Zn alımı ve geri alım etkinliğine hatta bunlar üzerine organik ve inorganik formda Zn kaynaklarının etkileri ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle çalışma, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda ortaya çıkan çinko noksanlığının iyileştirilmesinde ülkemizde yaygın olarak kullanılan  $ZnSO_4$  yerine kullanılabilir organik ve inorganik formda çinko kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği, alımı ve P ve Zn geri alım etkinlikleri üzerine etkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü bilgisayar kontrollü araştırma serasında yürütülmüştür. Deneme süresince sera içi sıcaklığının  $25\pm 3$  °C, solar radyasyonun  $1750\pm 50$  kcal.m<sup>-2</sup> ve nispi nemin  $60\pm 10$  olması sağlanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak planlanan sera denemesinde fırın kuru ağırlık esasına göre 3000 g toprak konulmuştur.

Denemede kullanılan toprak nötr reaksiyonlu (7.43), tuzsuz ( $135.8 \mu S cm^{-1}$ ), az organik maddeli (%1.68), çok fazla kireçli (%28) ve killi bünyeye sahiptir. Deneme toprağı bitkiler için yetersiz düzeyde P ( $4.3 mg kg^{-1} < 15 mg kg^{-1}$ ), Mg ( $125 mg kg^{-1} < 160 mg kg^{-1}$ ), Fe ( $1.21 mg kg^{-1} < 4.5 mg kg^{-1}$ ), Zn ( $0.08 mg kg^{-1} < 0.5 mg kg^{-1}$ ) ve B ( $0.34 mg kg^{-1} < 0.5 mg kg^{-1}$ ) içermektedir. Toprakta Ca ( $4009 mg kg^{-1} > 1150 mg kg^{-1}$ ), K ( $128 mg kg^{-1} > 110 mg kg^{-1}$ ), Cu ( $0.52 mg kg^{-1} > 0.2 mg kg^{-1}$ ) ve Mn ( $4.98 mg kg^{-1} > 1 mg kg^{-1}$ ) miktarları bitkiler için yeterli düzeydedir (Ülgen ve Yurtsever, 1974). Denemede farklı dozlarda uygulanan fosfor ve çinko kaynaklarının etkilerini belirlemek için özellikle fosfor ( $4.3 mg P kg^{-1}$ ) ve çinko ( $0.08 mg Zn kg^{-1}$ ) içeriği yetersiz olan bir toprak kullanılmıştır (Tablo 1).

Bitki gelişiminin olumsuz yönde olmaması için deneme toprağında bitkiye yarayışlı miktarları yetersiz olan besin elementleri uygun gübrelerle  $600 mg N kg^{-1}$  [Üre],  $400 mg K kg^{-1}$  [ $K_2SO_4$ ],  $75 mg Mg kg^{-1}$  [( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ )],  $2 mg B kg^{-1}$  [(Tarım Bor / Etidot-67) ve  $15 mg Fe kg^{-1}$  [Sequestrene] uygulanmıştır. Denemede mısır bitkisine 0 ve  $120 mg P kg^{-1}$  uygulaması DAP gübresi [( $NH_4$ ) $HPO_4$ ] kullanılarak yapılmıştır. Ekim öncesi toprağa  $6 mg Zn kg^{-1}$  olacak şekilde 7 adet Zn kaynağı [ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (%23 Zn), ZnEDTA (%15 Zn), Zn-Glukonat (%65 Zn), ZnO (%50 Zn), 20-20-0+Zn (%1 Zn) ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 'a ilave olarak  $200 mg K-Humat kg^{-1}$  ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + K-Humat$ ) ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 'a ilave olarak  $200 mg Amino asit kg^{-1}$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + Amino asit$ ] kullanılarak uygulama yapılmıştır. Deneme 7 Zn kaynağı x 2 P dozu x 3 tekrür olmak üzere 42 saksıda yürütülmüştür. Denemede piyasada satılan ve yaygın olarak kullanılan Cin mısır çeşidi yetiştirilmiştir. Her saksıya 6 adet tohum ekilmiş ve çimlenme sonrası her saksıda 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış ve 50 günlük gelişmeden sonra hasat yapılmıştır.

**Tablo 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri***Table 1. Some physical and chemical properties of the trial soil*

Parametreler	Birimi	Sonuçlar	Kaynaklar
pH (1:2.5 toprak: su)	--	7.43	Jackson (1958)
EC (1:5 toprak: su)	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	135.8	
CaCO <sub>3</sub>	(%)	28	Hızalan ve Ünal (1966)
Organik madde	(%)	1.68	Tüzüner (1990)
Kil	(%)	54	
Silt	(%)	18	
Kum	(%)	28	Bouyoucos (1951)
Tekstür sınıfı	--	Killi	
İnorganik N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> -N)	(mg kg <sup>-1</sup> )	11.13	Bremner (1965)
Alınabilir P	(mg kg <sup>-1</sup> )	4.30	Olsen (1954)
Ekstrakte edilebilir Ca	(mg kg <sup>-1</sup> )	4009	
Ekstrakte edilebilir Mg	(mg kg <sup>-1</sup> )	125	
Ekstrakte edilebilir K	(mg kg <sup>-1</sup> )	128	Pratt (1965)
Ekstrakte edilebilir Na	(mg kg <sup>-1</sup> )	38	
Alınabilir Fe	(mg kg <sup>-1</sup> )	1.21	
Alınabilir Zn	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.08	Lindsay ve Norvell (1978)
Alınabilir Mn	(mg kg <sup>-1</sup> )	4.98	
Alınabilir Cu	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.52	
Alınabilir B	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.34	Cartwright ve ark. (1983)

Denemede ekim yapıldıktan sonra saksılardaki toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesi seviyesine çıkarılmıştır. Ayrıca deneme süresince toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesinde tutulan nemin %75 olacak şekilde sulama yapılmıştır. Bitkilerin topraktan makro ve mikro elementleri alımını belirlemek için hasat işlemi, mısırlar toprak yüzeyinden paslanmaz çelik bıçakla kesilerek yapılmıştır. Her saksıdan hasat edilen mısırların taze ağırlıkları belirlendikten (g saksı<sup>-1</sup>) sonra örnekler önce musluk suyu sonra sırasıyla 0.1 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuruyan numuneler tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kaplarda muhafaza edilen öğütülmüş numuneler analiz öncesi tekrar 70 °C'de kurutulmuştur. Bu numunelerden 0.2 g tartılarak 5 ml HNO<sub>3</sub>+2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşliğinde yüksek sıcaklık (210 °C) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars6) çözündürülmüştür. Çözündürülen numunelerdeki P ve Zn içerikleri ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) (Agilent 5110) cihazında belirlenmiştir. Kaldırılan P ve Zn miktarları ise kuru madde miktarı ve element içeriğinin çarpımı ile hesaplanmıştır. Ayrıca P ve Zn geri alım etkinlikleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$P \text{ ve Zn alım etkinliği (\%)} = \frac{(\text{Kaldırılan P veya Zn miktar})}{\text{toprak} + \text{gübre P veya Zn}} \times 100 \quad (\text{Eş. 1})$$

Araştırmada elde edilen sayısal değerlerin istatistiksel analizinde JMP 5.0.1a istatistik paket programından yararlanılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içerikleri, kaldırılan P ve Zn miktarlarına sadece farklı çinko kaynakları (ÇK) ve sadece fosfor uygulamaları (P) ve ÇK x P interaksiyonun etkileri istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın kuru madde miktarı, P içeriği, kaldırılan P miktarı, Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarlarına etkilerine ait varyans analiz sonuçları**

Table 2. Analysis of variance results of the effects of different zinc sources and phosphorus applications on dry matter content, P content, P removal, Zn content and Zn removal of maize

Varyans Kaynakları	SD	Kuru madde miktarı	P İçeriği	Kareler Ortalaması		
				Kaldırılan P miktarı	Zn İçeriği	Kaldırılan Zn miktarı
Genel	41	--	--	--	--	--
Çinko Kaynakları (ÇK)	6	54.57**	0.02**	1189.46**	37835.64**	14.15**
Fosfor Uygulaması (P)	1	1867.33**	0.120**	48130.26**	6405.60**	4.71**
ÇK X P int.	6	551.36**	0.026**	10778.06**	4924.58**	2.17**
Hata	28	1.71	0.24	0.98	1.48	1.77

Bitki kuru madde miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasına göre ( $20.54 \text{ g saksı}^{-1}$ ) %3 ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + K\text{-Humat}$  ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + \text{Amino asit}$ ) ile %16 (Zn Glukonat) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek bitki kuru madde miktarı ( $23.48 \text{ g saksı}^{-1}$ ) organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile elde edilmiş, ZnO ve Zn EDTA arasında istatistiki bakımından fark olmadığı belirlenmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kuru madde miktarının 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitki kuru madde miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek ( $33.96 \text{ g saksı}^{-1}$ )  $6 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  olacak şekilde Zn Glukonat ile birlikte  $120 \text{ mg P kg}^{-1}$  uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca Zn Glukonat uygulaması ile Zn EDTA uygulamasına göre bitki kuru madde miktarında %7 oranında artış belirlenmiştir (Tablo 3). Çinko'lu gübrelerin mısırın büyüme ve gelişimini arttırdığı birçok çalışmada belirlenmiştir (Adhikary, ve ark., 2010; Amanullah ve ark., 2011; Badiyala ve Chopra, 2011; Parasuraman ve ark., 2008; Salem and El-Gizawy 2012; Takrattanasaran ve ark., 2013). Gourkhede ve ark. (2022) Hindistan'da kireçli ve bazik reaksiyonlu bir toprağa pamuk bitkisi çıkışından 55. ve 75. gün olmak üzere yapraktan 2 defa Zn glukonat ve ZnEDTA uygulamaları ile elde edilen verimin kontrole göre Zn Glukonat uygulaması ile 1.8 kat, Zn EDTA uygulaması ile 1.7 kat arttığını, Zn Glukonat uygulaması ile Zn EDTA uygulamasına göre %8 oranında verimde artışın sağlandığını bildirmişlerdir. Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan bu çalışmalarda gerek Zn Glukonat gerekse Zn EDTA uygulamaları ile bitki kuru madde miktarında artışların olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 3. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın kuru madde miktarına etkileri**

Table 3. The effects of different zinc sources and phosphorus applications on dry matter amount of maize

Zn kaynakları	P uygulaması	Kuru madde miktarı ( $\text{g saksı}^{-1}$ )		
		-P	+P	Ortalama
<b>ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O</b>		13.89d	27.19c	20.54c
<b>Zn EDTA</b>		14.53d	29.89bc	22.21abc
<b>Zn Glukonat</b>		13.71d	33.96a	23.84a
<b>ZnO</b>		13.62d	33.10ab	23.36ab
<b>ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O + K-Humat</b>		14.11d	28.16c	21.14bc
<b>ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O+ Amino Asit</b>		14.02d	28.23c	21.13bc
<b>20-20+Zn</b>		15.03d	30.03bc	22.53abc
<b>Ortalama</b>		14.13b	30.08a	--

Bitki yaprak fosfor içeriği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasına göre (% 0.27) % 0 (ZnO) ile %26 (20-20+Zn) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek yaprak fosfor içeriği (% 0.34) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisi

yaprağının fosfor içeriğinin yaklaşık 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitki yaprak fosfor içeriğinin Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek (%0.39) 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+ Amino asit ile birlikte 120 mg P kg<sup>-1</sup> uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 4). Farklı çinko kaynakları ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının fosfor içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, fosfor uygulaması ile %63 oranında artışa neden olmuştur. Mısır bitki yaprağının fosfor içeriğinin Jones ve ark. (1991)'nin belirttikleri sınır değerlerine (%0.25-0.30) göre 20-20+Zn uygulaması hariç diğer uygulamalarda düşük iken fosfor uygulamaları ile artmıştır (Öner ve Öner, 2023). Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan çalışmalarda (Kuziemska ve ark., 2022) çinko kaynağı ne olursa olsun bitkinin fosfor alımının fosfor uygulamasına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir.

**Tablo 4. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın P içeriği ve kaldırılan P miktarı üzerine etkileri**

Table 4. Effects of different zinc sources and phosphorus applications on P content and P removal of maize

Zn Kaynakları	P Doz	P İçeriği (%)			Kaldırılan P miktarı (mg saksı <sup>-1</sup> )		
		-P	+P	Ort	-P	+P	Ort.
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		0.20 f	0.34 d	0.27d	28.19f	92.61c	60.40c
Zn EDTA		0.22 e	0.37 b	0.30b	31.82f	111.3b	71.54b
Zn Glukonat		0.20 f	0.35 c	0.28c	27.32f	120.4a	73.84ab
ZnO		0.20 f	0.36 c	0.27cd	27.28f	112.3ab	69.78b
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O + K-Humat		0.20 f	0.36 c	0.28c	28.40f	78.79d	64.65bc
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+ Amino							
Asit		0.21 f	0.39 a	0.30b	29.03f	109.3b	69.18b
20-20+Zn		0.33 d	0.35 c	0.34a	50.19e	105.5b	77.86a
Ortalama		0.22 b	0.36 a	--	31.75b	107.5a	--

Bitki tarafından kaldırılan fosfor miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (60.40 mg saksı<sup>-1</sup>) %7 (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat) ile %29 (20-20+Zn) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek kaldırılan fosfor miktarı (77.86 mg saksı<sup>-1</sup>) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilmiş, bu uygulama ile Zn Glukonat arasında istatistiki bakımından fark olmadığı belirlenmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kaldırdığı fosfor miktarının 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitkinin kaldırdığı fosfor miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek inorganik formda 20-20+Zn ve organik formda Zn Glukonat uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 4). Rana ve Kashif (2013) Pakistan'da pirinç bitkisine topraktan farklı Zn (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, Zn-EDTA ve ZnO) uygulamaları ile elde edilen verimin, tane P ve Zn alımına etkilerini inceledikleri çalışma sonucunda, çalışmamıza benzer şekilde farklı Zn kaynakları ile Zn uygulamaları ile verim, tane P ve Zn alımının değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek verim, tane P ve Zn alımının inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O yerine organik formulu Zn-EDTA uygulaması ile olduğunu belirtmişlerdir.

Bitkide fosforun geri alım etkinliği diğer bir ifade ile toprakta bulunan toplam fosforundan bitkinin yararlanma (alma) oranı çinko kaynaklarına göre değişmektedir (Şekil 1). Fosfor geri alım etkinliği en düşük inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken en yüksek organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda fosfor geri alım etkinliği %10 (Holloway ve ark., 2001) ve %30 (Zhao ve ark., 2021) olarak tespit edilmiştir. Bazik reaksiyonlu, yüksek kireç ve düşük organik maddeye sahip topraklarda özellikle inorganik ve organik formda Zn uygulamaları ile bitki fosfor alım etkinliğinin Zn formuna göre değiştiği bilinmektedir. Çalışmamızda fosfor alım etkinliği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (% 17.9) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile %11 azalırken, organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile %38 oranında artmıştır.



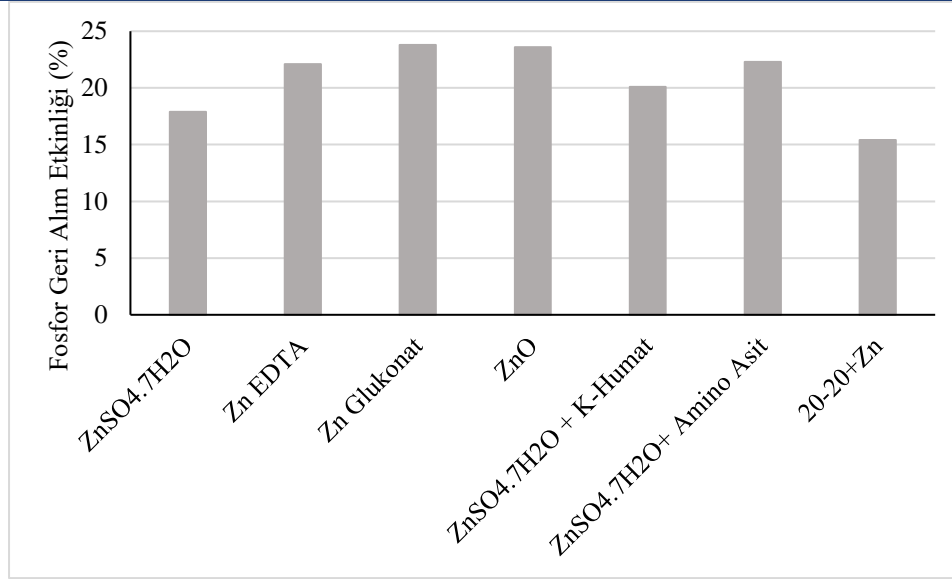


Figure 1. Effect of different zinc sources and phosphorus applications on P uptake efficiency of maize

**Şekil 1. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın P geri alım etkinliği üzerine etkisi**

Bitki yaprak çinko içeriği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (83.3 mg kg<sup>-1</sup>) 1.8 katlık azalmayla inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken 1.3 katlık artışla en fazla organik formulu Zn EDTA uygulaması ile belirlenmiştir. Bitki yaprak çinko içeriğinin Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile azaldığı ve en yüksek (172.5 mg kg<sup>-1</sup>) 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde Zn EDTA uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 5). Farklı çinko kaynakları ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının çinko içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, fosfor uygulaması ile % 26 oranında azalışa neden olmuştur.

Tablo 5. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarı

Table 5. Zn content and removed Zn content of maize by different zinc sources and phosphorus applications

Zn Kaynakları	P Doz	Zn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )			Kaldırılan Zn miktarı (mg saksı <sup>-1</sup> )		
		-P	+P	Ort	-P	+P	Ort.
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		86.4e	80.1f	83.3d	1.20f	2.18d	1.69c
Zn EDTA		172.5a	117.1c	144.8a	2.51c	3.50a	3.00a
Zn Glukonat		86.6e	68.3h	77.4e	1.19f	2.32cd	1.75c
ZnO		59.5i	49.9j	54.8f	0.81g	1.65e	1.23d
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O + K-Humat		98.3d	76.6g	87.5c	1.39f	2.16d	1.77c
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+ Amino Asit		131.0b	101.5d	101.3b	1.84e	2.87b	2.35b
20-20+Zn		47.5jk	45.4k	46.3g	0.71g	1.36f	1.04e
Ortalama		97.4a	77.0b	--	1.38	2.22	--

Mısır bitki yaprağının çinko içeriğinin Jones ve ark (1991)'nin belirttikleri sınır değerlerine (20-60 mg kg<sup>-1</sup>) göre ZnO ve 20-20+Zn uygulaması hariç diğer uygulamalarda yeterli düzeyde iken fosfor uygulamaları ile azalmıştır. Fosfor uygulanmayan durumlarda bitki yaprağının çinko içeriği Zn noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O'a göre organik formulu Zn kaynaklarında (Zn-EDTA, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat, Zn Glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoasit) artış belirlenirken inorganik formulu Zn kaynaklarında (ZnO, 20-20+Zn) azalmalar belirlenmiştir.

Bitki tarafından kaldırılan çinko miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (1.69 mg saksı<sup>-1</sup>) inorganik formulu ZnO uygulaması ile %37, 20-20+Zn uygulaması ile %62 oranlarında azalmalar olurken, %78'lik artışla en fazla organik formulu ZnEDTA

uygulaması ile elde edilmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kaldırdığı çinko miktarının 1.6 kat arttığı belirlenmiştir. Bitkinin kaldırdığı çinko miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek ( $3.50 \text{ mg saksı}^{-1}$ )  $6 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  olacak şekilde organik formda ZnEDTA uygulaması ile tespit edilmiştir (Tablo 5). Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan çalışmalarda (Rana ve Kashif, 2013; Gangloff ve ark., 2002) çinko kaynağı ne olursa olsun bitkinin çinko alımının çinko kaynağına ve çinkonun suda çözünürlük durumuna bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

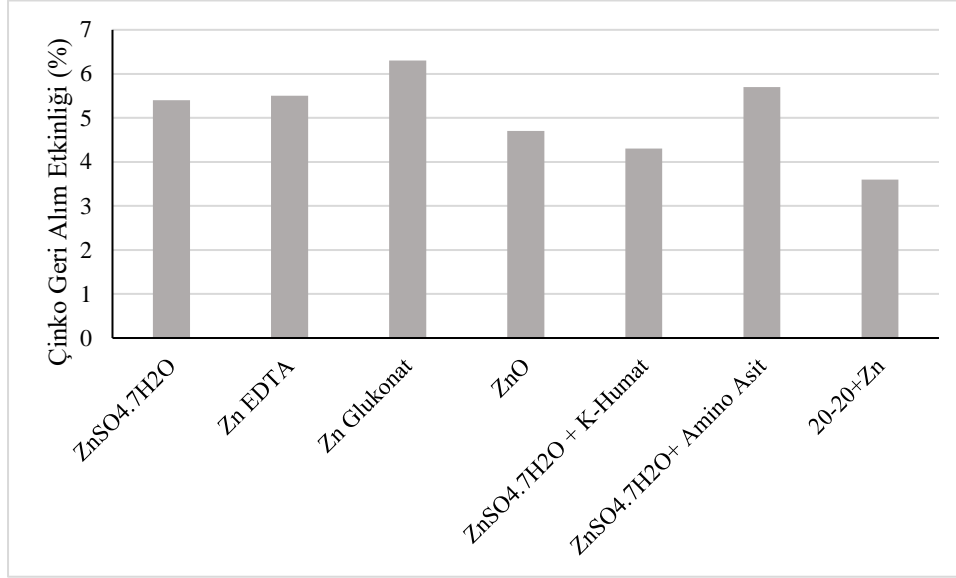


Figure 2. Effect of different zinc sources and phosphorus treatments on Zn uptake efficiency of maize

#### Şekil 2. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın Zn geri alım etkinliği üzerine etkisi

Bitkide çinkonun geri alım etkinliği diğer bir ifade ile toprakta bulunan toplam çinkodan bitkinin yararlanma (alma) oranı çinko kaynaklarına göre değişmektedir (Şekil 2). Bitkinin çinko geri alım etkinliği %3.6 ve %5.7 arasında değişmekte olup ortalama %5.1'dir. Çinko geri alım etkinliği en düşük (% 3.6) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken en yüksek (% 6.3) organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Çalışmamızda çinko geri alım etkinliği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (% 5.4) inorganik formulu ZnO uygulaması ile % 50, 20-20+Zn uygulaması ile %22 azalırken, organik formulu ZnEDTA uygulaması ile %1.8, Zn Glukonat uygulaması ile % 23 oranlarında artmıştır (Tablo 5). Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda bitkilerin çinko geri alım etkinliğinin % 3.30 ve % 5.9 (Fageria ve ark., 2011) olduğunu tespit edilmiştir. Kireçli topraklarda özellikle Zn uygulamaları ile bitki çinko alım etkinliğinin Zn'un inorganik ve organik formda olmasının yanında suda çözünürlüğüne bağlı olarak değiştiği bildirmişlerdir (Shivay ve ark., 2013).

#### 4. Sonuç

Çalışmada, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda, çinko noksanlığının iyileştirilmesinde ülkemizde yaygın olarak kullanılan ZnSO<sub>4</sub> yerine kullanılabilir organik ve inorganik formda çinko kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği yanında geri alım etkinliği üzerine etkilerinin çinko kaynaklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Suda çözünürlükleri farklı organik ve inorganik çinko kaynaklarının fosforun yetersiz olması durumunda P uygulaması ile bitkide P içeriğini artarken, Zn içeriğinin azaldığı ve bu durumun Zn kaynaklarına göre değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca bitkinin kuru madde miktarı yanında fosfor ve çinko geri alım etkinliğinin çinko sülfat uygulamasına göre organik formulu Glukonat uygulaması ile arttığı, inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir. Sonuçta bitkinin Zn beslenmesi açısından organik formulu Zn kaynaklarının inorganik formulu Zn kaynaklarına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Gezgin, S., Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Materyal ve Metot: Avcı, Ş., Korkmaz, A., Veri toplama ve İşleme: Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Literatür Tarama: Avcı, Ş., Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F.

## Kaynakça

- Adhikary, B. H., Shrestha, J. and Baral, B. R. (2010). Effects of micronutrients on growth and productivity of maize in acidic soil. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 1(1): 8-15.
- Amanullah, M., Al-Arfaj, M. K. and Al-Abdullatif, Z. (2011). Preliminary Test Results of Nano-Based Drilling Fluids for Oil and Gas Field Application. *SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition* (pp. SPE-139534). March 1–3, Amsterdam, The Netherlands.
- Badiyala, D. and Chopra, P. (2011). Effect of zinc and FYM on productivity and nutrient availability in maize (*Zea mays*)–linseed (*Linum usitatissimum*) cropping sequence. *Indian Journal of Agronomy*, 56(2): 88-91.
- Bekir, A., Uygur, V. and Sukuşu, E. (2020). Effects of priming with copper, zinc and phosphorus on seed and seedling composition in wheat and barley. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(1): 104-111.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen 1. In *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, A. L. Page, ASA SSSA. Madison: *Agronomy*, 1149-1178.
- Çakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H., Kılınç, Y. and Yılmaz, A. (1999). Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crops Research*, 60(1-2): 175-188.
- Çakmak, I., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H., Torun, B., Ereno, B. and Braun, H. (1996). Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and soil*, 180 (2): 165-172.
- Cartwright B., Tiller K. G., Zarcinas B. A. and Spouncer L. R. (1983). The chemical assessment of the boron status of soils. *Soil Research*, 21: 321-332.
- Duymuş, E., Gencer, M., Aydın, O., Yerlikaya, R. and Torun, M. B. (2020). Effect of zinc forms and doses on dry matter yield of maize. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1): 137-143.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. and Sanisa, U. (1994). Status of Plant Available Micronutrients in Turkish Soils, Soil and Fertilizer Research Institute Annual Report. Report No, 25-32.
- Fageria, N. K., Gheyi, H. R. and Moreira, A. (2011). Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, 34(7): 945-962.
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G. A. and Mortvedt, J. J. (2002) Relative availability coefficients of organic and inorganic zn fertilizers. *Journal of Plant Nutrition.*, 21(2): 259-273.
- Gourkhede, P. H., Patil, V. D. and Narle, S. H. (2022). Influence of Chelated Plant Nutrition on Yield, Nutrient Concentration and Uptake of Bt-Cotton under Vertisols. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 47(1): 109.
- Hızalan E. ve Ünal H. (1966). Topraklarda önemli kimyasal analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278:5-7.
- Holloway, R. E., Bertrand, I., Frischke, A. J., Brace, D. M., McLaughlin, M. J. and Shepperd, W. (2001). Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant and Soil*, 236(2): 209–219.
- Jackson M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis* Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, NJ, New Jersey, USA.
- Jones, J. B., Wolf, B. and Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, And Interpretation Guide.* Micro-Macro Publishing.
- Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A. B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human.* Springer Science & Business Media.
- Kuziemska, B., Klej, P., Wysokinski, A. and Rudziński, R. (2022). Effect of zinc along with organic fertilizers on phosphorus uptake and use efficiency by cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Agriculture*, 12(9): 1424.
- Lindsay W. L. and Norvell W. A. (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3):421-428.
- Lucena, M., Martins, R. R. and Alchieri, J. C. (2010). Psychological assessment and treatment adherence in bariatric surgery (Avaliação psicológica e aderência terapêutica na cirurgia bariátrica). In *II Congresso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVII Jornadas de Investigación Sexto Encuentro de Investigadores en Psicología del.*
- Montalvo, D., Degryse, F., Da Silva, R. C., Baird, R. and McLaughlin, M. J. (2016). Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Advances in Agronomy*, 139: 215-267.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Öner, N. and Öner, F. (2023). The effect of traditional and analysis-based chemical fertilizer application on corn yield and the content of plant nutrient elements in the leaf. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 71-79.
- Parasuraman, P., Prakash, R. and Chandrasekaran, B. (2008). Response of hybrid maize (*Zea mays* L.) to soil and foliar application of nutrients. *Madras Agricultural Journal*, 95(1-6): 200-202.

- Pratt, P. F. (1965). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. CA Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Pub. Agron. Series, (9): 1022-1030.
- Rana, W. K. and Kashif, S. R. (2013). Effect of different Zinc sources and methods of application on rice yield and nutrients concentration in rice grain and straw. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 1:9.
- Salem, H. M. and El-Gizawy, N. K. B. (2012). Importance of micronutrients and its application methods for improving maize (*Zea mays* L.) yield grown in clayey soil. *Chemical Analysis*, 12(7): 954-959.
- Shivay, Y. S., Prasad, R. and Pal, M. (2013). Zinc fortification of oat grains through zinc fertilisation. *Agricultural Research*, 2(4): 375-381.
- Tabesh, M., Kiani, S. and Khoshgoftarmanesh, A. H. (2020). The effectiveness of seed priming and foliar application of zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate on yield and grain nutritional quality of common bean. *Journal of Plant Nutrition*, 43(14): 2106-2116.
- Takrattanasaran, N., Chanchareonsook, J., Johnson, P. G., Thongpae, S. and Sarobol, E. (2013). Amelioration of zinc deficiency of corn in calcareous soils of Thailand: zinc sources and application methods. *Journal of Plant Nutrition*, 36(8): 1275-1286.
- Tüzüner, A., (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. sf : 21-27.
- Watts-Williams, S. J., Smith, F. A., McLaughlin, M. J., Patti, A. F. and Cavagnaro, T. R. (2015). How important is the mycorrhizal pathway for plant Zn uptake?. *Plant and Soil*, 390: 157-166.
- Wessels, C. F., Van Straaten, L. F., Du Preez, C. C. and Ceronio, G. M. (2021). A comparison of zinc sources and extraction methods on sandy soils suitable for maize cropping. *South African Journal of Plant and Soil*, 38(2): 152-158.
- Zhao, Y., Li, R., Huang, Y., Sun, X., Qin, W., Wei, F. and Ye, Y. (2021). Effects of various phosphorus fertilizers on maize yield and phosphorus uptake in soils with different pH values. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(12): 1746-1754.

## Arazi Toplulaştırma Projelerinde Yol ve Parsel Yoğunluklarının İncelenmesi\*


Investigation of Parcel and Line Densities in Land Consolidation Projects


Fırat ARSLAN<sup>1\*</sup>, Hasan DEĞİRMENCİ<sup>2</sup>

## Öz

Arazi toplulaştırması, parçalı arazilerin bir araya getirilmesi, tarıma uygun parsellerin oluşturulması, kırsal yolların düzenlenmesi, sulama-drenaj sistemlerinin kurulması ve sosyokültürel tesislerin yapılmasını kapsayan bir köy yenileme projesi olarak kabul edilebilir. Yüksek maliyetler ve büyük emekler sarf edilerek yapılan bu projelerin geliştirilmesi açısından bu değerlendirme yöntemleri, arazi toplulaştırma projelerinin Türkiye’de hızla devam ettiği göz önüne alındığında politikacılara, arazi yöneticilerine ve karar vericilere yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle arazi toplulaştırma projelerinin izleme ve değerlendirilmesinde birçok araştırmacı yöntemler geliştirmişlerdir. Arazi toplulaştırma çalışmalarında işletmelerin büyümesi dolayısıyla optimum işletme büyüklüğü ve tüm parsellere yol hizmetinin verilmesi proje hedefleri arasındadır. Optimum parsel büyüklüğünün yanı sıra, arazi toplulaştırma projelerinde parsellerin köy merkezine uzaklıkları ve inşa edilen kırsal yolların yoğunluklarının değerlendirilmesi açısından literatürdeki araştırmalar halen eksiktir. Coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile yapılan haritalar arazi toplulaştırma projelerinin değerlendirilmesinde yardımcı olabileceğinin yanında kolay anlaşılır bir yorumlama sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, bir arazi toplulaştırma projesi öncesi ve sonrası yol uzunluklarını, parsellerin konumsal değişimlerini coğrafi bilgi sistemleri ile incelemektir. Malatya İli Arguvan İlçesi Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma projesi kadastral verileri araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda geospacial analizlerden Kernel density ve Line Density araçları kullanılmıştır. ArcMAP programı Model Builder Tool yardımı NetCAD’ten alınan veriler işlenmiştir. Araştırma sonucunda parsel büyüklüğünün azaldığı bölgelerde yol yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Parsel ve yol yoğunluğunun en yüksek olduğu yerler köy merkezi çevresi olduğu belirlenmiştir. Tarımsal işletmelerde optimum işletme büyüklüğünün yanında köy merkezine olan uzaklık yakıt giderlerini etkilemektedir. Bu nedenle küçük ölçekli parsellerin köy merkezi çevresinde toplanması arazi toplulaştırma projesinin başarı göstergelerinden biri olarak kabul edilebilir. Yoğunluk analizleri, arazi toplulaştırma alanlarının değerlendirilmesi, yorumlanması ve belirlenmesinde karar vericilere yardımcı olabilir. Ayrıca bu çalışmada geliştirilen yol uzunlukları göstergeleri bir yol uzunlukları üzerine yapılan çalışmalarda kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi toplulaştırma, CBS, Coğrafi bölgesel analizler, Kernel density, Line density

<sup>1\*</sup>**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Fırat Arslan, Alanya Alaadin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. E-mail: [frtrsln@gmail.com](mailto:frtrsln@gmail.com)  OrcID: 0000-0002-7168-226X

<sup>2</sup>Hasan Değirmenci, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: [hdegirmenci46@gmail.com](mailto:hdegirmenci46@gmail.com)  OrcID: 0000-0002-6157-816X

**Atıf:** Arslan, F., Değirmenci, H. (2024). Arazi toplulaştırma projelerinde yol ve parsel yoğunluklarının incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 705-721.

**Citation:** Arslan, F., Değirmenci, H. (2024). Investigation of parcel and line densities in land consolidation projects. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 705-721.

\*Bu çalışma Fırat Arslan’ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## **Abstract**

Land consolidation can be considered as a rural revitalization project encompassing the aggregation of fragmented parcels, the creation of agricultural parcels suitable for farming, the organization of rural roads, and the establishment of irrigation and drainage systems, alongside the provision of sociocultural facilities. These evaluation methods can assist policymakers, land administrators, and decision-makers, especially considering the rapid progress of land consolidation projects in Türkiye, in improving these projects that require high costs and significant efforts. In the monitoring and evaluation of land consolidation projects, numerous researchers have developed methods. In land consolidation projects, among the project objectives are achieving the optimal parcel size due to the growth of enterprise and providing road services to all parcels. Research in the literature is still lacking in terms of evaluating the distances of parcels from the village centre and the densities of the rural roads constructed in land consolidation projects, in addition to the optimal parcel size. The use of geographic information systems (GIS) can be valuable in the evaluation of land consolidation projects, as GIS-generated maps not only aid in assessment but also provide easily understandable interpretations. The aim of this study is to examine road lengths before and after a land consolidation project, as well as the spatial changes of parcels, using geographic information systems. The cadastral data of Tatıklık Village in Arguvan District of Malatya Province constitute the main material of the research. In line with this objective, geospatial analyses were conducted using Kernel Density and Line Density tools. The ArcMAP program's Model Builder Tool was employed to process the data obtained from NetCAD. As a result of the research, it was observed that road density increased in areas where parcel sizes decreased. The regions with the highest parcel and road density are situated around the village centre. In addition to the optimal size of agricultural operations, the distance to the village centre also affects fuel expenses. Therefore, the aggregation of small-scale parcels around the village centre can be considered one of the indicators of success for land consolidation projects. Density analyses can assist decision-makers in evaluating, interpreting, and determining priority land consolidation areas. Additionally, the indicators for road lengths developed in this study can be utilized in studies conducted on road lengths.

**Keywords:** Land consolidation, GIS, Geospatial analysis, Kernel density, Line density

## 1. Giriş

Arazi toplulaştırması; işletmelere ait parçalı, dağınık (Karaönder ve Güler, 2021) olan arazilerin bir araya getirilerek, yol, sulama ve drenaj hizmetlerinin yanında altyapı ve sosyal kültürel hizmetlerin kırsal alanda sağlanması amacıyla yapılmaktadır (Değirmenci ve ark., 2017). Türkiye’de ilk arazi toplulaştırma projesinin yapıldığı 1961 yılından 2002 yılına kadar toplam 450 bin ha arazi toplulaştırılmış, 2007 yılına kadar ise 130 bin ha, 2009’da 103 bin ha, 2010’da 26 bin ha, 2011’de yaklaşık 601 bin ha ve nihayetinde 2012’de 1 milyon ha’ı geçmiştir. Bunu takip eden yıllarda arazi toplulaştırma çalışmaları hızla devam etmiştir. Bu projeler ile işletmelerin geliştirilmesine sağlayarak sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı amaçlamıştır (Küsek, 2014; Anonim, 2020) Türkiye’de, arazi toplulaştırma çalışmaları yaklaşık 7 milyon ha alanda yapılmış (Küsek, 2014) ve devam etmektedir (Ertunç, 2023).

Arazi toplulaştırma projelerinin en önemli amaçları arasında parsel şekillerinin düzeltilmesi (Kuşun ve ark. 2023), arazi parçalılığının azaltılması, parsellerin su ve yol ağlarına bağlanması yer almaktadır. Toplulaştırma öncesi ve sonrası durumun değerlendirilmesi, arazi toplulaştırma çalışmalarına harcanan emek ve yatırımlar açısından büyük önem taşımaktadır. Parsel büyüklüğü ve yol ağlarının değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmaların literatürde yetersiz olduğu söylenebilir. Arazi toplulaştırma projeleri ile optimum parsel büyüklüğünün işletmelere kazandırılması, her işletmenin parsellerine ulaşımının sağlanması amaçlanmaktadır. Arazi toplulaştırma projelerinde parsel yoğunlukları (diğerlerine göre daha küçük ölçekli parsellerin yoğunlaştığı bölge) köy merkezine yakın olması ekim-dikim, sulama, hasat, ilaçlama ve kontrol için yapılan ulaşım masraflarını azaltacağı için istenilen bir durumdur. Bu konu üzerine akademik çalışmalar sınırlıdır (Arslan ve ark., 2020). Parsel yoğunlukları, yol yoğunlukları ve uzunlukları değerlendirilmesinde optimum parsel büyüklüğü (bölge ve üretim şekline göre değişmektedir) önem kazanmaktadır.

Gökçe ve Adanacioğlu (2002) tarımda optimum parsel büyüklüğünün en tartışmalı konulardan biri olduğunu belirtmişlerdir. Optimum parsel büyüklüğü, bir tarımsal işletmenin en düşük masrafla işletebileceği arazi büyüklüğü olarak tanımlanabilir. Parsel büyüklüğü bir işletmenin bir parçası olarak görülebilir. Bir işletmenin sahip olduğu parsellerin alanları toplandığında işletme büyüklüğü elde edilmektedir. Parsellerin konumu da işletme büyüklüğü kadar önemli bir konudur. İşletme merkezi ile parsellerin arasındaki yol uzunluklarının fazla olması nedeniyle yakıt tüketimi ve zaman kayıpları artmakta, net kar azalmaktadır. Allahyari ve ark. (2018) İran’ın kuzeyinde bulunan Masal bölgesi Guilan şehrinde yaptıkları çalışmada, arazi toplulaştırmasının başarısını ölçmek amacıyla 385 işletme sahibi ile anket çalışması yapmışlardır. Faktör analizinin kullanıldığı çalışmada, arazi toplulaştırma tatmin düzeyini etkileyen faktörleri gruplandırdıklarında ekonomik etkinlik, çalışma koşulları, teknik etkinlik (better use of inputs) ve arazi üretkenliği (arazilerin yoğunluğu) toplam tatmin düzeyinin %54’ünü açıklamaktadır. Bulgular çiftçilerin davranışlarına dair bir öngörü sağlamakta ve gelecekteki arazi toplulaştırma projelerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir. Arazi toplulaştırmasını yapan firma veya kuruluşların, çiftçileri arazi toplulaştırma konusunda eğitmesi ve farkındalık yaratılması gerekmektedir. Optimum parsel büyüklükleri ve şekilleri, işgücü etkinliğini (Karakayacı ve ark., 2022) ve tarımda mekanizasyon oranını arttırarak (Irmaklı ve Aydın, 2022) tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin olmasını sağlayabilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği ve kuraklık (Bakanoğulları ve ark., 2022) nedeniyle sınırlı olan su kaynaklarımızı, tarımsal üretimde daha etkin kullanmamız mümkündür.

Arslan ve ark. (2020) Malatya Aşağısümenli köyünde AT öncesi ve sonrasında parsel büyüklüklerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Parsel büyüklüklerine göre arazi toplulaştırması öncesi ve sonrası parsel yoğunluğunun incelendiği çalışmada yoğunluk analizlerinden Kernel Density analizini kullanmışlardır. Parsel büyüklükleri ve parsel şekillerinin incelendiği çalışmada küçük parsellerin köy merkezinde toplandığını belirtmişlerdir. Küçük ölçekli parsellerin köy merkezine daha yakın olması ulaşımından kaynaklanan yakıt tüketimini azaltmakta, toplam üretimi az olan çiftçilerin gelirene katkıda bulunulmaktadır. Yeter gelirli işletme büyüklüğünün yanında, işletmenin parsellerinin köy merkezine olan uzaklığı da önemli bir konu olarak hatta bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Boztoprak ve ark. (2015) arazi toplulaştırmanın tarımsal işletmeler üzerinde etkilerinin araştırılması amacıyla Kayseri-Pınarbaşı arazi toplulaştırma projesini materyal olarak kullanmışlardır. Arazi toplulaştırma sonrası parsel sayısında %35 azalma, işletme başına düşen parsel sayısında da %35 azalma olduğu tespit edilmiştir. Parsel sayısının azalması ve parsel büyüklüğünün artmasının yanında toprak işleme için geçen sürenin azaldığı, yolda geçen sürenin kısaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tarımda bazı



problemlerin çözülmesi amacıyla arazi toplulaştırma projelerinin yaygınlaştırılmasının ülke tarım sektörüne yararlı olacağını belirtmişlerdir. Avcı (1999) arazi toplulaştırma projelerinde yeniden dağıtım üzerine yaptığı çalışmada İzmir’de bulunan Salihli-Yılmaz köyü arazi toplulaştırma projesini materyal olarak kullanmışlardır. Hazırladığı modelde, doğrusal programlama tekniğinden yararlanmıştır. Blok öncelik metodunu esas aldığı çalışmada, parsellerin dağıtımında bloklara parsellerin maksimum büyüklükte dağıtılmasını esas almaktadır. Bu çalışmaya göre, model sonucunda dağıtım sonrası çiftçilere düşen parsel sayısı 1’e çok yaklaşırken, işletmelere önceki yerinde verilen arazi miktarı da geleneksel yöntemdeki kadar yüksek bulunmuştur. Oğuz ve Bayramoğlu (2004) Konya İli Çumra İlçesi Küçükköy’de bulunan toplam 150 tarım işletmesi ile tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre 33 işletme sahibi ile anket çalışması yapmışlardır. İşletme büyüklüklerine göre yapılan karşılaştırmada, fasulye üretim maliyetinde %16, buğdayda %19 ve şeker pancarında %20 oranında tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca en önemli bulgu ise küçük işletmelerden elde edilen brüt karın büyük işletmelere göre daha küçük olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuç oldukça çarpıcı ve önemlidir. Ülkemizde parsel büyüklüklerinin küçük olması karı azaltmakta ve birim alana harcanan üretim maliyetini arttırmaktadır. Bu durum, ülke ekonomisi olumsuz yönde etkilemektedir.

Peker ve Dağdelen (2016) Aydın’da bulunan arazi toplulaştırma alanlarında 4389 ha’lık alanda bir çalışma yürütmüşlerdir. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel büyüklükleri, işletme başına düşen işletme sayısı, hisselilik ve ortalama parsel büyüklükleri incelenmiştir. Arazi toplulaştırma sonucunda parçalılığın azaldığı ve parsel büyüklüklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kernel Density analizi tarım dışında birçok alanda kullanılmıştır. Kernel Density analizi trafik kazalarının azaltılması amacıyla bulvarlarda yapılan çalışmalarda (Xie ve Yan, 2008), balıkların nehirlerde dağılımı ve hareketlerinin belirlenmesinde (Alp ve ark., 2018), çevresel kirliliğin yoğunluğunun belirlenmesinde (Sirirwardane ve ark., 2015), arazi kullanım değişiminde (Carmona ve ark., 2010), yol yoğunluğu ve tarımda arazi parçalılığına etkisini (Cai ve ark., 2013) araştırmada Kernel Density analizi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların yanında Kernel Density analizi, taban suyu seviyesi dağılımı, tarımsal arazilerde tuzluluk yoğunluğunun olduğu bölgelerin belirlenmesinde, bitki yoğunluğu gibi tarımda birçok alanda kullanılabilir. Wójcik-Leń ve ark. (2018) Polonya’da Podkarpackie bölgesinde bulunan Hludno Köyü’nde arazi toplulaştırma sırasında tarımsal alanların yönetiminde oluşan sorunların çözümüne yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Arazi toplulaştırma sırasında sorunlu alanlar bir algoritma yardımıyla belirlenmiştir. Polonya’da orman varlığının fazla olması nedeniyle arazi toplulaştırma ekolojik önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Arazi toplulaştırma projeleri kırsal alanlarda çevresel, ekonomik, ekolojik ve sosyal etkileri bulunan uygulamalardır. Bu nedenle, arazi toplulaştırma projelerinin çok yönlü planlanması, sadece işletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda yapılmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Stańczuk-Gańwiaczek ve ark. (2018) Polonya ve Hollanda’da yaptıkları çalışmada arazi toplulaştırma çalışmalarının iklim değişikliğine ve su yönetimine adaptasyonunu incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, arazi toplulaştırma çalışmalarının, kırsal alanlarda iklim değişikliğine (yüzey akışı ve kuraklık) adapte olmada önemli bir rolü olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda, Polonya’dan iki ve Hollanda’dan iki arazi toplulaştırma çalışmasını materyal olarak seçmişlerdir. İncelemeler sonucunda, Hollanda’da incelenen projelerin Polonya’daki arazi toplulaştırma projelerine göre, iklim değişikliğine daha iyi adapte olduğunu gözlemlemişlerdir. Hollanda’nın arazi toplulaştırma çalışmalarında katılımcı bir yaklaşımı, işletmelerin eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi arazi toplulaştırma çalışmalarında başarıya ulaşmada etkili olmuştur. Araştırmacılar, Polonya’nın gelecekteki arazi toplulaştırma çalışmalarında Hollanda modelini örnek alarak yapılan projeleri geliştirmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Rose ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada insan sağlığına zararı olan NO<sub>2</sub> gazının salınımı ve yol yoğunluğunun ilişkisini belirlemek amacıyla line density analizini kullanmışlardır. Bu çalışma göz önünde bulundurulduğunda, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası NO<sub>2</sub> gazı salınımı değişimini değerlendirmek ve tarım makineleri trafik yoğunluğunu belirlemek amacıyla çalışmalar yapılabileceği anlaşılmaktadır. Cai ve ark. (2013) Çin’de Pearl River Delta’sında yaptıkları çalışmada yol yoğunluklarının fazla olduğu bölgelerde, arazi parçalılığının da yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçta, yeni yapılan yolların arazi parçalılığına neden olduğunu belirtmişlerdir. Platonova ve Baumane (2014) Letonya’da Jelgava belediyesine bağlı Zemgale bölgesinde arazi toplulaştırma etkinliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Letonya’da arazi toplulaştırma kavramı 90’larda kullanılmaya başlanmış olup, bu konu hakkında yasalar kanunlar ile tanımlanmıştır. Bu yasada arazi toplulaştırmanın devlet eliyle yapılabileceği ve devletin, halkın veya yerel yönetimler tarafından talep edilebileceği belirtilmiştir. Çalışmalarında arazi toplulaştırmasının etkinliğini belirlemek amacıyla bir model kullanmışlardır.

Bu modelde işletme merkezi ve parseller arasındaki uzaklıklar kilometre ile hesaplanmaktadır. Eğer işletme sahibi proje sınırları içinde yaşamıyorsa diğer parsellerin uzaklığı en büyük parselde göre belirlenmektedir. Yol uzunluğu da yol ağı ve yol çeşidi dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Asfalt yolun katsayısı 1.00, çakıl yolun katsayısı 1.25 ve kırsal yolun katsayısı 1.60 olarak en iyi rotayı kullanarak belirlenmektedir. Ayrıca parsel büyüklükleri çeşitli büyüklüklerde olacağından bu arazilerden taşınacak tarımsal yüklerin farklı olacağını vurgulamışlardır. Bu nedenle ağırlıklı gerçek yol uzunluğu kavramının kullanılmasını önermişlerdir. Sonuçta yol uzunluğunu kullanarak, arazi toplulaştırma sonrası yakıt tüketimine bağlı olarak maliyet analizi yapmayı amaçlamışlardır. Bu durumda parsel büyüklüğü, yolların çeşidi ve yol uzunluğunun tarımsal işletmelerin üretim maliyetini etkilediklerini vurgulamışlardır. Bu faktörlere ek olarak çiftçilerin tecrübesi, kullanılan makine teçhizatın teknolojisi, ürün çeşidinin de farklı etkilerde bulunduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta üretim maliyeti 21.30 Euro iken arazi toplulaştırma sonrası 13.50 Euro'ya düştüğünü belirlemişlerdir. Platonova ve Bauman (2014)'ün yaptığı çalışma arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası işletmelerin yol nedeniyle kayıpları veya kazançlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirmiştir. Benzer çalışmaların ülkemizde de yapılması yol analizleri literatürüne katkıda bulunacağı aşikârdır.

Değirmenci ve ark. (2017) arazi toplulaştırmanın bazı önemli faydalarının yerleşim merkezinden işletme merkezine olan ulaşım mesafesinin azalması, yeni ve daha kısa yolların inşa edilmesi, bozuk yolların düzenlenerek parsel şekillerinin düzeltilmesi, parsel sayılarının azaltılarak arazi parçalılık düzeyinin azaltılması ve bu sayede parsel büyüklüğünün artırılması olarak sıralanabileceğini belirtmişlerdir. Ancak bazı durumlarda arazi toplulaştırma sonrası miras nedeniyle parsel sayısının arttığı da görülmektedir. Bu gibi durumlar, arazi toplulaştırmasının yapıldığı bölgenin sosyal yapısından kaynaklanmaktadır. Genel olarak, aile birey sayısının fazla olduğu bölgelerde arazi toplulaştırma sonrası parsel sayısında artış gözlemlenmektedir. Parsel sayısının artması nedeniyle parsel büyüklüğü de azalmaktadır. Bunlara ek olarak kamulaştırma da parsel büyüklüğüne etki eden önemli bir unsurdur. Niğde ili Tırhan köyünde yaptıkları araştırmada parsel büyüklüklerini gruplara ayırmışlardır. Arazi toplulaştırma projesini alan-yol uzunluğu uygunluğu, alan-kuş uçuşu yol uzunluğu uygunluğu, parsel dağılım katsayısı, Januszewski indeksi, Simmons indeksi, şekil indeksi, çevre-alan oranı, fraktal büyüklük indeksi gibi göstergeler kullanarak Tırhan Köyü'nün parçalılık, parsel şekilleri ve yol uzunluklarını değerlendirmişlerdir. Leń ve Noga (2018) Polonya'da Opoczno bölgesinde 36 köyün kapladığı 16590 ha'lık alanda ve 41900 parsel üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada öncelikli arazi toplulaştırma alanlarını belirlemeye çalışmışlardır. Sonuçta arazi toplulaştırma projelerinin ilk olarak öncelikli alanlarda yapılmasının ekonomik kazanç sağlayacağını belirtmişlerdir. Leń (2018) Polonya'nın Güneydoğusunda bulunan Fryszak Bölgesi (9066.86 ha, 21205 parsel) ve Paradyż Bölgesi'nde (8125.73 ha, 15941 parsel) yaptığı çalışmada, öncelikli arazi toplulaştırma alanlarını belirlemek amacıyla kullanılabilir bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algoritmayı materyal olarak seçilen bölgelerde uygulamıştır. Çalışma sonucunda, arazi toplulaştırma çalışmalarının yapılması gereken alanları bu algoritma ile belirleneceğini öne sürmüştür. Ayrıca, bu algoritmanın tarım arazilerinin genel durumunun değerlendirilmesinde kullanılabilirliğini eklemiştir. Bazı araştırmacılar, arazi toplulaştırma çalışmalarının öncelikli olarak belirli alanlarda yapılmasının ekonomik açıdan daha karlı olacağını belirtmişlerdir. Bu doğrultuda yöntemler geliştirerek, arazi toplulaştırma yapılması planlanan alanlarda test etmişlerdir. Arazi toplulaştırma çalışmalarında, şekilleri bozuk, arazi parçalılık seviyesi yüksek, sulama-drenaj kanalları ve yol ağı yetersiz olan alanların seçilmesine önem gösterilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda Line Density ve Kernel Density analizleri ile yol, sulama-drenaj kanallarının yoğun olmadığı, bozuk şekilli parsellerin yoğun olduğu alanlar belirlenebilir.

Bu çalışmanın amacı geospasial analizlerle parsel ve yol yoğunlarının değerlendirilmesidir. Çalışmada materyal olarak Malatya İli Arguvan İlçesi Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası verileri kullanılmıştır. Kernel ve Line density analizleri CBS kullanarak Malatya İlinde yapılan bir arazi toplulaştırma projesi üzerinde denetlenmiştir. Ayrıca yol uzunluklarının parsellerle ilişkisini değerlendirmek amacıyla göstergeler geliştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma projesi parsel yoğunluğu, yol yoğunluğu ve uzunluğunu değerlendirmek amacıyla seçilmiştir. Tatıklık Köyü farklı bitkisel ürünlerin üretildiği, bahçelerin bulunduğu birçok arazi toplulaştırma projesini temsil edebilecek bir materyal olduğu için çalışmanın gerçekçiliğini yansıtmaya nedeniyle seçilmiştir. Tatıklık Köyü'nde hem bitkisel hem hayvansal üretim yapılmaktadır. Köyü ikiye ayıran dere kenarları

bahçelik, geri kalan diğer kısımlarda ise arpa ve buğday tarımı yapılmaktadır. Proje alanında bulunan tarım arazileri genellikle engebelidir. İşletmelerin büyük çoğunluğu 0-5 da alana sahiptir. Proje alanının %78.92'sini şahıs arazileri, %19.47'sini hazine arazileri (Maliye Bakanlığı tarafından yönetilen mülkiyeti hazineye ait araziler ve tapuya tescili yapılmamış dağ, tepe, kayalık, dereler), %10'unu mera arazileri ve %9'unu köy tüzel kişiliği arazileri ve diğer araziler oluşturmaktadır. Proje alanında arazi toplulaştırma çalışması öncesinde parsellerin %82.62'sini işletmeler kendileri kullanmakta geri kalan %17.38'i kiraya ise verilmektedir (Anonim, 2020). Tatıklık Köyü konumu ve uydu haritası Şekil 1'de; arazi toplulaştırma öncesi-sonrası kadastral yapısı ise Şekil 2'de verilmiştir.

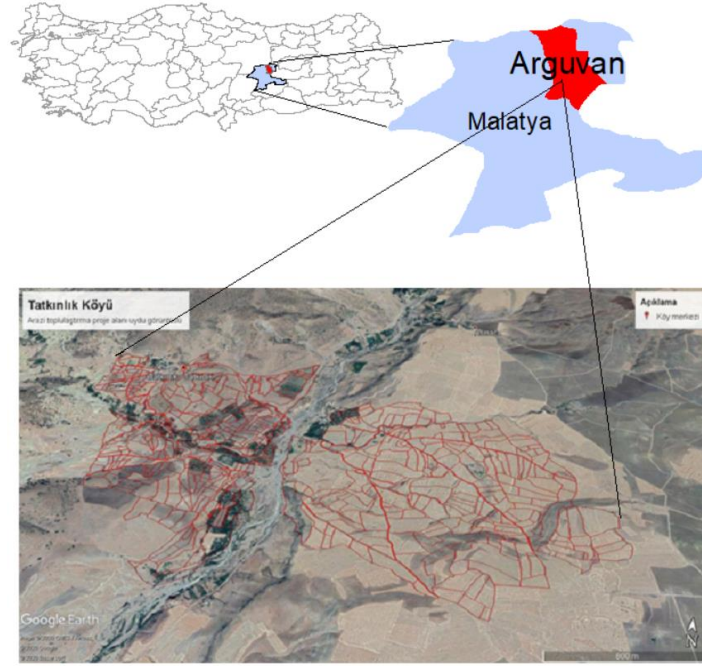


Figure 1. Google Earth Satellite and location map of Tatıklık Village

Şekil 1. Tatıklık Köyü konumu ve Google Earth uydu görüntüsü

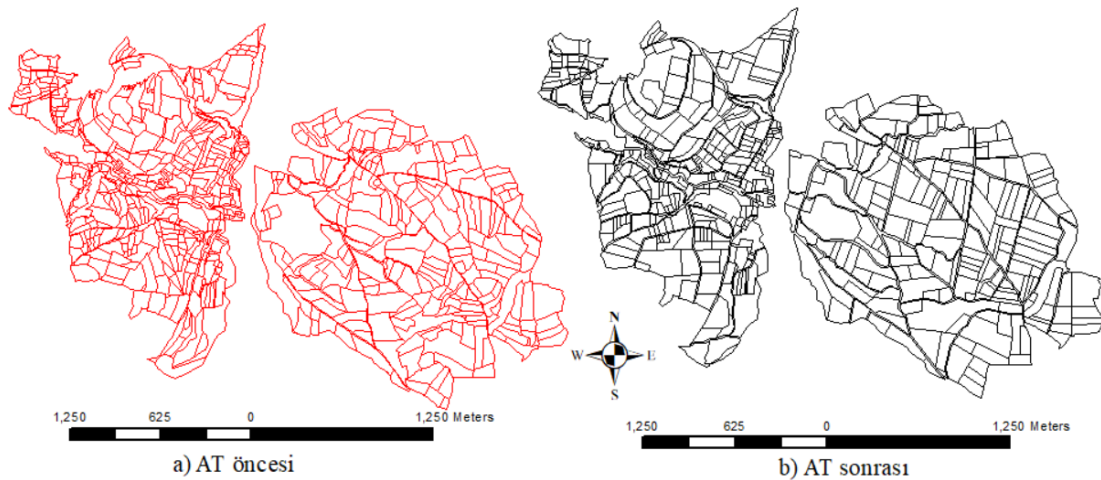


Figure 2. Cadastral structure before and after land consolidation

Şekil 2. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi-sonrası kadastral yapı

## 2.2. Materyal

Coğrafi Mekansal ve İstatistiksel Analizler, Malatya ili Arguvan İlçesi Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası verilerine uygulanmıştır. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma projesi kadastro yol haritaları (NetCAD program formatı), AT-8 raporları DSİ 9. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Analizleri yapmak amacıyla, NetCAD

formatındaki veriler DWG formatında kaydedilerek ArcMAP programına aktarılmıştır. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma projesi 2018 yılında başlamış ve aynı yılın sonunda tamamlanmıştır. Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası verileri *Tablo 1*'de verilmiştir.

**Tablo 1. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası verileri**

*Table 1. Data of Tatıklık Village before and after land consolidation*

	AT öncesi	AT sonrası
İşletme sayısı (adet)	270	270
Tarımsal alan (da)	4981	4780
Parsel sayısı (adet)	661	542
Ortalama parsel büyüklüğü (da)	7.54	8.82
Ortalama işletme parsel sayısı (adet)	2.45	2.00
Ortalama işletme büyüklüğü (da)	18.45	17.71

### 2.3. Metot

#### 2.3.1. Parsel konum ve yoğunluklarının analizi (Kernel Density)

Kernel density, coğrafi bilgi sistemlerinde nokta ve çizgi özellikleri yoğunluğunu hesaplayan bir analizdir (ArcGIS, 2018). Kernel Density ARCGIS'te bölgesel konumsal yoğunluk analizlerini değerlendirmek için kullanılan tek analizdir. Bu çalışmada, Kernel Density analizi parsellerin konumsal dağılımını büyüklüklerine göre göstermek amacıyla kullanılmıştır. Bu doğrultuda, Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası kadastr haritaları incelenmiştir. Kernel Density haritaları, ArcMAP 10.7.1 programında aşağıda verilen algoritma (Eşitlik 1) kullanılarak hesaplanmaktadır (ArcGIS, 2018). İşlem aşamaları: (1) Noktaların merkezinin belirlenmesi, (2) Tüm noktaların bu merkeze olan mesafesinin hesaplanması, (3) Noktaların ağırlıklı ortalama mesafelerinin hesaplanması, Dm, (4) Standart mesafenin hesaplanması, SD, (5) Eşitlik 1'de verilen formülün uygulanması şeklindedir.

$$SR = 0.9 \times \min \left( SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} \times Dm \right) \times n^{-22} \quad (\text{Eş. 1})$$

Burada; SR: Arama çapı (Search Radius), SD: Standart mesafe (Standart Distance), Dm: Ortalama uzaklık (median Distance), n: Toplam nokta sayısını (number of points) ifade etmektedir. Kernel Density haritaları ArcMAP 10.7.1 programı yardımıyla birkaç aşama ile yapılmıştır. İlk aşamada ağırlık merkezi koordinatları Feature to Point analizi ile nokta özelliğine dönüştürülmüştür. İkinci aşamada, ArcMAP programı ile noktalara Kernel Density analizi uygulanarak ve yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Bu haritada, parsellerin en yoğun olduğu bölgeler core area contours (en yoğun alanlar) olarak adlandırılan tabakalar halinde gruplanmıştır. Üçüncü aşamada, parsellerin konumlarını büyüklüklerine göre sınıflandırmak amacıyla Reclasify (yeniden sınıflandırma) analizi kullanılmıştır. Bu çalışmada, parsel büyüklükleri üç yoğunluk tabakası ile gösterilmiştir. Bu yoğunluk tabakaları %50, %75 ve %90 olarak seçilmiştir. Bu seçimde birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak bu yoğunluk tabakalarının kullanılması etkili olmuştur (Laffan ve Taylor, 2013; Lees ve ark., 2016). İlk yoğunluk tabakası olan %50 yoğunluk tabakası, en küçük parsellerin yoğunluğunu göstermektedir. Parsel yarısı (en küçük alana sahip) bu yoğunluk tabakası içindedir. İkinci yoğunluk tabakası %75 ise, parsellerin %75'ini temsil etmekte ve daha büyük parsellerin yoğunluğunu göstermektedir. Üçüncü yoğunluk tabakası olan %90 ise, parsellerin %90'ını temsil etmektedir. Bu tabaka içerisinde, diğer tabakalarda bulunan parsellere göre daha büyük parseller bulunmaktadır. Son aşamada, parsel yoğunluklarının değişimini köy merkezi çevresinde incelemek amacıyla Multiple Ring Buffer (çoklu tampon analizi) yapılmıştır. Bu analiz ile köy merkezi çevresinde 1000 m, 2000 m ve 3000 m'lik halkalar çizilmiştir. Bu halkalar yardımıyla, köy merkezi çevresinde parsel yoğunluklarının incelenmesi amaçlanmıştır. Kernel Density haritalarının oluşturulmasında kullanılan model *Şekil 3*'te verilmiştir.

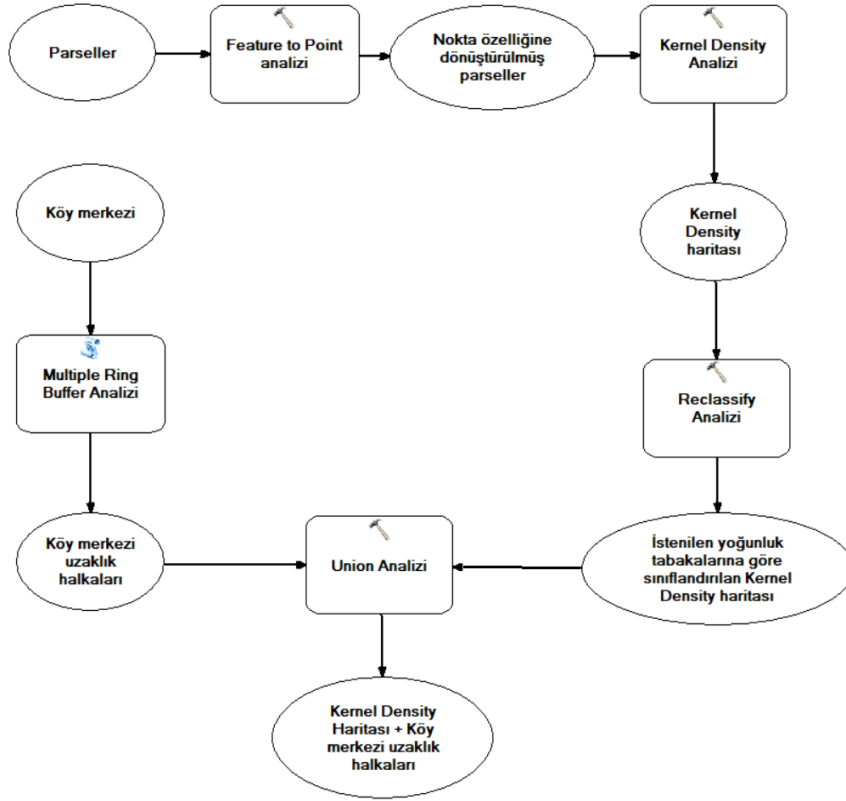


Figure 3. Kernel density analysis model

Şekil 3. Kernel Density analiz modeli

### 2.3.2. Yol yoğunluğu analizi (Line Density)

Araştırma alanında arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol yoğunluğunu araştırmak amacıyla Line Density (çizgi yoğunluğu) analizi kullanılmıştır. Line Density analizi ArcMAP 10.7.1 programı kullanılarak yapılmıştır. Arazi toplulaştırma projelerinde Line Density analizi ilk kez bu çalışmada kullanılmıştır. Line Density analizinde, en yoğun alanlar %25, %50 ve %75 yoğunluk tabakaları olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmayı yapmak amacıyla Reclassify (yeniden sınıflandırma) analizi kullanılmıştır. En yoğun katman olan %25 yoğunluk tabakası, toplam yol uzunluğunun %25'ini ifade etmektedir. İkinci en yoğun katman olan %50 yoğunluk tabakası, toplam yol uzunluğunun yarısını gösterirken, %75 yoğunluk tabakası olan grup toplam yol uzunluğunun dörtte üçünü göstermektedir. Line Density analizinin yapılmasında kullanılan model Şekil 4'te verilmiştir.

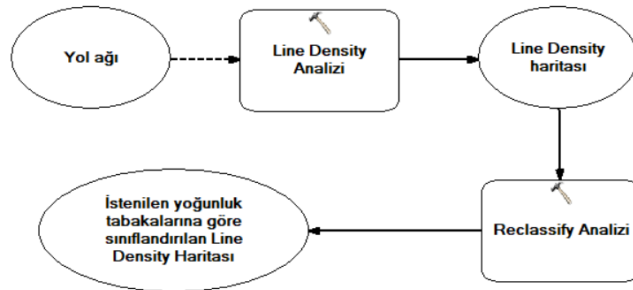


Figure 4. Line density analysis model

Şekil 4. Line Density analiz modeli

### 2.3.3. Yol uzunluklarının analizi

Tatkinlik Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol uzunluğu analizinde; yol uzunluğu değişimi, birim alana düşen yol uzunluğu, her bir parsel düşen yol uzunluğu ve her bir işletmeye düşen yol uzunluğu göstergeleri kullanılmıştır. Yol uzunluğu analizinde kullanılan göstergeler ve hesaplanma yöntemleri *Tablo 2*'de verilmiştir.

**Tablo 2. Yol uzunluk analizinde kullanılan göstergeler ve hesaplama yöntemleri**

*Table 2. The indicators and calculations used for road length analysis*

Gösterge	Formül	Gerekli veriler
Yol uzunluğu değişimi (%)	$YUYD = \frac{YYU - EYU}{EYU} \times 100$	YUYD: Yol Uzunluğu Yüzde Değişim (%) EYU: Eski Yol Uzunluğu (m) YYU: Yeni Yol Uzunluğu (m)
Birim alana düşen yol uzunluğu (m da <sup>-1</sup> )	$BADYU = \frac{TYU}{TA}$	BADYU: Birim Alana Düşen Yol Uzunluğu TYU: Toplam Yol Uzunluğu (m) TA: Toplam Alan (da)
Her bir parsel düşen yol uzunluğu (m parsel <sup>-1</sup> )	$PYU = \frac{TYU}{TPS}$	PYU: Her bir Parsel düşen Yol Uzunluğu TYU: Toplam Yol Uzunluğu (m) TPS: Toplam Parsel Sayısı
Her bir işletmeye düşen yol uzunluğu (m işletme <sup>-1</sup> )	$İYU = \frac{TYU}{TİS}$	İYU: Her bir İşletmeye düşen Yol Uzunluğu TYU: Toplam Yol Uzunluğu (m) TİS: Toplam İşletme Sayısı

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Parsel Konum ve Yoğunluklarının Değerlendirilmesi (Kernel Density)

Arazi toplulaştırma çalışmalarında Kernel Density analizi ilk kez, Arslan ve ark. (2020) tarafından kullanılmış olup tez kapsamında geliştirilmiştir. Tatkinlik Köyü AT öncesi ve sonrası parsel yoğunluklarının değişimini büyüklüklerine göre incelemek amacıyla Kernel Density analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda, AT öncesi ve sonrası kadastro verileri kullanılmıştır. Haritaların oluşturulmasında ArcMAP 10.7.1 programı kullanılmıştır. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yapılan Kernel Density haritaları *Şekil 5*'te verilmiştir.

Araştırma alanında AT öncesi 661 olan parsel sayısı AT sonrasında 542'ye düşmüş, toplulaştırma oranı ise %18'dir. Tatkinlik Köyü AT öncesi ortalama parsel büyüklüğü 7.54 da iken AT sonrası 8.82 da'a yükselmiştir. Ortalama parsel büyüklüğü değişimi yaklaşık %17 olarak hesaplanmıştır. Parseller büyüklüklerine göre %50, %75 ve %90 yoğunluk tabakalarında (kontur, core range contour, core area) gruplandırılmıştır. İlk yoğunluk tabakası %50, en küçük parsellerin yoğunlaştığı alanı; ikinci ve üçüncü yoğunluk tabakaları ise daha büyük parsel yoğunluklarını göstermektedir. Renksiz ve %100 olarak gösterilen tabaka ise tüm parselleri kaplamaktadır. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrasında, parsel büyüklüklerine göre artarak mavi, pembe ve sarı renkte gösterilmiştir.

Arazi toplulaştırma sonrası en küçük parsellerin yoğunluğundaki (%50; mavi) ve ikinci yoğunluk tabakasındaki (%75; pembe) değişim çok azdır. Ancak, en büyük parsel grubundaki (%90; sarı) yoğunluk artmıştır. Buna göre, büyük parsel grubunda bir artış gözlemlenmektedir.

Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası, Kernel Density haritalarına ait tanımlayıcı istatistikler *Tablo 4*'te verilmiştir. Bu istatistikler yardımıyla yoğunluk grupları ve gruplar arasında kalan bölgelerde ortalama parsel büyüklükleri ve parsel sayıları incelenmiştir.

Arazi toplulaştırma öncesi %50 yoğunluk grubunda yer alan parsel sayısı 330 ve ortalama parsel büyüklüğü 0.72 ha'dır, arazi toplulaştırma sonrası ise parsel sayısı 271'e, ortalama parsel büyüklüğü ise 0.41 ha'a düşmüştür. Arazi toplulaştırma öncesi %75 yoğunluk grubunda 496 parsel bulunmakta ve bunların parsellerin ortalama büyüklüğü 0.70 ha iken; AT sonrası bu değerler 407 ve 0.64 ha'a düşmüştür. Arazi toplulaştırma öncesi %90

yoğunluk grubunda 595 adet parsel bulunmakta, ortalama parsel büyüklüğü ise 0.74 ha iken AT sonrası bu değerler 488 ve 0.77 ha olarak gerçekleşmiştir. Tüm parselleri kapsayan yoğunluk grubunda AT öncesi 661 parsel bulunmakta ve ortalama parsel büyüklüğü 0.75 ha; AT sonrası bu değerler 542 ve 0.88 ha'dır.

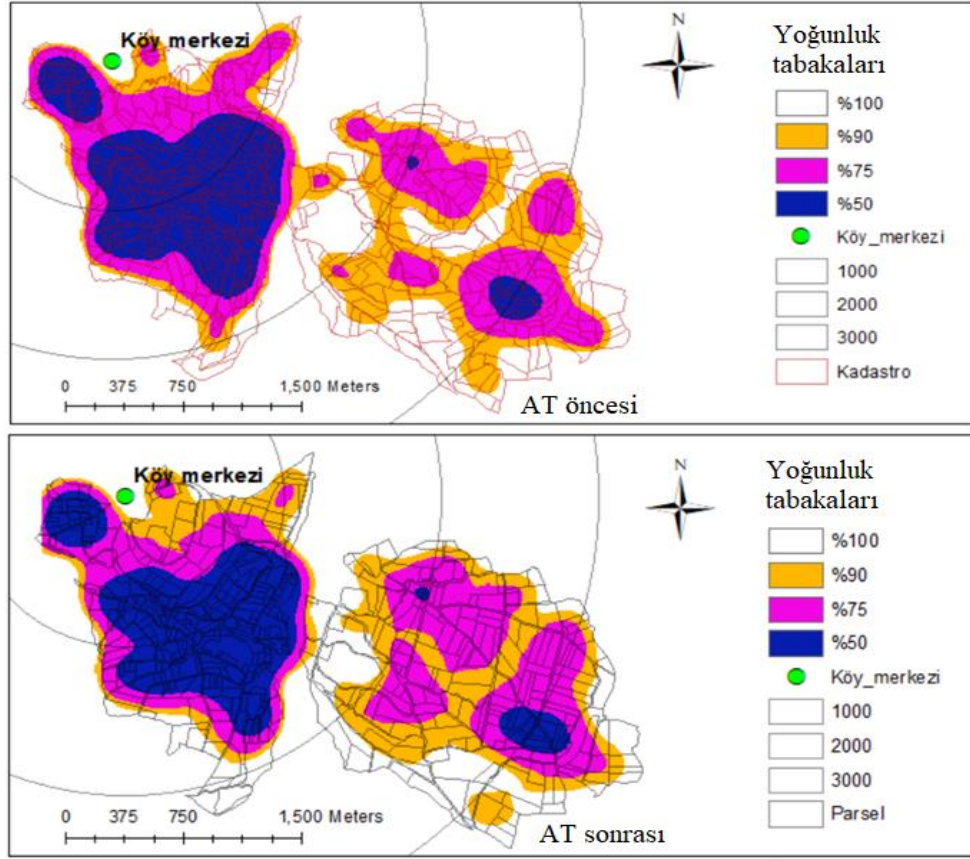


Figure 5. Spatial distribution of parcels before and after land consolidation

Şekil 5. Tatnıklık Köyü AT öncesi ve sonrası parsel büyüklüklerinin dağılımı

Tablo 4. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası Kernel density analizi tanımlayıcı istatistikler

Table 4. Descriptive statistics of Kernel density analysis before and after land consolidation

Yoğunluk grupları	AT öncesi		AT sonrası	
	Ortalama alan (ha)	Parsel sayısı	Ortalama alan (ha)	Parsel sayısı
%50	0.72	330	0.41	271
%75	0.70	496	0.64	407
%90	0.74	595	0.77	488
%100	0.75	661	0.88	542
%50-75	0.68	166	1.10	136
%75-90	0.90	99	1.41	81
%90-100	0.91	66	1.94	54

Arslan ve ark. (2020) Malatya İli Aşağısümenli Köyü'nde parsel yoğunlukları değişimini büyüklüklerine göre incelemişlerdir. Araştırmada, küçük boyutlu parsel yoğunluğunun AT sonrasında köy merkezine yaklaştığını belirtmişlerdir. Küçük parsellerin köy merkezine yakınlaşmasının tarımsal işletmecilik açısından olumlu bir sonuç olduğunu eklemişlerdir. Küçük parsellere sahip, köy merkezine yakın işletmeler ulaşım, zaman, hasat vb. durumlardan fayda sağlayabilmektedir. Bu nedenle küçük parsellerin köy merkezine yakınlaşması işletmecilik açısından avantajlıdır. Lu ve Benyahya (2018) yaptıkları çalışmada işletmelerin parsellerinin dağılımının ekonomik açıdan incelemesini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda parsel büyüklüğünde 1 birim (1 ha)'lık bir

artışın, işletim masraflarında %8'lik bir azalma olacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmada arazi toplulaştırma öncesi ortalama parsel büyüklüğü 0.75 ha iken arazi toplulaştırma sonrası 0.88'e yükselmiştir. Bu durumda, Tatıklık Köyü'nde AT sonrası parsel büyüklükleri artan işletmelerin, işletim masraflarının azaldığı, ekonomik durumlarının iyileştiği çıkarımı yapılabilir. Myyrä ve Pietola (2002) parsellerin küçülmesi ve işletme merkezine uzaklığın artması birlikte, işletmelerin üretim desenini etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca parsel büyüklüğünün azalması, işletme masraflarını istatistiksel olarak önemli bir şekilde etkilemekte ve modern daha etkili teknoloji-uygulama arayışına girilmesine etki ettiğini eklemiştir. Finlandiya'da yapılan bu çalışma, parsel büyüklüğü ve parsellerin işletme merkezine olan uzaklığının önemini vurgulayan çarpıcı bir çalışma olduğu söylenebilir.

### 3.2. Yol Yoğunluğu (Line density) ve Uzunluklarının Değerlendirilmesi

#### 3.2.1. Yol yoğunluğu analizi

Line Density analizi, yol yoğunluklarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Arazi toplulaştırma projelerinde ilk kez bu çalışmada Line Density analizi kullanılmıştır. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası Line Density haritası Şekil 6'da verilmiştir. Line Density haritasında, koyu mavi olarak gösterilen bölgelerde yol yoğunluğunun fazla, açık olan bölgelerde ise yoğunluğun az olduğu gösterilmektedir. Line Density analizinde, 3 yoğunluk tabakası kullanılmıştır. İlk yoğunluk tabakası %25 "koyu mavi" renkte gösterilmiştir. Bu yoğunluk tabakasının olduğu bölgeler birim alana düşen yol uzunluğunun en fazla olduğu yerleri göstermektedir. Diğer yoğunluk tabakaları olan %50 ve %75, sırasıyla daha açık mavi renklerle gösterilmiştir.

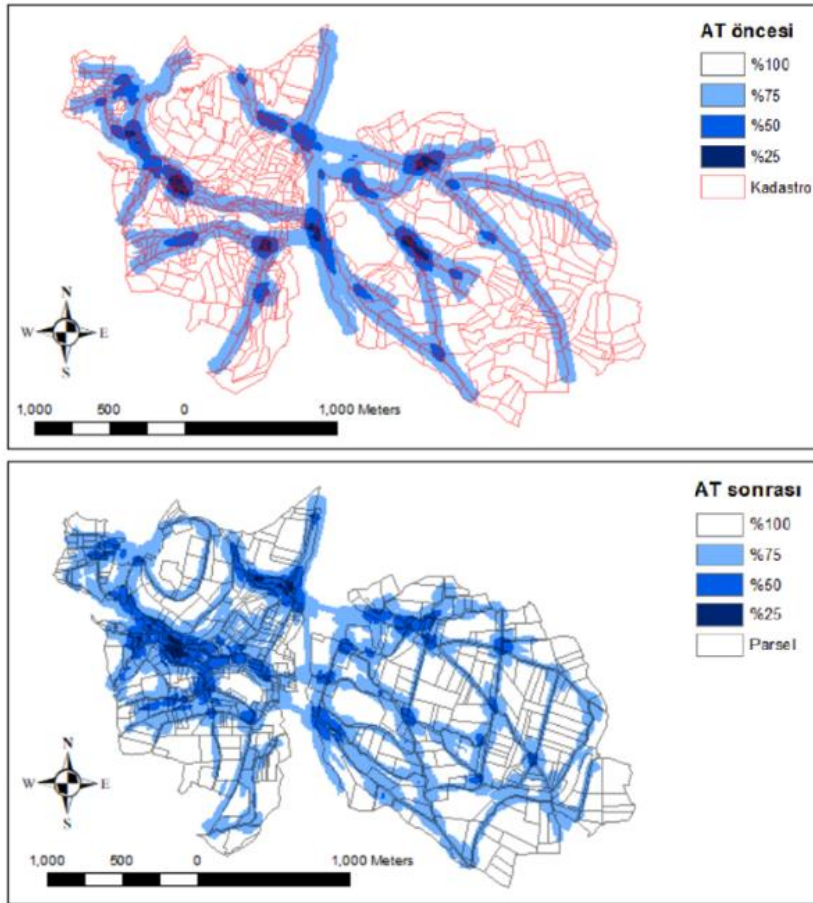


Figure 6. Line density analysis before and after land consolidation

#### Şekil 6. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yolların yoğunluk line density analizi

Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası Line Density haritaları incelendiğinde yol yoğunlukları arasında farklar bulunmaktadır. Bu yoğunluk farklarına en çok etki eden yeni yolların inşa edilmesidir. Bu doğrultuda, yol yoğunluklarının daha fazla olduğu bölgelerde parsellerin küçüldüğü söylenebilir. Arazi toplulaştırma öncesi ve



sonrası parsel dağılımlarının incelendiği Kernel Density ve Line Density haritaları, parsel ve yol yoğunlukları arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla oluşturulmuştur. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası, birleştirilen Kernel Density ve Line Density haritaları Şekil 7’de verilmiştir.

Arazi toplulaştırma öncesi yoğunluk haritaları incelendiğinde, yol yoğunluklarının dağınık olduğu gözlemlenirken; AT sonrasında parsel yoğunluğunun olduğu bölgede yoğunlaşmıştır. Bu durumda, parsel yoğunluklarının bulunduğu bölgede (diğerlerine göre daha küçük parsellerin yoğunlaştığı bölgede) AT öncesinde küçük parsellerin yoldan yararlanma oranlarının sağlanması ile AT öncesi durum ile karşılaştırıldığında yol yoğunluklarının arttığı gözlemlenmiştir.

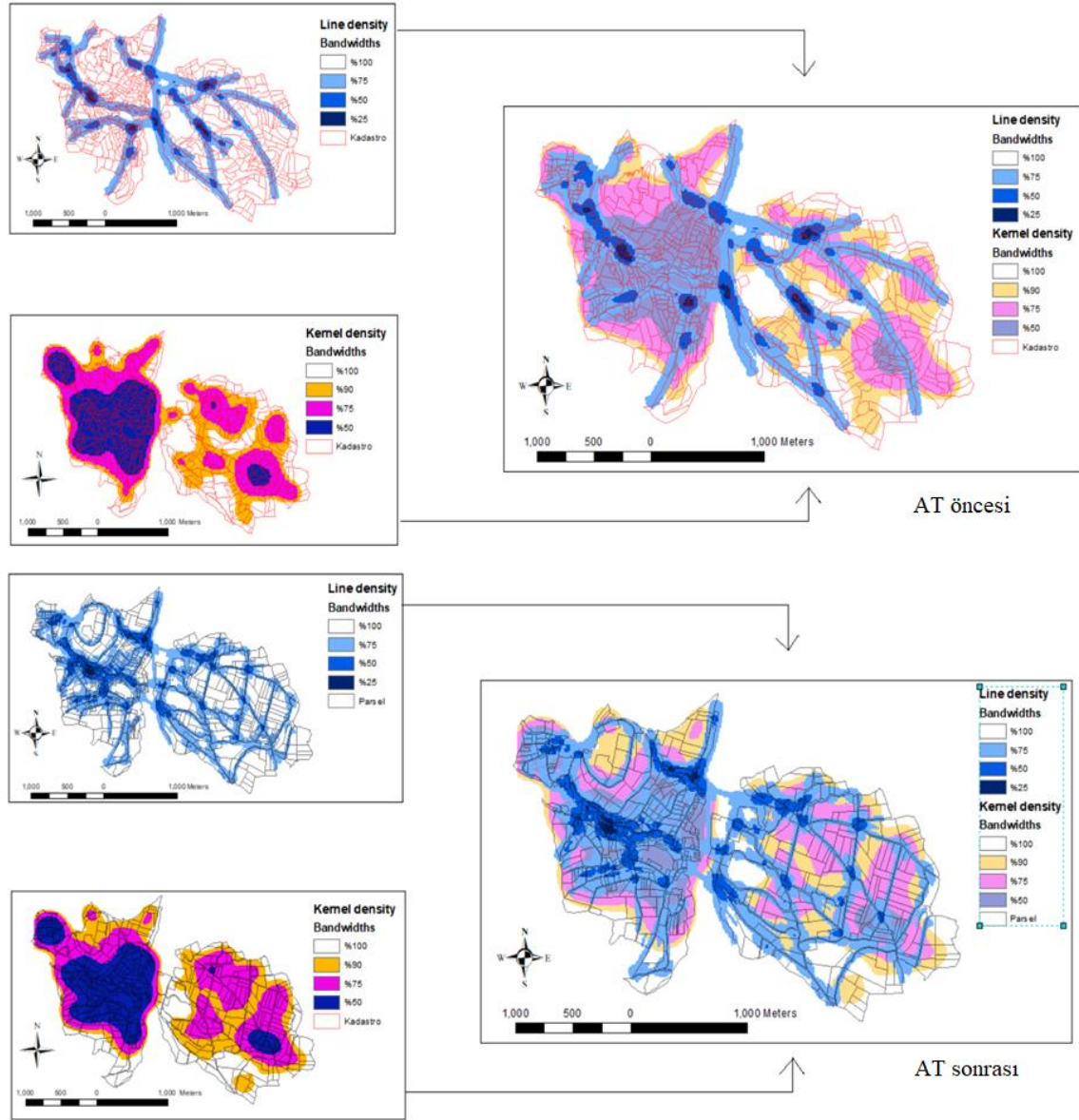


Figure 7. Matching of Tatıklık Village AT before and after Line Density and Kernel Density maps

### Şekil 7. Tatıklık Köyü AT öncesi - sonrası Line Density ve Kernel Density haritalarının karşılaştırılması

Arazi toplulaştırma projelerinin değerlendirilmesinde Line Density analizinin kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar bulunmamaktadır. Line Density analizi ile yol yoğunluklarının incelenmesi ilk olarak bu çalışmada kullanılmıştır. Cai ve ark. (2013) Çin’de Pearl River Delta’sında yaptıkları çalışmada yol yoğunluklarının bulunduğu bölgede arazi parçalılığını değerlendirmek için Line Density analizini kullanmıştır. Rose ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, Line Density ile yol yoğunluğu ve NO<sub>2</sub> gazı salınımı ilişkisini belirlemiştir.

### 3.2.2. Yol uzunluklarının değerlendirilmesi

Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol uzunlukları analiz edilmiştir. Yol uzunlukları analizinde AT öncesi ve sonrası kadastro haritaları kullanılmıştır. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol uzunluk istatistikleri ve gösterge değerleri *Tablo 5*'te verilmiştir.

Arazi toplulaştırma öncesi yol uzunluğu 23434 m iken AT sonrası 42127 m'ye yükselmiştir. Bu değişim %79.77 olarak hesaplanmıştır. Kuzu ve ark. (2018) Şanlıurfa İli Türkoğlu AT projesinde yaptıkları çalışmada, yol uzunluğu değişimini %90.91 olduğunu belirtmişlerdir. Tatıklık AT projesi yol uzunluğu değişimi Türkoğlu AT projesindeki orandan daha düşüktür. Arazi toplulaştırma çalışmalarında, yol uzunluğu oranı ihtiyaç durumuna göre farklılıklar göstermektedir.

AT öncesi birim alana düşen yol uzunluğu 4.70 m da<sup>-1</sup> iken, AT sonrası bu değer 8.81 m da<sup>-1</sup>'a yükselmiştir. Tunali ve Dağdelen (2018) Denizli İli Tavas Ovasında yapılan toplam 9 arazi toplulaştırma çalışmasında yol uzunluklarını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, bu köylerde AT öncesi ortalama birim alana düşen yol uzunluğunu 250 m da<sup>-1</sup>; AT sonrasında ise bu değeri 503.5 m da<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır. Bu değişim %100'den fazladır. Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası değişimi %87.51 olarak hesaplanmıştır. Bu oranların yüksek olması yapılan AT alanlarında yol ağı yetersizliğini ifade edebilir.

**Tablo 5. AT öncesi ve sonrası yol uzunlukları göstergeleri**

Table 5. Road length indicators before and after land consolidation

Gösterge	AT öncesi	AT sonrası	Değişim (%)
Yol uzunluğu (m)	23434	42127	79.77
Birim Alana düşen yol uzunluğu (m da <sup>-1</sup> )	4.70	8.81	87.51
Her bir parsel düşen yol uzunluğu (m parsel <sup>-1</sup> )	35.45	77.72	119.23
Her bir işletmeye düşen yol uzunluğu (m işletme <sup>-1</sup> )	86.79	156.02	79.77

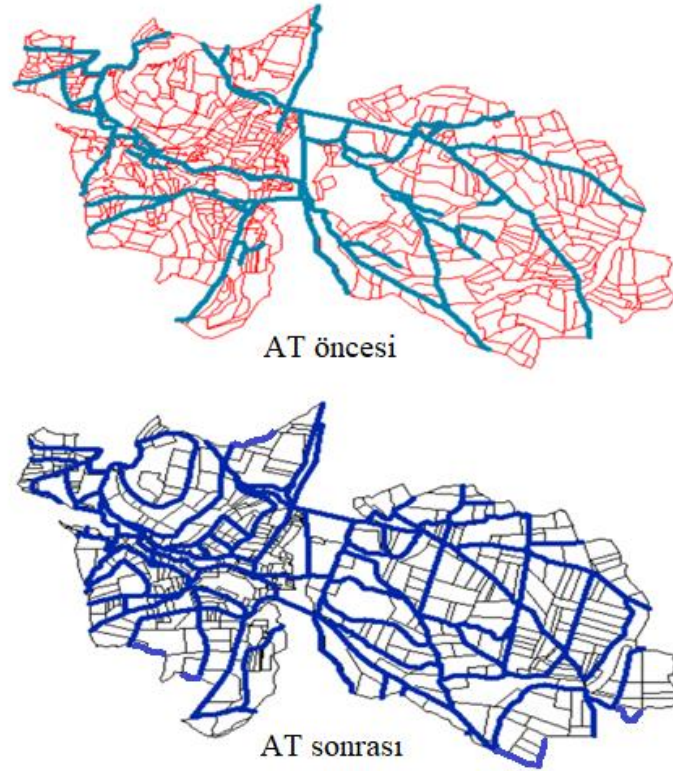


Figure 8. Road network before and after land consolidation

**Şekil 8. Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası yol ağı**

Her bir parselde düşen yol uzunluğu AT öncesi 35.45 m parsel<sup>-1</sup> iken AT sonrası bu değer %119.23 değişimle 77.72 m parsel<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Her bir işletmeye düşen yol uzunluğu AT öncesi 86.79 m işletme<sup>-1</sup> iken AT sonrası bu değer 156.02 m işletme<sup>-1</sup>'ye yükselmiştir. Bu değişim ise %79.77'dir. Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası yol uzunlukları incelendiğinde tüm göstergelerde artış gözlemlenmiştir. Bu durum, parsellerin yoldan yararlanma oranının artması ile açıklanabilir.

Tatıklık Köyü AT öncesi ve sonrası yol yoğunluğunu incelemek amacıyla Line Density analizi kullanılmıştır. Line Density analizi ile AT öncesi ve sonrası yoldan yararlanan ve yararlanamayan parseller haritalanmıştır. Line Density haritaları ayrıca yol ağı değişimi ile parsel büyüklükleri karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Yol uzunlukları analizinde kullanılan, AT öncesi ve sonrası kadaströ ve yol ağı haritası Şekil 8'de verilmiştir.

Tatıklık Köyü yol ağı haritaları incelendiğinde, AT öncesinde yol ağının yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Tarımsal işletmelerin üretimlerini kolaylık yapabilmeleri yol ağının yeterli olması gerekmektedir. AT öncesi yoldan yararlanamayan parsellerin olması, işletmeler arasında sorunlar yaratabilir (Arıcı ve Akkaya Aslan, 2014). Arazi toplulaştırma sonrası yoldan yararlanma oranı %100'dür. AT sonrası yol ağı haritası incelendiğinde Yol uzunluklarının arttığı ve parsellerin yoldan yararlanabildikleri gözlemlenmiştir.

#### 4. Sonuç

Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası, parsellerin köy merkezi etrafında dağılımını belirlemek amacıyla Kernel Density analizi yapılmıştır. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası, parseller büyüklüklerine göre % 50, % 75 ve % 90 yoğunluk tabakaları şeklinde incelenmiştir. Arazi toplulaştırma sonrasında, % 50 ve % 75 yoğunluk tabakalarında bulunan parsellerin konumları fazla değişiklik göstermezken, % 90 yoğunluk tabakasındaki parsellerin yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Parsel büyüklüğü ve işletme büyüklüğü tamamen bağımlı konulardır. Parsel alanı küçüldükçe, üretim de azalmaktadır. Bu nedenle, küçük parsellerin işletme merkezine yakın olması, işletmeci açısından avantajlı bir durumdur. Çünkü parseller köy merkezinden uzaklaştıkça, ulaşım masrafları artması ve zaman kaybı nedeniyle tarımsal üretim olumsuz etkilenmektedir. Bu doğrultuda, arazi toplulaştırma projelerinde, parsel konumlarının büyüklüklerine göre incelenmesi önemli bir konudur. Kernel Density analizi, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası, parsel konumlarının değişimini görselleştirmek ve yorumlamak için kullanılabilir.

Line Density analizi arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol yoğunluklarının değişimini gözlemek amacıyla kullanılmıştır. Arazi toplulaştırma çalışmalarında Line Density analizi ilk kez bu çalışma kapsamında kullanılmıştır. Line Density analizinde, yol yoğunlukları birim alana düşen yol uzunluklarına göre belirlenmektedir. Tatıklık Köyü arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası yol yoğunlukları % 25, % 50 ve % 75 yoğunluk tabakaları şeklinde incelenmiştir. Arazi toplulaştırma öncesi 23.4 km olan yol uzunluğu yaklaşık % 80 artarak 42.1 km'ye yükselmiştir. Yeni yapılan yolların büyük çoğunluğu, toplulaştırma alanının batısında yoğunlaşmıştır. Line Density haritaları incelendiğinde, yol yoğunluğunun en fazla olduğu alanı gösteren tabaka, % 25 yoğunluk tabakasıdır. Ayrıca yol yoğunluğu ve parsel yoğunluklarının birlikte incelenmesi amacıyla Line Density ve Kernel Density haritaları birleştirilmiştir. Oluşturulan bu haritalar yardımıyla parsellerin küçük olduğu bölgelerde, yol yoğunluğunun da arttığı belirlenmiştir. Line Density analizi ile, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası durumlarda yol yoğunluğunun değişimini incelenebileceği görülmüştür.

Araştırmada kullanılan değerlendirme yöntemleri sonucunda hazırlanan haritalar arazi toplulaştırma üzerinde çalışanlar, politikacılar, karar vericiler tarafından öncelikli arazi toplulaştırma alanlarının belirlenmesi, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası değerlendirmede kullanılabilir. Ayrıca geliştirilen yol uzunlukları değerlendirme göstergeleri arazi toplulaştırma üzerine çalışan araştırmacılar tarafından yöntem olarak eklenebilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Fırat Arslan'ın Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde Prof. Dr. Hasan Değirmenci danışmanlığında yürüttüğü "Arazi toplulaştırma projelerinde coğrafi mekansal ve istatistiksel analizler (Geospatial and geostatistical analysis of land consolidation projects)" başlık tezden üretilmiştir.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

**Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Arslan, F., Değirmenci, H.; Materyal ve Metot: Arslan, F., Değirmenci, H.; Veri toplama ve İşleme: Arslan, F., Değirmenci, H.; İstatistiki Analiz: Arslan, F.; Literatür Tarama: Arslan, F., Değirmenci, H.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Arslan, F., Değirmenci, H.

## Kaynakça


- Allahyari, M. S., Damalas, C. A., Masouleh, Z. D. and Ghorbani, M. (2018). Land consolidation success in paddy fields of Northern Iran: An assessment based on farmers' satisfaction. *Land Use Policy*, 73: 95-101.
- Alp, A., Akyüz, A., Özcan, M. and Yerli, S. V. (2018). Assessment of movements and habitat use of salmo opimus in Fırnız Stream, River Ceyhan of Turkey using radiotelemetry techniques. *Environmental Biology of Fishes*, 101(11): 1-12.
- Anonim (2020). Structural Changes and Reforms in Turkish Agriculture 2003-2016. Republic of Turkey Ministry of Food Agriculture and Livestock, 33.
- ArcGIS (2018). Kernel Density. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/kernel-density.htm> (Erişim Tarihi: 08.03.2020).
- Arıcı, İ. ve Akkaya Aslan, Ş. T. (2014). Arazi Topluştırması Planlama ve Projelemesi. Dora Basım-Yayın.
- Arslan, F., Değirmenci, H. and Kartal, S. (2020). Kernel density analysis of parcel size and shapes before and after land consolidation: A case study from Aşağısümenli Village in Malatya, Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(4): 388-394.
- Avcı, M. (1999). A new approach oriented to new reallocation model based on block priority method in land consolidation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(4): 451-458.
- Bakanoğulları, F., Bahar, E., Kıvrak, C. and Gür, M. (2022). Assessment of meteorological and agricultural drought analysis in Kırklareli province. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 19(4): 756-768.
- Boztoprak, T., Demir, O., Çoruhlu, Y. E. and Nişancı, R. (2015). Arazi toplulaştırmasının tarımsal işletmelere etkilerinin araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(3): 1-11.
- Cai, X., Wu, Z. and Cheng, J. (2013). Using kernel density estimation to assess the spatial pattern of road density and its impact on landscape fragmentation. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(2): 222-230.
- Carmona, A., Nahuelhual, L., Echeverría, C. And Báez, A. (2010). Linking farming systems to landscape change: An empirical and spatially explicit study in Southern Chile. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1): 40-50.
- Değirmenci, H., Arslan, F., Tonçer, R. and Yoğun, E. (2017). Evaluation of land fragmentation parcel shapes before land consolidation project: A case study of Tırhan Village in Niğde Misli Plain. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(3): 182-189.
- Ertunç, E. (2023). The effect of land consolidation projects on carbon footprint. *Land*, 12(2): 507.
- Gökçe, O. ve Adanacioğlu, H. (2002). Tarımda Optimum İşletme Büyüklüğünün Saptanması Üzerine Bir İnceleme. *Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 18-20 Eylül, Erzurum, Türkiye.
- Irmaklı, P. G. ve Aydın, A. (2022). Arazi toplulaştırmanın tarıma ve tarımsal mekanizasyona katkısı: Çanakkale-Biga-Dereköy Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3): 582-599.
- Karakayaci, Z., Akçil, M. B., Eroğlu, O. ve Bayramoğlu, Z. (2022). Tarım işletmelerinde işgücü etkinliğinin artırılmasında sermayenin önemi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4): 745-755.
- Karaönder, İ. ve Gürel, A. (2021). Tarımsal arazi maliklerinin arazi toplulaştırma projelerinin çeşitli aşamalarındaki davranış ve görüşlerinin değerlendirilmesi: Çanakkale İli örneği. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(1): 25-31.
- Kurşun, E., Konukcu, F. ve Altürk, B. (2023). Tekirdağ ili tarım parsellerinin arazi toplulaştırma açısından şekil analizi ile değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(1): 74-87.
- Küsek, G. (2014) Arazi toplulaştırmasının parsel şekli ve tarımsal mekanizasyon uygulamalarına etkileri: Konya-Ereğli-Acıkuşu ve Özgürler Köyleri örnekleri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2): 1-14.
- Kuzu, H., Arslan, Ve Değirmenci, H. (2018). Arazi toplulaştırma projelerinde yol uzunluklarının analizi: Şanlıurfa Türkeli Köyü örneği. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, (Özel Sayı): 19-25.
- Laffan, S. W. And Taylor, M. D. (2013). FishTracker: A GIS toolbox for kernel density estimation of animal home ranges that accounts for transit times and hard boundaries in MODSIM2013. *20<sup>th</sup> International Congress on Modelling and Simulation*, pp. 1-6, Adelaide: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zeland.
- Lees, K. J., Guerin, A. J. and Masden, E. A. (2016). Using kernel density estimation to explore habitat use by seabirds at marine renewable wave energy test facility. *Marine Policy*, 64: 35-44.
- Leń, P. (2018). An algorithm for selecting groups of factors for prioritization of land consolidation in rural areas. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144: 216-221.
- Leń, P., Noga, K. (2018). Prioritization of land consolidation interventions in The Villages of Central Poland. *Journal of Ecological Engineering*, 19(2): 246-254.
- Lu, L. and Benyahia, S. (2018). Method to estimate uncertainty associated with parcel size in coarse discrete particle simulation. *AIChE Journal*, 64(7): 2340-2350.


- Myyrä, S. and Pietola, K. (2002). Economic Importance of Parcel Structure on Finnish Farms. *Agricultural and Food Science*, 11(3): 163-173.
- Oğuz, C. and Bayramoğlu, Z. (2004). Konya İli Çumra İlçesinde arazi toplulaştırması sonrası farklı parsel genişliklerinin birim maliyetler üzerine etkisi; Küçükköy Örneği. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(34): 70-75.
- Peker, M. ve Dağdelen, N. (2016). Aydın'da arazi toplulaştırmasının arazi varlığı üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 7-17.
- Platonova, D. and Baumane, V. (2014). Engineering and Economic Calculations for Assessing Land Consolidation. *13th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, Volume 13, 29-30 May, 2014 (pp. 547-553). Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia.
- Rose, N., Christine C., Robert G., and Guy B. M. (2009). Weighted road density: A simple way of assigning traffic-related air pollution exposure. *Atmospheric Environment*, 43(32): 5009-5014.
- Sirirwardane, M. S., Samanmali, M. A. D. and Rathnayake, R. N. (2015). Cloud based GIS approach for monitoring environmental pollution in The Coastal Zone of Kalutara, Sri Lanka. *Journal of Tropical Forestry and Environment*, 5(1): 9-18.
- Stańczuk-Gałwiaczek, M., Sobolewska-Mikulska, K., Ritzema, H. and Van Loon-Steensma, J. (2018). Integration of water management and land consolidation in rural areas to adapt to climate change: Experiences from Poland and the Netherlands. *Land Use Policy*, 77: 498-511.
- Tunalı, S. P. and Dağdelen, N. (2018). Denizli–Tavas ovasında yapılan bazı arazi toplulaştırma çalışmalarının değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2): 58-65.
- Wójcik-Leń, J., Sobolewska-Mikulska, K., Sajnóg, N. and Leń, P. (2018) The idea of rational management of problematic agricultural areas in the course of land consolidation. *Land Use Policy*, 78: 36-45.
- Xie, Z. And Yan, J. (2008). Kernel density estimation of traffic accidents in a network space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(5): 396-40.


**Factor Determining the Smallholder Farmer's Perception on Organic Farming: A Case of Makmur Sejahtera Farmers Group, Batu City, Indonesia\***Annisa FIRDAUZI<sup>1\*</sup>, Titik EKOWATI<sup>2</sup>, Agus Subhan PRASETYO<sup>3</sup>, Joko MARIYONO<sup>4</sup>**Abstract**


The perception of farmers in dealing with the phenomenon of climate change is to minimize the impact of reducing the productivity of agricultural products. Climate change which has an impact on the agricultural sector is also caused by unsustainable agricultural practices. Several studies have examined the adoption of organic farming innovations that are sustainable from an environmental aspect and increase farmer income. However, there has been no research on farmers' knowledge and perceptions of implementing organic farming as a climate change adaptation strategy. This research aims to analyze the factors that shape farmers' negative perceptions of organic farming and characteristics of the farmers. The sampling technique in this research uses a probability sampling approach with a total of 80 farmers with interviews using two languages, namely Javanese (local language) and Indonesian to make it easier to understand the research questions. This research used Second Order CFA with WarpPLS 5.0. The basic theory that is found in this study is farmers pay more attention to the attributes of innovation, observability of yields, and access to information. Farmers in Makmur Sejahtera Farmers Group are classified as laggards and late majority. The visible results from the demo plot of organic farming are lower than the results from land that applies conventional farming. Farmers prefer to use pesticides and chemical fertilizers to deal with pest explosions due to climate change. Based on the results, the adoption of organic farming for an adaptive climate change impact with a management policy was recommended.

**Keywords:** Climate change; Confirmatory factor analysis, Innovation adoption, Laggard, Negative perception

<sup>1\*</sup>**Sorumu Yazar/Corresponding Author:** Annisa Firdauzi, Universitas Diponegoro Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Department of Agriculture, Semarang, Indonesia. E-mail: [annisafirdauzi@lecturer.undip.ac.id](mailto:annisafirdauzi@lecturer.undip.ac.id)  ORCID: 0000-0002-0260-0558

<sup>2</sup>Titik Ekowati, Universitas Diponegoro Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Department of Agriculture, Semarang, Indonesia. E-mail: [titiyekowati@lecturer.undip.ac.id](mailto:titiyekowati@lecturer.undip.ac.id)  ORCID: 0009-0001-4122-4663

<sup>3</sup>Agus Subhan Prasetyo, Universitas Diponegoro Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Department of Agriculture, Semarang, Indonesia. E-mail: [setyo.subhan@live.undip.ac.id](mailto:setyo.subhan@live.undip.ac.id)  ORCID: 0000-0002-6847-1701

<sup>4</sup>Joko Mariyono, Universitas Diponegoro Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Department of Agriculture, Semarang, Indonesia. E-mail: [jokomariyono@lecturer.undip.ac.id](mailto:jokomariyono@lecturer.undip.ac.id)  ORCID: 0000-0002-0909-6665

**Atıf/Citation:** Firdauzi, A., Ekowati, T., Prasetyo, A. S., Mariyono, J. (2024). Factor determining the smallholder farmer's perception on organic farming in Indonesia. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 722-731.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## **1. Introduction**

Green Revolution with the aim of increasing food production massively sacrificed soil health due to excessive use of chemical fertilizers. Starting from this, theories and concepts regarding organic farming emerged to help overcome the problems of soil degradation and fertility. The concept of organic farming is the formation of an agricultural system that optimizes the biological potential of the soil and preserves underground water resources without chemicals. Interactions between soil biota that are stable and according to capacity can provide profitable and sustainable agricultural results (Palaniappan and Annadurai, 2018).

The agricultural sector contributes about 24% of global carbon emissions (IPCC, 2014). In the agribusiness sub-system, Mzoughi (2011) described the use of intensive chemicals such as pesticides is increasingly opposed because it causes environmental damage. According to Berg and Tam (2018), they have the opposite effect on agricultural output, which can reduce productivity and profits in the long run. For example, Tran-Nam and Tiet (2022) reported that the excessive use of pesticides can cause resistance to plant pests and result in environmental degradation. According to Mayrowani (2012) conventional farming systems can damage the soil and reduce the productivity of agricultural products in the long term. By reducing the use of synthetic fertilizers, herbicides, pesticides, and fungicides, organic farming provides an alternative to sustainable farming practices (Bhat et al., 1994). The application of organic farming focuses on agroecological health which can increase soil fertility and crop quality (Kuepper, 2010). Compared to conventional farming, organic farming has 30% higher species diversity with varying percentages (Bengtsson et al., 2005). The advantages of organic farming, when viewed from an environmental perspective, are that it is environmentally friendly and does not leave harmful residues because it does not use synthetic chemical compounds such as fertilizers, pesticides, and plant growth regulators (Astuti et al., 2016). Organic farming can also increase farmers' income due to more effective use of resources and not depend on more expensive chemical inputs (Eviyati, 2007).

Organic farming has developed significantly in various countries. In Europe, as many as 350,000 producers manage 12.7 million hectares of organic land (11.2 million hectares from the European Union). 25% of the world's organic land is in Europe. North America and Europe generate the most sales of organic products (90 percent of organic food and beverage sales). Many organic crops grown in the region are intended for export. The global market for organic food and drink has nearly quadrupled between 2000 (US\$18 billion) and 2015, and Organic Monitor projects growth will continue (Willer et al., 2017). In the last two decades, there has been an increase in consumer interest in organic food as seen from the global demand for organic food (Muhie, 2022). In line with research in the United States, every 1% increase in organic farming area can reduce GHG emissions by 0.049% (Squalli and Adamkiewicz, 2018). Organic farming can eliminate emissions from waste by converting organic waste into compost to be used as fertilizer and play an important role in maintaining optimal soil health and reduce N<sub>2</sub>O emissions (Squalli and Adamkiewicz, 2018; Petersen et al., 2006). The economic value of ecosystem services in organic farming can range from \$1610 to \$19,420 per hectare (ha) per year versus \$1270 to \$14,570 in conventional farming (Sandhu et al., 2008). On the other hand, it examines that organic farming has guaranteed livelihoods, food security, and increased income as economic motivation (Jensen et al., 2009).

In contrast to organic farming in Europe and other developed countries, in Indonesia, the development of organic farming is still develop. The origins of the Indonesian organic farming movement can be traced back to the 1970s (Schreer and Padmanabhan, 2020). The Indonesian government supports the development of organic agriculture, as stated in the Ministry of Agriculture's Strategic Plan 2015-2019 regarding horticulture-based organic village development programs, one of which is the 1000 Organic Village Program, which is scheduled to be completed in 2020 (Kementan, 2016). One of the organic farming centers in Indonesia is Batu City. Batu City is located in the highlands with low air temperatures and high humidity. Such climatic conditions are suitable for the development of agriculture, especially types of horticultural crops. The Batu City Agriculture Service also aligns with the "Go Organic Batu Program". The land in Batu City is mechanical soil that contains lots of minerals from volcanic explosions, making it suitable for developing organic farming. In the economic structure of Batu City, especially in the Bumiaji District, the agricultural sector makes a significant contribution to the Gross Regional Domestic Product (Badan Pusat Statistik Kota Batu, 2018).

With regard particularly to the 1000 Organic Village Program, such program did not succeed as indicated by the low participation from the farmers. Vu et al. (2020) explain that insufficient knowledge of farmers about the



harmful effects of using chemicals, information and subsidies for organic fertilizers. According to Tran-Nam and Tiet (2022) the influence of socio-psychological factors in promoting organic farming including the influence of peers, social norms, and personal norms. Farmers in one of the villages in Batu City (Giripurno Village) allegedly have different perceptions of organic farming, so only a few wants to implement organic farming systems. This indication is supported by the fact that Giripurno Village that only 5 out of 2,228 active farmers have implemented organic farming. The obstacles faced by farmers in developing organic farming include the absence of a benchmark price that is suitable for farmers, the need for expensive investments at the start of cultivation, and the uncertainty of the local market, so farmers are reluctant to produce (Mayrowani, 2012).

Farmers are the target actors for adopting organic farming innovation. Simin and Janković (2014) argue that the theory of innovation diffusion is still relevant for the field of study in understanding the adoption of organic farming innovations. Adoption is classified by Feder et al., (1985) into two categories, namely individual adoption and aggregate adoption. Innovation adoption that occurs among farmers is included in individual adoption. At the farmer level, the level of use of new technology in long-term equilibrium can occur when farmers have complete information about new technology and its potential. This implies technology adoption occurring and continuing over a relatively longer period of time.

Rogers (1983) The Diffusion of Innovation Theory explains this process by mentioning several stages that a person will enter before adopting new technology. These stages are knowledge, persuasion, decision, implementation, and confirmation. Individuals in this case are farmers reaching the persuasion stage after developing attitudes towards technology. This attitude can be positive or negative which influences the decision stage and will lead to acceptance or rejection of the innovation. The elements of the persuasion stage consist of innovation characteristics which include relative advantage, compatibility, complexity, triability, and observability. Unfortunately, when innovation rejection occurs, there is not much research that examines why this rejection occurs? What factors lead to resistance at the decision stage? Therefore, identifying innovation rejection factors in terms of the persuasion stage based on the characteristics of this innovation is important to study. Exploration of situational factors that cause farmers to be reluctant to adopt innovation, namely organic farming, is very important to study further. So, in the future, the program launched by the government can be realized as the right target, and proper strategic management can be found to change the mindset of farmers regarding organic farming and increase the number of organic farmers in Indonesia.

## 2. Materials and Methods

This study took a quantitative method. This study looked at the situational aspects that influence farmers' perceptions about organic farming. Data was analyzed using inferential statistical tests in the form of confirmatory factor analysis (CFA). Giripurno Village, Bumiaji District, Batu City, East Java, Indonesia was the site of the study. The location determination was carried out purposively or deliberately with the consideration that several villages selected to run the Batu Go Organic Program, Giripurno Village is a representation of horticultural farmers funded by the government to develop 10 hectares of organic farming in the field of horticulture. The Indonesian government has provided assistance in processing organic land certification. However, in recent years the progress of farmers in Giripurno Village has not progressed significantly, so researchers chose this village to study the failure factors of the innovation decision process.

The sampling technique in this study uses a probability sampling approach. According to (Plano Clark and Creswell, 2015), the use of the probability sampling method is carried out when the elements of the population have the same opportunity to be selected as the sample. The sampling is simple random sampling, a technique for obtaining samples directly carried out at the sampling unit. Each sampling unit is a population element with the same opportunity to be sampled or represent the population. The choice of simple random sampling was used because the members of the population were considered homogeneous, namely the majority of farmers in Giripurno Village had not yet implemented organic farming. The number of samples used in this study refers to Hair et al. (2010) statement that the number of samples provides representative results of 5-10 times the indicator variable. This study used a sample of 80 people. The validity data was obtained from the number of indicators as much as 13 multiplied by 6.

In this study, the types of data used are primary and secondary data. Primary data collection was carried out using several techniques, namely interviews and observation with Javanese (local language) and Indonesian to make it easier to understand the research questions. The interview was conducted in a structured manner through planned and

prepared questions. Interviews will be carried out with the help of a questionnaire consisting of closed and open questions. Interviews were conducted while observing to directly observe the activities of farmers in the research location and aim to provide additional data on the research results. Secondary data related to the research is in the form of village monograph data, village general description, village geographical conditions, village demographic conditions, and village economic conditions.

Farmers' perceptions and characteristics of innovation belong to latent variables that cannot be measured. However, to be measured, indicators are needed to represent these variables. In categorizing farmers' perceptions of organic farming based on the farmers' characteristics, it is obtained that the interpretation criteria for the average score are made by calculating class intervals or the width of the interval. The highest score is 5 and the lowest is 1, thus the range  $R = 5 - 1 = 4$  is obtained. The number of classes is set at 5, according to the design of giving a response score to the questionnaire. The width of the interval ( $k$ ) is obtained from the range / highest score, namely  $k = 4/5 = 0.8$ , and a score is obtained with the following criteria:

- 1 – 1.8 = Positive
- 1.81 – 2.6 = Neutral
- 2.61 – 3.4 = Negative

Confirmatory factor analysis determines the factors contributing significantly to forming farmers' perceptions of organic farming. This research uses Second Order Confirmatory Factor Analysis (CFA) because the latent variables are multidimensional. The latent variables formed from the dimensional latent variables include unidimensional constructs with the direction of reflective and formative indicators (Solimun et al., 2017).

This latent variable is included in a multidimensional construct because the situational factors that shape farmers' perceptions are also formed from five latent variables: the characteristics of innovation and the direction of the relationship between formative indicators. Meanwhile, the five innovation characteristics can be measured with indicators that reflect the direction of the relationship. This study uses a multidimensional construct with type 2, which means the first-order-reflective and second-order-formative constructs. The use of confirmatory factor analysis consists of latent variables and indicator variables. Latent variables are variables that cannot be formed and built directly, while indicator variables are variables that can be directly observed and measured.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1 Characteristics of Farmers

The data on the characteristics of the farmers presented were obtained from the results of the analysis of primary data obtained from interviews with questionnaires. Farmer characteristics consist of age, education level, farming experience, and land area. The following is the result of a descriptive analysis of personal factors on organic farming based on the average score of the respondents' answers which will be explained in *Table 1*.

**Table 1. Scores of farmers' perceptions of organic farming**

No.	Personal Factors	Dominant Characteristics	Average Score	Perception category
1.	Age	46–55 year	3,28	Negative
2.	Education	Elementary school	3,28	Negative
3.	Farming experience	More than 30 years	3,26	Negative
4.	Land area	Less than 0,2 acre	3,3	Negative

In *Table 1*, the results show that farmers have a negative perception of the application of organic farming systems in vegetable cultivation. The momentum of a farmer's adoption of an innovation is related to the proportion of people who adopt it in the social system. Not all farmers can adopt technology at the same time because it is influenced by social factors such as level of education and farming experience. The diffusion of an innovation follows an S-shaped cumulative adoption curve (Rogers, 1983). This explains that organic farming does not appear to be superior, cheaper, or more reliable than conventional farming, organic farming is not by individual values and experiences and is difficult to understand and apply, organic farming cannot be tried in a limited way and the result of an innovation has not proven

successful. Farmers' decisions to adopt organic farming depend on various factors, such as economic characteristics and farm structure, characteristics of farmers and households, such as age, education, and household size. Farmers with an average age above 45.2 years are classified as Laggards (challenging to accept innovation) in organic farming (Läpple and Rensburg, 2011). However, based on the level of education and in-depth interviews, it was revealed that farmers have not adopted organic farming because their neighbors or farmers close to their land have not implemented organic farming, so the results are not yet visible. Doubt arises because of the fear of failure. So, farmers in Giripurno Village can be categorized into the late majority type. Rogers (1983) describes the late majority as people who approached with a skeptical and cautious air, and the late majority does not adopt until most others in their social system have done so.

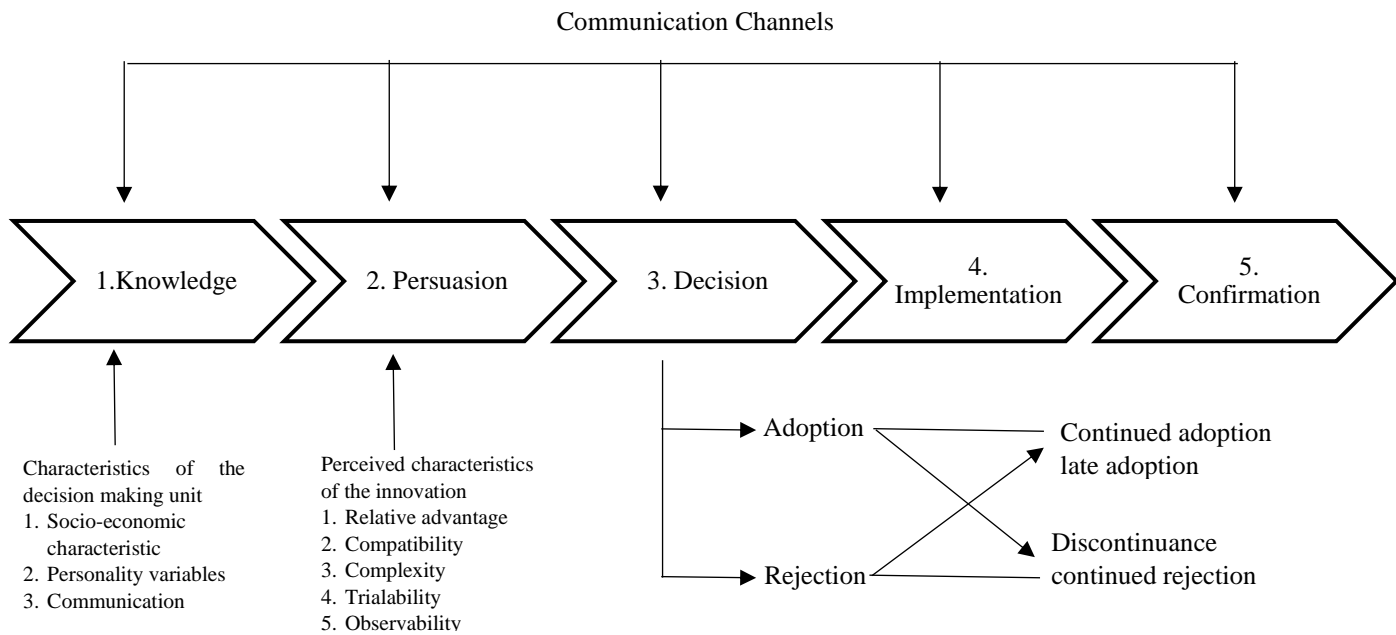
When compared with young farmers, older farmers are usually less risk-averse and have less time to invest in the long term (Sapbamrer and Thammachai, 2021). The level of education affects the speed of adopting innovations in organic farming because the level of education influences the mindset and insights of farmers in farming. Farmers with low education are more likely to be profit-oriented and yield yields without regard to the long-term sustainability of the ecosystem. The level of education will affect a person cognitively. That is, highly educated people are more likely to have high reasoning (Suwaryo and Yuwono, 2017). Farmers in Giripurno Village are classified as Laggards and the Late Majority have difficulty adopting organic farming. In tune with implementing organic farming practices on narrow land will make it easier to manage in fulfill the required organic regulations. Early adopters were the youngest to adopt organic farming (Läpple and Rensburg, 2011). However, at the same time, farmers do not have experience in organic farming, as a result, farmers are increasingly reluctant to take risks (Sriyadi and Yekti, 2021).

### ***3.2 Perception of Farmers in terms of Characteristics of Innovation***

The model used has been tested as valid and reliable. Then we can see the factors that shape farmers' perceptions of organic farming by looking at the value of the effect size indicator in the Warp PLS 5.0 application for each indicator and dimension variable forming perceptions. Interpretation of the second level of confirmatory factor analysis is used to determine the most dominant situational factors in shaping farmers' perceptions of organic farming. Situational factors that shape farmers' perceptions are formed from the contribution values of the five latent variables from the persuasion stage described in the model for innovation-decision process in Diffusion of Innovation Theory in *Figure 1* are relative advantage, compatibility, complexity, triability, and observability.

The measurement indicators for each latent variable were identified from several previous studies and adapted to the conditions at the research location. The measurement indicators for each latent variable were identified from several previous studies and adapted to the conditions at the research location. Argiles and Brown (2010) in organic and conventional farming there are differences in the composition of labor costs and agricultural production facilities. The composition of labor costs is of course closely related to the allocation of cultivation time. Hidayat and Lesmana (2011) stated that the difference in cost composition will have an impact on the amount of financial profit from the prices of organic and conventional vegetables. Cullen et al. (2016) also highlighted the importance of access to information and knowledge sharing among farmers in facilitating the dissemination of organic farming practices. From the consumer side, the indicator studied is demand. In the last two decades, there has been an increase in consumer interest in organic food as seen from the global demand for organic food (Muhie, 2022).

According to Schiffman et al. (2016), Perception is a process that describes individual beliefs in selecting, organizing, and interpreting stimuli about what is valid or what is true for that individual. When this belief has been formed, it will become the basis of one's knowledge about what is expected of a particular object. In this case, farmers have a negative perception of organic farming, which is good for the environment, so it can be seen that farmers do not have confidence in organic farming systems. Organic farming is an innovation in sustainable and environmentally friendly agricultural cultivation practices. This is also a new thing for farmers who previously practiced conventional cultivation. This study examines the factors that shape farmers' perceptions of innovations, namely organic farming, concerning the five characteristics of innovations from Rogers (1983): relative advantage, compatibility, complexity, triability, and observability. These variables contribute to farmers' perception by 21%; 21.3%; 17.9%; 13.7%; and 26.1%. Based on this, it can be seen that easily observable factors of 26.1% dominate the dominant situational factors forming farmers' perceptions of organic farming. The results of the model evaluation for each variable for the parameters measuring validity and reliability follow the rule of thumb, namely the p-value <0.05; composite reliability value > 0.7; and the value of AVE (Average Variance Extracted) > 0.5 (Solimun et al., 2017).



**Figure 1. Model for innovation-decision process Rogers (1983)**

The low adoption rate of organic farming is due to various reasons, such as high production costs and low demand for organic products in the market (Bui and Nguyen, 2021). The most dominant factors forming the perception of farmers in Giripurno Village are crop yields and limited access to information obtained by farmers (Figure 2). The lack of farmer information is caused by the majority of farmers in Giripurno Village not joining farmer groups, even though assistance and subsidies are distributed through farmer groups. Extension agencies in each farmer group provide information to farmers (Yaseen et al., 2016). Cullen et al. (2016) also highlighted the importance of access to information and knowledge sharing among farmers in facilitating the dissemination of organic farming practices. Successful agricultural extension can help accelerate the adoption of new technology and its implementation on farmers' land (Läpple and Rensburg, 2011). But, according to Modirwa (2019), only large-scale farmers and those with higher education levels can get information from extension workers. Neighbors and relatives also alternative access to information from farmers. Farmers tend to follow other farmers in adopting innovations such as organic farming. Wollni and Andersson (2014) found that farmers were more likely to adopt sustainable agricultural practices if they believed their neighbors valued their adoption. There needs to be encouragement to help farmers behave more positively towards organic farming (Streletskaia et al., 2020). Besides that, organic vegetable yields in demo plot land found holes bitten by pests, varying sizes of vegetables or fruit, paler leaf color, and small yields because they were not given plant growth stimulants prohibited for use in organic farming cultivation. So, farmers' perceptions that organic farming results cannot be proven to be better than conventional agricultural products.

The second element after complexity is compatibility which describes farmers' perceptions that organic farming is not following the values and experiences of farmers. Organic farming is not following farmers' habits in using chemical substances to control pests and diseases of cultivated plants. Farmers are used to using their entire land area for planting vegetables so that they can produce more. However, when switching to organic cultivation, making a buffer zone or ditch with a width of about 3 meters is recommended. Farmers tend to prefer instant and practical applications rather than having to take their time off to make botanical pesticides and biological agents collectively.

Following are the results of the Second Order Type 2 model used in this study:

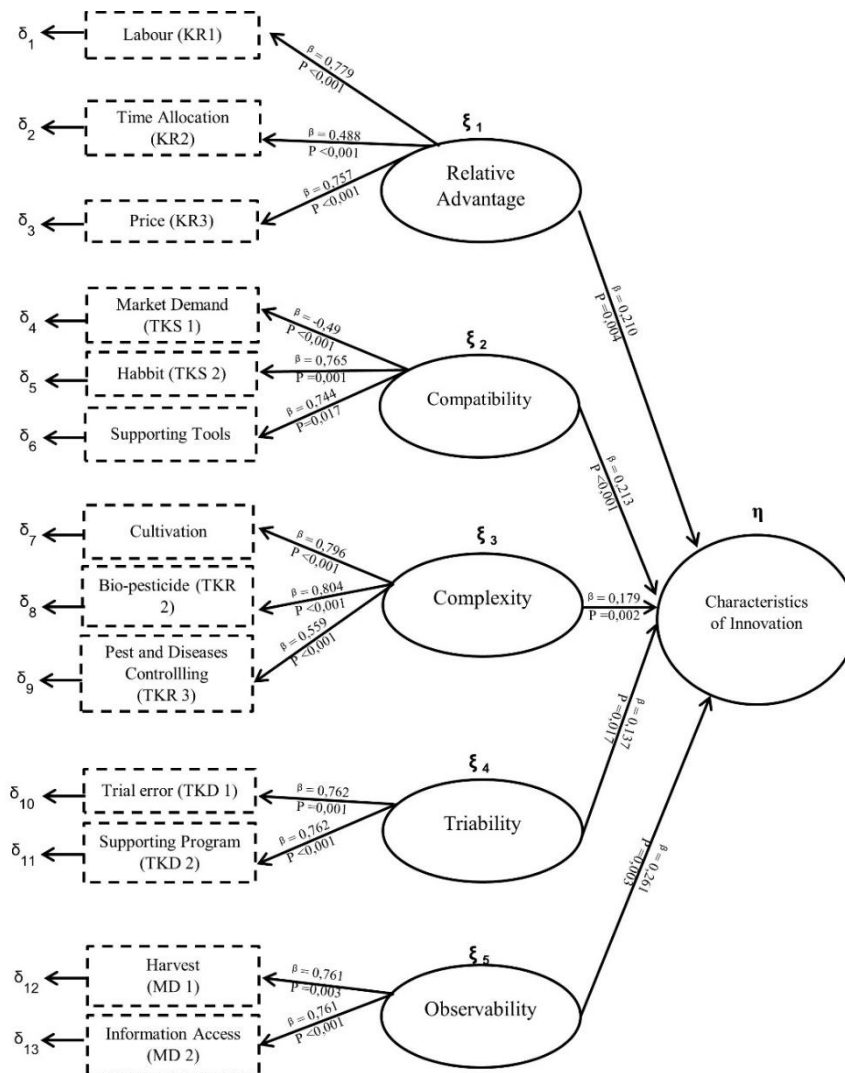


Figure 2. Indicator Effect Size value of situational factors of farmers' perceptions of organic farming

There is currently no policy of subsidizing organic farmers with guaranteed income and access to farm credit to encourage them to convert their farms to organic farming (Darnhofer et al., 2005). The development of the country's agriculture depends also on the development of rural areas. Government programs and policies help sustain farmer production (Sari Gedik and Yilmaz, 2023). Small-scale farmers feel they need more support to access government support and subsidies to apply organic farming (Tran-Nam and Tiet, 2022). Läpple and Rensburg (2011) state that not all farmers adopt technology simultaneously because there are differences between early, middle, and late adopters in responding to economic and non-economic factors to consider whether to practice organic farming or not. Risk considerations by growers limit late adoption. On the other hand, the impact of sharing information on the demand for organic agricultural products between business actors is still poorly understood (Yu et al., 2021).

The application of organic farming requires more intensive care, such as a more significant number of workers or an increased number of working hours. The selling price of organic agricultural products is the same as non-organic products because there is still little market demand for organic products in the marketing area of Giripurno Village. Farmers' decisions are also influenced by economic factors, including agricultural policies, market structure, and the availability of technology (Jaime et al., 2016). In making adoption decisions, farmers are generally influenced by families (Yilmaz et al., 2019). Farmers also still used to rely on agricultural inputs such as pesticides, fertilizers, and crop protection inputs (Tran-Nam and Tiet, 2022).

#### **4. Conclusions**

Farmers in one of the villages in Batu City (Giripurno Village) allegedly have different perceptions of organic farming, so only a few want to implement organic farming systems. This indication is supported by the fact that Giripurno Village that only 5 out of 2,228 active farmers have implemented organic farming. There are many factors that can influence a farmer's adoption decision. It is explained in Rogers' theory (1983) that individuals in this case are farmers reaching the persuasion stage after developing attitudes towards technology. This attitude can be positive or negative which influences the decision stage and will lead to acceptance or rejection of the innovation. Therefore, identifying innovation rejection factors in terms of the knowledge and persuasion stage based on the characteristics of this innovation is important to study. This research aims to analyze the factors that shape farmers' negative perceptions of organic farming and characteristics of the farmers used Second Order CFA with WarpPLS 5.0.

Situational factors that shape farmers' perceptions are formed from the contribution values of the five latent variables from the persuasion stage described in the model for innovation-decision process in Diffusion of Innovation Theory in Figure 1 are relative advantage, compatibility, complexity, triability, and observability. The measurement indicators for each latent variable were identified from several previous studies and adapted to the conditions at the research location. The measurement indicators for each latent variable were identified from several previous studies and adapted to the conditions at the research location

Apparently, Farmers in Giripurno Village are classified as laggards and late majority who have difficulty adopting organic farming. The most dominant factors forming the perception of farmers in Giripurno Village are crop yields and limited access to information obtained by farmers. Perception is a process that describes individual beliefs in selecting, organizing, and interpreting stimuli about what is valid or what is true for that individual. When this belief has been formed, it will become the basis of one's knowledge about what is expected of a particular object. Besides that, we found that farmers were more likely to adopt sustainable agricultural practices if they believed their neighbors valued their adoption. There needs to be encouragement to help farmers behave more positively towards organic farming. Suggestions from researchers for future researchers are advised to review this research more specifically using qualitative research methods and in-depth interviews so that the results obtained are maximized.

#### **Acknowledgment**

The authors thank the enumerators and farmers for providing valuable information related to the study. This is also to acknowledge that this study got funding from the Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Universitas Diponegoro. The authors are solely responsible for the study and its limitation.

#### **Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study

#### **Conflicts of Interest**

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

#### **Authorship Contribution Statement**

Concept: Annisa FIRDAUZI and Titik EKOWATI; Design: Annisa FIRDAUZI, Titik EKOWATI, and Agus Subhan PRASETYO; Data Collection or Processing: Annisa FIRDAUZI and Titik EKOWATI; Statistical Analyses: Annisa FIRDAUZI, Agus Subhan PRASETYO, and Joko MARIYONO; Literature Search: Annisa FIRDAUZI, Titik EKOWATI, Agus Subhan PRASETYO, and Joko MARIYONO; Writing, Review and Editing: Annisa FIRDAUZI, Titik EKOWATI, Agus Subhan PRASETYO, and Joko MARIYONO

---

## References

- Argiles, J. M. and Brown, N. D. (2010). A Comparative of the Economic and Environmental Performances of Conventional and Organic Farming: evidence from financial statements. *Agricultural Economics Review*, 11(1): 69-86.
- Astuti, D. A., Sudarsono, Sulaeman, A. and Syukur, M. (2016). Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia. Bogor: *IPB Press. (Development of Organic Agriculture in Indonesia. Bogor: IPB Press)*
- Badan Pusat Statistik Kota Batu. (2018). Kecamatan Bumiaji Dalam Angka 2018. CV. Azka Putra Pratama. (*Bumiaji District in Figures 2018. CV. Azka Putra Pratama*)
- Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A. C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- Berg, H. and Tam, N. T. (2018). Decreased use of pesticides for increased yields of rice and fish-options for sustainable food production in the Mekong Delta. *Science of the Total Environment* 619–620 (2018) 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.062>
- Bhat, M. G., English, B. C., Turhollow, A. F. and Nyangito, H. O. (1994). *Energy in synthetic fertilizers and pesticides: Revisited*. Final project report. <https://doi.org/https://doi.org/10.2172/10120269>
- Bui, H. T. M. and Nguyen, H. T. T. (2021). Factors influencing farmers' decision to convert to organic tea cultivation in the mountainous areas of northern Vietnam. *Organic Agriculture*, 11(1), 51–61. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00322-2>
- Cullen, B., Amos, D. and Padel, S. (2016). Organic Knowledge Network Arable - D2.1 Description of farmer innovation groups. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113694248>
- Darnhofer, I., Schneeberger, W. and Freyer, B. (2005). Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. *Agriculture and Human Values*, 22(1): 39–52. <https://doi.org/10.1007/s10460-004-7229-9>
- Eviyati, R. (2007). Organic agriculture in various perspectives. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 18–21.
- Feder, R. Just, and P. Zilberman. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2): 255–298.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. and Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis (Seventh Edition)*. Pearson Prentice Hall.
- Hidayat, A.S. and Lesmana, T. (2011). The development of rice organic farming in Indonesia: *RIEBS*, 2(1): 1-14.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (O. Edenhofer, R. Pichs Madruga, Y. Sokona, J. C-Minx, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. Von Stechow, & T. Zwickel, Eds.). Cambridge University Press.
- Jaime, M. M., Coria, J. and Liu, X. (2016). Interactions between CAP agricultural and agri-environmental subsidies and their effects on the uptake of organic farming. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(4): 1114–1145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajae/aaw015>
- Jensen, H. H., Egeylng, H. and Oelofse, M. (2009). Research in sub-saharan African food systems must address post-sustainability challenges and increase developmental returns. *Scientific Research and Essay*, 4(7): 647-651.
- Kementan (2016). *Ministry of Agriculture Strategic Plan 2015-2019*.
- Kuepper, G. (2010). A Brief Overview of the History and Philosophy of Organic Agriculture. [www.kerrcenter.com](http://www.kerrcenter.com)
- Läpple, D. and Rensburg, T. V. (2011). Adoption of organic farming: Are there differences between early and late adoption? *Ecological Economics*, 70(7): 1406–1414. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.002>
- Mayrowani, H. (2012). The development of organic agriculture in Indonesia. *Agro Economic Research Forum*, 30(2): 91–108.
- Modirwa, S. M. (2019). Effects of farmers' socioeconomic characteristics on access to agricultural information in Ngaka Modiri Molema District of the North West Province. *International Journal of Agricultural Extension*, 7(1): 01–07. <https://doi.org/10.33687/ijae.007.01.2721>
- Muhie, S. H. (2022). Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10: 100446. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100446>
- Mzoughi, N. (2011). Farmers adoption of integrated crop protection and organic farming: Do moral and social concerns matter? *Ecological Economics*, 70(8): 1536–1545. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.016>
- Palaniappan, A. P. and Annadurai, K. (2018). *Organic Farming: Theory & Practice (Seventh edition)*. Scientific Publishers.
- Petersen, S. O., Regina, K., Pöllinger, A., Rigler, E., Valli, L., Yamulki, S., Esala, M., Fabbri, C., Syväsalto, E. and Vinther, F. P. (2006). Nitrous oxide emissions from organic and conventional crop rotations in five European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112(2–3): 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.021>
- Plano Clark, V. L. and Creswell, J. W. (2015). *Understanding research: A consumer's guide (Second Edition)*. Pearson Education, Inc.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*. Free Press.
-

- Sandhu, H. S., Wratten, S. D., Cullen, R. and Case, B. (2008). The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. *Ecological Economics*, 64(4): 835–848. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.05.007>
- Sapbamrer, R. and Thammachai, A. (2021). A systematic review of factors influencing farmers' adoption of organic farming. *Sustainability*, 13(7): 3842. <https://doi.org/10.3390/su13073842>
- Sari Gedik, D. and Yilmaz, E. (2023). Determination of the Factors Affecting the Level of Benefit from Young Farmer Project Support in Rural Development: Tekirdag Sample, Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 418–429. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1165409>
- Schiffman, L. G., Wisenblit, J. and Ramesh Kumar, S. (2016). *Consumer Behavior* (Eleventh Edition). Pearson India Education Services Pvt. Ltd.
- Schreer, V. and Padmanabhan, M. (2020). The many meanings of organic farming: framing food security and food sovereignty in Indonesia. *Organic Agriculture*, 10(3): 327–338. <https://doi.org/10.1007/s13165-019-00277-z>
- Simin, M. T. and Janković, D. (2014). Applicability of Diffusion of Innovation Theory in Organic Agriculture. *Economics of Agriculture*, 61(2): 517-529. <http://dx.doi.org/10.5937/ekoPolj1402517T>
- Solimun, Fernandes, A. A. R. and Nurjannah. (2017). *Metode Statistika Multivariat Pemodelan Persamaan Struktural (SEM) Pendekatan WarpPLS*. Universitas Brawijaya Press. (*Multivariate Statistical Method Structural Equation Modeling (SEM) WarpPLS Approach. Brawijaya University Press*)
- Squalli, J. and Adamkiewicz, G. (2018). Organic farming and greenhouse gas emissions: A longitudinal U.S. state-level study. *Journal of Cleaner Production*, 192: 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.160>
- Sriyadi and Yekti, A. (2021). Farmers' behavior towards risks of shallot farming: a case study in Kalisoro village, Tawangmangu district, Karanganyar regency, Central Java. *E3S Web of Conferences*, 316, 02043. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131602043>
- Streletskaya, N. A., Bell, S. D., Kecinski, M., Li, T., Banerjee, S., Palm-Forster, L. H. and Pannell, D. (2020). Agricultural Adoption and Behavioral Economics: Bridging the Gap. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1): 54–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aep.13006>
- Suwaryo, P. A. W. and Yuwono, P. (2017). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengetahuan Masyarakat dalam Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor. The 6th University Research Colloquium, 305–314. (*Factors that Influence the Level of Community Knowledge in Landslide Natural Disaster Mitigation. The 6th University Research Colloquium, 305–314*)
- Tran-Nam, Q. and Tiet, T. (2022). The role of peer influence and norms in organic farming adoption: Accounting for farmers' heterogeneity. *Journal of Environmental Management*, 320:115909. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115909>
- Vu, H. T., Tran, D., Goto, D. and Kawata, K. (2020). Does experience sharing affect farmers' pro-environmental behavior? A randomized controlled trial in Vietnam. *World Development*, 136: 105062. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105062>
- Willer, Helga and Lernoud, J. (2017). *The world of organic agriculture - statistics & emerging trends 2017* (Version 1.3). IFOAM. 2017. The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM, Organics International.
- Wollni, M. and Andersson, C. (2014). Spatial Patterns of Organic Agriculture Adoption: Evidence from Honduras. *Ecological Economics*, 97: 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.11.010>
- Yaseen, M., Xu, S., Yu, W. and Hassan, S. (2016). Farmers' Access to Agricultural Information Sources: Evidences from Rural Pakistan. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 05(01): 12–19. <https://doi.org/10.4236/jacen.2016.51b003>
- Yilmaz, E., Özdemir, G., Oraman, Y., Unakitan, G. and Konyali, S. (2019). Women's contribution to decision making processes in agricultural production and their expectation from cooperatives. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(1): 71–81. <https://doi.org/10.33462/jotaf.517029>
- Yu, Y., He, Y. and Zhao, X. (2021). Impact of Demand Information Sharing on Organic Farming Adoption: An evolutionary game approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 172:121001. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121001>



**Bazı Organik Maddelerin Çilek Bitkisinin Gelişimine ve *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.' nın Neden Olduğu Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı ile Toprakta Mikrosklerot Sayısı Üzerine Etkisi\***



The Effect of Some Organic Amendments on Strawberry Plant Growth and The Number of Microsclerotia in The Soil, As Well As Crown and Root Rot Disease Caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.

Çiğdem KÖROĞLU<sup>1</sup>, Ayhan YILDIZ<sup>2\*</sup>

**Öz**

Bu çalışma ile bazı organik madde uygulamalarının (zeytin karasuyu, tavuk gübresi, kükürt, pamuk delintasyon atığı, vermikompost; bitki artığı olarak soğan, pırasa, karnabahar, brokoli, lahana, buğday, bakla, marul, hardal bitkileri) çilek bitki gelişimi ve *Macrophomina phaseolina*'nın çilekte neden olduğu taç ve kök çürüklüğü ve mikrosklerot popülasyonu üzerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Organik madde uygulamalarının doğrudan mikrosklerot popülasyonu, çilekte bitki gelişimi ve *M. phaseolina*'nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı ve bitkiler söküldükten sonra bu saksı topraklarında mikrosklerot popülasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla organik madde karıştırılmış steril topraklara çilekten izole edilmiş *M. phaseolina* izolatu (Omp1) mikrosklerot 50 ms/g olacak şekilde inokule edilmiş ve 30 gün inkube edilmiştir. Bu topraklardan yapılan mikrosklerot izolasyonlarında, topraktaki en düşük mikrosklerot sayısı sırasıyla zeytin karasuyu (0.8 ms/g toprak), brokoli (2.5 ms g<sup>-1</sup> toprak), vermikompost (6.0 ms g<sup>-1</sup> toprak) ve hardal (6.7 ms g<sup>-1</sup> toprak) olarak saptanmış, pozitif kontrolde ise 1 g toprakta 84 mikrosklerot saptanmıştır. Organik madde uygulamalarında bitki gelişimine etkisi açısından en iyi sonucu sırasıyla %84.5 ağırlık artışı ile tavuk gübresi, %66 ile kükürt (100 kg da<sup>-1</sup>) ve %61.9 ile kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) uygulamalarında olmuştur. *M. phaseolina*'nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı açısından ise bitkilerin ağırlık değişimlerinin %-20.4 ile %42.7 arasında değiştiği saptanmıştır. Kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) uygulamasında %42.7 oranında ağırlık artışı saptanırken bunu, %37.9 ile kükürt (100 kg da<sup>-1</sup>) izlemiş pırasa uygulamasında ise %20.4 oranında bir ağırlık kaybı olmuştur. Çalışmada bitkiler söküldükten sonra saksı toprağında saptanan mikrosklerot sayıları ise Karnabahar+Mp uygulamasında 1 g toprakta 12 mikrosklerot saptanırken Kükürt 100 kg da<sup>-1</sup>+Mp uygulamasında 1 g toprakta 28.8 ile en yüksek mikrosklerot sayısı saptanmıştır. Sonuç olarak, gelecekteki çalışmalar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak en uygun zamanlamanın yanı sıra organik madde miktarı ve türü ile çevresel koşulları ele almalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Organik madde, Vermikompost, Zeytin karasuyu, *Fragaria × ananassa*, Solgunluk, Kömür çürüklüğü

<sup>1</sup>Çiğdem Köroğlu, Tarım ve Orman Bakanlığı Germencik İlçe Müdürlüğü, Aydın, Türkiye. E-mail: [leisdream.987@gmail.com](mailto:leisdream.987@gmail.com)  OrcID: 0000-0001-6458-0161  
<sup>2</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayhan Yıldız, ADÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Aydın, Türkiye. E-mail: [ayildiz@adu.edu.tr](mailto:ayildiz@adu.edu.tr)  OrcID: 0000-0001-9443-2362

**Atıf:** Köroğlu, Ç., Yıldız, A. (2024). Bazı organik maddelerin çilek bitkisinin gelişimine ve *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.' nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı ile toprakta mikrosklerot sayısı üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 732-747.

**Citation:** Köroğlu, Ç., Yıldız, A. (2024). The effect of some organic amendments on strawberry plant growth and the number of microsclerotia in the soil, as well as crown and root rot disease caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 732-747.

\*Bu çalışma Çiğdem Köroğlu'nun Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Abstract

This study aimed to investigate the effects of some organic material applications, including olive mill wastewater, chicken manure, sulfur, cotton waste, vermicompost, and plant residues such as onion, leek, cauliflower, broccoli, cabbage, wheat, bean, lettuce, and mustard, on strawberry plant growth and crown and root rot caused by *M. phaseolina*. The direct effect of organic material applications on the microsclerotia population, strawberry plant growth, and the microsclerotia population in these pot soils after plant removal was investigated. For this purpose, the *M. phaseolina* isolate (Omp1) was inoculated into sterilized soils mixed with organic materials at a rate of 50 ms/g and incubated for 30 days. The lowest microsclerotia count in the soil was found with olive mill wastewater (0.8 ms/g soil), broccoli (2.5 ms/g soil), vermicompost (6.0 ms/g soil), and mustard (6.7 ms/g soil) in organic material applications, whereas the positive control had 84 microsclerotia detected in 1 g of soil. Regarding the effect on plant growth in organic material applications, the best result was obtained with chicken manure, which showed a weight gain of 84.5%, followed by sulfur applications at 66% (100 kg da<sup>-1</sup>) and 61.9% (50 kg da<sup>-1</sup>). In terms of crown and root rot caused by *M. phaseolina*, the weight changes of the plants varied between -20.4% and 42.7%. The sulfur (50 kg da<sup>-1</sup>) application showed a weight gain of 42.7%, followed by a weight gain of 37.9% with the sulfur (100 kg da<sup>-1</sup>) application, while a weight loss of 20.4% was observed in the leek application. The microsclerotia counts detected in the pot soil after plant removal were 12 microsclerotia in the cauliflower+Mp application, while the highest microsclerotia count was 28.8 in the sulfur 100 kg da<sup>-1</sup>+Mp application. In conclusion, future studies should address the optimal timing depending on the physical and chemical properties of the soil, as well as the amount and type of organic matter and environmental conditions.

**Keywords:** Organic matter, Vermicompost, Olive oil waste, *Fragaria × ananassa*, Wilt, Charcoal rot

## 1. Giriş

Tarihsel olarak çilek ekimi, Avrupa'da 18. yüzyılın sonlarında İngiltere, Fransa, Hollanda gibi ülkelerde başlamış, günümüzde tüm dünyaya yayılmıştır. Çilek (*Fragaria × ananassa*), kendine özgü parlak kırmızı rengi, sulu dokusu ve aroması ile popüler olan meyveleri taze olarak tüketilmesinin dışında gıda sanayiinde de kullanılmaktadır (Hancock ve ark., 1991). Çilek üretiminde Çin (3 milyon 389 bin 620 ton) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (1 milyon 211 bin 090 ton) dünya çilek üretiminde lider konumdadır. ABD'yi sırasıyla; Türkiye (669 bin 195 ton), Meksika (542 bin 890), Mısır (470 bin 903 ton), İspanya (360 bin 570 ton) izlemektedir (FAO 2021).

Son yıllarda çilek tarımında toprak kaynaklı hastalık etmenlerinden *Macrophomina phaseolina* bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Mertely ve ark., 2005; Zveibil ve Freeman, 2005; Golzar ve ark., 2007; Avilés ve ark., 2008; Koike, 2008; Yıldız ve ark., 2010; Aysan ve ark., 2019). *M. phaseolina*, yaklaşık 500 bitki türünde enfeksiyon yaparak kök ve gövde çürüklüğüne neden olan bir patojendir (Ndiaye, 2007; Marquez ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021). Etmenin hastalık oluşturmaları için optimum sıcaklık 28-35 °C'dir. Ancak su stresi ile birlikte yüksek sıcaklıklarda hastalık şiddeti artabilmektedir (Zveibil ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). Çilek bitkilerinde belirtiler, kılcal köklerin kararması, taç kısmı iletim demeti boyunca koyu kahverengi nekrotik alanların oluşması sonrasında bitkide gelişen solgunlukla beraber yaprakların kuruyarak çökmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Avilés ve ark., 2008).

Bitki dokularında ya da toprakta bulunan sklerotlar patojenin hayatını devam ettirmesini sağlayan primer inokulum kaynağını oluşturmaktadır. Hastalık şiddeti, konukçunun duyarlılığı ve topraktaki canlı sklerot sayısı ile ilişkilidir. Bu yüzden hastalığın kontrolündeki ana strateji topraktaki inokulum miktarını azaltmaktır (Zveibil ve ark., 2012; Chamorro ve ark., 2015b; Marquez ve ark., 2021).

Hastalığın etkili bir kimyasal mücadele yöntemi yoktur. Fidelerin fungusit ile ilaçlanması, bitkileri uzun zamanlı koruyamamaktadır. Toprak fumigasyonu ise ekonomik değildir (Zveibil ve ark., 2012; Chamorro ve ark., 2015a, b). Ayrıca çevreyle ilgili endişelerin artması, toprak fumigantlarının kullanımının sınırlandırılmasında başlıca etken olmuştur (Gamliel ve ark., 2000) ve toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde yeni alternatifler geliştirme gereksinimini ortaya çıkarmıştır (Gamliel ve ark., 2000; Marquez ve ark., 2021). Bu amaçla toprak kaynaklı hastalıklar ile mücadelede ürün rotasyonu ve toprağa organik materyal karıştırmak gibi diğer alternatif uygulamalar üzerinde çalışılmıştır (Lodha, 1995; Benlioğlu ve ark., 2004, 2005; Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; Yıldız ve ark., 2007, 2010; Marquez ve ark., 2021). Aydın ilinde çilek üretiminde toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelede solarizasyona önemli bir yer tutmaktadır (Yıldız ve ark., 2007).

Topraktaki inokulum miktarı, duyarlı bitkilerin yetiştirildiği alanlarda yıldan yıla artış göstermektedir (Meyer ve ark., 1973; Sheikh ve Ghaffar, 1979; Almeida ve ark., 2008; Zveibil ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). *M. phaseolina*, geniş bir konukçu dizisine sahip olmasına ve mikrosklerotları ile uzun süre canlı kalmasına rağmen bazı uygulamalar ile popülasyonun azaltılabileceği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Ürün rotasyonu popülasyonun azaltılmasında yararlanılabilecek uygulamalardan bir tanesi olarak değerlendirilebilir (Kaur ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). Francl ve ark. (1988) yaptıkları çalışmada en yüksek *M. phaseolina* popülasyon yoğunluğu, soya fasulyesi yetiştirildikten sonra olduğunu belirtmişlerdir. Pamuk-soya fasulyesi rotasyonunda önemli oranda mikrosklerot sayısı azalmış, mısır-soya fasulyesi, sorgum-soya fasulyesi rotasyonlarına göre daha düşük popülasyon yoğunluğu saptanmıştır (Francl ve ark., 1988). Benzer şekilde Kenya'da yürütülen bir çalışmada monokültür olarak 3 yıl sorgum veya mısır tarımından sonra mikrosklerot sayısının fasulye ve börülce tarımına göre önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Songa ve Hillocks, 1996). Yine börülce tarımında, 3 yıllık özellikle konukçu olmayan tahılların yetiştirilmesinin mikrosklerot popülasyonunu önemli ölçüde düşürdüğü belirtilmiştir (Ndiaye, 2007).

Ürün rotasyonlarında ve yeşil gübre olarak kullanılan Brassica bitkileri, toprak kaynaklı zararlı ve patojenlerde azalma ile ilişkilendirilmiştir. Bu azalmalar, biyofumigasyon olarak bilinen bir süreç yoluyla uçucu kükürt bileşiklerinin üretimine ve toprak mikrobiyal topluluk yapısındaki değişikliklere bağlanmıştır (Larkin ve Lynch, 2018). Bazı organik materyallerin bileşikleri, fungal propagüllerin çimlenmesini engelleyebileceğini veya toprakta mikrobiyal antagonistik aktiviteyi arttırabileceği belirtilmiştir. Örneğin *Brassica* üyesi bitkilerin dokularında glukozinolatların yıkımı esnasında salınan sülfür içeren uçucu bileşiklerin toprak kaynaklı patojenlere karşı

oldukça etkili birer fumigant görevi gördüğü ileri sürülmüştür (Papavizas ve Lewis, 1971; Haramoto ve Gallandt 2004; Vig ve ark., 2009). Hastalık kontrolünde ya da patojen baskılanmasında yer alan mekanizmanın, *Brassica* spp. dokuları tarafından allil izotiyosiyonat (AITC) üretimi olduğu gözlemlenmiştir (Haramoto ve Gallandt 2004; Vig ve ark., 2009). Ancak allil izotiyosiyonat (AITC) gibi bileşiklerin tohum çimlenmesi ve erken devrede fide tutumu ve gelişmesine olumsuz etkileri olduğu da bildirilmiştir (Haramoto ve Gallandt 2004). Bununla birlikte, glukozinolat konsantrasyonları ve sonuçta ortaya çıkan farklı izotiyosiyonat formlarının üretimi, farklı *Brassica* türleri arasında ve hatta türler içinde büyük farklılıklar göstereceği (Kirkegaard ve Sarwar, 1998) ve ayrıca çevresel koşullardan etkilenebileceği belirtilmiştir (Sarwar ve Kirkegaard, 1998)

Biyofumigant hayvansal gübrelere en önemlisi tavuk gübresidir. Tavuk gübresinin biosidal etkisi toprakta ayrışması sonucu oluşan toksik bileşikler ve topraktaki mikrobiyal aktivitenin artması ile açıklanabilir. Tavuk gübresi yüksek miktarda organik ve inorganik azot içermektedir. Dolayısıyla bitki gelişimine olumlu katkısı olmaktadır. Bu nitrojenin büyük bir çoğunluğu, uygun sıcaklık, nem ve pH koşullarında amonyum nitrata dönüşebilmektedir (Kyakuwair ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2021) taze tavuk gübresinin laboratuvar koşullarında *Fusarium oxysporum*, *Pestalotiopsis* spp., *Phytophthora infestans* ve *Rhizoctonia solani*' nin gelişimini engellediğini belirtmiştir. Taze tavuk gübresi kontrolle karşılaştırıldığında çilekte meyve kalite kriterlerini arttırdığı ve pazarlanabilir meyve veriminde %20.99, üretici gelirinde ise %21.58 artış sağlamıştır (Zhang ve ark., 2021).

Elementer kükürt dünyada bilinen en eski fungusitlerden biri olmasının yanı sıra önemi son yıllarda anlaşılmış azot, fosfor ve potasyumdan sonra bitki gelişimi için 4. ana bitki besin maddesi olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında çeşitli familyalardan belirli bitki türlerinin vasküler patojenlere karşı aktif savunmanın bir bileşeni olarak kükürt ürettiği belirtilmiştir (Zenda ve ark., 2021). *Verticillium dahliae* ile enfekte olmuş domates ve pamuk bitkilerinde, *Fusarium oxysporum* f.sp ile enfekte olmuş tütün ve Fransız fasulyesi ve *Ralstonia solanacearum* ile enfekteli domates bitkilerinin ksileminde kükürt saptanırken kontrol bitkilerinde görülmemiştir. Ancak kükürdün bütün bitki veya dokularında olmadığı belirtilmiştir. Nitekim *V. dahliae* ile inokule edilen çilek bitkileri ksileminde saptanmamıştır (Williams ve Cooper, 2004).

Vermikompost; solucanların toprak organik maddesini veya toprağı sindirim sisteminden geçirdikten sonra toprağı geri bıraktığı dışkısı olarak tanımlanmaktadır. Sindirim kanalında salgılanan özel mukus ve enzimler, humus oluşum sürecini hızlandıran faydalı mikrobiyal türlerin çoğalması için çok uygun ortam oluşturmaktadır. Bu mikrobiyal aktivitenin çok yüksek olması toprak kökenli patojenlerin üzerindeki hastalık baskılama özelliğinin mikrobiyal antagonizmaya dayalı olduğu düşünülmektedir. Vermikompost aynı zamanda bitki gelişimi ve kalite kriterlerine de katkı sağladığı bilinmektedir (Arancon ve ark., 2006; Pathma ve Sakhivel, 2012; Vijayabharathi ve ark., 2015; Joshi ve ark., 2015; Turhan ve Özmen, 2021).

Karasu, zeytinyağı üretiminde atık olarak oluşan koyu kırmızı renkli, organik ve mineral madde bakımından zengin, asidik nitelikte sıvı alt üründür. İçeriğı ve miktarı kullanılan yağ çıkarma sistemine bağlı olarak değişmektedir. Karasu biyolojik olarak parçalanabilen veya belirli bir süre geçtikten sonra humusa dönüşebilen, sadece doğal bitkisel maddeleri içeren ve toprağı organik gübre ile mineral madde sağlayan bir meyve suyu olarak da düşünülebilir. Ancak çok yüksek kimyasal ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı göstermesi nedeniyle kirletici potansiyeli yüksek bir atıktır. Kontrolsüz bir şekilde, zeytinyağı üretilen alanlarda toprak-bitki sistemi üzerinde öngörülemeyen etkilerle ciddi çevre kirliliğine neden olabilir. Ülkemizde elde edilen karasu miktarı kesin olmamakla birlikte yıllık üretime dayalı olarak miktarın ortalama zeytinyağı üretim prosesi genellikle zeytinyağının (%20) yanında bir yarı-katı atık (%30) ve sulu çözelti ile (%50) sonuçlanır (Eren ve Gül, 2010). Zeytin karasuyundaki organik maddeyi geri dönüştürmek ve toprağı gübre olarak tarım alanlarında kullanımına artan bir ilgi gösterilmiştir. Gerçekten de araştırmalar, bu şekilde bertaraf edilmesi yönteminin bu sorun için potansiyel bir çözüm oluşturduğunu topraktaki saprofit fungus ve aktinomiset popülasyonunu arttırdığı (Mechri ve ark., 2010), polifenolik bileşiklere sahip olması ile anti fungal bir özelliğinin olduğu belirtilmiştir (Kotsou ve ark., 2004).

Çilek yetiştirilen alanlarda ürün rotasyonuna uygun bitki materyallerinin çilekte ekonomik olarak önemli bitki ve verim kayıplarına neden olan *M. pahaseolina*'nın mücadelesi amacıyla; çalışmamızda toprağı uygulanabilecek organik madde ve topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisi, topraktaki inokulum miktarına etkisi, saksı

koşullarında çilek bitkisinin gelişimine, çilek bitkisinde hastalığı baskılama yeteneğine ve sonrasında saksı toprağındaki inokulum miktarına etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmamızın bitkisel materyalini çilek fidesi üreticisi YALTIR A.Ş.'den temin edilen "Festival" çilek çeşidi, fungal materyalini ise Aydın İli Sultanhisar İlçesi'nde, çilek bitkilerinden izole edilmiş virulensi yüksek *M. phaseolina* (Omp1) izolatu oluşturmuştur. Çalışmamız için seçilen *M. phaseolina* izolatu her ne kadar patojenisitesi ve yüksek virülensliği önceden bilirse de çalışmada kullanılmadan önce tekrar çilek bitkisine inokule edilerek virulensi kontrol edilmiş ve elde edilen reizolat çalışmalarda kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan organik materyaller zeytin karasuyu (3 ton/da), tavuk gübresi (1 ton da<sup>-1</sup>), kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>; 100 kg da<sup>-1</sup>), vermikompost (2 ton da<sup>-1</sup>)'tur. Bitkisel materyal olarak ise Aydın koşullarında ürün rotasyonunda kullanılabilir soğan, pırasa, karnabahar, brokoli, lahana, mısır, buğday, bakla, marul, hardal gibi bitkiler (%5 w/w) toprağına karıştırmak amacı ile kullanılmıştır (Subbarao ve Hubbard, 1996; Shetty ve ark., 2000; Israel ve ark., 2005; Ndiaye, 2007; Subbarao ve ark., 2007).

### 2.1. Denemelerde Kullanılan İnokulumun Üretimi

*M. phaseolina* patates dekstroza agar (PDA)'da 9 cm çaplı petrilere 1 hafta 30 °C'de geliştirildikten sonra gelişen koloniler blenderde 250 ml steril saf su içinde parçalanarak mikrosklerot süspansiyonu elde edilmiştir (Mihail ve Alcorn, 1982).

Mikrosklerot süspansiyonu steril saf su ile 150 ve 45 µm elekten iyice yıkandıktan sonra 45 µm elek üzerinde kalan yaklaşık 45-150 µm ebatlarındaki mikrosklerotlar, steril saf su ile yıkanarak behere alınmıştır. Daha sonra bu mikrosklerot süspansiyonundan 10 µl alınarak 10 tekrar olacak şekilde çukur lamda mikrosklerot sayımı yapılmış ve mikrosklerot konsantrasyonu 1 gram toprakta 50 mikrosklerot olacak şekilde ayarlanarak, çalışmada kullanılacak materyalin toprağına karıştırılmasını takiben her karaktere ait toprağına ayrı ayrı bulaştırılmış ve homojen olarak karışması sağlanmıştır (López-Escudero ve ark., 2007; Avilés ve ark., 2008). Ayrıca toprağına bulaştırılan inokulumun çimlenme oranını belirlemek amacıyla hazırlanan inokulumdan örnek alınarak çimlenme testi yapılmıştır. Bu amaçla 5 tekerrürlü olarak her petriye 100 mikrosklerot gelecek şekilde baget yardımıyla petri yüzeyine yayılmıştır. Petrilere 27 °C'de inkube edilmiş ve 24-48 saat içerisinde mikroskopta incelenerek çimlenen mikrosklerotlar kaydedilmiştir.

### 2.2. Toprağına Bitki ve Organik Madde Uygulamalarının Mikrosklerot Canlılığına Etkisi

*In vitro* koşullarda organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkilerini incelemek amacı ile kurulan denemede, arazi koşullarını temsil edebilmek amacı ile bitki yetiştirme harcı olarak bahçe toprağı kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan toprak 2 mm elekten elenmiş ve her tekrür için 100 gr tartılarak 12x20 cm ölçülerinde otoklav poşetlerine konulmuştur. Hazırlanan topraklar 121 °C'de 60 dk gün aşırı 2 kez otoklavda sterilize edildikten sonra yukarıda belirtilen doz ve oranlarda organik madde ve bitki parçacıkları ilave edilerek inokulum bulaştırılmıştır.

Organik materyaller; 100 gr toprak konulan poşetlere zeytin karasuyu (1.5 gr), tavuk gübresi (0.5 gr), kükürt (0.025-0.05 gr) ve vermikompost (1 gr) karıştırılmıştır. Bitki materyali olarak kullanılan her bitki yıkanarak, % 70'lik alkolle yüzey dezenfeksiyonu yapılmış bıçak ve budama makası ile küçültülerek mikserde parçalanması sağlanmıştır. Bitkiler %5 w/w oranında 5 gr olarak poşetlere ilave edilmiştir (Sheikh ve Ghaffar, 1979; López-Escudero ve ark., 2007). Uygulama materyalleri topraklara karıştırıldıktan ve 50 mikrosklerot /1 gr toprak olacak şekilde inokulum ilave edildikten sonra, ağzı poşet lastiğı ile kapatılmıştır. Kontrol olarak ise herhangi uygulama yapılmamış bahçe toprağı negatif kontrol ve sadece inokulum bulaştırılmış bahçe toprağı pozitif kontrol kullanılmıştır. Etmenin homojen bir şekilde gelişmesi için deneme süresince takip edilmiş poşetler ovalanarak homojen gelişim sağlanmıştır. Uygulamalar oda koşullarında 30 gün inkube edilmiş ve bu sürenin sonunda toprak örnekleri otoklav poşetlerinden karton bardaklar içerisine alınarak oda koşullarında kurutulmuş ve topraktan mikrosklerot izolasyon prosedürü uygulanmıştır (Mihail ve Alcorn, 1982). Deneme 3 tekerrürlü olacak şekilde oluşturulmuş ve her bir toprak poşeti 1 tekerrür olarak kabul edilmiştir.

### 2.3. Toprakta Mikrosklerot İzolasyonu

Her karakter için alınan 1 gr toprak örneğı 250 ml %0,525 NaOCI içeren steril saf su ile toprak mikserinde 3 kez 30 saniye 3 dakika aralıklarla karıştırılmıştır. Karışım sırasıyla 212 µm sonrasında 45 µm elekten steril saf su ile yıkanmış

ve 45 µm eleğin üzerinde kalan yıkanarak elenmiş toprak steril saf su dolu piset yardımıyla 210 ml'lik kavanoza, maksimum hacim 10 ml'yi geçmeyecek şekilde alınmıştır. Bu hazırlanan toprak çözeltisi üzerine, 50 ml 50-55 °C' ye kadar soğutulmuş Difco patates-deksroz agar (PDA) (39 g L<sup>-1</sup>), kloroneb (Demosan 65 WP 100 µg a.i. ml<sup>-1</sup>) ve streptomisin sülfat (250 µg a.i. ml<sup>-1</sup>) içeren ortam ilave edilmiştir. Elde edilen toprak ortam karışımı bir balık yardımıyla sürekli karıştırılarak toprağın ortam içerisinde homojen olarak karışımı sağlanmış ve steril enjektörler yardımıyla her petriye 10-11 ml olacak şekilde 5-6 petriye dağıtılmıştır. Kloroneb ve streptomisin ortama otoklavdan çıktıktan sonra eklenmiştir. Petriler 27 °C' ye ayarlanmış inkübatöre konularak 5-6 gün takip edilerek günlük olarak sklerot çimlenmesi sonucu koloni oluşumu incelenmiş ve petrilerin altına kolonilerin geliştiği noktalar işaretlenerek takip edilmiştir. *M. phaseolina* olduğu kesinleşen koloniler kaydedilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre her petri bir tekerrür olarak kabul edilmiş ve 6 tekerrürlü olacak şekilde planlanmıştır (Mihail ve Alcorn, 1982).

#### 2.4. Saksı çalışmaları

##### 2.4.1. Uygulamalarının Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada Bölüm 2.2'de açıklanan organik madde ve bitkisel materyalin doğrudan bitki gelişimine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada 700 gr toprak alan saksılar kullanılmıştır. Bu amaçla toprak örnekleri her saksı için 700 gr tartılarak küçük poşetlere alınmış ve gün aşırı iki defa otoklavda sterilize edilmiştir. Steril edilen toprakların içerisine organik materyaller; her saksı için zeytin karasuyu (10.5 gr), tavuk gübresi (3.5 gr), kükürt (0.175-0.35 gr) ve vermikompost (7 gr) karıştırılmıştır. Uygulama dozları 1 da alanda yaklaşık 200.000 kg toprak varsayılarak hesaplanmıştır (Kacar, 1996). Bitki materyali olarak kullanılan her bitki yıkanarak alkol ile dezenfekte edilmiş bıçak ve budama makası ile küçültülerek mikserde parçalanması sağlanmıştır. Bitkiler %5 w/w oranında 35 gr olarak ilave edilmiştir.

İlave edilen bu organik maddelerin toprağa homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Toprak hazırlığı tamamlandıktan sonra her saksıya dikilecek fidelerin ağırlıkları ayrı ayrı kaydedildikten sonra dikilmiş ve iklim odasında 10 hafta boyunca bakım ve kontrol işlemleri yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekerrürlü olacak şekilde planlanmış ve her bir saksı 1 tekerrür olacak şekilde kurulmuştur.

##### 2.4.2. Organik Madde Uygulamalarının Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı Üzerine Etkileri

Bölüm 2.2'de açıklandığı şekilde hazırlanan organik madde ve bitki materyali karıştırılmış steril bahçe topraklarına, Bölüm 2.1'de anlatıldığı şekilde üretilen inokulum, 50 ms/gr toprak olacak şekilde her saksı toprağına ayrı ayrı bulaştırılmış ve aynı şekilde toprağa homojen şekilde karışması sağlanmıştır. Bu işlemin ardından her saksıya dikilecek fidelerin ağırlıkları ayrı ayrı kaydedilerek dikilmiştir. Bitkilerin günlük bakım işlemleri yapılmış ve bitkiler 10 hafta boyunca takip edilerek 0-2 skalasına (0: Hiç belirti yok, sağlıklı bitki, 1: Bitkide solma, yapraklarda lezyon görülmesi, 2: Bitkinin ölmesi) göre değerlendirilmiştir (Avilés ve ark., 2009).

Bütün saksı denemeleri 6 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 30 °C de 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlığa ayarlanmış iklim odasında yürütülmüştür. Saksı çalışmalarında bitkiler 10 hafta süresince takip edilmiştir. Bu sürenin sonunda hem uygulamaların doğrudan bitki gelişimi üzerine, hem de uygulamalar-Mp ilişkisi içerisinde bitki gelişimine etkisini belirlemek amacı ile çilek bitkileri sökülerek tartılmış ve ilk ağırlığına göre gelişme yüzdesi saptanarak uygulamalar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar (LSD) JMP IN (SAS Institute, Cary, NC, USA) programına göre değerlendirilmiştir.

Bitkiler söküldükten sonra uygulama yapılan saksılarda *M. phaseolina* mikrosklerot yoğunluğunu saptamak amacıyla her karakterdeki her tekerrürden ayrı ayrı toprak örneği alınmıştır. Bu amaçla her saksıdan 4 farklı noktadan bir mantar delici yardımıyla alınan toprak örneği paçal yapılmış ve kurutulup 500 µm elekten geçirildikten sonra bu topraklardan 1'er gr toprak örneği alınarak mikrosklerot izolasyonu yapılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1 Bitki ve Organik Madde Uygulanan Toprakta Saptanan Mikrosklerot Sayısı

Organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini tespit etmek için yapılan denemede kullanılan *M. phaseolina* (Omp1) mikrosklerotlarının çimlenme testinde, %72 oranında çimlenme yeteneği olduğu saptanmıştır.

Organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini belirlemek amacıyla uygulamadan 30 gün sonra topraktan yapılan izolasyonlar sonucunda koloni sayımı yapılarak 1 gr topraktaki mikrosklerot sayısı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bazı uygulamaların mikrosklerot sayısını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir (Tablo 1).

Yapılan sayımlarda en fazla mikrosklerot, kontrol uygulaması toprağında 84 mikrosklerotiyal koloni/ gr toprak olarak saptanmış ve diğer karakterlerden ayrı bir grup oluşturmuştur. Kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) uygulamasında 37.2 koloni ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Pırasa 17.7, tavuk gübresi uygulamasında 16.7, kükürt (100 kg da<sup>-1</sup>) 15.3, marul 14.3, lahana 13.3, soğan 12.3, karnabahar 11.5, bakla 11.3, buğday uygulamasında 9.3, hardal uygulamasında 6.7 koloni ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Vermikompost 6.0, brokoli 2.5, zeytin karasuyu 0.8 mikrosklerotiyal koloni ile inokulum uygulanmamış kontrol 0.0 mikrosklerotiyal koloni/gr toprak ile aynı grupta yer almıştır (Tablo 1).

**Tablo 1. *Macrophomina phaseolina* (Mp) bulaştırılmış steril bahçe toprağında 30 gün inkubasyon sonucunda 1 gr toprakta saptanan mikrosklerotiyal koloni sayısı**

Table1. The number of microsclerotial colonies detected in 1 g soil after 30 days of incubation in sterile orchard soil contaminated with *Macrophomina phaseolina* (Mp)

Uygulamalar	Mikrosklerotiyal koloni/gr toprak	
Negatif kontrol	0.0	A*
Zeytin karasuyu Mp	0.8	A
Brokoli Mp	2.5	A
Vermikompost Mp	6.0	A
Hardal Mp	6.7	AB
Buğday Mp	9.3	AB
Bakla Mp	11.3	AB
Karnabahar Mp	11.5	AB
Soğan Mp	12.3	AB
Lahana Mp	13.3	AB
Marul Mp	14.3	AB
Kükürt 100 Mp	15.3	AB
Soğan Mp	12.3	AB
Tavuk gübresi Mp	16.7	AB
Pırasa Mp	17.7	AB
Kükürt 50 Mp	37.2	B
Pozitif kontrol	84.0	C

\*Aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur (p<0,05).

### 3.2. Organik Madde Uygulamalarının Bitki Gelişimine Etkileri

Uygulamaların çilek bitkilerinin gelişimine ağırlık değişimi açısından değerlendirildiğinde %18 ile % 84.5 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek ağırlık artışı % 84.5 ile tavuk gübresi uygulamasında görülmüştür. Kükürt (100 kg/ da) % 66, kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) uygulamasında % 61.9 oranında ağırlık artışı saptanırken kontroldeki ağırlık artışı % 38 olmuştur. Lahana, hardal, buğday ve brokoli gibi bitki karıştırılan saksılarda ise bitki gelişiminde herhangi bir katkı saptanmadığı gibi ağırlık kaybı olmuştur (Tablo 2).

### 3.3. Organik Madde Uygulamalarının Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı Üzerine Etkisi

Çilek fide dikiminden başlayarak *M. phaseolina* inokule edilmiş uygulamalar 10 hafta boyunca bitkiler takip edilmiş ve hastalık şiddeti 0-2 skalasına göre değerlendirilmiştir. Bazı uygulamalarda bütün bitkilerin öldüğü gözlenmiştir. Deneme süresince ölen bitkiler sökülerek ağırlıkları kaydedilmiş ve bu bitkilerden izolasyon yapılarak neden olan etmen saptanmıştır. Hastalık şiddeti açısından marul ve buğday uygulamaları aynı grupta yer alırken, bunu karnabahar izlemiştir. Soğan, lahana, vermicompost, bakla ayrı bir grup oluşturmuş, bunları pırasa, kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>), hardal, kükürt (100 kg da<sup>-1</sup>) izlemiştir. Hastalık şiddeti en yoğun görülen karakterler ise kontrol, brokoli ve tavuk gübresi uygulamaları olmuş ve bitkilerin tamamının öldüğü bu uygulamalar ayrı bir grup oluşturmuşlardır (Tablo 3).

Deneme süresince Mp inokule edilmiş bitkilerde kurumalar görülmüş bu bitkilerden yapılan izolasyonlardan başta Mp olmak üzere *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium* spp. gibi etmenler saptanmıştır. Bulaşık kontrol (*M. phaseolina*), Tavuk gübresi + Mp, Brokoli + Mp uygulamalarındaki tüm fideler ölmüştür. Yapılan izolasyonlar sonucunda kontrolde tüm fidelerde *M. phaseolina* tespit edilmiştir. Tavuk gübresi + Mp uygulamasında *M.*

*phaseolina* 'ya ilave olarak, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. Brokoli + Mp uygulamalarında ise *Rhizoctonia* spp. ve *Fusarium* spp. tespit edilmiştir. En az bitki ölümü ise karnabahar + Mp, buğday + Mp, marul + Mp uygulamasında olmuş bu fidelerde de *M. phaseolina* 'ya ilave olarak buğday + Mp, marul + Mp uygulamasında *Fusarium* spp. izole edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 2. Organik madde ve bitki materyalinin çilek bitkisinin gelişimine olan etkileri (% ağırlık değişimi olarak verilmiştir)**

Table 2. The effects of organic matter and plant material on the growth of strawberry plant (given as weight change (%))

Uygulamalar	% Ağırlık değişimi*	
Tavuk Gübresi	84,5	A
Kükürt 100	66,0	AB
Kükürt 50	61,9	AB
Kontrol	38,0	BC
Soğan	36,4	BC
Zeytin karasuyu	32,0	BCD
Marul	17,2	CDE
Karnabahar	16,6	CDE
Vermikompost	14,6	CDE
Pırasa	13,9	CDE
Bakla	7,8	CDE
Pamuk delintasyon atığı	2,0	CDE
Lahana	-2,0	CDE
Hardal	-11,3	DE
Buğday	-15,9	E
Brokoli	-18,0	E

Bitki gelişimleri değerlendirildiğinde ise ağırlık değişimlerinin %-20,4 ile %42,7 arasında değiştiği görülmektedir. *M. phaseolina* bulaştırılmış saksı topraklarına uygulanan organik madde ve bitkilerin bitki gelişimine olan katkısını incelemek amacıyla yapılan çalışmalarda ortalama % ağırlık değişimi sonuçlarına göre en yüksek kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) uygulamasında %42,7 ağırlık değişimi saptanmış istatistiki olarak diğer uygulamalardan farklı bir grup oluşturmuştur. Kükürt (100 kg da<sup>-1</sup>)' de %37,9, marulda %36,1, vermikompostta %31,8 ağırlık değişimi saptanmış ve aynı grup içerisinde yer almışlardır. Bunları istatistiki olarak ayrı bir grup oluşturan lahanada %21,7, tavuk gübresinde %10,1, hardalda %9,9, buğdayda %8,4 ağırlık değişimi, kontrolde %7,8, zeytin karasuyunda %3,3, soğanda %2,8 ağırlık değişimi ile izlemiştir. Bakla %-10,3 ve brokolide %-10,1, pırasa uygulamalarında %-20,4 ise şiddetli enfeksiyon nedeniyle ağırlık kaybı olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

### 3.4. Topraktaki İnokulum Miktarı Üzerine Etkisi

Saksı toprağına uygulanan organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini tespit etmek için yapılan denemede çilek fideleri söküldükten sonra saksı toprağından her tekerrürden yapılan mikrosklerot izolasyonları sonucunda 5. gün sonunda mikrosklerot sayısı belirlenmiştir. En az mikrosklerot karnabahar uygulamasında 12 mikrosklerot ile ayrı bir grup oluşturmuş, bunu kükürt (50 kg da<sup>-1</sup>) 14,5 ve marul uygulaması 16 mikrosklerot ile izlemiştir. Vermikompost 18,3, brokoli 19,8, bakla 20,3, lahanada, tavuk gübresi ve soğan 21,5, buğday 21,8, hardal 22,0, zeytin karasuyu 24,0 mikrosklerot ile ayrı bir grup oluşturmuş, bunu pırasa 25,0, kontrol 25,8 mikrosklerot ile izlemiştir. En fazla mikrosklerot ise kükürt (100 kg/ da) uygulamasında 28,8 mikrosklerot saptanmıştır (Tablo 3).



**Tablo 3. *Macrophomina phaseolina* bulaştırılmış çilek fidelerinin 0-2 skalasına göre dikimden 10 hafta sonraki hastalık şiddeti %ağırlık değişimi, ölen bitki sayıları, mikrosklerotiyal koloni ve ölen bitkilerde saptanan etmenler**

Table 3. According to the 0-2 scale of the strawberry seedlings infected with *Macrophomina phaseolina*, 10 weeks after planting, the disease severity % weight change, the number of dead plants, microsclerotial colonies, and the agents detected in the dead

Uygulamalar	skala		% Ağırlık değişimi		Mikrosklerotiya I koloni/gr toprak		Bitki sayısı	Ölen bitki sayısı	<i>M.phaseolina</i> (Mp) saptanan bitki sayısı	<i>Rhizoctonia</i> sp. (Rs) saptanan bitki sayısı	<i>Fusarium</i> sp. (Fs) saptanan bitki sayısı	Tf*	Ölen bitkilerde Saptanan etmenler
Kükürt 50 kg da <sup>-1</sup> Mp	1,2	AB	42.7	A	14.5	AB*	6	3	3	1	0	0	Mp, Rs
Kükürt 100 kg da <sup>-1</sup> Mp	1,3	AB	37.9	AB	28,8	C	6	4	2	2	3	0	Mp, Fs, Rs
Tavuk gübresi Mp	2,0	B	10.1	ABC	21.5	ABC	6	6	6	2	1	0	Mp, Rs,Fs
Lahana Mp	1,0	AB	21.7	ABC	21.5	ABC	6	3	3	0	0	0	Mp
Pozitif kontrol Mp	2,0	B	7.8	ABC	25,8	BC	6	6	6	0	0	0	Mp
Buğday Mp	0,7	A	8.4	ABC	21.8	ABC	6	2	2	0	1	0	Mp, Fs
Marul Mp	0,7	A	36.1	AB	16.0	AB	6	2	2	0	1	1	Mp, Fs, Tf*
Bakla Mp	1,0	AB	-10.3	BC	20.3	ABC	6	3	0	3	0	3	Rs, Tf*
Hardal Mp	1,3	AB	9.9	ABC	22	ABC	6	4	2	2	1	1	Mp, Rs, Fs,Tf*
Vermikompost Mp	1,0	AB	31.8	AB	18.3	ABC	6	3	2	1	2	2	Mp, Rs, Fs, Tf*
Pırasa Mp	1,2	AB	-20.4	C	25	BC	6	4	1	0	2	2	Mp, Fs, Tf*
Zeytin karasuyu Mp	1,7	AB	3.3	ABC	24	ABC	6	5	4	2	2	0	Mp, Rs, Fs
Brokoli Mp	2,0	B	-10.1	BC	19.8	ABC	6	6	0	1	1	4	Fs, Rs, Tf*
Soğan Mp	1,0	AB	2.8	ABC	21.5	ABC	6	3	1	1	1	3	Mp, Rs, Fs, Tf*
Karnabahar Mp	0,8	A	11.8	ABC	12.0	A	6	2	1	0	0	1	Mp, Tf*
Negatif kontrol	-	-	-	-	-	-	6	2	1	1	2	0	Mp, Rs, Fs

\*Aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur (p≤0,05)

#### 4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışma son yıllarda bütün dünya ile birlikte ülkemizde çilek üretim alanlarında önemli bir sorun haline gelen ve etkili bir mücadele yöntemi bulunmayan *M. phaseolina*'nın mücadelesinde bazı bitki ve organik maddelerin bitki gelişimi, kök çürüklüğü üzerine etkisi ve topraktaki mikrosklerot sayısını azaltma potansiyeli üzerine kurgulanmıştır. Bu amaçla bazı organik maddelerin ve bitki türlerinin toprağa karıştırılması ile hem bitki gelişimi hem de topraktaki mikrosklerot sayısı üzerine etkileri incelenmiştir. Böylelikle bu bitkilerin ürün rotasyonunda kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur. *M. phaseolina*'nın neden olduğu hastalık şiddeti, topraktaki canlı sklerot sayısı ile yakından ilişkilidir (Short ve ark., 1980). Gerek küresel ısınma gerekse mevcut mücadele yöntemlerinin beklenen sonucu vermemesi etmenin sorun olarak karşımıza çıkmasına neden olmuştur (Koike, 2008). Ayrıca son yıllarda artan çevre duyarlılığı toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde yeni alternatifler geliştirme gereksinimi ortaya çıkarmıştır (Ristaino, 1991; Ristaino ve Thomas, 1996; Chamorro ve ark., 2015b; Majumder ve ark., 2018).

Çalışmamızda ele aldığımız uygulamalar bitki gelişimine etkileri açısından değerlendirildiğinde; tavuk gübresi çilek bitkisinin gelişimi açısından, kükürdün her iki dozu da hem doğrudan çilek bitkisinin gelişimi (Tablo 2), hem de *M. phaseolina* uygulanmış saksılarda yetiştirilen çilek bitkilerinde bitki gelişimi en iyi olan karakterler olmuştur (Tablo 3). Tavuk gübresi yüksek miktarda organik ve inorganik azot içermektedir. Bu azotun büyük bir çoğunluğu, uygun sıcaklık, nem ve pH koşullarında bitkinin kullandığı amonyum nitrate dönüşebilmektedir (Kyakuwaire ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2021). Dolayısıyla bitki gelişimine olumlu katkısı olmuştur. Ancak tavuk gübresi uygulamasında bitki gelişiminde görülen önemli artış *M. phaseolina* uygulamasında olmamıştır.

Kükürdün gerek pestisit olarak gerekse 4. ana besin maddesi olarak bitki verim ve kalitesine olumlu etkisi üzerine son yıllarda çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Williams ve Cooper, 2004; Zenda ve ark., 2021). Ayrıca sistemik dayanıklılık üzerine etkileri de üzerinde durulan konulardan biridir (Bloem ve ark., 2015). Çalışmamızda da kükürt uygulaması bitki gelişimine katkı sağladığı görülmektedir (Tablo 3). Kükürt uygulamalarından *M. phaseolina* bulaştırılmış saksılarda gelişen çilek bitkilerinde de benzer olumlu sonuçlar alınmıştır. Kükürt (50kg da<sup>-1</sup>)+Mp ve kükürt (100kg da<sup>-1</sup>)+Mp uygulaması en yüksek bitki ağırlık artışı göstererek uygulamalar arasında ilk iki sırayı almıştır (Tablo 3).

Diğer bitki ve organik madde uygulamaları kontrolle karşılaştırıldıklarında gerek bitki gelişim gerekse *M. phaseolina* uygulanan saksılarda beklenen sonuç elde edilemediği görülmektedir (Tablo 2 ve 3). Bu anlamda önemli bitki türlerinden *Brassica* ve diğer bazı bitkilerin örtü ve yeşil gübre olarak kullanılması, toprak kaynaklı hastalıklarda azalma ile ilişkilendirilmiştir (Larkin ve Lynch, 2018). Karnabahar, lahanası, brokoli ve hardal belki de bu konuda üzerinde en fazla durulan bitki türleridir. Ancak çalışmamızda *Brassica* türleri uygulamalarında bitki gelişimi açısından olumlu sonuçlar elde edilememiştir. Bunun nedeni olarak, fidelerin dikildikleri ortamda *Brassica* türlerinin parçalanma ürünlerinden bazılarının tohum çimlenmesi ve gelişimini baskılaması ile ilgili olarak çilek fidelerinin de parçalanma ürünlerinden etkilenmiş olabileceği düşünülmüştür. Nitekim *Brassica* artıklarının uygulandığı toprakta fide gelişiminin de zayıf olduğu daha önce yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Smolińska, 2000; Haramoto ve Gallandt, 2004). Bu ürünlerden Isothiocyanate'ların laboratuvar koşullarında tohum, fide tutumu ve gelişimini, benzyl isothiocyanate'ın hatmi çiçeği ve buğdayda kök gelişimini engellediği ifade edilmiştir. Benzer şekilde *Brassica* türlerinin suda eriyen ve uçucu bileşiklerinin de bitki gelişimine benzer etkileri olduğu belirtilmiş, uçucu bileşiklerden allyl isothiocyanate'ın çavdarda bitki gelişimine olumsuz etkisi ve pamukta radicle uzunluğunu %75 azalttığı belirtilmiştir (Wanniarachchi ve Voroney, 1997; Norsworthy, 2003; Haramoto ve Gallandt, 2004).

Ayrıca *Brassica* spp. uygulanan topraklarda karpuzda sorun olan toprak kaynaklı etmenlerinden *Pythium* spp. ve *Fusarium oxysporum* popülasyonunda herhangi bir etki saptanamadığı bildirilmiştir. İki yıl üst üste yürütülen çalışmada bütün uygulamalarda *Fusarium oxysporum* popülasyonunun kontrole göre yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada toprakta fluorescent pseudomonas popülasyonunda herhangi bir baskılanma görülmediği belirtilmiştir (Njoroge ve ark., 2008). Çalışmamızda kullandığımız diğer bitki türleri soğan, pırasa, bakla, marul buğday uygulamalarından benzer sonuçlar elde edilmiş, bitki gelişimi açısından önemli bir artış sağlanmamıştır (Tablo 3).

Bölgemiz için diğer önemli bir ürün olan bakla, yeşil gübre olarak kullanılabilme özelliği yanı sıra *Rhizobium* bakterileri ile olan ilişkisi sonucu azot fikse etmesi açısından önemlidir. *Rhizobium* bakterilerinin toprak kökenli

patojenik mikroorganizmalara karşı biyolojik mücadele etmeni olarak görev yaptığı, böylece bitkiyi koruyarak direncini arttırdığı rapor edilmiştir. Arora ve ark. (2001) ise, siderofor üreten *Rhizobium meliloti*'nin *in vitro* koşullarda *M. phaseolina*'ya karşı antagonistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Arora ve ark., 2001). Chakraborty ve Purkayastha (1984) yaptıkları çalışmada *Rhizobium japonicum* ile kaplanan soya bitkisinin tohum ve köklerinde, *M. phaseolina* tarafından oluşturulan kömür kök çürüklüğü hastalığını azalttığı ve *in vitro* koşullarda yapılan analizler sonucunda rhizobitoxin oluşturarak *M. phaseolina* gelişimini engellediği bildirilmiştir. Bütün bu olumlu sonuçlara rağmen çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular incelendiğinde bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* ile birlikte değerlendirildiğinde bakla uygulanmış toprakta çilek bitkisinin gelişimi ve topraktaki mikrosklerot sayılarına etkileri açısından önemli bir olumlu katkı saptanamamıştır (Tablo 3).

Soğan ve pırasa uygulamalarında da bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* uygulanmış saksılardaki bitki gelişimi ve hastalık şiddeti açısından değerlendirildiğinde yine etkili bir sonuç alınmamıştır (Tablo 3). Ancak konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde soğan (*Allium cepa* L.) bitkisinin biofumigasyon terimi içerisine ilave edildiği sülfür amino asitleri içeren *Allium* türlerinden biri olduğu bildirilmiştir (Bianchi ve ark., 1997). Bir diğer çalışmada sarımsak ekstraktının *in vitro* koşullarda *M. phaseolina* gelişimini engellediği bildirmiştir (Raja ve Kurucheve, 1998).

Marul uygulamaları da bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* uygulanmış saksılardaki bitki gelişimi ve hastalık şiddeti açısından değerlendirildiğinde diğer uygulamalardan ayrılmadığı görülmektedir (Tablo 4). Nitekim Subbarao ve ark. (2007) yılında yaptığı çalışmada da *Verticillium* ile bulaşık parsellerde marul rotasyonuna kıyasla brokoli ve brüksel lahanası ile yapılan rotasyon şekli, *V. dahliae* mikrosklerotlarını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Çilek bitki ağırlığı ve meyve verimi de brokoli ve brüksel lahanasına göre marul rotasyonunda daha düşük olmuştur (Subbarao ve ark., 2007).

Bitki gelişimi açısından önemli görülün bir diğer uygulama olan vermikompost, son yıllarda bütün dünyada yaygınlaşan ve özellikle organik tarımda önemi artan bir gübredir. Özellikle bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir (Joshi ve ark., 2015). Nitekim Arancon ve ark. (2004)'nin yaptığı çalışmada yaprak alanı açısından % 37 büyüme, % 37 oranında bitki sürgün biyokütle artışı, % 40 oranında çilek oluşumunda artış % 36 oranında stolon artışı, % 35 oranında pazarlanabilir meyve ağırlığında artış sağladığını belirtmişlerdir. Ancak çalışmamızda bitki gelişimine etkisi açısından herhangi bir olumlu etki elde edilememiş (Tablo 2), mikrosklerot popülasyonuna etkisinde ise olumlu sonuçlar alınmıştır (Tablo 3). Bu durum *M. phaseolina*'nin vermikompostun bünyesinde bulunan antagonist mikroorganizmalar ile rekabete girmiş olabileceği ile ilişkilendirilebilir.

Zeytin karasuyu da zeytin üreten ülkeler için üzerinde durulması gereken önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Delia ve ark., 2016). Bu nedenle tarımsal uygulamaya kazandırılması pek çok sorunu ortadan kaldıracaktır. Nitekim toprak verimliliğini artırarak gerek bitki gelişimine etkisi (Magdich ve ark., 2013), gerek yabancı otlar üzerine etkisi gerekse (Ghosheh ve ark., 1999) bitki hastalıklarına etkisi ile ilgili olarak pek çok çalışma yapılmıştır (Moricca ve ark., 2012; El-Abbassi ve ark., 2017). Bitki hastalıkları ile ilgili çalışmalar değerlendirildiğinde bazı hastalık etmenlerine karşı olumlu sonuçların alındığı belirtildiği gibi bazı hastalık etmenlerine karşı ise herhangi bir sonuç alınmadığı görülmektedir (Kao ve ark., 2006; Gougoulas ve ark., 2013; El-Abbassi ve ark., 2017). Özellikle zeytin karasuyu uygulandıktan sonraki ilk ay içerisinde saprofitik fungal popülasyonun arttığı belirtilmiştir (Tardioli ve ark., 1997). Zeytin karasuyu içerdiği fenolik bileşikler nedeniyle fitotoksik etki ile karşılaşılabilirdiği de bilinmektedir (Isidori ve ark., 2005; Mekki ve ark., 2006). Çalışmamızda ele alınan zeytin karasuyu uygulamasında bitki gelişimi açısından olumlu bir etkisi görülmemiştir (Tablo 2). Bunun karasu içeriğinde bulunan fenolik bileşiklerin fitotoksik etkisinden (Casa ve ark., 2003; El-Abbassi ve ark., 2017) kaynaklanabileceği düşünülebilir. Toprak uygulamasında mikrosklerot sayıları dikkate alındığında ise oldukça etkili olduğu (Tablo 2), saksı toprağından saptanan mikrosklerot sayısı açısından değerlendirildiğinde benzer etki elde edilemediği görülmektedir (Çizelge 3). Kotsou ve ark., (2004) nin çeşitli bitkilerde *Rhizoctonia solani*'nin gelişimini baskıladığını belirtmesine rağmen çalışmamızda benzer olumlu sonuçlar alınmamıştır (Tablo 3).

Uygulamaların topraktaki mikrosklerot üzerine doğrudan etkileri 30 günlük inkubasyonun ardından değerlendirildiğinde öne çıkan uygulamalar olsa da istatistiki olarak en çarpıcı sonuç bütün uygulamaların kontrole göre önemli bir oranda düşük mikrosklerot sayısını ortaya koymuş olmasıdır. En düşük mikrosklerot sayısı zeytin karasuyu uygulamasından elde edilirken bunu brokoli ve vermikompost uygulamaları izlemiştir. Bütün

karakterlerde saptanan mikrosklerot sayısı kontrole oranla oldukça düşük olmuş ancak kontrol haricinde uygulamalar arasında mikrosklerot sayısı bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 2). Bu sonuç bize gerek toprağa ilave edilen zeytin karasuyunun fenolik bileşiklerinin toksik etkisi (El-Abbassi ve ark., 2017) gerek tavuk gübresinin toprakta ayrışması sonucu ortaya çıkan toksik bileşikler (Riegel ve ark., 1996; Kyakuwaire ve ark., 2019), gerek *Brassicaceae* türlerinin parçalanma ürünleri (Smolińska, 2000; Haramoto ve Gallandt, 2004), gerek kükürdün fungisidal etkisi (Scherer, 2001; Williams ve Cooper, 2004; Zenda ve ark., 2021), gerekse diğer kullanılan organik maddelerin biyosidal etkileri ve/veya mikrobiyal aktivitenin artması (Bianchi ve ark., 1997; Subbarao ve ark., 2007) mikrosklerot sayısındaki azalmanın nedeni olarak değerlendirilebileceğini düşündürmüştür.

## 5. Sonuç

Sonuç olarak; Tavuk gübresi, zeytin karasuyu, kükürt ve *Brassica* uygulamaları farklı açılardan ümitvar sonuçlar vermişlerdir. Bu amaçla yürütülecek çalışmalarda farklı kültür bitkileri ve farklı etmenler ile birlikte değerlendirilmesi belki de daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda çalışmanın son aşaması olarak bahçe koşullarına taşınarak organik ve bitkisel materyallerinin etkilerinin pratiğe aktarılması açısından pekiştirici olacaktır.

### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Yazarlık Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Kaynakça

- Almeida, M. R., Sosa-Gomez, D. R., Binneck, E., Marin, S. R. R., Zucchi, M. I., Abdelnoor, R. V. and Souto, E. R. (2008). Effect of crop rotation on specialization and genetic diversity of *Macrophomina phaseolina*. *Tropical Plant Pathology*, 33:257–264.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A. and Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource technology*, 97:831–840. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2): 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
- Arora, N. K., Kang, S. C. and Maheshwari, D. K. (2001). Isolation of siderophore-producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Current Science*, 81(6): 673–677.
- Avilés, M., Castillo, S., Bascon, J., Zea-Bonilla, T., Martín-Sánchez, P. M. and Pérez-Jiménez, R. M. (2008). First report of *Macrophomina phaseolina* causing crown and root rot of strawberry in Spain. *Plant Pathology*, 57:382. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01717.x>
- Avilés, M., Castillo, S., Bascon, J., Zea-Bonilla, T., Martín-Sánchez, P. M. and Pérez-Jiménez, R. M. (2009). Response of strawberry cultivars: 'Camarosa', 'Candongia' and 'Ventane' to inoculation with isolates of *Macrophomina phaseolina*. *Acta Horticulturae*, 842: 291-294.
- Aysan, M., Kozak Özdemir, S. ve Erkiş, A. (2019). Çilekte Rhizoctonia Kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani*)'ne karşı bazı bitki aktivatörlerinin etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 173-180. <https://doi.org/10.33462/jotaf.521637>
- Benlioğlu, S., Boz, Ö., Yıldız, A., Kaşkavalcı, G. and Benlioğlu, K., (2005). Alternative soil solarization treatments for the control of soil-borne diseases and weeds of strawberry in the western Anatolia of Turkey. *Journal of Phytopathology*, 153:423–430. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00995.x>
- Benlioğlu, S., Yıldız, A. and Döken, T. (2004). Studies to determine the causal agents of soil-borne fungal diseases of strawberries in aydin and to control them by soil disinfection. *Journal of Phytopathology*, 152:509–513. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00888.x>
- Bianchi, A., Zambonelli, A., D'Aulerio, A. Z. and Bellesia, F. (1997). Ultrastructural studies of the effects of *Allium sativum* on phytopathogenic fungi *in vitro*. *Plant disease*, 81:1241–1246. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.11.1241>
- Bloem, E., Haneklaus, S. and Schnug, E. (2015). Milestones in plant sulfur research on sulfur-induced-resistance (SIR) in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 5, 779. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00779>
- Casa, R., D'Annibale, A., Pieruccetti, F., Stazi, S. R., Giovannozzi Sermanni, G. and Lo Cascio, B. (2003). Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. *Chemosphere*, 50(8): 959–966. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(02\)00707-5](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00707-5)
- Chakraborty, U. and Purkayastha, R.P. (1984). Role of rhizobitoxine in protecting soybean roots from *Macrophomina phaseolina* infection. *Canadian Journal of Microbiology*, 30(3): 285-289.
- Chamorro, M., Domínguez, P., Medina, J. J., Miranda, L., Soria, C., Romero, F. and De los Santos, B. (2015a). Assessment of chemical and biosolarization treatments for the control of *Macrophomina phaseolina* in strawberries. *Scientia Horticulturae*, (Amsterdam) 192:361–368. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.029>
- Chamorro, M., Miranda, L., Domínguez, P., Medina, J. J., Soria, C., Romero, F. and De los Santos, B. (2015b) Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. *Crop Protection*, 67:279–286. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.021>
- Delia, P., Sponza, T., İhsan, P., Kayıkçıoğlu, H. H. ve Yağmur, B. (2016). *Ekonomik yöntemlerle artırılmış zeytin karasuyunun tarım topraklarında kullanım olanakları*. Tübitak-Tovag (113O558) Proje Sonuç Raporu.
- El-Abbassi, A., Saadaoui, N., Kiai, H., Raiti, J. and Hafidi, A. (2017). Potential applications of olive mill wastewater as biopesticide for crops protection. *The Science of the total environment*, 576: 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.032>
- Eren, O. ve Gül, Ş. (2010). Zeytin karasuyunda bulunan bazı toksik bileşiklerin ön kireç çöktürme ve katalitik ozonlama ile parçalanmaları. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2012 (28-4): 117-126.
- Francl, L. J., Wyllie, T. D. and Rosenbrock, S. M. (1988). Influence of Crop Rotation on Population Density of *Macrophomina phaseolina* in Soil Infested with *Heterodera glycines*. *Plant disease*, 72:760–764. <https://doi.org/10.1094/PD-72-0760>
- Gamliel, A., Austerweil, M. and Kritzman, G. (2000). Non-chemical approach to soilborne pest management - Organic amendments. *Crop Protection* 19:847–853. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00112-5)
- Ghosheh, H. Z., Hameed, K. M., Turk, M. A. and Al-Jamali, A. F. (1999). Olive (*Olea europea*) jift suppresses broomrape (*Orobanche* spp.) infections in faba bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Technology*, 13:457–460.
- Golzar, H., Phillips, D. and Mack, S. (2007). Occurrence of strawberry root and crown rot in Western Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 2:145. <https://doi.org/10.1071/dn07057>

- Gougoulas, N., Vagelas, I., Papachatzis, A., Stergiou, E., Chouliaras, N. and Chouliara, A. (2013). Chemical and biological properties of a sandy loam soil amended with olive mill waste, solid or liquid form, in vitro. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2:13. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-13>
- Hancock, J. F., Maas, J. L., Shanks, C. H., Breen, P. J. and Luby, J. J. (1991). Strawberries (*Fragaria*). *Acta Horticulturae*, 290: 491–546.
- Haramoto, E. R. and Gallandt, E. R. (2004). Brassica cover cropping for weed management: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 19:187–198. <https://doi.org/10.1079/rafs200490>
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A. and Parrella, A. (2005). Model study on the effect of 15 phenolic olive mill wastewater constituents on seed germination and *Vibrio fischeri* metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21): 8414–8417. <https://doi.org/10.1021/jf0511695>
- Israel, S., Mawar, R. and Lodha, S. (2005). Soil solarisation, amendments and bio-control agents for the control of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *cumini* in aridisols. *Annals of Applied Biology*, 146:481–491. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.040127.x>
- Joshi, R., Singh, J. and Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14:137–159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>
- Kacar, B. (1996). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. (Chemical analysis of plant and soil. III: in Turkish) Ankara, Turkey: Publication of Education, Research and Improving Foundation, Agricultural Faculty, Ankara University No. 3.
- Kao, P. H., Huang, C. C., Hseu, Z. Y. (2006). Response of microbial activities to heavy metals in a neutral loamy soil treated with biosolid. *Chemosphere*, 64:63–70. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.11.039>
- Kaur, S., Dhillon, G. S., Brar, S. K., Vallad, G. E., Chand, R. and Chauhan, V. B. (2012). Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Reviews in Microbiology*, 38(2): 136-151. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2011.640977>
- Kirkegaard, J. A. and Sarwar, M. (1998) Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil*, 201:71–89. <https://doi.org/10.1023/A:1004364713152>
- Koike, S. T. (2008). Crown rot of strawberry caused by *Macrophomina phaseolina* in California. *Plant Disease*, 92:1253. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-8-1253B>
- Kotsou, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C. and Kyriacou, A. (2004). The effect of olive oil mill wastewater (OMW) on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* 26:113–121. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2003.12.001>
- Kyakuwaira, M., Olupot, G., Amoding, A., Nkedi-Kizza, P. and Basamba, T. A. (2019). How safe is chicken litter for land application as an organic fertilizer? A review. *International journal of environmental research and public health*, 16(19): 3521. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193521>
- Larkin, R. P. and Lynch, R. P. (2018). Use and effects of different brassica and other rotation crops on soilborne diseases and yield of Potato. *Horticulturae*, 4:1–16. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040037>
- Lodha, S. (1995). Soil solarization, summer irrigation and amendments for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* and *Macrophomina phaseolina* in arid soils. *Crop Protection*, 14:215–219. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00014-D](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00014-D)
- López-Escudero, F. J., Mwanza, C. and Blanco-López, M. A. (2007). Reduction of *Verticillium dahliae* microsclerotia viability in soil by dried plant residues. *Crop Protection*, 26:127–133. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.011>
- Magdich, S., Ben Ahmed, C., Jarbouli, R., Ben Rouina, B., Boukhris, M. and Ammar, E. (2013). Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. *Chemosphere*, 93(9): 1896–1903. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.066>
- Majumder, S., Datta, K., Sarkar, C., Saha, S. C. and Datta, S. K. (2018). The development of *Macrophomina phaseolina* (fungus) resistant and glufosinate (herbicide) tolerant transgenic jute. *Frontiers in Plant Science*, 9: 920.
- Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S. and Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. *Frontiers in plant science*, 12: 634397. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>
- Matthiessen, J. and Kirkegaard, J. (2006). Biofumigation and enhanced biodegradation: Opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25:235–265. <https://doi.org/10.1080/07352680600611543>
- Mechri, B., Chehab, H., Attia, F., Mariem, F. B., Braham, M. and Hammami, M. (2010). Olive mill wastewater effects on the microbial communities as studied in the field of olive trees by analysis of fatty acid signatures. *European Journal of Soil Biology*, 46:312–318. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.06.001>
- Mekki, A., Dhoubi, A. and Sayadi, S. (2006). Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. *Microbiological Research*, 161:93–101. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2005.06.001>

- Mertely, J., Seijo, T. and Peres, N. (2005). First Report of *Macrophomina phaseolina* Causing a Crown Rot of Strawberry in Florida. *Plant Disease*, 89(4): 434. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0434A>
- Meyer, W. A., Sinclair, J. B. and Khare, M. N. (1973). Biology of *Macrophomina phaseoli* in Soil Studied with Selective Media. *Phytopathology*, 63:613–620. <https://doi.org/10.1094/Phyto-63-613>
- Mihail, J. and Alcorn, S., (1982). Quantitative Recovery of *Macrophomina phaseolina* Sclerotia from Soil. *Plant disease*, 66:662–663. <https://doi.org/10.1094/PD-66-662>
- Moricca, S., Uccello, A., Ginetti, B. and Ragazzi, A. (2012) First report of *Neofusicoccum parvum* associated with bark canker and dieback of *Acer pseudoplatanus* and *Quercus robur* in Italy. *Plant disease*, 96:1699. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-12-0543-PDN>
- Ndiaye, M. (2007). *Ecology and management of charcoal rot (Macrophomina phaseolina) on cowpea in the Sahel*. (PhD Thesis) Wageningen University, Netherlands.
- Njoroge, S. M. C., Riley, M. B. and Keinath, A. P. (2008). Effect of incorporation of *Brassica* spp. residues on population densities of soilborne microorganisms and on damping-off and *Fusarium* wilt of watermelon. *Plant disease*, 92:287–294. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-2-0287>
- Norsworthy, J. K. (2003). Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Technology*, 17(2): 307-313.
- Papavizas, G. C. and Lewis, J. (1971). Effect of amendments and fungicides on aphanomyces root rot of peas. *Phytopathology*, 61:215–220. <https://doi.org/10.1094/phyto-61-215>
- Pathma, J. and Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 1: 26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Raja, J. and Kurucheve, V. (1998). Influence of plant extracts and Buffalo urine on the growth and sclerotial germination of *Macrophomina phaseolina*. *Indian Phytopathology*, 51:102–103.
- Riegel, C., Fernandez, F. A. and Noe, J. P. (1996). *Meloidogyne incognita* infested soil amended with chicken litter. *Journal of Nematology*, 28(3): 369–378.
- Ristaino, J. B. (1991). Effect of solarization and *Gliocladium virens* on Sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. *Phytopathology*, 81:1117–1124. <https://doi.org/10.1094/phyto-81-1117>
- Ristaino, J. B. and Thomas, W. (1996). Agriculture, Methyl Bromide, and the Ozone Hole: Can We Fill the Gaps? *Plant Disease*, 81:964–977. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.9.964>
- Sarwar, M. and Kirkegaard, J. A. (1998). Biofumigation potential of brassicas: II. Effect of environment and ontogeny on glucosinolate production and implications for screening. *Plant and Soil*, 201(1): 91–101.
- Scherer, H. W. (2001). Sulphur in crop production - Invited paper. *European Journal of agronomy*, 14:81–111. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00082-4)
- Sheikh, A. H. and Ghaffar, A. (1979). Relation of sclerotial inoculum density and soil moisture to infection of field crops by *Macrophomina phaseolina*. *Pakistan Journal of Botany*, 11:185–189.
- Shetty, K. G., Subbarao, K. V., Huisman, O. C. and Hubbard, J. C. (2000). Mechanism of broccoli-mediated *Verticillium* wilt reduction in cauliflower. *Phytopathology*, 90:305–310. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.3.305>
- Short, G. E., Wyllie, T. D. and Bristow, P. R., (1980). Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in residue of soybean. *Phytopathology*, 70:13–17.
- Smolińska, U. (2000). Survival of *Sclerotium cepivorum* sclerotia and *Fusarium oxysporum* chlamydozoospores in soil amended with cruciferous residues. *Journal of Phytopathology*, 148:343–349. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2000.00519.x>
- Songa, W. and Hillocks, R. J. (1996) Legume hosts of *Macrophomina phaseolina* in Kenya and effect of crop species on soil inoculum levels. *Journal of Phytopathology*, 144:387–391. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1996.tb00311.x>
- Subbarao, K. V. and Hubbard, J. C. (1996). Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt in cauliflower. *Phytopathology*, 86:1303–1310. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-1303>
- Subbarao, K. V., Kabir, Z., Martin, F. N. and Koike, S. T. (2007). Management of soilborne diseases in strawberry using vegetable rotations. *Plant Disease*, 91:964–972. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-8-0964>
- Tardioli, S., Bannè, E. and Santori, F. (1997). Species-specific selection on soil fungal population after olive mill waste-water treatment. *Chemosphere*, 34(11): 2329–2336. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(97\)00044-1](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(97)00044-1)
- Turhan, A. and Özmen, N. (2021). Effects of Chemical and Organic Fertilizer Treatments on Yield and Quality Traits of Industrial Tomato, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 213 – 221. <https://doi.org/10.33462/jotaf.741367>
- Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S. and Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates - A review. *LWT - Food Science and Technology*, 42:1561–1572. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.023>

- Vijayabharathi, R., Sathya, A. and Gopalakrishnan, S. (2015). Plant Growth-Promoting Microbes from Herbal Vermicompost. In: Varma DES (ed) Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants, Soil Biology, vol 42. Springer, Cham, pp 71–88. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13401-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13401-7_4)
- Wanniarachchi, S. D. and Voroney, R. P. (1997). Phytotoxicity of canola residues: Release of water-soluble phytotoxins. *Canadian Journal of Soil Science*, 77:535–541. <https://doi.org/10.4141/S94-083>
- Williams, J. S. and Cooper, R. M. (2004). The oldest fungicide and newest phytoalexin - A reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur. *Plant Pathology*, 53:263–279. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01010.x>
- Yildiz, A., Benlioğlu, S., Boz, Ö. and Benlioğlu, K. (2010). Use of different plastics for soil solarization in strawberry growth and time-temperature relationships for the control of *Macrophomina phaseolina* and weeds. *Phytoparasitica* 38:463–473. <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0123-7>
- Yildiz, A., Ozyılmaz, Ü., Benlioglu, H. S. and Benlioglu, K. (2007). Effect of soil solarization with amendments to soil-born fungal pathogens and yield in strawbeny production. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 36:53–63.
- Zenda, T., Liu, S., Dong, A. and Duan, H. (2021). Revisiting Sulphur—The Once neglected nutrient: it's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. *Agriculture*, 11(7): 626. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture11070626>
- Zhang, D., Cheng, H., Hao, B. et al. (2021). Effect of fresh chicken manure as a non-chemical soil fumigant on soil-borne pathogens, plant growth and strawberry fruit profitability. *Crop Protection*, 146:105653. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2021.105653>
- Zveibil, A. and Freeman, S. (2005). First Report of Crown and Root Rot in Strawberry Caused by *Macrophomina phaseolina* in Israel. *Plant Disease*, 89:1014–1014. <https://doi.org/10.1094/pd-89-1014c>
- Zveibil, A., Mor, N., Gnayem, N., Freeman, S. (2012). Survival, host-pathogen interaction, and management of *Macrophomina phaseolina* on strawberry in Israel. *Plant Disease*, 96:265–272. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-11-0299>



**Influence of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, Indole-3-Butyric Acid and Different Nutrient Medium on *In Vitro* Sapling Propagation and Micrografting of Walnut (*Juglans Regia L.*)**

FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, İndol-3-Bütirik Asit ve Farklı Besin Ortamlarının *In Vitro* Ceviz (*Juglans Regia L.*) Fidanı Çoğaltımı ve Mikroaşıllama Üzerine Etkisi


Tuba TÜREN<sup>1</sup>, Şeyda SAVALAN<sup>2\*</sup>, Elif Ceren PEHLİVAN<sup>3</sup>


**Abstract**

Walnuts are considered a functional food and play a significant role worldwide in people's regular diets. The cultivation and trade of walnut rootstocks and saplings are crucial agricultural activities globally and in Türkiye. Rootstocks are used for grafting and propagating different walnut varieties, and they are essential for tree development, fruit yield, product quantity, and most importantly, their ability to adapt to various ecological conditions and resist diseases and pests. Fruit growing and production of fruit rootstocks of deep-rooted plants in horticulture is given high importance in many countries. However, poor rooting and slow-growing sapling prevent establishing high-yield clonal production. Especially walnut sapling propagation is more complicated and time-consuming than other woody plants. Our research aims to grow high-quality saplings by using biotechnological techniques. This study used modifications to the current *in vitro* basal medium and evaluated the effects on *in vitro* rooting and micrografting of walnut species. The optimal medium for shoots induction (2.93±0.90) of the plant was determined as 4 number medium (Murashige and Skoog (MS) nutrient medium with 5.4 µM NAA + 6.9 µM TDZ + 0.6 µM GA3 and solidified with 0.7% agar). In trials to develop sapling, the 10.33 and 6 rooted (2.5cm root length) shoots were obtained from MS nutrient medium with 14.7 and 19.6 µM of IBA and 348.42 µM of FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O, and two micrografted plants in MS medium with 19.6 µM of IBA and 348.42 µM of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O survived. After three months in the growth chamber, six saplings were ready for transfer to the field. Our findings suggested that FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O and high dose IBA treatment in MS medium is efficient for *in vitro* rooting and obtaining *in vitro* micrografted saplings.

**Keywords:** Clonal production, Micropropagation, Plant growth regulator, Plant tissue culture, Woody plants

<sup>1</sup>Tuba Türen, İrgeler Nursery Tissue Culture Laboratory, 03500, Sandıklı, Afyon, Türkiye. E-mail: [tubaturen@irgeler.com.tr](mailto:tubaturen@irgeler.com.tr)  OrcID: 0000-0003-3502-3029

<sup>2\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Şeyda Savalan, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Değirmenaltı Campus 59030 Süleymanpaşa, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [ssavalan@nku.edu.tr](mailto:ssavalan@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-7047-0943

<sup>3</sup>Elif Ceren Pehlivan, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Değirmenaltı Campus 59030 Süleymanpaşa, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [elifcerenk@gmail.com](mailto:elifcerenk@gmail.com)  OrcID: 0000-0001-5632-2955.

**Atıf:** Türen, T., Savalan, Ş., Pehlivan, E. C. (2024). FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, indol-3-bütirik asit ve farklı besin ortamlarının *in vitro* ceviz (*Juglans Regia L.*) fidanı çoğaltımı ve mikroaşıllama üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 748-758.

**Citation:** Türen, T., Savalan, Ş., Pehlivan, E.C. Influence of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, indole-3-butyric acid and nutrient medium on *in vitro* sapling propagation and micrografting of walnut (*Juglans Regia L.*), xx (x), xx-xx. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 748-758.

\*This study was summarized from some part of Tuba Türen MSc thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Dünya genelinde Düzenli beslenme alışkanlığında önemli bir yere sahip olan ceviz, fonksiyonel gıda olarak tanımlanmaktadır. Ceviz bitkisinin adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması, kaliteli yağ ve protein içerdiğinden besin değerinin yüksek olması, sanayide kullanımı ve bunlara bağlı ekonomik getirisi nedeniyle üzerinde durulması gereken bir tür konumundadır. Ceviz bitkisinde anaç ve fidan yetiştiriciliği Dünya'da önemli tarım faaliyetlerinden biri sayılır. Ancak çelik köklendirme ve fidanların büyüme süresinin uzun ve zor olması, yüksek verimli klonal üretim tesislerinin kurulmasına bir engeldir. Özellikle sağlıklı ve kaliteli ceviz fidanı üretim süreci diğer odunsu bitkilere göre daha karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu araştırmada biyoteknolojik teknikler kullanılarak kısa zamanda kaliteli fidanların yetiştirilmesi amaçlanmıştır. Denemelerde genel olarak *in vitro* mikroçoğaltım tekniklerinde kullanılan besiyeri üzerine modifikasyonlar yapılmıştır ve bu modifiye besi yerlerinin, *in vitro* şartlarında yetişen sürgünlerin köklendirmesi ve *in vitro* mikroaşılama üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna bakıldığında ortalama sürgün ( $2.93 \pm 0.90$ ) oluşumu için en uygun ortam 4 numaralı ( $5.4 \mu\text{M}$  NAA +  $6.9 \mu\text{M}$  TDZ +  $0.6 \mu\text{M}$  GA3 içeren Murashige ve Skoog) besin ortamından elde edilmiştir. Sürgün köklendirmeye yönelik denemelerde  $14.7$  ve  $19.6 \mu\text{M}$  IBA ve  $348.42 \mu\text{M}$  FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O içeren MS besin ortamından  $10.33$  ve  $6$  köklü ( $2.5\text{cm}$  kök uzunluğu) sürgünler elde edilmiştir. Mikroaşılama çalışmalarında  $19.6 \mu\text{M}$  IBA ve  $348.42 \mu\text{M}$  FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O içeren MS ortamında iki mikro aşılama fide elde edilmiştir. Elde edilen 6 fidan 3 ay tam kontrollü yetiştirme odasında alıştırmaya süresini atlattıktan sonra bahçeye transfer edilmiştir. Çalışma sonucunda besi yerine uygulanan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ve yüksek doz IBA *in vitro* köklenme ve *in vitro* mikroaşılı fidan elde etmede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonuçları diğer odunsu bitkilerde yapılan klonal çoğaltım çalışmalarına yardımcı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Klonal çoğaltım, Mikroçoğaltım, Bitki büyüme düzenleyicisi, Bitki doku kültürü, Odunsu bitkiler

## 1. Introduction

Rapid, large-scale, and sustainable propagation of high quality, disease-free, and homogenous plant materials using plant tissue culture techniques is highly desired. These techniques use induce regeneration from cells, tissues, and organs under aseptic conditions in a solid, liquid, or semi-solid nutrient medium (Chandra et al., 2010; Deb and Imchen, 2010). The Walnut (*Juglans regia* L.) is a precious cultivated dry fruit species of economic significance for producing nuts.

Sapling cultivation is among the essential agricultural activities. Principally, the prominent method of vegetative proliferation of walnuts is grafting. However, low proliferation and rooting rates are among the factors that prevent the propagation of walnut. (Martinez et al., 2010; Paunović et al., 2013; Xiaoying et al., 2014)

There is trend to propagate these plants through tissue culture to avoid intense labor force, loss of time, and high cost through conventional propagation methods on a large scale (McGranahan et al., 1988; Scaltsoyiannes et al., 1997). Rodriguez (1982a, 1982b) and Rodriguez and Sanchez-Tames (1981) were among the first to report the improvement of walnut cultures *in vitro* and describe the development of shoots or roots from the cultured walnut embryos. Later, a full of work was conducted on various walnut species using several types of explants, media especially DKW medium developed by Driver and Kuniyuki (1984), rooting methods with satisfying outcomes (Jay-Allemand et al., 1992). *In vitro* vegetative propagation of *Juglans* sp. is highly significant during these days with fast growth of human population (Land and Cunningham, 1994; Scaltsoyiannes et al., 1997).

Micrografting was first described by Murashige et al. (1972) and later by many researchers in woody (Ribeiro et al., 2022; Sammona et al., 2018) and herbaceous plants (Khawar and Özcan, 2002) as a tool to root and recover difficult to root recalcitrant plant species and produce virus-free plants. Therefore, this technique has been used for many different intentions. Exemplarily, propagation through micro cuttings from adult tree-derived shoots could be employed to produce true-to-type plants. Micrografting strongly depends on the formation of a vascular connection between the scion and the rootstock (Ribeiro et al., 2015) to elucidate plant systemic signaling (Tsutsui and Notaguchi, 2017) of different species (Estrada-Luna et al., 2002). *In vitro* micrografting can be envisaged as an alternative technique for reproducing walnut species. The main objective of this study was to research the benefit of different concentrations of PGRs (Plant Growth regulators) on shoot regeneration, as well as to investigate the effects of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O and indole-3-butyric acid on the rooting and micrografting ability of walnut.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Plant Material

Chandler, Yalova-1, and Vlach walnut saplings were obtained from a sapling vendor in Tekirdağ, Türkiye, and kept in a fully controlled growth chamber (Figure 1). All treatments for propagation and rooting experiments were carried out in the Department of Agricultural Biotechnology Plant Biotechnology Laboratories in Tekirdağ Namık Kemal University.



**Figure 1.** Rootstocks from which explants are provided for *in vitro* sapling propagation

## 2.2. Explant Sterilization

Soon after procurement of the rootstocks, they were kept in the fully controlled growth chamber for 60 days. The diseased leaves if any were removed from the plants; followed by cutting 2 cm long fresh apical and lateral buds. These were disinfected and cleaned, followed by rinsing with antibacterial liquid detergent, and brushed under running tap water for 3 hours. These explants were further treated with a dip in 70% ethyl alcohol for 2 minutes and rinsed with distilled water (Pehlivan et al., 2017) The following stages of sterilization were performed in a laminar flow sterile cabinet using two techniques described below:

- (a) The apical and lateral buds were sterilized for 5 minutes with 70% (v/v) Actijen ensured by 2×5 times rinsing with bidistilled sterilized water.
- (b) In another sterilization method, explants were sterilized in 30 and 50% commercial bleach for five min ensured by 3×5 times rinsing with bidistilled-sterilized water (Daneshvar, 2019).

**Table 1. PGRs combinations and concentrations in MS medium for shoot regeneration**

Medium Number	BAP	TDZ	NAA	GA3	2,4-D
Medium for Shoot Regeneration (µM)					
1	8.9	-	2.7	0.6	-
2	6.7	-	2.7	0.6	-
3	-	9.1	5.4	0.6	-
4	-	9.6	5.4	0.6	-
5	-	4.6	5.4	0.6	-

## 2.4. Shoot Regeneration

Apical and lateral bud's explants (Kefayeti et al., 2019) were cultured on semi-solid [gelled with 0.65% Plant agar (Duchefa)] MS medium and 3% sucrose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, Duchefa) containing five different concentrations of Cytokines (TDZ and BAP), Auxin (NAA), Gibberellin (GA3) and control MS medium for shoot regeneration (Table 1) (Royandazagh and Pehlivan, 2016)

## 2.5. Shoot Rooting

All rooting treatments were performed on shoots of an average of 8 cm length. The rooting study was carried out in DKW, MS, ½×MS basal medium with 4.90, 9.8, 14.7, and 19.6 µM IBA and 174.20 µM, 348.42 µM, and 522.62 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. After the root culture with three replications that were kept in the dark for four days, they were held in the plant growth chamber at 24 ± 2 °C under the red and white LED light (luxury) for 16 hours of light and 8 hours of dark photoperiod

## 2.6. In Vitro Micrografting

Before *in vitro* micrografting, the leaves and cotyledons of 6 seedlings of Vlach species were removed followed by a vertical cut of 0.5 cm made at the apical end. Chandler species *in vitro* shoots arising from apical and lateral buds micropropagation was used as a source of scions. *In vitro* grafting was performed by inserting the wedge-shaped end of scions into the vertical cut of rootstocks, and the grafts were made by placing rootstocks and scions together in one place followed by wrapping them together using a sterilized transparent tape after *in vitro* grafting. The plantlets were cultured for 63 days (3×subculture) on MS, ½×MS medium with 4.90, 9.8, 14.7, and 19.6 µM IBA and 174.20 µM, 348.42 µM, and 522.62 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O.

## 2.7. Transfer Plantlets to Ex Vitro Condition and Acclimatization

The micropropagated walnut plantlets (rooted shoot with 8-12 cm in length) and micrografting plantlets were washed with tap water without harming the leaves and roots. These were transferred to sterilized peat moist in jars. These pots were covered with transparent polythene bags and were left to grow in a growth chamber. The bags were gradually perforated at the end of the second week to increase air circulation and reduce humidity to 50% at 24 ± 2 °C. This app was done to adapt the plants to external conditions. The polythene bags were removed entirely

later, and the plants were left to grow and harden in the growth chamber. These plants were watered with liquid fertilizer (water-soluble) once a month.

### 2.8. Statistical Analysis

All treatments of regeneration experiments used 15 explants which were divided equally into three replicates containing five explants treatments were repeated twice afterward. The data were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA, IBM® SPSS® statistics 24.0 for Windows), and the post hoc tests were performed using either Tukey's b or Least Significant Difference (LSD) test.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Explant Sterilization

The decontamination of micro-organisms from the explants has great importance for *in vitro* tissue cultures of plants; therefore, in this study, surface sterilization of apical and lateral bud's explants isolated from 3 different walnut species was used Actigen at 70-90% and NaOCl at 30-50% concentrations for 5 minutes. In the sterilization process performed with commercial bleach, the proportion of necrosis and contamination was determined at a higher level than Actigen, as well as necrosis was observed in the sterilization process performed for 5 minutes in a 90% solution of the Actigen. According to the results of the trials, the best sterilization and explant vitality result (100%) was obtained from a 70% Actigen solution. During tissue sterilization for control of necrosis and contamination, as suggested by (Pehlivan et al., 2017), 70% Actigen solution was used to disinfect, effectively controlling the contamination and vitality of explants. Additionally, in clematis, plants were used with 70% ethyl alcohol (for 1 min), 0.3-0.4% Cl<sub>2</sub> (15 min), and 1% thimerosal (10 min) for explant sterilization (Mitrofanov et al., 2021), Dong et al. (2007) and Yulan et al. (2004) stated that walnut explants were kept in 70% ethyl alcohol for a while, followed by sterilization with HgCl<sub>2</sub>. Also, in most studies, sodium hypochlorite was used as a disinfectant to sterilize these plant explants. For example, the microcuttings in Chandler, Franquette, and Jupanesti cultivars were sterilized by washing carefully with a regular detergent and water, followed by the washing with ethyl alcohol hypochlorite 5% and sterile distilled water apart from NaOCl (Gotea et al., 2012).

### 3.3. Shoot Regeneration

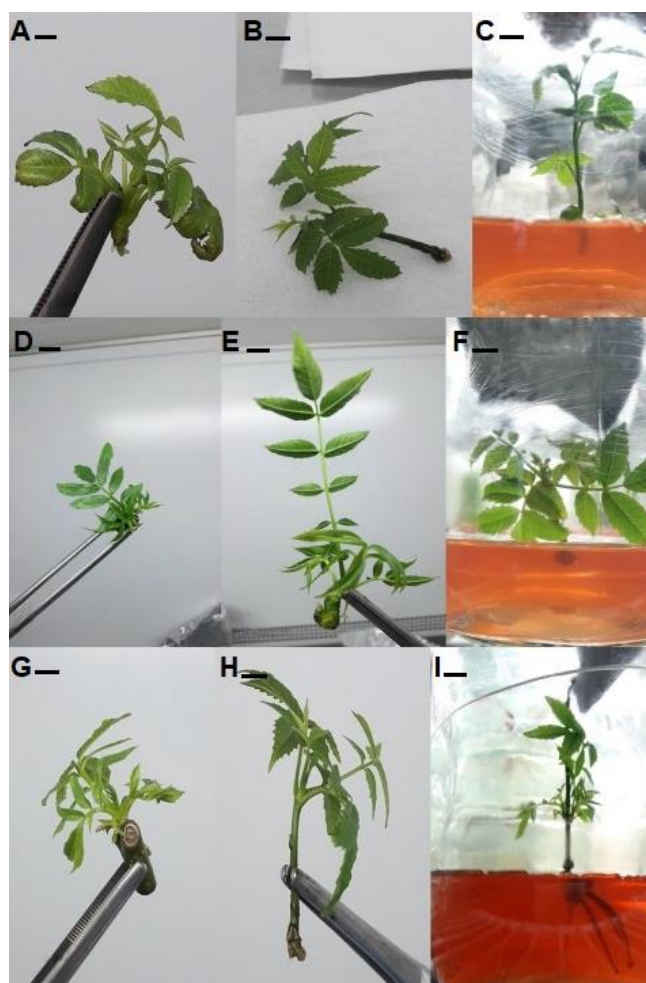
Tissues from woody plant species are somewhat challenging to grow and differentiate *in vitro* (Jain et al., 2012). The apical and lateral bud's explants (Onay, 2000; Rathore et al., 2004; Fidancı, 2005; Royandazagh, 2019) were transferred to an MS medium containing different concentrations and combinations of BAP, TDZ, NAA, and GA3. After 3×subcultures (63 days), the data were collected by testing the growth of the propagated shoots. Although the analysis of variance results showed significant differences among treatments, mean in terms of shoot induction per explant, shoot length, and the number of leaves per shoot, these analysis results showed no significant difference between species. The shoot propagation was noted on all explants regardless of their concentrations and combinations of BAP, TDZ, NAA, and GA3. The maximum number of shoot induction per explant was obtained as 2.93±0.90 on 4 number medium (MS medium containing 6.9 µM TDZ + 5.4 µM NAA + 0.6 µM GA3) in Vlach species. In terms of the longest shoots were obtained as 5.03±0.60 on 3 number medium (MS medium containing 9.1 µM TDZ + 5.4 µM NAA + 0.6 µM GA3 ) and the maximum number of leaves per shoot was obtained as 5.66±0.00 on 4 number medium (MS medium containing 6.9 µM BAP+ 5.4 µM NAA + 0.6 µM GA3) in Yalova species (Table 2 and Figure 2).

For shoot regeneration in walnuts, Al-Mizory and Mayi (2012) explained best results were obtained from the combination of nodal explants and 1 mg/L KIN + 2 mg/L BAP. On the other hand, Sekmen et al. (2017) has been indicated that the best micropropagation result is 45% shoot growth in DKW-C nutrient medium in which 1 mg/L GA3 + 0.5 mg/L IBA + 1 mg/L BAP and activated charcoal was added. According to recent studies, Mitrofanova et al. (2021) in clematis plants explained that most adventitious micro shoot regeneration without any morphological abnormalities was obtained on the medium supplemented with BAP or TDZ. The best shoot propagation was determined on 1-cm long segments with a single node and basal MS medium supplemented with 4.40 µM BAP or 6.0 µM TDZ.

**Table 2. Effects of different concentrations and combinations of PGRs on regeneration of shoots after 63 days of culture from apical and lateral buds of walnut species**

Medium Number (Table 1)	1	2	3	4**	5
<b>Number of shoot induction per explant</b>					
<b>Chandler</b>	1.60±0.20bc	1.00±0.00cd	2.50±0.42ab	2.90±0.80a	0.70±0.60d
<b>Yalova</b>	1.80±0.20bc	1.06±0.93dc	2.50±0.42ab	2.90±0.23a	0.90±0.23d
<b>Vlach</b>	1.50±0.30bc	1.30±0.30bc	2.33±0.60ab	2.93±0.90a←	0.70±0.56c
<b>Average shoot length</b>					
<b>Chandler</b>	3.11±0.20b	2.60±1.40b	5.03±0.60a←	4.22±1.20ab	0.90±0.60c
<b>Yalova</b>	1.80±0.85ab	1.11±0.20cb	1.60±0.21b	2.70±0.60a	0.60±0.21c
<b>Vlach</b>	1.40±0.40b	1.60±0.21b	1.70±0.34b	2.70±0.60a	0.51±0.90c
<b>Number of leaves per shoot</b>					
<b>Chandler</b>	2.70±0.58b	3.00±0.00b	3.00±0.00b	5.00±0.00a	2.00±0.00c
<b>Yalova</b>	3.00±0.00b	3.00±1.00b	4.00±0.00b	5.66±0.60a←	3.33±0.60b
<b>Vlach</b>	2.00±0.00b	3.00±1.00b	5.00±0.00a	4.66±0.60a	2.66±0.60b

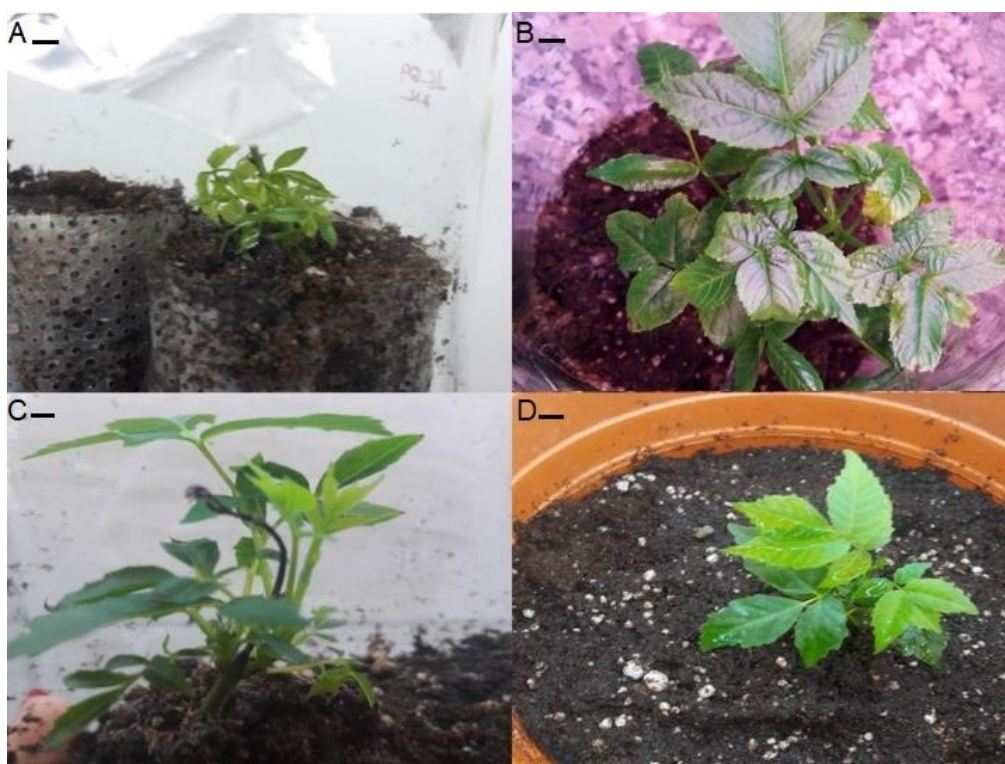
\*\*Means shown by different small letters in a single column are statistically different at 0.01 level of significance using Duncans multiple range test



**Figure 2. In vitro shoot regeneration from apical and lateral bud's explants of chandler (A) Single shoots elongated as a result of 3 subcultures of chandler (B) Yalova1 species (C) Vlach (D and E) Yalova1 species (H) Rooting of in vitro regenerated shoots using MS medium with 19.61µM of IBA and 348.42 µM of FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O in Yalova1(I). Scale bar =0.5 cm**

### 3.4. Rooting and acclimatization

In the propagation of woody plants, the rooting of shoots is often problematic. Rooting the obtained shoots is a time-consuming process. Survival of rooted microcuttings requires that the roots support the plant while new leaves and stems are produced during acclimatization (McClelland, 1990). Losses at this stage have vast economic consequences. Rooting of walnut shoots is more challenging and difficult than other woody plants (Ahuja, 2013). In this study, *in vitro* regenerated 6-8 cm long shoots in 3 species of walnut were transferred to DKW, MS, ½×MS medium basal medium (Saadat et al., 2002) with 4.90, 9.8, 14.7, and 19.6 µM IBA and 174.20 µM, 348.42 µM, 522.62 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. The first indications of rooting appeared after 2×subcultures (42 days) on MS medium containing 14.7 and 19.6 µM IBA and 348.42 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O with 10.33 rooted shoots obtained in 19.6 µM of IBA and 348.42 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O with an average 2.5 cm long roots, and six rooted shoots obtained in 14.7 µM of IBA and 348.42 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O with an average of 2.2 cm root length (Figure 3). DKW basal medium with 4.90, 9.8, 14.7, and 19.6 of IBA caused necrosis on the treated shoots. Prolonged culture of the shoot on MS and ½×MS medium with 4.90, 9.8, 14.7, 19.6 µM of IBA and 174.20 µM, 348.42 µM, 522.62 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O tended to induce callus formation that inhibited root growth.



**Figure 3.** *Yalova 1* sapling was transferred to pots in growth chamber (A and B) The saplings are ready for transfer to fields with profuse growth of leaves (C and D). Scale bar=1 cm

It was visible that this basal medium with different concentrations of IBA FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O was unsuitable for rooting. Only 6 rooted plantlets were acclimatized to external conditions after their transfer to pots. After 90 days, rooted plants were available for transfer to the field (Figure 3) (Table 3). These results were supported by Kepenek ve Kolağası (2016), who reported that they obtained the best rooting in walnut from a medium containing 5 mg L<sup>-1</sup> IBA. Tuan et al. (2016) defined the best root growth in different hybrid walnuts in the culture conditions of vermiculite + gelrite added to a DKW medium containing 12 µM IBA. Zarghami and Salari (2015) evaluated different IBA concentrations for rooting and reported that the medium containing 3 mg L<sup>-1</sup> IBA gave successful results in Chandler species. Licea-Moreno et al. (2015) substituting ethylenediaminetetraacetate ferric sodium (FeEDTA) with ethylenediamine di-2-hydroxy-phenyl acetate ferric (FeEDDHA) diminished chlorotic symptoms and significantly improved the rooting ability of all genotypes in walnut shoots, with up to 90 % micro shoots with viable developing roots using 6.81 mg L<sup>-1</sup> Fe<sub>3</sub><sup>+</sup>. Considering the results obtained from rooting of other plants, Sotiropoulos et al. (2006) described that explants of pear rootstock 'OHF 333' (*Pyrus communis* L.) supplied with 0.1 mM Fe in the form of (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> [Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>].6H<sub>2</sub>O had higher rooting percentage, as well as significantly more

number of roots. Trejgell et al. (2012) explained that treatment of *Carlina onopordifolia* shoots with IBA for 5 s (short pulse) and growing them on MS medium supplemented with FeEDTA, increased induction of roots per shoot that were significantly higher than the number of roots on medium containing FeEDDHA. Similarly, Zawadzka et al. (2009) investigated the dependence of *in vitro* rooting and acclimatization to greenhouse conditions on the source of iron used in the shoot multiplication and rooting medium using five raspberries (*Rubus idaeus* L.) cultivars ('Beskid', 'Canby', 'Malling Seedling', 'Norna' and 'Veten'). FeEDDHA in the rooting medium led to higher chlorophyll contents, earlier and more abundant rooting (8.7 vs. 5.3 roots per shoot), 30% higher fresh and dry weights, and thus higher quality micro plants than FeEDTA.

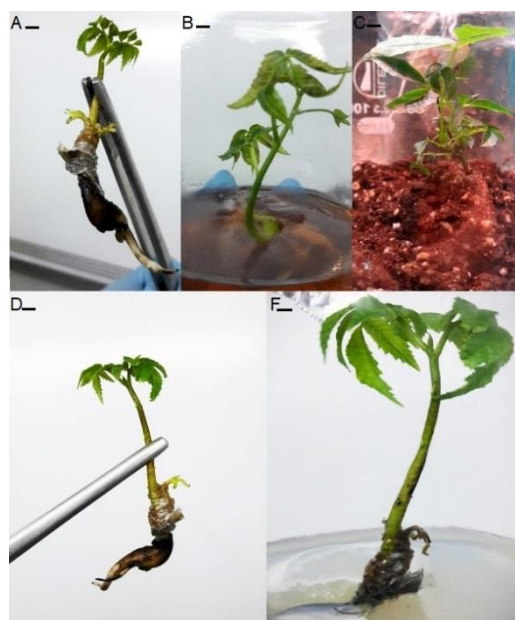
**Table 3. Effect of high dose of IBA, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O and nutrient medium on *in vitro* rooting number/ acclimatization of walnut shoots**

	IBA (μM)			IBA (μM)			IBA (μM)			IBA (μM)**		
	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O			FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O			FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O			FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		
	174.2	348.4	522.6	174.2	348.4	522.6	174.2	348.4	522.6	174.2	348.4	522.6
<b>MS medium</b>	-	-	-	-	-	-	-	6/0b	-	-	10.33/6a**	-
<b>½ MS medium</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DKW medium</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*\*Means shown by different small letters in a single line are statistically different at 0.01 level of significance using Duncans multiple range test

### 3.5. In Vitro Micrografting

*In vitro* micrografting is a technique consisting of an apex taken from a mother plant onto a decapitated young plant grown from a seedling under aseptic conditions or a micro-cutting obtained from *in vitro* micropropagation (Camas et al., 2014). As a result of this study, six seedlings of Vlach species were prepared after removed leaves and cotyledons. The seedlings were decapitated then a vertical cut of 0.5 cm was made from the apical end. Chandler species *in vitro* micropropagated shoots were used as a source of scions. *In vitro* grafting was performed by inserting the wedge-shaped end of scions into the vertical cut of rootstocks, and the grafted place was wrapped



**Figure 4. Micrografted sapling Vlach with *in vitro* micropropagation Chandler shoots (A) Successful micrografted sapling Vlach with *in vitro* micropropagation Chandler shoot MS medium with 19.6 μM of IBA and 348.42 μM of FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (B) Micrografted sapling transferred to pots in growth chamber (C) Micrografted sapling Vlach with *in vitro* micropropagation (D) Could not be survived micrografted sapling in 0MS medium (E). Scale bar=1 cm**



using sterilized transparent tape after grafting. Micrografting was performed by using the wedge technique. After the plants were cultured for 63 days (3×subculture) on MS basal medium with 4.90, 9.8, 14.7, and 19.6 µM IBA and 174.20 µM, 348.42 µM, 522.62 µM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O two micrografted plants in MS medium survived. No difficulties were observed during the formation of the micrografted plants (Figure 4).

Our findings are consistent with those of Koufan et al. (2020) seedlings of *Argania Spinosa* L. to half-strength Murashige and Skoog (½×MS) medium reinforced with 1 mg/L GA3 and 1 mg/L BAP resulted in the highest shoot and root lengths (2.05 and 5.73 cm, respectively). Scions were taken from axillary shoots developed *in vitro* from micro-cuttings of genotype G41. After two months of culture, 65-100% of the micrografted plants survived, explaining similar results in other plant species such as cashew (*Anacardium occidentale* L.). The remarkable growth of micro-scions was observed with hypocotyls rather than with epicotyls. Rooting of micrografted shoots of mature tree origin was poor (13.3%) because the shoots were only partially rejuvenated (Mnoney and Mantell, 2001).

#### 4. Conclusions

Based on the results, a challenging-to-generate species of walnut can be produced with the appropriate amount of FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, a high dosage of indole-3-butyric acid, a nutrient medium, and an established trial plan. Developing effective shoot propagation, rooting, acclimatization, and micrografting, using apical and lateral buds gave a chance to utilize biotechnological techniques with high potential outcomes for propagation in this plant. The effect is considerable and assigns admissible data on commercial and agricultural proliferation in walnut species. Expansion of this study intentionally may help in the multiplication of different species of walnuts with unlimited consistent and safe access throughout the year.

#### Acknowledgements

We would like to thank Assoc. Prof. Dr. Sefer DEMİRBAŞ (Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, and Department of Agricultural Biotechnology) for helping to supply of walnut saplings, this article was reproduced from the MSc Thesis of Tuba TÜREN

#### Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

#### Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

#### Authorship Contribution Statement

Concept: Şeyda SAVALAN; Design: Şeyda SAVALAN, Tuba TÜREN; Data Collection or Processing: Tuba TÜREN; Statistical Analyses: Şeyda SAVALAN, Tuba TÜREN; Literature Search: Tuba TÜREN, Elif Ceren PEHLİVAN; Writing, Review and Editing: Şeyda SAVALAN, Tuba TÜREN, Elif Ceren PEHLİVAN.

---

**References**

- Ahuja, M. R. (2013). Micropropagation of woody plants (Vol. 41). Springer Science Business Media, Netherlands.
- Al-Mizory, L. S. M. and Mayi, A. A. (2012). *In vitro* propagation of walnut (*Juglans Regia*) by nodal explants. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 665-670.
- Camas, R. U. S., Rivera-Solís, G., Duarte-Aké, F. and De-la-Peña, C. (2014). *In vitro* culture: an epigenetic challenge for plants. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 118: 187-201. <https://10.1007/s11240-014-0482-8>
- Chandra, S., Bandopadhyay, R., Kumar, V. and Chandra, R. (2010). Acclimatization of tissue cultured plantlets. from laboratory to land. *Biotechnology Letters*, 32: 1199-1205.
- Daneshvar, R. (2019). Efficient approaches to *in vitro* multiplication of *Lilium candidum* L. with consistent and safe access throughout year and acclimatization of plant under hot-summer Mediterranean (Csa Type) climate. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47: 734-742.
- Deb. C. R. and Imchen, T. (2010). An efficient *in vitro* hardening technique of tissue culture raised plants. *Biotechnology*, 9: 79-83.
- Dong, P., Lichai, Y., Qingming, W. and Ruisheng, G. (2007). Factors affecting rooting of *in vitro* shoots of walnut cultivars. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82: 223-226.
- Driver, J. A. and Kuniyuki, A. H. (1984). *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. *Horticultural Science*, 19: 507-509.
- Estrada-Luna, A. A., López-Peralta, C. and Cárdenas-Soriano, E. (2002). *In vitro* micrografting and the histology of graft union formation of selected species of prickly pear cactus (*Opuntia* Spp.). *Scientia Horticulturae*, 92: 317-327.
- Fidancı, A. (2005). Şebın ve K2 cevız çeşitlerin *in vitro*'da hızlı çoğaltılma tekniklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 34: 239-245.
- Gotea, R., Gotea, I., Radu, E. S. and Vahdat, K. (2012). *In vitro* propagation of several walnut cultivars. *Bull UASVM Horticulture*, 69: 167-171.
- Jain, S. M. and Ishii, K. (Eds.) (2012). Micropropagation of woody trees and fruits (Vol. 75). Springer Science Business Media, Netherlands.
- Jay-Allemand, C., Capelli, P. and Cornu, D. (1992). Root development of *in vitro* hybrid walnut microcuttings in a vermiculite-containing gelrite medium. *Scientia Horticulturae*, 51 (3-4): 335-342.
- Kefayeti, S., Kafkas, E. and Ercisli, S. (2019). Micropropagation of 'Chester thornless' blackberry cultivar using axillary bud explants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1): 162-168.
- Kepenek, K. and Kolağasi, Z. (2016). Micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Physica Polonica A.*, 130(1): 150-156.
- Khawar, K. M. and Özcan, S. (2002) High frequency shoot regeneration from cotyledonary node explants of different lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes and *in vitro* micrografting. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 16: 12-17.
- Koufan, M., Mazri, M. A., Essatte, A., Moussafir, S., Belkoura, I., El Rhaffari, L. and Toufik, I. (2020). A novel regeneration system through micrografting for *Argania Spinosa* (L.) skeels and confirmation of successful rootstock-scion union by histological analysis. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 142(2): 369-378.
- Land, S. B. and Cunningham, M. (1994) Rooted Cutting Macropropagation of Hardwoods, In Foster G, Diner AM, eds, Applications of Vegetative Propagation in Forestry, Proc of The Southern Regional Information Exchange Group Biennial Symposium On Forest Genetics, Southern Forest Experiment Station New Orleans, Louisiana pp. 75-96.
- Licea-Moreno, R. J., Contreras, A., Morales, A. V., Urban, I., Daquinta, M. and Gomez, L. (2015). Improved walnut mass micropropagation through the combined use of phloroglucinol and FeEDDHA. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 123(1): 143-154.
- Martinez. L. M., Labuckas, D. O., Lamarque, A. L. and Maestri, D. M. (2010). Walnut (*Juglans regia* L.): Genetic Resources, Chemistry, By-Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 1959-1967.
- McClelland, M. T., Smith, M. A. L. and Carothers, Z. B. (1990). The effects of *in vitro* and *ex vitro* root initiation on subsequent microcutting root quality in three woody plants. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 23: 115-123.
- Mcgranahan, G., Leslie, C. A. and Driver, J. A. (1988). *In vitro* propagation of mature Persian walnut cultivars. *Horticulture Science*, 23: 220.
- Mitrofanova, I., Ivanova, N., Kuzmina, T., Mitrofanova, O. and Zubkova, N. (2021). *In vitro* regeneration of clematis plants in the nikita botanical garden via somatic embryogenesis and organogenesis. *Frontiers in Plant Science*, 12: 1-18.
- Mnenez, E. E. and Mantell, S. H. (2001). *In vitro* micrografting of cashew. *Plant Cell, Tissue Organ Culture*, 66: 49-58.
- Murashige, T., Bitters, W. P., Rangan, T. S., Nauer, E. M., Roistachek, C. N. and Holliday, P. B. (1972). A technique of shoot apex grafting and its utilization towards recovering virus-free citrus clones. *Horticulture Science*, 7: 118-119.
- Onay, A. (2000) Micropropagation of pistachio from mature trees. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 60: 159-163.
- Paunović, S. M., Milić, R., Janković, D., Janković, S. and Mitrović, M. (2013). Effect of humisol on survival and growth of nursery grafted walnut (*Juglans regia* L.) plants. *Horticultural Science*, 40: 111-118.

- Pehlivan, E. C., Kunter, B. and Royandazagh, S. (2017) Choice of explant material and media for *in vitro* callus regeneration in Sultana grape cultivar (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, Spec Issue: 30-34.
- Rathore, J. S., Rathore, V., Shekhawat, N. S., Singh, R. P., Liler, G., Phulwaria, M. and Dagla, H. R. (2004). Plant Biotechnology and Molecular Markers, In A Narula, S Srivastava, eds, Micropropagation of Woody Plants, Anamaya Publishers, New Delhi, India, pp 195-205.
- Ribeiro, H., Ribeiro, A., Pires, R., Cruz, J., Cardoso, H., Barroso, J. M. and Peixe, A. (2022). *Ex vitro* rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock 'Paradox' (*Juglans hindsii* × *Juglans regia*) cl. 'Vlach'. *Agronomy*, 12: 595.
- Ribeiro, L. M., Nery, L. A., Vieira, L. M. and Mercadante-Simões, M. O. (2015). Histological study of micrografting in passion fruit. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 123: 173-181.
- Rodriguez, R. (1982a). Callus initiation and root formation from *in vitro* culture of walnut cotyledons. *Horticultural Science*, 17: 195-196.
- Rodriguez, R. (1982b). Stimulation of multiple shoot-bud in walnut seeds. *Horticultural Science*, 17: 92.
- Rodriguez, R. and Sanchez-Tames, R. (1981). Cultivo detejitos y differentiation en nogal. *Revista de la Facultad de Ciencias Universidad de Oviedo Ser Biología*, 22: 21-28.
- Royandazagh, D. S. (2019). Potential of flow cytometry in sex determination and *in vitro* micropropagation of *Laurus nobilis* L. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17: 5953-5964.
- Royandazagh, S. D. and Pehlivan, E. C. (2016). In vitro Micropropagation of *Lilium candidum* L. and alkaloids. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 13(3): 100-110.
- Saadat, Y. A. and Hennerty, M. J. (2002). Factors affecting the shoot multiplication of Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Scientia Horticulturae*, 95: 251-260.
- Sammona, O. S., Abde Elhamid, N. A. and Samaan, M. S. F. (2018). Effect of some factors on the micropropagation and micrografting of some grape rootstocks *in vitro*. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26: 133-146.
- Scaltsoyiannes, A., Tsoulpha, P., Panetsos, K. P. and Moulalis, D. (1997). Effect of genotype on micropropagation of walnut trees (*Juglans regia*). *Silvae Genetica*, 46: 326-332.
- Sekmen, Ş., Sesli, Y. and Sarisu, H.C. (2017). Establishing *in vitro* Propagation Protocol for Chandler Walnut Cultivar. *Bahçe*, 46: 169-174.
- Sotiropoulos, T. E., Almaliotis, D., Papadakis, I., Dimassi, K. N. and Therios, I. N. (2006) Effects of different iron sources and concentrations on *in vitro* multiplication, rooting and nutritional status of the pear rootstock 'OHF 333'. *European Journal of Horticultural Science*, 71 (5): 222-226.
- Trejgell, A., Libront, I. and Tretyn, A. (2012). The effect of Fe-EDDHA on shoot multiplication and *in vitro* rooting of *Carlina onopordifolia* Besser. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34: 2051-2055.
- Tsutsui, H. and Notaguchi, M. (2017). The use of grafting to study systemic signaling in plants. *Plant and Cell Physiology*, 58: 1291-1301.
- Tuan, P. E., Meier-Dinkel, A., Holtken, A. M., Wenzlitschke, I. and Winkelmann, T. (2016). Paving the way for large-scale micropropagation of *juglans* × *intermedia* using genetically identified hybrid seed. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 126: 153-166.
- Xiaoying, M., Yufei, H. and Guogang, C. (2014). Amino acid composition, molecular weight distribution and gel electrophoresis of walnut (*Juglans regia* L.) proteins and protein fractionations. *International Journal of Molecular Sciences*, 15:2003-2014.
- Yulan, F., Feng, G. and Wie, W. (2003). Sterilization of *Carya illinoensis* explants in tissue culture. *Journal of Anhui Agricultural University*, 31: 169-172.
- Zarghami, R. and Salari, A. (2015). Effect of different hormonal treatments on proliferation and rooting of three persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 18: 260-266.
- Zawadzka, M. and Orlikowska, T. (2009). Influence of FeEDDHA on *in vitro* rooting and acclimatization of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) in peat and vermiculite. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84: 599-603.

## Effects of Nettle (*Urtica dioica*) Extract on Versus Pathogenic Microorganisms in Yogurt Production


Yoğurt Üretiminde Isırgan Otu (*Urtica dioica*) Ekstraktının Patojenik Mikroorganizmalara Karşı Etkileri

Barış GÜLHAN<sup>1</sup>, Filiz YANGILAR<sup>2\*</sup>

### Abstract

Contamination with pathogenic bacteria is the most common cause of foodborne illness and represents a public health problem worldwide. These pathogens can be controlled by adding extracts to fermented milk. In the present study, the effects of nettle extract on selected pathogenic bacteria in yogurt production were investigated. For this purpose, the antibacterial effectiveness of the extract additives in the presence of bacteria was examined and compared. Yoghurt samples, 24 different samples contaminated with 7 standard pathogen strains, were analyzed for chemical properties (pH and acidity) and antimicrobial activity after 1, 7, 14 and 21 days of storage at 4 °C. In particular, it was found that the decrease in pH and increase in acidity in the nettle extract samples after 21 days were significantly greater than in natural yogurt and yogurt samples containing nettle extract (0.5% and 1%, respectively) ( $p<0.05$ ). Pathogens were reduced more significantly in samples treated with nettle extracts, which have antibacterial activity against pathogens. In particular, compared to natural yogurt, these samples showed significant antibacterial effects on the standard strains *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 ( $p<0.01$ ). Furthermore, in the samples containing nettle extract, the 1% concentration had synergistic effects on *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, while the 0.5% concentration had synergistic effects on *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Overall, these results suggest that the nettle extract could be used as a natural preservative to improve the safety of yogurt and other dairy products.

**Keywords:** Antimicrobial activity, Physicochemical properties, Nettle extract, Yogurt

<sup>1</sup>Barış Gülhan, Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Erzincan, Türkiye. E-mail: [bgulhan@erzincan.edu.tr](mailto:bgulhan@erzincan.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-2605-1282

<sup>2\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Filiz Yangılar, Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Erzincan, Türkiye. E-mail: [f.yangilar@hotmail.com](mailto:f.yangilar@hotmail.com)  ORCID: 0000-0001-6447-2419

Atf: Gülhan, B., Yangılar F. (2024). Yoğurt üretiminde ısırgan otu (*Urtica dioica*) ekstraktının patojenik mikroorganizmalara karşı etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 759-770.

Citation: Gülhan, B., Yangılar F. (2024). Effects of nettle (*Urtica dioica*) extract on versus pathogenic microorganisms in yogurt production. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 759-770.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Patojenik bakteri kontaminasyonu, küresel bir halk sağlığı sorunu olan gıda kaynaklı hastalıkların önde gelen nedenleri arasında yer almaktadır. Bu patojen mikroorganizmalar fermente süt üretiminde kullanılan ısırgan otu ekstraktları ile kontrol altına alınabilir. Bu çalışmada ısırgan otu (*Urtica dioica*) ekstraktının yoğurt üretiminde seçilmiş patojen bakteriler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla bakterilerin bulunduğu ortamda ekstrakt takviyelerinin antibakteriyel etkinliği araştırılmış ve karşılaştırmaları yapılmıştır. 24 farklı yoğurt örneği 7 standart patojen suşla kontamine edildikten sonra kimyasal özellikleri (pH ve asitlik) ile antimikrobiyal aktiviteleri açısından 4°C depolama sıcaklığında ve 1., 7., 14. ve 21. depolama günlerinde analiz edilmiştir. Özellikle ısırgan otu ekstraktlı örneklerde pH değerlerinde azalma ve asitlik değerlerindeki artışın, kontrol yoğurdu ile ısırgan otu ekstraktı içeren (%0.5 ve %1) örnekler arasındaki karşılaştırmaya göre 21 gün boyunca istatistiksel olarak daha anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Patojenlere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olan ısırgan otu ekstraktları ile muamele edilen örneklerde patojenlerin daha belirgin şekilde azaldığı saptanmıştır. Özellikle bu örneklerden *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 standart suşları ile hazırlananların kontrol yoğurtla karşılaştırıldığında anlamlı antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir ( $p < 0.01$ ). Ayrıca ısırgan otu ekstraktı içeren örnekler arasında %1'lik konsantrasyon *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615'e karşı daha iyi bir etki gösterirken, %0.5'lik konsantrasyon hem *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063 hem de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853'e karşı daha fazla etki sağladığı belirlenmiştir. Genel olarak araştırma bulguları ısırgan otu ekstraktının yoğurt ve diğer süt ürünlerinin güvenliğini arttırmak için doğal bir koruyucu madde olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antimikrobiyal aktivite, Fizikokimyasal özellikler, ısırgan otu ekstraktı, Yoğurt

## 1. Introduction

Yogurt is a popular fermented dairy product known for its nutritional value, digestibility, and health benefits (Nguyen et al., 2017; Demirci and Gürbüz, 2023). For several years, yogurt has been enriched with certain vegetable and fruit preparations as well as some plant extracts (Hussein et al., 2011; Balthazar et al., 2015; Gahruie et al., 2015; Oliveira et al., 2015; Parsa et al., 2015; Bansal et al., 2016; Kiros et al., 2016). Moreover, according to related research, eating yogurt represents a good way to ensure the appropriate daily intake of some bioactive compounds known to prevent diseases and exert positive health benefits (Hashemi et al., 2016). Historically, humans have utilized medicinal herbs to heal various ailments in accordance with traditional practices. In fact, despite advances in modern treatment protocols, some bioactive compounds are still used for supportive therapy. In this regard, prior studies have revealed the critical role of many plant-derived substances in alleviating pain (Calixto et al., 2000; Dhouibi et al., 2020). For instance, *Urtica dioica* L. (Urticaceae), a medicinal herb commonly known as nettle or soi' in Kashmiri, which grows around the geographical coordinates of 34° 02' N-75° 20' E at 1075.5 mm annual precipitation and 2400 m above sea level, and is used for treating allergies, kidney stones, burns, anaemia, rash, internal bleeding, diabetes, etc. In addition, previous studies have shown that the substances found in nettle exhibit anticarcinogenic, anti-inflammatory, antiviral, and antioxidant effects, with flavonoid glycosides also serving to strengthen the immune system (Singh et al., 2012).

Due to being rich in various minerals, vitamins, ascorbic acids, essential amino acids, and oils, nettle can play a crucial role in human nutrition (Tekin, 2018). Indeed, studies have shown that *U. dioica* powder contains three times more protein than traditional grains such as rice, wheat, or barley (Rutto et al., 2013; Adhikari et al., 2016). Moreover, due to its high calcium (169 mg/100 g) and iron (277 mg/100 g) contents, *U. dioica* represents a good source of mineral components such as potassium, phosphorus, magnesium, sodium, and zinc. It also contains fewer carbohydrates (37.4%) than wheat and barley, which indicates that it has a lower glycaemic index when compared with certain other plant foods, such as cereals and potatoes (Adhikari et al., 2016; Esposito et al., 2019). In addition, nettle has been proven to exert antibacterial, antifungal, antiviral, and antioxidative effects (Gülçin et al., 2004; Jyoti et al., 2016). Furthermore, the phenolic compounds found in nettle extract can prevent food spoilage by inhibiting various microorganisms (Grauso et al., 2020). In this study, the action of mechanisms of nettle extract, which has strong antimicrobial activity, on yogurt samples contaminated with pathogenic microorganisms were investigated. Specifically, we analysed the antibacterial activity of different concentrations of *U. dioica* extract (0.5% and 1%) against *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, *Escherichia coli* ATCC 25292, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076 on days 1., 7., 14., and 21. of storage.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Materials

The nettle herbs used in this study were collected from the village of Büyük Çakırman (formerly known as Vank) in Erzincan, Turkey, in May 2021. The yogurt was produced at the Balacan™ Milk and Dairy Products Factory in Erzincan.

### 2.2. Preparation of the Nettle Extract

The nettle samples were collected, washed, left to dry in the shade, and then ground into powder. The extract was prepared according to the method described by Flórez et al. (2022). Briefly put, the dried leaves were extracted using 95% ethanol (Merck, Darmstadt, Germany). The extract was then stored at 4°C for 2 days before being filtered through a 45 µm membrane filter (Pall Corporation, Puerto Rico). Finally, the extract was separated from the solvent using an evaporator and transferred into dark glass bottles for storage at -20°C until required for yogurt production.

### 2.3. Yogurt Preparation and Contamination

Cow's milk (14% dry matter, 3.8% fat, pH of 6.65) was used to produce the yogurt. The milk was pasteurized at 85°C for 30 minutes and then cooled to 45°C. Yogurt starter culture (Mayasan®, Istanbul, Turkey) was added at a 2% (h/h) concentration (Tamime and Robinson, 1985). Six different yogurt products were produced: control,

0.5% nettle extract, 1% nettle extract, control with a pathogen, 0.5% nettle extract with a pathogen, and 1% nettle extract with a pathogen. The sensory acceptability of concentrations of the nettle extracts used in yogurt has been previously reported (Yangilar and Gülhan, 2021). Specifically, sensory evaluations have shown that 1% and 2% nettle powder can be used in yogurt production, which informed the decision to use 0.5% and 1% concentrations, respectively, in the present study. The samples were all stored in a refrigerator at 4°C. Table 1 below shows the yogurt sample groups and codes.

**Table 1. The experimental yogurt formulations and codes**

Yogurt code	Yogurt contain
C	Control
C <sub>0.5</sub>	0.5% nettle extract
C <sub>1</sub>	1% nettle extract
P <sub>1</sub> C	Control + <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213
P <sub>2</sub> C	Control + <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212
P <sub>3</sub> C	Control + <i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 45615
P <sub>4</sub> C	Control + <i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70063
P <sub>5</sub> C	Control + <i>Escherichia coli</i> ATCC 25292
P <sub>6</sub> C	Control + <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853
P <sub>7</sub> C	Control + <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Enteritidis ATCC 13076
P <sub>1</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213
P <sub>2</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212
P <sub>3</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 45615
P <sub>4</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70063
P <sub>5</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Escherichia coli</i> ATCC 25292
P <sub>6</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853
P <sub>7</sub> 0.5	0.5% nettle extract + <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Enteritidis ATCC 13076
P <sub>1</sub> 1	1% nettle extract + <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213
P <sub>2</sub> 1	1% nettle extract + <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212
P <sub>3</sub> 1	1% nettle extract + <i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 45615
P <sub>4</sub> 1	1% nettle extract + <i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70063
P <sub>5</sub> 1	1% nettle extract + <i>Escherichia coli</i> ATCC 25292
P <sub>6</sub> 1	1% nettle extract + <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853
P <sub>7</sub> 1	1% nettle extract + <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Enteritidis ATCC 13076

#### 2.4. Microorganisms, Culture, Antibacterial Activity

The bacterial strains were obtained from the microbiology laboratory at Mengücek Gazi Training Hospital. We analysed the antimicrobial activity of the plain samples and those with nettle extract against *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, *Escherichia coli* ATCC 25292, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076. We passaged the standard strains in blood culture media with 5% sheep blood (bioMerieux, France). We then inoculated brain heart infusion broth (bioMerieux, France) from fresh passages into these media and finished the preparation with a DensiCHEK™ Plus densitometer (bioMerieux, France) using the 0.5 McFarland standard ( $1.5 \times 10^8$  microorganisms cfu/mL). The standard solutions were prepared separately for each bacterium. We added 1 mL of each solution to the three sample groups with pathogens, with a starter culture. It was passaged 10 µL of all the yogurt samples into blood culture media with 5% sheep blood (bioMerieux, France) on days 1, 7, 14, and 21 and recorded the growth of the pathogenic microorganisms. The number of pathogenic microorganisms per millilitre was evaluated and recorded.

#### 2.5. Physicochemical Analysis

The pH and titratable acidity of the yogurt samples were analysed on days 1, 7, 14, and 21. We measured the pH using a pH meter (Eutech PH 150 Model) (Eutech Instruments, Singapore) according to Method No. 981.12 of AOAC (Feldsine et al., 2002). Titratable acidity (lactic acid, %) was measured as described by Kurt et al. (2012).

## 2.6. Statistical Analysis

For the data analysis, we conducted one-way analysis of variance (ANOVA) using IBM SPSS Statistics 22.0 software (SPSS Inc., USA).

## 3. Results and Discussion

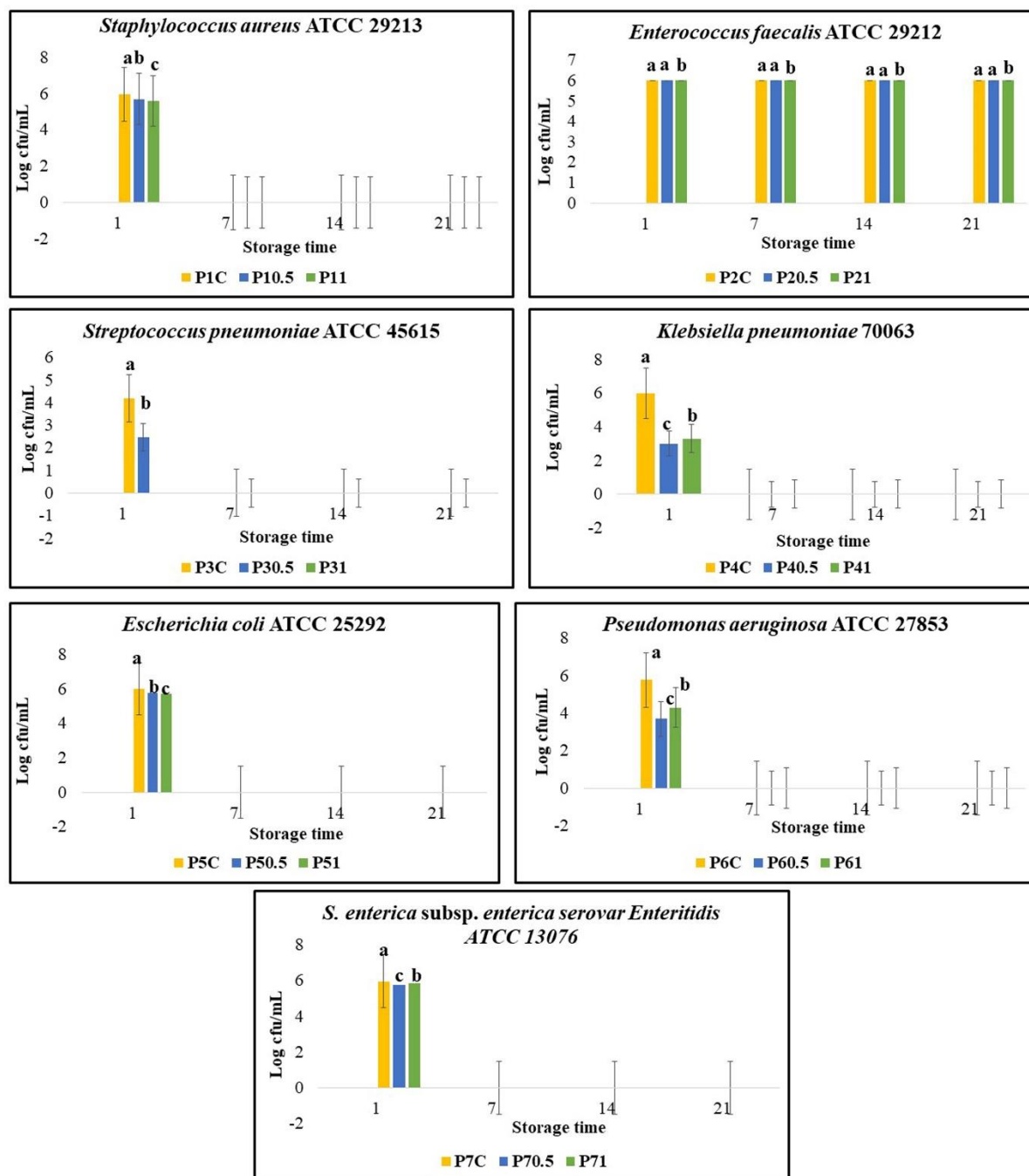
Gülhan and Yanglar (2022) in their study “Determination of the antibacterial activities of stinging nettle (*Urtica dioica*) ethanol extract at different bacterial concentrations”, reported MIC and MBC values were determined for different concentrations of the extract obtained from the leaves of nettles, starting from 3 mg/mL, which were prepared with serial dilutions of  $1.5 \times 10^7$ ,  $1.5 \times 10^6$ ,  $1.5 \times 10^5$  and  $1.5 \times 10^4$  cfu/mL at four different concentrations for pathogen standard bacterial strains. Considering the positive effect of nettle extract on pathogenic microorganisms, this study was designed to determine the underlying mechanisms of action on yogurt pathogens, which are common. Table 2 show the results of the pH and acidity values of the yogurt samples during storage, respectively. We found statistically significant changes in pH between the samples ( $p < 0.01$ ). The pH values of the study samples decreased throughout the storage period. Furthermore, the plain and nettle extract control samples had lower pH values, which decreased at higher concentrations. Here, we observed fluctuations in acidity based on the extract concentration and overall increase in acidity over longer storage periods. We determined no pathogenic microorganism growth in the plain or extract yogurt samples without pathogens. Figure 1 show the statistical analysis of the growth status of the microorganisms in the plain and extract yogurt samples contaminated with ATCC strains on days 1, 7, 14, and 21.

**Table 2 pH and titratable acidity values of yogurt samples during storage**

Samples	pH				Titratable acidity (%)			
	1st day	7th day	14th day	21th day	1st day	7th day	14th day	21th day
C	4.31±0.01 <sup>bc,A</sup>	4.20±0.00 <sup>a,B</sup>	4.16±0.00 <sup>a,C</sup>	4.08±0.00 <sup>a,D</sup>	1.17±0.00 <sup>a-e,B</sup>	1.28±0.00 <sup>a-c,A</sup>	1.31±0.00 <sup>c-l,A</sup>	1.35±0.00 <sup>b-g,A</sup>
C <sub>0.5</sub>	4.32±0.00 <sup>ab,A</sup>	4.15±0.01 <sup>b,B</sup>	4.12±0.01 <sup>b,C</sup>	4.02±0.00 <sup>b,D</sup>	1.15±0.00 <sup>a-f,B</sup>	1.33±0.00 <sup>a,A</sup>	1.34±0.02 <sup>a-g,A</sup>	1.36±0.01 <sup>a-f,A</sup>
C <sub>1</sub>	4.30±0.00 <sup>bc,A</sup>	4.13±0.01 <sup>bc,B</sup>	4.09±0.01 <sup>c,C</sup>	3.97±0.00 <sup>c,D</sup>	1.17±0.00 <sup>a-e,D</sup>	1.33±0.00 <sup>a,C</sup>	1.39±0.00 <sup>a-c,B</sup>	1.40±0.01 <sup>ab,A</sup>
P <sub>1</sub> C	4.34±0.01 <sup>ab,A</sup>	4.13±0.01 <sup>cd,B</sup>	4.11±0.00 <sup>c,C</sup>	4.05±0.00 <sup>c,D</sup>	1.06±0.02 <sup>g-h,C</sup>	1.34±0.00 <sup>e-f,B</sup>	1.19±0.01 <sup>m,B</sup>	1.27±0.02 <sup>l,A</sup>
P <sub>2</sub> C	4.29±0.01 <sup>b-d,A</sup>	4.11±0.01 <sup>cd,B</sup>	4.11±0.00 <sup>c,B</sup>	4.05±0.00 <sup>c,C</sup>	1.10±0.01 <sup>d-h,C</sup>	1.17±0.00 <sup>e-f,B</sup>	1.20±0.01 <sup>l-m,B</sup>	1.28±0.02 <sup>b-i,A</sup>
P <sub>3</sub> C	4.36±0.01 <sup>a,A</sup>	4.12±0.01 <sup>cd,B</sup>	4.10±0.00 <sup>d,C</sup>	4.00±0.00 <sup>d,D</sup>	1.11±0.00 <sup>d-g,B</sup>	1.17±0.00 <sup>b-e,A</sup>	1.27±0.02 <sup>h-ll,A</sup>	1.30±0.02 <sup>g-i,A</sup>
P <sub>4</sub> C	4.26±0.01 <sup>c-e,A</sup>	4.09±0.01 <sup>de,B</sup>	4.04±0.00 <sup>i,C</sup>	3.97±0.00 <sup>j,D</sup>	1.02±0.02 <sup>h,B</sup>	1.24±0.01 <sup>b-e,A</sup>	1.24±0.06 <sup>lm,A</sup>	1.30±0.00 <sup>g-i,A</sup>
P <sub>5</sub> C	4.22±0.01 <sup>e-g,A</sup>	4.10±0.00 <sup>de,B</sup>	4.06±0.00 <sup>i,C</sup>	3.99±0.00 <sup>i,D</sup>	1.14±0.01 <sup>b-g,B</sup>	1.28±0.02 <sup>a-c,A</sup>	1.31±0.04 <sup>d-h,A</sup>	1.33±0.02 <sup>d-h,A</sup>
P <sub>6</sub> C	4.24±0.01 <sup>d-f,A</sup>	4.08±0.01 <sup>d-f,B</sup>	4.07±0.00 <sup>h,C</sup>	4.00±0.00 <sup>h,D</sup>	1.08±0.09 <sup>f-h,B</sup>	1.24±0.09 <sup>b-e,AB</sup>	1.30±0.00 <sup>f-i,A</sup>	1.32±0.02 <sup>f-i,A</sup>
P <sub>7</sub> C	4.25±0.01 <sup>b-d,A</sup>	4.15±0.01 <sup>b,B</sup>	4.10±0.00 <sup>d,C</sup>	3.98±0.00 <sup>d,D</sup>	1.07±0.01 <sup>f-h,D</sup>	1.15±0.02 <sup>f,C</sup>	1.22±0.02 <sup>k-m,B</sup>	1.33±0.02 <sup>d-h,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>0.5</sub>	4.16±0.00 <sup>b-i,A</sup>	4.06±0.00 <sup>f-h,B</sup>	4.16±0.00 <sup>a,A</sup>	3.95±0.00 <sup>a,C</sup>	1.23±0.02 <sup>a,A</sup>	1.29±0.00 <sup>ab,B</sup>	1.33±0.01 <sup>b-h,B</sup>	1.41±0.01 <sup>a,A</sup>
P <sub>2</sub> <sub>0.5</sub>	4.14±0.01 <sup>b-j,A</sup>	4.04±0.01 <sup>g-j,C</sup>	4.07±0.00 <sup>b,B</sup>	3.93±0.00 <sup>h,D</sup>	1.19±0.01 <sup>a-c,D</sup>	1.24±0.00 <sup>b-d,C</sup>	1.29±0.01 <sup>f-j,B</sup>	1.34±0.01 <sup>c-g,A</sup>
P <sub>3</sub> <sub>0.5</sub>	4.05±0.07 <sup>l,A</sup>	4.01±0.01 <sup>kl,AB</sup>	4.00±0.00 <sup>m,AB</sup>	3.91±0.00 <sup>m,B</sup>	1.15±0.02 <sup>a-f,B</sup>	1.29±0.00 <sup>ab,A</sup>	1.35±0.05 <sup>a-g,A</sup>	1.36±0.02 <sup>a-f,A</sup>
P <sub>4</sub> <sub>0.5</sub>	4.07±0.07 <sup>k-l,A</sup>	4.00±0.01 <sup>kl,B</sup>	4.00±0.00 <sup>m,C</sup>	3.89±0.00 <sup>m,C</sup>	1.21±0.04 <sup>ab,B</sup>	1.30±0.00 <sup>ab,A</sup>	1.32±0.01 <sup>c-h,A</sup>	1.36±0.02 <sup>a-f,A</sup>
P <sub>5</sub> <sub>0.5</sub>	4.06±0.01 <sup>l,A</sup>	3.98±0.01 <sup>l,B</sup>	3.98±0.00 <sup>n,C</sup>	3.86±0.00 <sup>n,C</sup>	1.19±0.02 <sup>a-c,C</sup>	1.32±0.01 <sup>a,B</sup>	1.38±0.01 <sup>a-d,A</sup>	1.40±0.01 <sup>ab,A</sup>
P <sub>6</sub> <sub>0.5</sub>	4.16±0.01 <sup>b-i,A</sup>	4.01±0.01 <sup>jk,B</sup>	4.01±0.00 <sup>l,A</sup>	3.86±0.00 <sup>l,A</sup>	1.17±0.05 <sup>a-e,B</sup>	1.24±0.01 <sup>b-e,B</sup>	1.40±0.00 <sup>ab,A</sup>	1.41±0.02 <sup>a,A</sup>
P <sub>7</sub> <sub>0.5</sub>	4.12±0.04 <sup>+k,A</sup>	4.05±0.01 <sup>fi,C</sup>	4.09±0.00 <sup>f,B</sup>	3.91±0.00 <sup>f,D</sup>	1.11±0.02 <sup>c-g,B</sup>	1.33±0.02 <sup>a,A</sup>	1.40±0.04 <sup>a,A</sup>	1.39±0.01 <sup>a-c,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>1</sub>	4.21±0.01 <sup>e-g,A</sup>	4.07±0.01 <sup>e-g,B</sup>	4.08±0.00 <sup>g,B</sup>	3.97±0.00 <sup>g,C</sup>	1.10±0.01 <sup>d-h,C</sup>	1.24±0.01 <sup>b-e,B</sup>	1.23±0.03 <sup>lm,B</sup>	1.32±0.02 <sup>c-i,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>2</sub>	4.19±0.07 <sup>f-h,B</sup>	4.05±0.04 <sup>f-i,B</sup>	4.07±0.00 <sup>h,B</sup>	4.01±0.00 <sup>h,A</sup>	1.09±0.08 <sup>e-h,B</sup>	1.19±0.04 <sup>d-f,AB</sup>	1.24±0.01 <sup>i-m,A</sup>	1.32±0.02 <sup>f-i,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>3</sub>	4.19±0.01 <sup>g-h,A</sup>	4.03±0.00 <sup>h-k,B</sup>	4.01±0.00 <sup>m,BC</sup>	3.92±0.00 <sup>m,C</sup>	1.14±0.01 <sup>b-g,C</sup>	1.23±0.02 <sup>b-e,B</sup>	1.28±0.01 <sup>g-k,AB</sup>	1.33±0.02 <sup>d-h,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>4</sub>	4.09±0.01 <sup>j-l,A</sup>	4.02±0.00 <sup>+k,B</sup>	3.97±0.00 <sup>o,C</sup>	3.90±0.00 <sup>o,D</sup>	1.15±0.02 <sup>a-f,C</sup>	1.22±0.00 <sup>c-e,B</sup>	1.20±0.01 <sup>i-m,B</sup>	1.31±0.02 <sup>f-i,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>5</sub>	4.12±0.01 <sup>+k,A</sup>	4.03±0.00 <sup>+k,B</sup>	4.03±0.00 <sup>k,B</sup>	3.88±0.00 <sup>k,C</sup>	1.18±0.01 <sup>a-d,B</sup>	1.31±0.00 <sup>a,A</sup>	1.34±0.01 <sup>a-g,A</sup>	1.38±0.01 <sup>a-d,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>6</sub>	4.15±0.01 <sup>b-i,A</sup>	4.03±0.00 <sup>+k,B</sup>	3.98±0.00 <sup>n,C</sup>	3.86±0.00 <sup>n,D</sup>	1.11±0.02 <sup>c-g,C</sup>	1.20±0.00 <sup>d-f,B</sup>	1.36±0.01 <sup>a-f,A</sup>	1.38±0.05 <sup>a-e,A</sup>
P <sub>1</sub> <sub>7</sub>	4.26±0.01 <sup>b-d,A</sup>	4.00±0.00 <sup>kl,C</sup>	4.03±0.00 <sup>k,B</sup>	3.89±0.00 <sup>k,D</sup>	1.08±0.02 <sup>f-h,C</sup>	1.23±0.02 <sup>b-e,B</sup>	1.37±0.07 <sup>a-e,A</sup>	1.37±0.02 <sup>a-f,A</sup>

<sup>a-o</sup>Means followed by different letters in the same column are significantly different ( $*p < 0.05$ ); <sup>A-D</sup>Means followed by different capital letters in the same row are significantly different ( $*p < 0.05$ ). C: control; C<sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract; C<sub>1</sub>: 1% nettle extract; P<sub>1</sub>C: Control+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>2</sub>C: Control+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>3</sub>C: Control+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>4</sub>C: Control+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>5</sub>C: Control+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>6</sub>C: Control+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>7</sub>C: Control+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076; P<sub>1</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>2</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>3</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>4</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract + *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>5</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>6</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>7</sub><sub>0.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076; P<sub>1</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>2</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>3</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>4</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>5</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>6</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>7</sub><sub>1</sub>: 1% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076





**Figure 1.** Antibacterial effects of the pathogen in control yogurt and supplemented with 0.5% or 1% nettle extract during storage.

P<sub>1</sub>C: Control+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>2</sub>C: Control+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>3</sub>C: Control+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>4</sub>C: Control+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>5</sub>C: Control+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>6</sub>C: Control+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>7</sub>C: Control+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enteritidis* ATCC 13076; P<sub>10.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>20.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>30.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>40.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>50.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>60.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>70.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enteritidis* ATCC 13076; P<sub>11</sub>: 1% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>21</sub>: 1% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>31</sub>: 1% nettle extract+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>41</sub>: 1% nettle extract+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>51</sub>: 1% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>61</sub>: 1% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>71</sub>: 1% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enteritidis* ATCC 13076

On day 1, for the control samples containing pathogenic microorganisms, we detected growths of 5.95, 6, 4.20, 6, 6, 5.77 and 5.95 log cfu/mL for *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212,

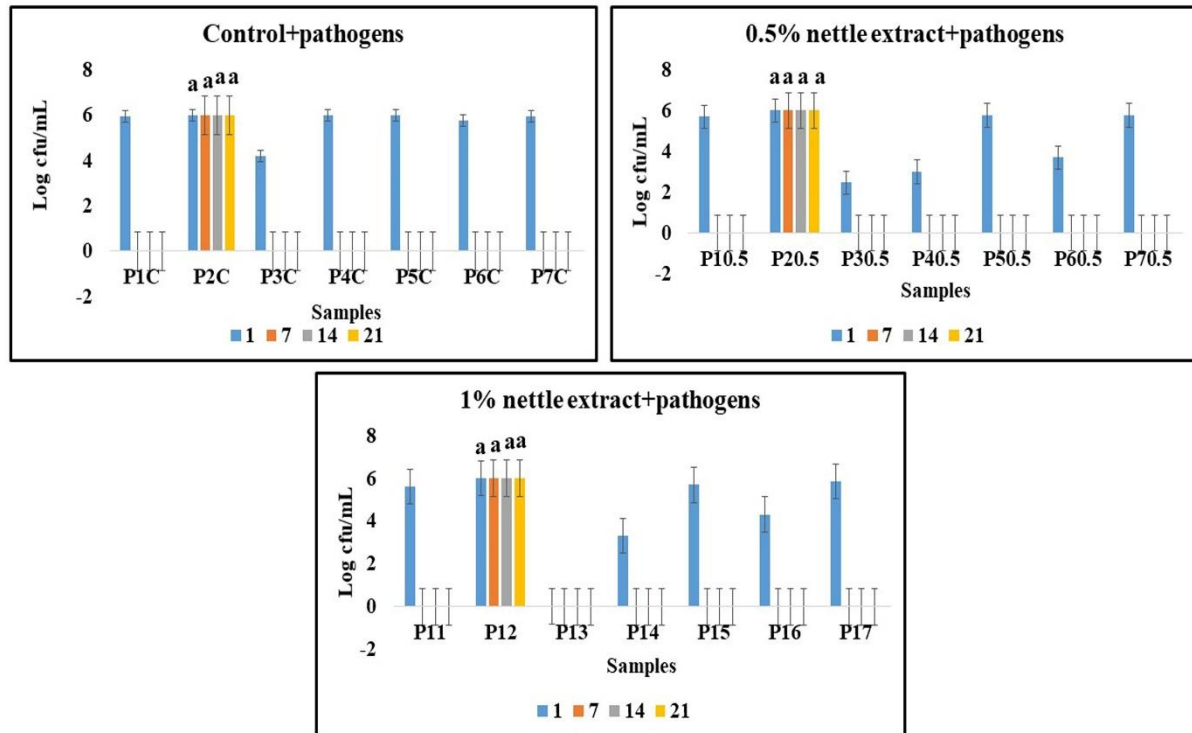
*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, *Escherichia coli* ATCC 25292, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC13076, respectively. On day 1 for the extract samples with pathogenic microorganisms, all the pathogenic microorganisms showed intense growth, except for *S. pneumoniae* in the 1% nettle extract sample. Additionally, *S. pneumoniae* showed less growth in the control samples than in the other microorganisms at 4.20 log cfu/mL.

For the 0.5% nettle extract samples with pathogens, decreased growth was observed for all the strains, except for *E. faecalis* ATCC 29212, compared to that of the control sample with pathogens. The lack of change in the growth rate of *E. faecalis* is attributed to the fact that this bacterium is particularly resistant to external environmental conditions. These samples showed 2.47, 3 and 3.69 log cfu/mL growths for *S. pneumoniae*, *K. pneumoniae*, and *P. aeruginosa*, respectively, with a statistically significant decrease in these strains ( $p < 0.05$ ). The *S. aureus*, *E. coli*, and *S. enterica* strains also exhibited lower growth than the control sample, at 5.69, 5.77 and 5.77 log cfu/mL, respectively ( $p < 0.05$ ). For the 0.5% nettle extract samples, *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615 had the lowest growth at 2.47 log cfu/mL on day 1. The decrease in the number of bacteria will likely be reflected in the clinical results. We can state that yogurt ingredients with and without nettle will also cause a decrease in the number of pathogenic microorganisms that mix with our flora. Decreasing the amount of pathogenic bacteria will prevent or hinder the colonization of pathogenic bacteria. This may lead to control of the number of pathogenic microorganisms in yogurt samples and thus extend the shelf life of the product.

The antimicrobial effects of the various concentrations of the nettle extracts increased against some of the microorganisms, with the highest effect occurring at 1%. For this group, all the microorganisms, except for *E. faecalis* ATCC 29212, exhibited lower growth than the control group ( $p < 0.05$ ). Again, these samples demonstrated complete inhibition of growth for *S. pneumoniae*. A lower decrease in the growth of *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa* compared to that in the 0.5% group was observed, at 3.30 and 4.30 log cfu/mL, respectively. For *S. aureus*, *E. coli*, and *S. enterica*, the growths were 5.60, 5.69, and 5.84 log cfu/mL, respectively, which were lower than those of the control group. However, compared to those in the 0.5% nettle extract group, the growth of *S. aureus* and *E. coli* was low, and the growth of *S. enterica* ATCC 13076, *P. aeruginosa* ATCC 27853, and *K. pneumoniae* ATCC 70063 was greater. On days 7, 14, and 21, the growth of all ATCC strains was inhibited, except for that of *E. faecalis*. Unlike the other strains, *E. faecalis* survived in all the yogurt samples. Significant results were found in terms of antibacterial effect on the 1st day of storage for each of the pathogenic microorganisms we used to contaminate the samples, but no growth was detected except *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 on the 7th, 14th and 21st days of storage. The difference in statistical results may be due to this.

The results of the statistical analysis of the growth status of microorganisms in the passages of plain yogurt contaminated with ATCC strains and yogurts contaminated with extract on 1, 7, 14, and 21 are shown in Figure 1. According to the results obtained here, the yogurt samples with 0.5% and 1% nettle extract had fewer pathogen cells than the contaminated control samples during fermentation and storage. In our samples, the number of pathogenic bacteria in the study groups significantly decreased compared to that in the controls throughout storage, with or without the extract. The 1% extract sample had a better effect on the pathogens. Among the samples contaminated with *S. pneumoniae*, 4.15 log cfu/mL for the controls and 2.47 log cfu/mL for the 0.5% extract sample on day 1 were obtained. The antibacterial effects of the yogurt samples during storage are given in Figure 2.

The pH of the yogurt samples contaminated with pathogens fluctuated, while the pH of the contaminated samples treated with the nettle extract decreased with increasing concentration. All the contaminated groups, including the plain and extract samples (0.5 and 1%), had lower pH values than did the control samples. The researchers produced yogurts with various moringa extract concentrations (0.2%, 0.4%, and 0.8%) and examined their antimicrobial effects against *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Bacillus subtilis* NCTC 3610, *Escherichia coli* ATCC 35150, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Aspergillus fumigatus*. The authors reported a decreased pH across all samples, with a higher pH for controls than for samples treated with moringa extract (Saad and Elkhtab, 2019).



**Figure 2.** The antibacterial effects of yogurt samples among themselves during storage.

P<sub>1</sub>C: Control+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>2</sub>C: Control+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>3</sub>C: Control+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>4</sub>C: Control+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>5</sub>C: Control+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>6</sub>C: Control+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>7</sub>C: Control + *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076; P<sub>10.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>20.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>30.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>40.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>50.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>60.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>70.5</sub>: 0.5% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076; P<sub>11</sub>: 1% nettle extract+*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; P<sub>21</sub>: 1% nettle extract+*Enterococcus faecalis* ATCC 29212; P<sub>31</sub>: 1% nettle extract + *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615; P<sub>41</sub>: 1% nettle extract+*Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063; P<sub>51</sub>: 1% nettle extract+*Escherichia coli* ATCC 25292; P<sub>61</sub>: 1% nettle extract+*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; P<sub>71</sub>: 1% nettle extract+*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076

Acidity is a key factor for yogurt, as it affects shelf life and acceptability (Otaibi and Demerdash, 2008). During storage, the activity of lactic acid bacteria results in various metabolic activities and biochemical changes, which lead to residual lactic acid production from lactose and significantly increase acidity (Akgün et al., 2020). The researchers explored acidity in samples of dough, and a traditional Iranian yogurt beverage, and found the following trend for the acidity of increasing order: control group (from 1.80 to 2.60), doogh+5% nettle extract (from 1.77 to 2.45), doogh+10% nettle extract (from 1.72 to 2.35), doogh+5% nanoencapsulated nettle extract (from 1.70 to 2.30), and doogh+10% nanoencapsulated nettle extract (from 1.70 to 2.10). Like in our study, the authors also found higher acidity and lower pH in the control samples than in the extract samples (Amiri et al., 2021).

In parallel with our study, other researchers have investigated the antimicrobial effects of different extracts on yogurt samples. In another study, *Citrus aurantium* L. flower (*Bahar narang* extracts: 500, 1000, and 2000 ppm) was used to produce yogurt, after which its antimicrobial properties were analysed in vitro. The authors reported strong antimicrobial effects against *Escherichia coli* O157:H7, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, and *B. cereus*, with the highest effect occurring at a concentration of 2.000 ppm (Hashemi et al., 2016). Ertürk and Demirkol (2014) reported that yogurt samples with *Urtica dioica* and *Camellia sinensis* extracts had the greatest antibacterial effects on *P. aeruginosa* and *E. coli* (Ertürk and Demirkol, 2014).

El-Gammal et al. (2017) investigated yogurt samples contaminated with *Moringa oleifera* extract (0.1, 0.2, 0.3, and 0.4%) for the treatment of gram-positive bacteria, such as *S. aureus*, *E. faecalis*, and *B. cereus*. The authors highlighted the insufficient antimicrobial effect of aqueous moringa extract against gram-negative bacteria (*E. coli* and *S. typhimurium*) (El-Gammal et al., 2017). Ahmed et al. (2014) explored the vitality of *E. coli* and *L.*

*monocytogenes* during storage in yogurt samples. They reported titratable acidity values of 0.9% and 1.36%, and these pathogens were completely unobserved on days 9 and 12. The authors associated this inhibition with the high acidity of yogurt (Ahmed et al., 2014). Other researchers studied the genus *Escherichia* and found that pathogenic *E. coli* organisms were significantly more acid-tolerant than non-pathogenic strains (Gorden and Small, 1993; Arnold and Kaspar, 1995; Massa et al., 1997). Here, we observed that the vitality of the microorganisms decreased with increasing acidity. However, the *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 strain maintained its vitality. Determination of coliform bacteria is a standard test that is required by the International Dairy Federation (Mossel et al., 1995). Therefore, the ability of *E. coli* O157:H7 to survive in highly acidic foods is a crucial issue for public health (Massa et al., 1997).

Eom et al. (2017) investigated the antimicrobial effects of *Panax ginseng* marc extract (0.5% and 1.0%) against three gram-positive and on three gram-negative strains of yogurt. The 1% extract sample was found to be more effective than the controls against *S. aureus* 1573, *B. cereus* KCCM 11341, *L. monocytogenes* H7962, *E. coli* O157:H4 FRIK 125, and *E. sakazakii* ATCC 51329, but not against *S. typhimurium* 15. They found that *B. cereus* KCCM 11341 and *E. sakazakii* ATCC 51329 were most susceptible to the 1% ginseng marc extract on day 1. The authors reported increased antibacterial activity at higher concentrations, similar to our findings (Eom et al., 2017).

For the plain, 0.5% extract, and 1% extract samples on day 1, *S. aureus* had growth values of 5.95, 5.69, and 5.60 log cfu/mL, respectively. The researchers analysed the antimicrobial effects of yogurt samples containing *Moringa oleifera* leaf extracts (0.2, 0.4, and 0.8%) on against *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Bacillus subtilis* NCTC 3610, *Escherichia coli* ATCC 35150, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Aspergillus fumigatus*. The authors found the maximum activity against all tested microorganisms for the 0.8% extract sample (Saad and Elkhtab, 2019). Kalpana et al. reported a stronger antimicrobial effect against *S. aureus* for *Moringa oleifera* leaf extracts (Kalpana et al., 2013). Yogurt samples containing different extracts (*Urtica dioica*, *Laurus nobilis*, *Nigella sativa*, and *Camellia sinensis*) were produced and increased pH values were found. The authors also highlighted that the *C. sinensis* extract had a weak antibacterial effect against *S. aureus*, while the other extracts had no antibacterial effect (Ertürk and Demirkol, 2014).

For the 1% extract sample, *Streptococcus pneumoniae* showed no growth on day 1. Our findings demonstrated a higher antibacterial effect at greater extract concentrations. The researchers studied the effects of aqueous aloe vera gel extract (5% and 10%) or *L. casei* on *E. coli* in yogurt samples and reported a significant decrease in the number of pathogenic bacteria compared with that in the controls ( $p < 0.05$ ). The number of *E. coli* was significantly lower in the extract samples and probiotic yogurt than in the control group. The author also noted that, for the extract samples, the presence of probiotic bacteria had no significant effect on *E. coli* ( $p > 0.05$ ) (Niko et al., 2016).

#### 4. Conclusions

Our findings revealed that the 1% nettle extract was more effective against *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Streptococcus pneumoniae* ATCC 45615, and *Escherichia coli* ATCC 25292, but not against *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. On the other hand, the 0.5% nettle extract had synergistic effects on *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis ATCC 13076. Nettle is an easily available, low-cost herb that contains bioactive substances with significant antimicrobial properties. Considering this, nettle can have a critical impact on preserving valuable fermented products, such as yogurt. This strain shows great promise for industrial use, although further research into *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 is still needed, particularly for acidic foods. The antibacterial effects of nettle extracts have been well-studied, but data on yogurt production generated from these extracts are scarce. Thus, our research reserves originality in this regard and should shed light on future research on this subject.

#### Limitations of The Study

The study was conducted on many yogurt samples due to the high number of pathogenic bacteria studied: yogurt without nettle additives and yogurt with 0.5% and 1% nettle, the results were analysed on days 1, 7, 14, and 21. Therefore, injections at different concentrations could not be performed. This situation constitutes the limiting aspect of our study.

**Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study

**Conflicts of Interest**

The authors declares that they have no conflict of interest

**Authorship Contribution Statement**

Concept; Design; Data Collection or Processing; Statistical Analyses; Literature Search; Writing, Review and Editing: Yangılar, F. and Gülhan B.

## References

- Adhikari, B. M., Bajracharya, A. and Shrestha, A. K. (2016). Comparison of nutritional properties of Stinging nettle (*Urtica dioica*) flour with wheat and barley flours. *Food Science & Nutrition*, 4(1): 119-124.
- Ahmed, L. I., Morgan, S. D., Hafez, R. S. and Abdel-All, A. A. A. (2014). Influence of yoghurt starter culture on viability of some pathogenic microorganisms in yoghurt. *International Journal of Dairy Science*, 9(3): 82-88.
- Akgün, D., Gültekin-Özgülven, M., Yücepete, A., Altin, G., Gibis, M., Weiss, J. and Özçelik, B. (2020). Stirred-type yoghurt incorporated with sour cherry extract in chitosan-coated liposomes. *Food Hydrocolloids*, 101: 105532.
- Amiri, Z. R., Nemati, A., Tirgarian, B., Dehghan, B. and Nasiri, H. (2021). Influence of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) extract-loaded nano-emulsion on the storage stability and antioxidant attributes of Doogh (Traditional Iranian yoghurt beverage). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 437-448.
- Arnold, K. W. and Kaspar, C. (1995). Starvation-and stationary-phase-induced acid tolerance in *Escherichia coli* O157: H7. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(5): 2037-2039.
- Balthazar, C. F., Gaze, L. V., Azevedo Da Silva, H. L., Pereira, C. S., Franco, R. M., Conte-Júnior, C. A.... and De Oliveira Silva, A. C. (2015). Sensory evaluation of ovine milk yoghurt with inulin addition. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2): 281-290.
- Bansal, S., Mangal, M., Sharma, S. K., Yadav, D. N. and Gupta, R. K. (2016). Optimization of process conditions for developing yoghurt like probiotic product from peanut. *Lwt*, 73: 6-12.
- Calixto, J. B., Beirith, A., Ferreira, J., Santos, A. R., Filho, V. C. and Yunes, R. A. (2000). Naturally occurring antinociceptive substances from plants. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 14(6): 401-418.
- Demirci, A. Ş. and Gürbüz, B. (2023). Fortification of Yoghurt with Xanthan Gum Biosynthesized from Grape Juice Pomace: Physicochemical, Textural and Sensory Characterization. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 452-460.
- Dhouibi, R., Affes, H., Salem, M. B., Hammami, S., Sahnoun, Z., Zeghal, K. M. and Ksouda, K. (2020). Screening of pharmacological uses of *Urtica dioica* and others benefits. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 150: 67-77.
- El-Gammal, R. E., Abdel-Aziz, M. E. and Darwish, M. S. (2017). Utilization of aqueous extract of *Moringa oleifera* for production of functional yogurt. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(1): 45-53.
- Eom, S. J., Hwang, J. E., Kim, K. T. and Paik, H. D. (2017). Antibacterial effects against various foodborne pathogens and sensory properties of yogurt supplemented with Panax ginseng Marc extract. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(5): 787.
- Ertürk, Ö. and Demirkol E. (2014). The Effect of Some Medicinal Plant Extracts on Biochemical, Physicochemical, and Antimicrobial Activity of Extract Added Yogurt. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(2): 78-83.
- Esposito, S., Bianco, A., Russo, R., Di Maro, A., Isernia, C. and Pedone, P. V. (2019). Therapeutic perspectives of molecules from *Urtica dioica* extracts for cancer treatment. *Molecules*, 24(15): 2753.
- Feldsine, P., Abeyta, C. and Andrews, W. H. (2002). AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC International*, 85(5): 1187-1200.
- Flórez, M., Cazón, P. and Vázquez, M. (2022). Antioxidant extracts of nettle (*Urtica dioica*) leaves: evaluation of extraction techniques and solvents. *Molecules*, 27(18): 6015.
- Gahrue, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G. and Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1): 1-8.
- Gorden, J. and Small, P. (1993). Acid resistance in enteric bacteria. *Infection and Immunity*, 61(1), 364-367.
- Grauso, L., de Falco, B., Lanzotti, V. and Motti, R. (2020). Stinging nettle, *Urtica dioica* L.: Botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*, 19: 1341-1377.
- Gülçin, I., Küfrevioğlu, Ö. İ., Oktay, M. and Büyükkuroğlu, M. E. (2004). Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 90(2-3): 205-215.
- Gülhan, B. and Yangılar, F. (2022). Determination of antibacterial activities of stinging nettle (*Urtica dioica*) ethanol extract at different bacterial concentrations. *Bitlis Eren University Journal of Science*, 11(4): 953-959.
- Hashemi, S. M. B., Amininezhad, R., Shirzadinezhad, E., Farahani, M. and Yousefabad, S. H. A. (2016). The Antimicrobial and Antioxidant Effects of *Citrus aurantium* L. Flowers (B ahar N arang) Extract in Traditional Yoghurt Stew during Refrigerated Storage. *Journal of Food Safety*, 36(2): 153-161.
- Hussein, M. M., Hassan, F. A., Daym, H. A., Salama, A., Enab, A. K. and Abd El-Galil, A. A. (2011). Utilization of some plant polysaccharides for improving yoghurt consistency. *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2): 97-103.
- Jyoti, K., Baunthiyal, M. and Singh, A. (2016). Characterization of silver nanoparticles synthesized using *Urtica dioica* Linn. leaves and their synergistic effects with antibiotics. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(3): 217-227.

- Kalpana, S., Moorthi, S. and Kumara, S. (2013). Antimicrobial activity of different extracts of leaf of *Moringa oleifera* (Lam) against gram positive and gram negative bacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(12): 514-518.
- Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G. and Solomon, W. K. (2016). Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 69: 191-196.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. and Çağlar, A. (2012). Dairy and Products Inspection and Analysis Methods Guide Atatürk University Faculty of Agriculture Offset Printing House, Erzurum, 192 (in Turkish).
- Maija Mäntyjärvi, M. (1988). Myopia and diabetes: A review. *Acta Ophthalmologica*, 66, 82-85.
- Massa, S., Altieri, C., Quaranta, V. and De Pace, R. (1997). Survival of *Escherichia coli* O157: H7 in yoghurt during preparation and storage at 4 C. *Letters in Applied Microbiology*, 24(5): 347-350.
- Mossel, D. A. A., Corry, J. E., Struijk, C. B. and Baird, R. M. (1995). Essentials of The Microbiology of Foods: A Textbook For Advanced Studies. John Wiley & Sons.
- Niko, N. (2016). Inhibitory effects of Aloe vera gel aqueous extract and *L. casei* against *E. coli* in yoghurt. *Journal of Biology and Today's World*, 5(9): 157-162.
- Nguyen, P. T., Kravchuk, O., Bhandari, B. and Prakash, S. (2017). Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 72: 90-104.
- Oliveira, A., Alexandre, E. M., Coelho, M., Lopes, C., Almeida, D. P. and Pintado, M. (2015). Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. *Food Chemistry*, 171: 370-378.
- Otaibi, M. A. and Demerdash, H. E. (2008). Improvement of the quality and shelf life of concentrated yoghurt (labneh) by the addition of some essential oils. *African Journal of Microbiology Research*, 2(7): 156-161.
- Parsa, P., Alizadeh, M., Rezazad Bari, M. and Akbarian Moghar, A. (2015). Optimisation of probiotic yoghurt production enriched with phytosterols. *International Journal of Dairy Technology*, 68(4): 557-564.
- Rutto, L. K., Xu, Y., Ramirez, E. and Brandt, M. (2013). Mineral properties and dietary value of raw and processed stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *International Journal of Food Science*, 2013: 1-9.
- Saad, M. A. and Elkhtab, E. S. (2019). Antimicrobial activity of *Moringa oleifera* leaves extract and its effect on the shelf life and quality of yoghurt. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 47: 91-99.
- Singh, R., Dar, S. A. and Sharma, P. (2012). Antibacterial activity and toxicological evaluation of semi purified hexane extract of *Urtica dioica* leaves. *Research Journal of Medicinal Plant*, 6(2): 123-135.
- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1985). Yoghurt: Science and technology. Oxford; New York: Pergamon Press. 431 p. Tekin I. (2018). Microencapsulation of Enzymatically Extracted Zn-Chlorophyll Derivatives from Nettle by Electrical Methods. İzmir.
- Tekin, I. and Ersus, S. (2021). Electrically assisted ionic gelling encapsulation of enzymatically extracted zinc-chlorophyll derivatives from stinging nettle (*Urtica urens* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 44(7): e13743.
- Yangılar, F. and Gülhan B. (2021). Investigation of Some Quality Parameters of Homemade Yogurt with Nettle Powder. pp. 912–919. *III. Balkan Agricultural Congress (Agribalkan 2021)*, 29 August-1 September, Trakya University Balkan Congress Center, Edirne, Trakya University Publisher: 254, Edirne, Turkey (2021).

## Effect of Suction Heads and Nutrient Solutions on Flow-Rates of Peristaltic Pumps Used in Hydroponics

Hidroponikte Kullanılan Peristaltik Pompaların Debisine Besin Çözeltilerinin ve Emme Yüksekliklerinin Etkisi


Cafer GENÇOĞLAN<sup>1\*</sup>, Serpil GENÇOĞLAN<sup>2</sup>

### Abstract

To ensure the healthy growth of plants in hydroponics, it is crucial to determine the amount of nutrient solution that peristaltic pumps inject per unit time under various hydraulic conditions. The aim of this study is to test the effect of peristaltic pumps, suction heads and nutrient solutions on the flow-rate of the peristaltic pump. The tests of the flow-rate were conducted as aging and main test. Treatments consisted of 3 pumps (PP1, PP2 and PP3), 2 suction heads (30 (SH30) and 60 cm (SH60)) and 5 solutions (tap water (S1), stock A (S2), stock B (S3), nitric acid (HNO<sub>3</sub>) (S4) and potassium hydroxide (KOH) (S5)). In both tests, the volume of liquid pumped by the pumps for 2 minutes was determined and the volume-time relationship was utilized to calculate flow-rates. Aging tests showed that the new peristaltic pumps should be used in nutrition dosing after aging number was equal and greater than 5. All treatments had significant effect ( $p<0.01$ ) on flow-rates. The mean flow-rates of pumps (PP1, PP2 and PP3) were found to be 102.0, 103.4 and 103.7 mL min<sup>-1</sup>, respectively. The flow-rates of PP2 and PP3 are 1.36% and 1.67% greater than that's of PP1, and they could vary according to the pumps. Average flow rates for SH30 and SH60 were found as 103.6 and 102.5 mL min<sup>-1</sup>, and flow rate decreased by 1.1% when the suction head increased from 30 to 60cm. The highest average flow-rate was obtained in tap water (S1=104.7 mL min<sup>-1</sup>), while the lowest average flow rate (S5=101.2 mL min<sup>-1</sup>) was found for Stock B. Flow rates of the S1, S2, S4 and S5 compared with the lowest flow-rate of solution (S3=101.2 mL min<sup>-1</sup>) were found to be higher as 3.51%, 1.78%, 1.1% and 2.66%, respectively. The highest flow-rates changed between S1-S3, and the lowest ones between S4-S5. As the specific weights of the solutions decreased, the flow-rates of the pumps increased. The pumps should be used after their flow-rates are determined according to suction head, peristaltic pumps and solutions.

**Keywords:** Calibration, Hydroponic, Solution, Aging, Specific weight

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cafer Gençoğlan, Department of Biosystem, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: [gencoglan@ksu.edu.tr](mailto:gencoglan@ksu.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-4559-4354

<sup>2</sup>Serpil Gençoğlan, Department of Biosystem, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: [sgencoglan@ksu.edu.tr](mailto:sgencoglan@ksu.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-7390-8365

**Atıf:** Gençoğlan, C., Gençoğlan, S. (2024). Hidroponikte Kullanılan peristaltik pompaların debisine besin çözeltilerinin ve emme yüksekliklerinin etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 771-782.

**Citation:** Gençoğlan, C., Gençoğlan, S. (2024). Effect of suction heads and nutrient solutions on flow-rates of peristaltic pumps used in hydroponics. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 771-782.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2024



## Öz

Hidroponik sistemlerde bitkilerin sağlıklı büyümesini sağlamak için peristaltik pompaların çeşitli hidrolik koşullar altında birim zamanda enjekte ettiği besin çözeltisi miktarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı peristaltik pompaların, emme yüksekliklerinin ve besin çözeltilerinin peristaltik pompanın debisi üzerindeki etkisini test etmektir. Debi testleri eskitme ve ana test olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme konuları 3 pompa (PP1, PP2 ve PP3), 2 emme yüksekliği (30 (SH30) ve 60 cm (SH60)) ve 5 çözülden (musluk suyu (S1), stok A (S2), stok B (S3), nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) (S4) ve potasyum hidroksit (KOH) (S5)) oluşmuştur. Her iki testte de pompalar tarafından 2 dakika süreyle pompalanan sıvının hacmi belirlenmiş ve akış hızlarının hesaplanmasında hacim-zaman ilişkisinden yararlanılmıştır. Eskitme testleri, eskitme sayısının 2 dakika süreyle 5'e eşit ve büyük olması durumunda yeni peristaltik pompaların besin dozajında kullanılması gerektiğini göstermiştir. Tüm uygulamaların debi üzerinde anlamlı ( $p<0.01$ ) etkisi olmuştur. Pompaların (PP1, PP2 ve PP3) ortalama debileri sırasıyla 102.0, 103.4 ve 103.7 mL dk<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. PP2 ve PP3'ün debileri PP1'e göre %1.36 ve %1.67 daha fazla olduğu tespit edilmiş ve pompalara göre değişebileceği gösterilmiştir. SH30 ve SH60 için ortalama debileri 103.6 ve 102.5 mL dk<sup>-1</sup> olarak bulunmuş, emme yüksekliği 30 cm'den 60 cm'ye çıkarıldığında akış hızı %1.1 oranında azalmıştır. En yüksek ortalama akış hızı musluk suyunda (S1=104.7 mL dk<sup>-1</sup>) elde edilirken, en düşük ortalama akış hızı (S5=101.2 mL dk<sup>-1</sup>) Stok B'de elde edilmiştir. S1, S2, S4 ve S5 konularının debileri, solüsyonun en düşük debisiyle (S3=101.2 mL dk<sup>-1</sup>) karşılaştırıldığında sırasıyla %3.51, %1.78, %1.1 ve %2.66 daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek debiler S1-S3 arasında, en düşük debiler ise S4-S5 arasında değişmiştir. Çözeltilerin özgül ağırlıkları azaldıkça pompaların debileri artmıştır. Peristaltik pompalar, emme yüksekliğine ve solüsyonlara göre debileri belirlendikten sonra kullanılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalibrasyon, Topraksız tarım, Çözelti, Eskitme, Özgül ağırlık

## 1. Introduction

In the world the traditional agriculture has experienced problems such as decreased soil fertility, soil degradation caused by continuous cultivation over the years (Cangir and Boyraz, 2008; Kılıç, et al., 2023), and most importantly the decrease in the amount of land per capita, soil-borne diseases and pests, low irrigation efficiency, the increase in the water requirement of cities and industry, and consequently decrease in groundwater. Therefore, there is a need for more productive and ecologically sustainable modern hydroponic farming systems alongside traditional agriculture. Hydroponics are recognized as cultivation systems that provide a reasonable solution to the problems of land and water scarcity, minimizing the risks associated with soil cultivation systems such as soil borne problems (Şimşek and Atila, 2018).

Preparing nutrient solutions, conducting measurements, and monitoring pH and EC levels in hydroponics can be labor-intensive and time-consuming, leading to high costs. The utilization of calibrated injector peristaltic pumps to deliver stock solution, acid, and alkali from their respective containers to the plant nutrient containers offers labor efficiency and enhances the sustainability of hydroponic systems. The use of calibrated peristaltic pumps in hydroponics provides economy in the use of nutrient solutions, increases product quality and yield (Saaïd et al., 2013; Chowdhury et al., 2020). Nielsen (1984) suggested that the depleted nutrient and water in the hydroponics should be controlled by automation, considering the water level, nutrient concentration and pH.

In both irrigation and hydroponic systems, various fertilizer dosing systems are available such as fertilizer tanks, hydraulic piston motor injectors, venturi injectors, electric dosing pumps, and hydraulic fertilizer injectors (proportional) (Netafim, 2015). Peristaltic pumps are also commonly used among these systems. Peristaltic pumps find applications in numerous fields such as medicine, agriculture, food processing, chemical analytical equipment, chlorination and dosing, pharmaceutical industry, mining, pulp and paper plants, and more (Way et al., 1990; Klespitz and Kovács, 2014).

The peristaltic pump is a type of positive displacement pump, which is commonly used for transporting a variety of fluids (Jaffrin and Shapiro, 1971; Jacobs et al., 1996; Misra, 2005). The flow is generated in the equipment by periodically pressing a tube segment to the pump housing (the manifold), where the increased pressure will move the fluid, while the backflow is prohibited. The typical configuration of a peristaltic pump commonly consists of a pump segment (which includes tubing), a manifold, and a rotary pump head. The pump head is a rotor, which contains two or more rollers and these rollers exert pressure on the tubing against the manifold; in this way pressure is generated in the tube. Peristaltic pumps can be classified by various properties. One of the most significant differences can be characterized by tubing. In this respect, they can be classified into two groups as the tube and the hose pumps. The most common type of tubing used in peristaltic pumps is made of materials such as silicon, PVC, fluoropolymer, or other polymers. The tube pumps can operate against less pressure, but they need smaller motors and less force to operate. Hence, this way they are space-saving and cheaper. The hose pumps contain a pump segment, which is a reinforced tube, called hose. These hoses are harder to be pressed and therefore they need bigger and stronger motors for the same flow. Hence, they are more expensive to operate. The main advantage of hose pumps is that they can operate against much higher pressure than tube pumps working up to 16 bars (Klespitz and Kovács, 2014).

Since only the interior of the tube of the pump is in contact with the fluid, it is easy to clean the inside surfaces of tube. Furthermore, manufacturing process of the peristaltic pumps are inexpensive, since there are no moving parts in contact with the fluid. Also, the lack of valves, seals and glands makes them comparatively inexpensive to maintain, and the use of a hose or tube makes for a relatively low-cost maintenance item compared to other pump types (Frank's Hospital Workshop, 2023). In addition, mini/small peristaltic pumps are made with plastic components because they are lighter and cheaper, also they have to withstand a smaller number of operating hours (Elabbasi et al., 2011). It is important that silicon/plastic tubes in peristaltic pumps are used to prevent corrosion caused by the stock solutions and the entrance of the elements such as aluminum, copper and zinc into the nutrient solution, which could result in toxic levels to the plants (Resh, 2013).

Studies directly aiming the calibration of peristaltic pumps is limited in the literature. However, there are several studies available that are indirectly or directly related to the topic. These studies are summarized as follows. The flow rates of peristaltic pumps were determined as  $95 \text{ mL min}^{-1}$  by Chowdhury et al. (2020) and  $83.33 \text{ mL}$

min<sup>-1</sup> by Prodoz (2023) since flow rates is very important in dosing systems and but in the studies, the suction + pumping hydraulic head of the peristaltic pump was not specified. In another study, Tandil et al. (2018) calculated the volume of each nutrient according to the plant nutrition receipt and injected the calculated nutrient volumes to the nutrient solution container by controlling 10 peristaltic pumps. Fadillah et al. (2021) mixed the stock solution in A and B containers to the nutrient solution container using the on-off method. Way et al. (1990) tested two peristaltic pumps using undiluted liquid herbicide formulations at two formulation temperatures, and two pump outlet pressures. They found out that the maximum error in the volumetric metering rate was 41% for the smaller pump. Herbicide formulation and temperature significantly affected the mass and volume of herbicide delivered by pump.

The flow rate of peristaltic pumps varies according to the suction+pumping hydraulic head, the concentration/density of the liquid, suction tube diameter, number of revolutions of roller per minute and length of tube (Demir et al., 2020; Frank's Hospital Workshop, 2023). Way et al. (1990) stated that the pumps should be calibrated in application of agricultural chemicals.

It is necessary to know how much nutrient solution a peristaltic pump inject per unit time under different liquid head and concentrations to precise application of water and nutrients in hydroponics. Therefore, aim of this study was to determine the effect of two suction heads and five nutrient solutions on the flow rate of the commercially available three peristaltic pump used in hydroponics. The tests of the flow rate of peristaltic pumps were conducted as aging and main test.

## 2. Materials and Methods

This study was carried out in laboratory at Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture and Department of Biosystem Engineering in 2023. Altitude of working area is about 620 m. Temperature and relative humidity (RH) in the laboratory were measured as between 24-26 °C and 50-55% within the test duration using Hand-Held Thermo Hygrometer. The temperature of the tap water was measured with a thermometer as 21 °C and the temperature of the solutions was measured as 23 °C. In the hydroponic technique, stock A and B nutrient solutions together with acid and alkali regulators are used. In the study, treatments consisted of 3 peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3), 2 different suction heads and 5 different solutions. Three peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3) were selected randomly whether to test there is variations between flow rates of them or not. Suction heads were taken as averages of 30 (SH30) and 60 cm (SH60). The solutions were tap water (S1), stock A (S2), stock B (S3), 0.1 N nitric acid (HNO<sub>3</sub>) (S4) and 0.1 N potassium hydroxide (KOH) (S5).

In the study, two tests were conducted using 3 peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3). Firstly, to ensure normal operating conditions of the peristaltic pumps, a test called aging test was conducted 10 consecutive times to age the peristaltic pump. Secondly, to determine effect of the parameters on the flow rates of the pumps a test called main test was carried out. Therefore, a workbench was assembled in the laboratory and it consists of bench (1), power supply (2), peristaltic pumps fixing box (3), peristaltic pumps (4), suction and pumping manifold tubes (5), plastic transparent hose (6), a container (7), a cylinder (8) and stand (9). The experiment was performed in the workbench.

**1-Bench:** Used a bench (width x length x height) of 70 x 120 x 80 cm to set up devices on it.

**2-Power supply:** Used to regulate 220 volt to 12 VDC and 0.5 A at which peristaltic pump runs.

**3- Fixing box of peristaltic pumps:** A plastic box (width x length x height) of 25 x 25 x 25 cm on which three peristaltic pumps were fixed.

**4-Peristaltic pumps:** Mini pump with model of NKP-DC-S10B, color blue, operating voltage of 12 DC, power of 5 watt, head configuration with peristaltic (3 rolling wheel), pump tube material with silicone, style with submersible, medium with liquid, maximum flow rate ≥80 ml/min, working temperature and humidity of 0-40°C and <80% (Kamoer, 2023a).

**5-Silicon tube:** Used as manifold tube (S10) being 3 mm inside and 5 mm outside diameter and 5 cm long.

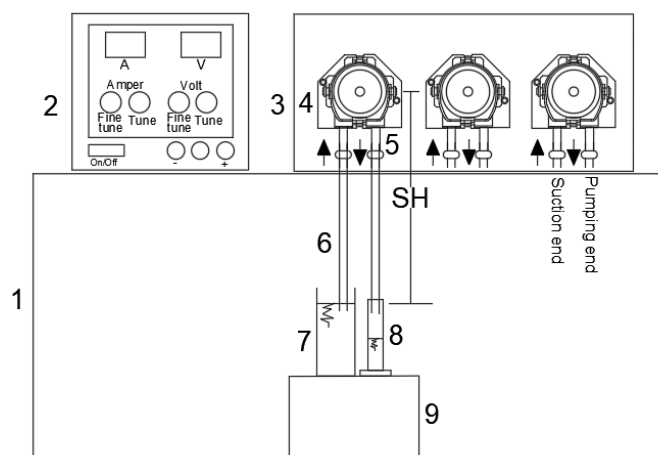
**6-Plastic transparent hose:** Used in the tests as suction and pumping hose being 4 mm inside and 6 mm outside diameter, and 30 and 60 long cm.

**7-Container:** Used plastic a container of 6 L volume for solutions to be pumped. Sizes of the container (width x

length x height) were of 10 x 15 x 40 cm.

**8-Cylinder:** Used a gradated glass cylinder of 250 mL volume to measure solutions pumped.

**9-Stands:** Used stand (width x length x height) of 25 x 25 x 30 cm for SH30.



**Figure 1.** The experimental bench to determine the flow rates of peristaltic pumps

Before each test of new and have not been used peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3), their positive (12 VDC) and zero (0) poles were separately wired to (12 VDC) and zero (0) poles of power supply. Before starting each test, volt and ampere of power supply were tuned to 12 VDC and 0.5 A, respectively.

Chemical content of tap water used in the preparation of nutrient solutions and aging test was given in *Table 1*. Since electrical conductivity of tap water is low, its contribution to property of the nutrient solution become low (Kanber and Ünlü, 2010).

**Table 1.** Chemical content of tap water used in the aging test and in the preparation of nutrient solutions

EC mS/m	pH	Cations (ppm)			Anions (ppm)			
		(Ca <sup>+2</sup> )+(Mg <sup>+2</sup> )	Na <sup>+1</sup>	K <sup>+1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>
0.410	7.26	7.6	0.02	0.07	-	2.00	0.58	1.60

In the calculation of concentrations of reagents, a software called HydroBuddy developed by Pinto (2022) was used. The program calculates nutrient solutions for hydroponics and general agriculture. HydroBuddy has many features and some of them were given below:

- Calculates the weights of specific substances needed to arrive at specified concentrations of different elements (formulation to salt weights calculation)
- Contains library with commonly available fertilizer salts
- Includes ability to save and load lists of substances used for calculations.
- Empirical model for the prediction of EC
- Calculations in ppm, mmol/L, mol/L and meq/L.
- Calculations for both direct additions and A+B concentrated solutions
- Use any custom substance as a part of an A+B concentrated solution calculation

To calculate concentrations of reagents used in the preparation of Stock A and B nutrient inputs of HydroBuddy were given following.

In the main page of program, low limits of optimal concentration ranges of major elements and micronutrients by Jones (2005), and reagents by Jones (2014) in *Table 2* were inputted as target concentration (ppm) and substance selection, respectively. Solution volume was enter as 5 and unit was selected as liters, concentration unit as ppm, mass

unit as gram and solution preparation type as concentrated A+B solutions.

In preparations of Stock A and B nutrient solution, the firstly determined weights of reagents were putted separately A and B containers with 6 L and then tap water was completed the two containers up to 5 L level and then mixed.

To prepare solutions of 0.1 N nitric acid (HNO<sub>3</sub>) (Niu and Masabni, 2022) and 0.1 N potassium hydroxide (KOH) (Triantino et al., 2022) for 1 L, required weights of nitric acid (HNO<sub>3</sub>) and potassium hydroxide (KOH) were calculated manually. Solutions of 0.1 N nitric acid (HNO<sub>3</sub>) and 0.1 N potassium hydroxide (KOH) of 1 L was prepared following method of preparation of Stock A and B nutrient solution. The calculated concentrations of the reagents, acid and alkali substances and EC of the final nutrient stock solutions by HydroBuddy were given in *Table 3*.

**Table 2. Major Element and Micronutrient Ionic Forms and Normal Concentration Range Found in Most Nutrient Solutions (Jones, 2005)**

Elements	Ionic Form	Concentration (mg/L, ppm)
<b>Macro elements</b>		
Nitrogen (N)	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub>	100-200
Phosphorus (P)	HPO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	15-30
Potassium (K)	K <sup>+</sup>	100-200
Calcium (Ca)	Ca <sup>+2</sup>	200-300
Magnesium (Mg)	Mg <sup>+2</sup>	30-80
Sulfur (S)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	70-150
<b>Microelements</b>		
Boron (B)	BO <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	0.03
Copper (Cu)	Cu <sup>+2</sup>	0.01-0.10
Iron (Fe)	Fe <sup>+2</sup> , Fe <sup>+3</sup>	2-12
Manganese (Mn)	Mn <sup>+2</sup>	0.5-2.0
Molybdenum (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>-1</sup>	0.05
Zinc (Zn)	Zn <sup>+2</sup>	0.05-0.50

**Table 3. Reagents and their calculated weights used in preparation of stock A and B nutrient for volume of 5 liters, and acid and alkali solutions for volume of 1 liters (Jones, 2014).**

Reagents	Formula	Mass (g for 5 L)
<b>Stock A</b>		
Iron EDTA	Fe (EDTA)	7.692
Calcium Nitrate (Tetrahydrate)	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> •4H <sub>2</sub> O	511.472
Potassium nitrate	KNO <sub>3</sub>	59.406
<b>Stock B</b>		
Ammonium Orthamolybdate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> •	0.051
Boric Acid	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.086
Copper Sulfate (Pentahydrate)	CuSO <sub>4</sub> •5H <sub>2</sub> O	0.098
Magnesium Sulfate (Heptahydrate)	MgSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O	152.13
Manganese sulfate (Monohydrate)	MnSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	0.769
Potassium Monobasic Phosphate	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	70.508
Zinc Sulfate (Dihydrate)	ZnSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	0.076
<b>Acid</b>		
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	6.3 (for 1 L)
<b>Alkali</b>		
Potassium hydroxide	KOH	4 (for 1 L)

Since the chemical contents of the solutions are different, the specific weights of solutions (S1, S2, S3, S4 and S5) will also be different. In this context, the specific weights of the solutions were determined from Equation 1 (Mutaf, 2004; Doğan, 2008).

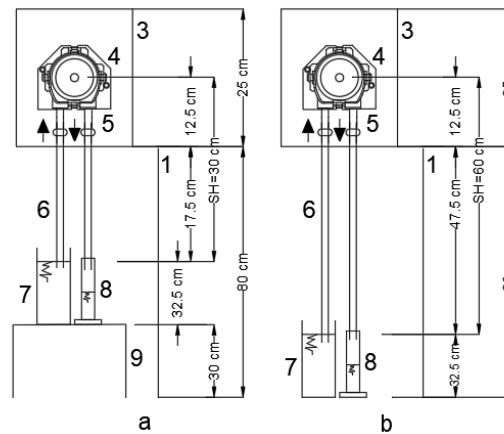
$$\rho = \frac{M}{V} \tag{Eq. 1}$$

Where; ρ; specific weight of solution (mL/g), M; mass of solution (g), V; is the volume of the solution (mL). While

measuring the volume of the solutions, the temperature of each solution was also measured with a thermometer.

The suction head (SH) was considered as the water head between the top of water in the container and the center of the peristaltic pump. Since the head of discharge of peristaltic pump is below the peristaltic pump center, it is taken as zero. As suction head increase, energy use of pumps and hose cost increase (Salmasi et al., 2022). Chowdhury et al. (2020) selected suction head as between 20-60 cm in their study. That is why in this study, suction heads in the SH30 and SH60 treatments were selected as 30 and 60 cm.

Before testing the flow rate of peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3), which are the new and have not been used before (called main test), to ensure their normal operating conditions 10 consecutive aging tests were carried out in the workbench using tap water (S1) at the SH30 treatment. On the other hand, main tests were conducted at the both SH30 and SH60 treatments. Duration of aging test and main test was 2 minutes. For aging test and main test of three peristaltic pumps, same manifold silicone tubes with 3 mm inside and 5 mm outside diameter and 5 cm long were used. Both the stand of 25 x 25 x 30 cm size and nutrient solution depth of 32.5 cm in the container were used to constitute 30 cm suction head of peristaltic pumps at the aging and main tests (Figure 2a). Accordingly, plastic transparent hose of 30 cm was attached to the suction and pumping end of the manifold using nipple. The suction head of 60 cm at SH60 treatment in main test was constituted as given in figure 2b. Plastic transparent hoses of 60 cm were attached end of manifold suction and pumping using nipple. Depth of that's in the SH60 main tests was same that's of SH30 and but no stand was used (Figure 2b).



**Figure 2. Arrangement of suction head of peristaltic pump for SH30 and SH60 treatments**

The experiment was carried out in complete factorial design with 3 replications (3 peristaltic pumps x 2 suction heads x 5 fluid x 3 repetitions).

In both the aging and main tests to calculate flow rates of the peristaltic pumps, the volume-time relationship were utilized (Chowdhury et al., 2020). In all tests of treatments, the volume of liquid pumped by the peristaltic pumps for 2 minutes was determined. During this time period, the volumes pumped by the peristaltic pumps were measured with a graduated measuring cylinder. Flow rate of peristaltic pumps is determined by Equation 2.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Eq. 2})$$

Where; Q; flow rate of peristaltic pumps ( $\text{mL min}^{-1}$ ), V; volume of solution pumped by the peristaltic pump (mL), t; is the operating time (minutes) of peristaltic pumps.

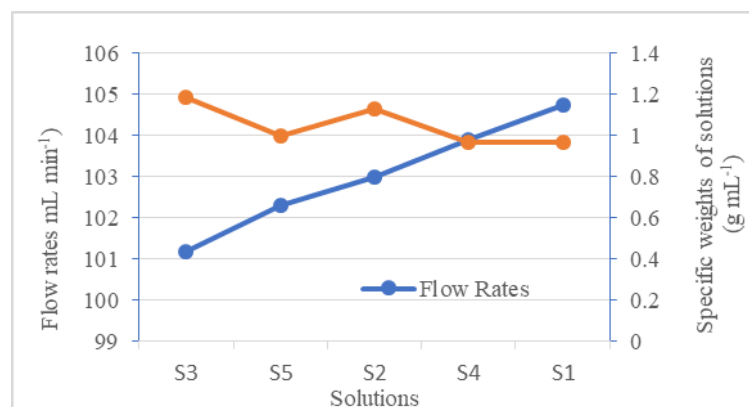
Flow rates of the treatments were evaluated using ANOVA and Duncan (except suction head) test in SPSS.

### 3. Results and Discussion

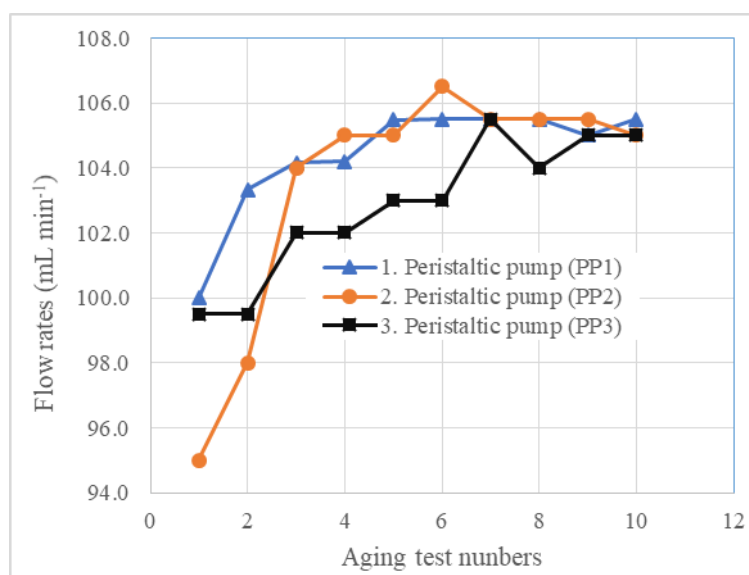
To ensure the healthy growth of plants in hydroponics, it is crucial to determine the amount of nutrient solution that peristaltic pumps inject per unit time under various hydraulic conditions. So, the tests were conducted to determine the effect of three peristaltic pumps, 2 suction heads and five nutrient solutions on the flow rate of the peristaltic pump in the laboratory.

The specific weights of the solutions (S1, S2, S3, S4 and S5) were calculated as  $\rho_1=0.97$ ,  $\rho_2=1.13$ ,  $\rho_3=1.19$ ,  $\rho_4=0.97$  and  $\rho_5=1.00$  g mL<sup>-1</sup> (Figure 3). The highest specific weight was found for stock B ( $\rho_3=1.13$  g mL<sup>-1</sup>) and the lowest one was found for tap water ( $\rho_1=0.97$  g mL<sup>-1</sup>). The specific weights of the solutions varied according to the chemical contents of nutrient solutions.

In the aging test, results of ten successive flow rate of the new and have been unused peristaltic pumps were given in Figure 4. As seen in Figure 4, in the first two aging tests, the flow rate of the peristaltic pumps was low, about 95-100 mL min<sup>-1</sup>, and then it increased until the 5<sup>th</sup> aging tests. After that, the flow rates began to approach stable values, and on the 10<sup>th</sup> aging tests, they reached to about stable value of 105-105.5 mL min<sup>-1</sup>. These results showed that the new peristaltic pumps should be used in nutrition dosing after aging 5-10 times (10-20 minutes). Kamoer (2023b) stated that new peristaltic pumps should be used after they were aged for 30 minutes.



**Figure 3. Variation of flow rates and specific weights according to solutions**



**Figure 4. Flow rates of peristaltic pumps according to the aged test numbers.**

The mean flow rates of the peristaltic pumps (PP1, PP2 and PP3) were found to be 102.0, 103.4 and 103.7 mL min<sup>-1</sup>, respectively. At the SH30 and SH60, their mean flow rates were 103.59 and 102.5 mL min<sup>-1</sup>. The lowest average flow rate (95.5 mL min<sup>-1</sup>) was determined for SH60S3PP2, and the highest average flow rate (107.3 mL min<sup>-1</sup>) was determined for SH30S4PP3. Others varied between these two flow rates (Table 4).

ANOVA test was performed and effects of peristaltic pump, different suction heads and solutions on flow rates of the peristaltic pumps were found to be statistically significant ( $p<0.01$ ). In addition, groups of flow rates of parameters except suction head were determined by Duncan test. Flow rates of peristaltic pumps are statistically classified into 2 groups. PP2 and PP3 formed the first group and PP1 formed the second group (Table 5). The flow rates of PP2 and PP3 are 1.36% and 1.67% greater than that's of PP1, respectively. Although the tube peristaltic

pumps are manufactured in the same way, their flow rates could vary. These results show that flow rates could vary with the peristaltic pumps (Way et al., 1990).

The effect of SH30 and SH60 on flow rates was statistically significant ( $p < 0.01$ ). It was grouped according to ANOVA not Duncan. Accordingly, SH30 was in the first group because it had a higher flow rate ( $103.59 \text{ mL min}^{-1}$ ), and SH60 with a low flow rate ( $102.46 \text{ mL min}^{-1}$ ) was in the second group (Table 5). This result shows that the peristaltic pump flow rate decreases by 1.1% when the suction head increases from 30 cm to 60 cm.

**Table 4. Flow rates calculated from the treatments**

Suction Heads (cm)	Nutrient Solutions	Flow rates of peristaltic pumps ( $\text{mL min}^{-1}$ )		
		PP1	PP2	PP3
SH30	S1	104.5	105.5	104.7
	S2	102.2	104.3	99.7
	S3	101.0	104.5	103.3
	S4	101.3	106.2	107.3
	S5	102.0	102.7	104.7
SH60	S1	104.6	105.3	103.8
	S2	103.3	104.8	103.7
	S3	99.7	95.5	103.2
	S4	101.0	102.5	105.0
	S5	100.3	102.5	101.7

The effects of the five solutions on the flow rates were found to be statistically different ( $p < 0.01$ ) and classified into 5 group (Table 5). The average flow rates of S1, S2, S3, S4 and S5 were calculated as 104.7, 103.0, 101.2, 103.9 and  $102.3 \text{ mL min}^{-1}$ . The mean flow rates of the solutions are ordered from the highest to lowest, as S1 ( $104.74 \text{ mL min}^{-1}$ ), S4 ( $103.89 \text{ mL min}^{-1}$ ), S2 ( $103.00 \text{ mL min}^{-1}$ ), S5 ( $102.31 \text{ mL min}^{-1}$ ), and S3 ( $101.19 \text{ mL min}^{-1}$ ). The highest average flow rate was obtained in tap water ( $S1=104.7 \text{ mL min}^{-1}$ ) with the lowest specific weight ( $\rho_1=0.97 \text{ g mL}^{-1}$ ), while the lowest average flow rate ( $S5=101.2 \text{ mL min}^{-1}$ ) was found for Stock B with highest specific weight ( $\rho_3=1.19 \text{ g mL}^{-1}$ ). Flow rate of the S1, S2, S4 and S5 compared with the lowest flow rate of solution ( $S3=101.2 \text{ mL min}^{-1}$ ) were found to be higher as 3.51%, 1.78%, 1.1% and 2.66%, respectively. The largest flow rate change was between S1-S3, and the lowest between S2-S5 (Table 4). The specific weights of the nutrient solutions inversely affected the flow rate (Gebhardt et al., 1984). As the specific weights of the solutions decreased, the flow rates of the peristaltic pumps increased. Nutrient solutions with different specific weight have been used in hydroponic (Jones, 2005) and it is crucial to determine the amount of nutrient solution that peristaltic pumps inject per unit time under various hydraulic conditions. For this reason, calibration of the peristaltic pumps (determining their flow rates) is very important for the healthy development of hydroponic plants (Chowdhury et al., 2020). Way et al. (1990) reported that peristaltic pumps should be calibrated in the application of agrochemicals.

**Table 5. Classification of flow rates determined according to peristaltic pumps, suction heads (except) and nutrient solutions by Duncan test**

Peristaltic Pumps		Suction Heads		Nutrient Solutions	
PP3	$103.70^a \pm 0.32$	SH30	$103.59 \pm 0.32$	S1	$104.74^a \pm 0.21$
PP2	$103.38^a \pm 0.55$	SH60	$102.46 \pm 0.39$	S4	$103.89^b \pm 0.69$
PP1	$101.99^b \pm 0.38$			S2	$103.00^c \pm 0.46$
				S5	$102.31^d \pm 0.35$
				S3	$101.19^e \pm 0.74$

The relationship between the specific weights of the solutions and the flow rates is given in Figure 4. As can be seen from the figure, as the specific weight of the solution decreased, the flow rate of the peristaltic pumps



increased (Demir et al., 2020). The results show that the specific weight of the solution has a significant effect on the flow rate of the peristaltic pump. Chowdhury et al. (2020) determined the flow rate of the peristaltic pump as 95 mL min<sup>-1</sup>. and Prodoz (2023) states that its flow rate is 83.33 mL min<sup>-1</sup>. However, these researchers did not give any information about the suction head of the peristaltic pump and the chemical content of the solution while testing the flow rate of the peristaltic pump. The flow rate of the peristaltic pump given by Chowdhury et al. (2020) and Prodoz (2023) are lower than the average peristaltic pump flow rate determined in this study.

In conclusion, pump-specific flow rates should be determined by taking into account the suction head, the peristaltic pump and the chemical contents of the solution. The pump-specific flow rates should be used in dosing of nutrient solution (fertilizer), acid and alkali in hydroponic automation systems.

#### **4. Conclusions**

In the study, the new peristaltic pumps should be used in nutrition dosing after 10-20 minutes of run. The effect of 3 peristaltic pumps, 2 suction heads and 5 nutrient solutions on the flow rate was determined to be statistically different. This means that peristaltic pumps, suction heads and nutrient solutions affect flow rate of the peristaltic pumps. For this reason, pump-specific flow rates must be determined taking into account the suction head, the peristaltic pump and the chemical contents of the solution. The pump-specific flow rates should be used dosing of nutrient solution (fertilizer), acid and alkali in hydroponic automation systems.

#### **Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study

#### **Conflicts of Interest**

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

#### **Authorship Contribution Statement**

Concept: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S.; Design: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S.; Data Collection or Processing: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S.; Statistical Analyses: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S.; Literature Search: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S.; Writing, Review and Editing: GENÇOĞLAN, C., GENÇOĞLAN, S

## References

- Cangir, C., Boyraz, D. (2008). Climate change and impact of desertification or soil/ land degradation in Turkey, combating desertification. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 5(2): 169-186.
- Chowdhury, M. E., Khandakar, A., Ahmed, S., Al-Khuzaei, F., Hamdalla, J., Haque, F., Bin Ibne Reaz, M., Al Shafei, A. and Al-Emadi, N. R. (2020). Design, construction and testing of iot based automated indoor vertical hydroponics farming test-bed in Qatar. *Sensors*, 20(19): 5637.
- Demir, A., Arslan, F. M. and Günerhan, H. (2020). Creating the sizing algorithm of a photovoltaic pump system. *Mühendis ve Makina*, 61(701): 280-298 (in Turkish).
- Doğan, H. (2008). Ventilation and Air Conditioning Principles. Seçkin Yayıncılık. Ankara (in Turkish).
- Elabbasi, N., Bergstrom, J. and Brown, S. (2011). Fluid-Structure Interaction Analysis of a Peristaltic Pump. *COMSOL Conference*, 1-4 February, Burlington, Massachusetts, US.
- Fadillah, D., Faroqi A., Kamelia, L. and Fathonih, A. (2021). AB Mix Hydroponics Nutrient Solution Concentration Control Using Microcontroller Based On-Off Control Method. *7<sup>th</sup> International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 19-20 August, P. 1-5, Bandung, Indonesia.
- Frank's Hospital Workshop. (2023). Peristaltic Pump. [http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/infusion\\_pumps/wikipedia/Peristaltic%20pump.pdf](http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/infusion_pumps/wikipedia/Peristaltic%20pump.pdf) (Accessed Date: 25.03.2023).
- Gebhardt, M. R., Kliethermes, A. R. and Goering, C. E. (1984). Metering concentrated pesticides. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 27(1):18-23.
- Jacobs, C., Kjellstrand, C. M., Koch, K. M. and Winchester, J. F. (1996). Replacement of Renal Function by Dialysis. Springer, Netherlands.
- Jaffrin, M. Y. and Shapiro, A. H. (1971). Peristaltic pumping. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 3(1): 13-37.
- Jones, J. B. (2005). Hydroponics: A Practical Guide for The Soilless Grower. CRC Press. Boca Raton. Florida, US.
- Jones, J. B. (2014). Complete Guide for Growing Plants Hydroponically. CRC Press.
- Kamoer (2023a). Peristaltic Metering Pumps. <https://www.amazon.com/Kamoer-Peristaltic-Hydroponics-Nutrient-analytical/dp/B07GWJ78FN> (Accessed Date: 06.09.2023).
- Kamoer (2023b). Product Catalogue. <http://www.peristaltic-pump.net/upload/Kamoer-catalog.pdf> (Accessed Date: 07.09.2023).
- Kanber, R. and Ünlü, M. (2010). Water and Soil Salinity in Agriculture. Çukurova Üniversitesi (in Turkish).
- Kılıç, A., Kuzucu, M. and Gökçen, İ. S. (2023). Kilis ili tarım topraklarının beslenme durumunun incelenmesi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 20(3): 631- 64.
- Klespitz, J. and Kovács, L. (2014). Peristaltic Pumps: A Review on Working and Control Possibilities. *12<sup>th</sup> International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)* 23-25 January, P. 191-194 Herl'any, Slovakia.
- Misra, M. (2005). The basics of hemodialysis equipment. *Hemodialysis International*, 9:30-36.
- Mutaf, S. (2004). The principle of environment control in poultry houses. *XXII World's Poultry Congress*, 8-23 June, İstanbul, Türkiye.
- Netafim (2015). Drip Irrigation Handbook, Understanding the Basics. <https://www.netafim.com/499749/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drip-irrigation-system-handbook.pdf> (Accessed Date:01.03.2023).
- Nielsen, N. E. (1984). Crop Production in Recirculating Nutrient Solution According to The Principle of Regeneration. *6<sup>th</sup> International Congress on Soilless Culture*, 29 April-5 May P. 421-446, Lunteren, Netherlands.
- Niu, G. and Masabni, J. (2022). Hydroponics. In *Plant Factory Basics, Applications and Advances* (pp. 153-166). Academic Press.
- Pinto, D. F. (2022). HydroBuddy: An Open Source Nutrient Calculator For Hydroponics and General Agriculture, v1.100. <https://github.com/danielppps/hydrobuddy> (Accessed Date: 02.04.2023).
- Prodoz (2023) PRSX Serisi Peristaltik Pompalar (Deterjan ve Parlatıcı Pompalar) <https://www.sisdoz.com.tr/urunlerimiz/prodoz-prsx-serisi-peristaltik-pompalar-urunu> (Accessed Date: 02.04.2023).
- Resh, H. M. (2013). Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Saaïd, M. F., Yahya, N. A. M., Noor, M. Z. H. and Ali, M. M. (2013). A Development of an Automatic Microcontroller System for Deep Water Culture (DWC). *9<sup>th</sup> International Colloquium on Signal Processing and Its Applications*, 8 - 10 March, P. 328-332 Kuala Lumpur, Malaysia.
- Salmasi, F., Abraham, J. and Salmasi, A. (2022). Evaluation of variable speed pumps in pressurized water distribution systems. *Applied Water Science*, 12(3): 51.
- Şimşek, A. and Atila G. (2018). Ornamental plant seedlings in the production Aerofog (Aeroponic) comparison with other classic rooting

environment system. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 22(2): 760-767. (in Turkish)

- Tandil, R., Yapson, J., Atmadja, W., Liawatimena, S. and Susanto, R. (2018). Hydroponic Nutrient Mixing System Based on STM32. *Earth and Environmental Science*, 195(1):1-10.
- Triantino, S.B., Mulwinda, A., Hangga, A., Utomo, A.B., Salim, N.A. and Nisa, A.M. (2022). Control System of Nutrient Solution pH Using Fuzzy Logic for Hydroponics System. *9th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 25-26 August, P. 71-75, Semarang, Indonesia.
- Way, T. R., Bashford, L. L., Von Barga, K. and Grisso, R. D. (1990). Peristaltic pump accuracy in metering herbicides. *Applied Engineering in Agriculture*, 6(3):273-276.

**Balıkesir Yöresinden Toplanan Biberiye ve Fesleğen Bitkilerine Ait Uçucu Yağların Antioksidan ve Antimikotik Özelliklerinin Belirlenmesi\***

Determination of Antioxidant and Antimycotic Properties of Essential Oils of Rosemary and Basilicum Collected from Balıkesir Region

Merve Nur ASLAN ÖZ<sup>1</sup>, Hasan Murat VELİOĞLU<sup>2\*</sup>

**Öz**

Son yıllarda bitkisel kaynaklı antioksidan ve antimikrobiyal maddelere olan ilginin artmasıyla birlikte uçucu yağlar üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar literatürde daha çok yer almaya başlamıştır. Bu çalışmada, Balıkesir yöresinden toplanan biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerine ait uçucu yağların antioksidan ve antimikotik özellikleri incelenmiştir. Bitkilerden hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağların antimikotik etkileri sırasıyla küf ve maya örnekleri olarak seçilen *Aspergillus parasiticus* (DSM 5771) ve *Zygosaccharomyces rouxii* (ATCC 28253) üzerinde *in vitro* olarak araştırılmıştır. Uçucu yağların antioksidan özelliklerini belirlemek amacıyla toplam fenolik madde analizi ve toplam antioksidan yakalama kapasitesi tayini yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların endüstriyel olarak üretimi ve son tüketiciye satışı yapılan örneklerle kıyaslanması için uçucu yağların, ticari muadilleri de antimikotik ve antioksidan özellikler açısından incelenmiştir. Araştırma bulguları Balıkesir yöresinden toplanan biberiye ve fesleğen bitkilerinin değişen oranlarda antimikotik ve antioksidan özellikte olduğunu göstermiştir. Çalışma sonuçları, farklı lokasyonlardan toplanan bitkilerin antimikotik ve antioksidan özellikleri arasında istatistiki olarak önemli ( $P < 0.05$ ) farklar bulunduğunu göstermiştir. Elde edilen tüm analiz sonuçları içerisinde en yüksek antimikotik etkiyi, küf üzerine 68.83 mm'lik inhibisyon çapıyla, denizden en yüksek ve en uzak konumda olan Sındırgı ilçesinden toplanan fesleğene ait uçucu yağın gösterdiği ortaya konmuştur. Fenolik madde içeriği sonuçlarına göre; en yüksek değer Bigadiç ilçesi menşeli fesleğen uçucu yağında 17305.3 mg GAE L<sup>-1</sup>, Altteylül ilçesi menşeli biberiye yağında 4497.8 mg GAE L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. DPPH metodu ile tespit edilen antioksidan kapasite değerleri ise 0.91-18.65 µmol troloks mL<sup>-1</sup> yağ aralığında değişmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen ticari uçucu yağların yaklaşık tamamında antimikotik etki, fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite değerleri laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağlara göre düşük bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Rosmarinus officinalis* L., *Ocimum basilicum* L., Biberiye, Fesleğen, Antimikrobiyal aktivite, Antioksidan aktivite

<sup>1</sup>Merve Nur Aslan Öz, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Değirmenaltı Kampüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [mervenuraskan90@gmail.com](mailto:mervenuraskan90@gmail.com)  OrcID: 0000-0003-2380-9120

<sup>2</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan Murat Velioglu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Değirmenaltı Kampüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [mvelioglu@nku.edu.tr](mailto:mvelioglu@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-8275-6965

Atıf: Aslan Öz, M. N., Velioglu, H. M. (2024). Balıkesir yöresinde doğal olarak yetişen biberiye ve fesleğen bitkilerine ait uçucu yağların antioksidan ve antimikotik özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 783-794.

Citation: Aslan Öz, M. N., Velioglu, H. M. (2024). Determination of antioxidant and antimycotic properties of essential oils of rosemary and basilicum collected from Balıkesir Region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 783-794.

\*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden üretilmiş ve Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından NKUBAP.03.YL.16.028 nolu proje ile desteklenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Abstract

In recent years, with the increasing interest in plant-derived antioxidant and antimicrobial substances, scientific studies on essential oils have started to take place more in the literature. In this study, we examined the antioxidant and antimycotic properties of the essential oils of rosemary and basil plant that collected from Balikesir region. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) and basilicum (*Ocimum basilicum* L.) herb plant species were used as study material. *Zygosaccharomyces rouxii* (ATCC 28253) and *Aspergillus parasiticus* (DSM 5771) were used to determine *in vitro* antimycotic effect of essential oils obtained from plants by hydro distillation method. The total phenolic component analysis and the total antioxidant capacity were implemented to determine the antioxidant properties of essential oils. In order to compare the results obtained within the scope of the study with the samples produced industrially and sold to the end consumer, commercial equivalents of essential oils were also examined in terms of antimycotic and antioxidant properties. The study proved the antioxidant and antimycotic properties of the rosemary and basil plant collected from Balikesir region. Furthermore, it was also observed that there are some important differences ( $P<0.05$ ) between antimycotic and antioxidant characteristics of aromatic plants that were collected from different locations. It was revealed that among all the analysis results obtained, the essential oil of basil collected from the Sındırgı district, which is at the highest and furthest location from the sea, with an inhibition diameter of 68.83 mm, showed the highest antimycotic effect on mold. The highest phenolic substance content was found as 17305.3 mg GAE L<sup>-1</sup> and 4497.8 mg GAE L<sup>-1</sup> for basil from Bigadiç and rosemary from Altteylül county, respectively. The antioxidant capacity values determined by the DPPH method ranged from 0.91-18.65 µmol troloks mL<sup>-1</sup> oil. Antimycotic effect, phenolic content and antioxidant capacity values of nearly all commercial essential oils analyzed within the scope of the study were found to be lower than the essential oils produced in the laboratory.

**Keywords:** *Rosmarinus officinalis* L., *Ocimum basilicum* L., Rosemary, Basil, Antimicrobial activity, Antioxidant activity

## 1.Giriş

18. yüzyıldan sonra kimya biliminin gelişmesi ve ilerlemesi, bitkilerle tedavi yöntemlerinin yerini alarak, saf, sentetik veya yarı sentetik ilaç hammaddelerinin kullanımını arttırmıştır. Ancak modern ilaçların istenmeyen yan etkilere sahip olması son yıllarda tekrar doğal kaynaklardan elde edilen ilaçların tercihine neden olmuştur (Baytop 1984).

Bitkisel ürün veya bitkisel ilaç, işlenmemiş ya da işlenerek bir veya daha fazla bitkiden oluşturulan bileşim maddesi içeren tedavi edici özelliği olan veya diğer insanların sağlığına yararı olan bitkilerden türetilen maddeler veya ürünlerdir (WHO 1998). Son yıllarda tıbbi aromatik bitkiler üzerindeki çalışmalar ve bu bitkilere karşı artan ilgi dikkat çekmektedir. Özellikle kalkınma aşamasındaki ülkelerde yeterli maddi olanakların ve ilaç endüstrisinin olmayışı bu bitkileri kolay ve ucuz tedavi yöntemleri olarak öne çıkarmaktadır. Diğer taraftan bazı ilaç hammaddelerinin bitkisel kaynaktan üretimi sentetik muadillerine göre daha ucuz ve kolay olabilmekte ve bitkisel bileşenler birden fazla etkiye sahip olabilmektedir (Abay, 2006).

Tıbbi olarak tüketilen birçok bitkinin antimikrobiyal ve antioksidan etkisinin olduğu, ülkemizde ve yurt dışında yapılan çalışmaların birçoğunda görülmüştür (Panizzi ve ark. 1993; Benli ve ark., 2007; Ertürk ve ark., 2010; Şahan ve ark, 2021). Biberiye ve fesleğen, gerek çesni maddesi olarak gerekse esansiyel yağ kaynağı olarak kullanılan aromatik bitkiler arasında yer almakta olup ülkemizde de geniş bir alanda doğal yayılım göstermektedir (Telci ve ark. 2005; Malayoğlu 2010).

Biberiye (*Rosmarinus officinalis*) Akdeniz kıyısında, kalkerli tepelerde, sürekli yeşil kalan, doğal olarak yetişebilen çok yıllık bir bitki olup, rosmarin, kuşdili, pürem ve süpürge çalısı gibi yöresel isimlerle anılan *Lamiaceae* familyasına ait değerli bir uçucu yağ ve baharat bitkisidir (Baytop, 1984). Esas kökeni Akdeniz Bölgesi olan bu bitkinin kültürünün en çok yapıldığı ülkeler ise Fransa, İspanya, Portekiz, İngiltere, İtalya, Yunanistan, Balkan Ülkeleri, Tunus, Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika'dır. Yabani olarak Akdeniz ikliminin hakim olduğu her yerde yetişebilir (Malayoğlu, 2010). Biberiye 50-150 cm boylanan, otsu veya ağaççık görünüşünde sapı lifli, küçük ince narin, açık veya koyu yeşil yapraklı, yaprak arkası kül renkli ve tüylüdür. Çiçekleri ise açık mavi beyazımsıdır ve bütün sene çiçeklidir. Bir eksen üzerinde salkım halinde bulunan çiçekler aromatik ve güzel kokuludur (Baytop, 1984). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tek yıllık ve otsu, 20-60 cm boylu, beyaz-mor çiçekli bir bitkidir. Olgunlaşmış fesleğenlerin boyları genellikle 20 ile 60 cm arasında değişmektedir. Fesleğen özellikle Batı ve Güney Anadolu'da yetiştirilmektedir. *Ocimum basilicum* L. tür içerisinde geniş morfolojik ve kimyasal çeşitliliğe sahiptir. Bu nedenle de pek çok alt tür ve varyetelere ayrılarak incelenmektedir. Bazı yörelerde özellikle doğu illerinde mor renkli tipler fazla görülmektedir ve reyhan olarak isimlendirilmektedir. Batı illerinde daha yaygın olan yabancı literatürde 'sweet basil' olarak bilinen yeşil renkli çeşit ise fesleğen olarak bilinmektedir (Telci ve ark., 2005).

Biberiye yapraklarının tavuk yemi katkısı olarak kullanımı (Ürüşan, 2021), biberiye esansiyel yağının antimikrobiyal etkisinin araştırılması (Yeşil-Çeliktaş ve ark., 2007) ve fesleğen esansiyel yağının kimyasal kompozisyonunun ortaya konması hakkındaki çalışmalar literatürde sıklıkla yer almaktadır (Özcan ve Calchat, 2002).

Bu araştırmanın amacı Balıkesir ili sınırları dahilinde farklı lokasyonlarda doğal olarak ve/veya kültür bitkisi olarak yetişen *Lamiaceae* familyasına ait 2 bitki türünden (*Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*) elde edilmiş uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin belirlenmesi ve ticari muadilleri ile karşılaştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

Balıkesir'in bazı ilçelerinden (Altteylül, Ayvalık, Burhaniye, Bigadiç, Erdek, Gömeç, Karesi, Sındırgı) doğal olarak yetişen veya kültüre alınmış biberiye ve fesleğen bitkileri 2017 yılı ilkbahar döneminde toplanmıştır. Her lokasyondan toplanan bitki örnekleri 200-400 g arasındadır. Toplanan bitkiler köklerinden ayrılarak toprak kalıntıları temizlendikten sonra düz bir zemine yayılarak uygun koşullarda (oda sıcaklığında ve gölgede) kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan bitki materyalleri yapılacak laboratuvar çalışmalarına kadar, ağzı klipsli şeffaf poşetlerde muhafaza edilmiştir. Bitki materyallerinin toplandığı yerde, yerin enlem ve boylamı GPS yardımıyla, bitkinin toplandığı yerin yüksekliği ise altimetre yardımıyla ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan bitkilere verilen kodlar ve toplandığı lokaliteler *Tablo 1* ve *2*'de verilmiştir. Laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağlar ile karşılaştırmak

amacıyla yerel market ve eczanelerden fesleğen yağı ve biberiye yağı adıyla satışı yapılan örnekler temin edilmiştir. İçerik bilgilerine göre sadece uçucu yağ içerdiği ifade edilen bu örneklerden fesleğen yağları T1, T2, T3 ve T4 olarak, biberiye yağları ise T5, T6, T7 ve T8 olarak kodlanarak çalışmada kullanılmıştır.

**Tablo 1. Biberiye numuneleri alınan bölgelere ait bilgiler**

*Table 1. Information on the regions where rosemary samples were taken*

Kod	İlçe	Enlem	Boylam	Yükselti (m)	Denizden Uzaklık (km)
1	Burhaniye	39°50'	26°94'	10	7
3	Ayvalık	39°32'	26°70'	7	2
5	Bigadiç	39°39'	28°13'	180	126
9	Gömeç	39°39'	28°17'	14	2
17	Erdek	40°41'	27°77'	10	1
19	Altıeylül	39°64'	27°89'	151	87

**Tablo 2. Fesleğen numuneleri alınan bölgelere ait bilgiler**

*Table 2. Information on the regions where basilicum samples were taken*

Kod	İlçe	Enlem	Boylam	Yükselti (m)	Denizden Uzaklık (km)
2	Burhaniye	39°49'	26°93'	10	7
4	Ayvalık	39°33'	26°65'	14	2
6	Bigadiç	39°37'	28°13'	180	126
8	Sındırgı	39°24'	28°17'	230	149
14	Karesi	39°71'	27°98'	139	89
20	Altıeylül	39°63'	27°87'	151	87

Kurutulan bitki örnekleri mekanik öğütücü yardımıyla daha küçük parçalar haline getirildikten sonra bitkisel materyaller 2000 mL kapasiteli cam balona yerleştirilmiştir. Ardından kuru bitki örneği ağırlığının 5 katı olacak şekilde saf su ilave edilip balon çalkalanmıştır. Balonun yerleştirildiği ısıtıcı mantonun sıcaklığı kademeli olarak artırılarak kaynama başlatılmış ve yaklaşık 3 saat boyunca su buharı distilasyon yöntemiyle özütlenerek, uçucu yağların toplanması sağlanmıştır. Distilasyon tamamlandıktan sonra Clevenger aparatının toplama kabında toplanan uçucu yağlar eppendorf tüplerinin içerisine alınmıştır. Elde edilen uçucu yağda su bulunması olasılığına karşı bir müddet bekletildikten sonra tüpün üst yüzeyinde kalan uçucu yağlar pastör pipeti yardımı ile çekilip, başka bir eppendorf tüpüne aktarılmış ve saf olarak elde edilmiştir.

Elde edilen uçucu yağların konulduğu eppendorf tüplerin ağız kısmı hava geçişini engellemek için parafilmle sarılmıştır. *In vitro* ortamda antimikotik etki denemelerinde kullanılmak üzere +4°C'de saklanmıştır.

Çalışmada kullanılan küf ve maya örnekleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarından temin edilmiştir.

Antimikotik etkinin belirlenmesinde, Güner (2014) tarafından Braga ve ark. (2007)'den modifiye edilen yöntem kullanılmıştır. Aseptik koşullarda, petri kaplarına yaklaşık 15-20 mL olacak şekilde dökülen PDA besiyerlerinin sertleşmesi ve oda sıcaklığına gelmesini takiben, daha önceden hazırlanan maya ve küf süspansiyonlarından mikropipet yardımıyla 0.1 mL alınarak, PDA besiyeri üzerine yüzeye yayma yoluyla ekim yapılmıştır. Besiyerinin, inokulumu tamamen emmesi için yaklaşık 1 saat beklendikten sonra, steril pipet ucuyula besiyeri üzerinde 5 mm çapında bir çukur açılmış, iç kısımda kalan besiyeri parçası çıkarılmayarak petri içerisinde bırakılmıştır. Sonrasında 5 mm çapındaki izin merkezine, daha önce hazırlanan uçucu yağ-metanol karışımları ve ticari uçucu yağlar 20 µL mikropipet yardımıyla boşaltılmıştır. Boşaltılan tüm sıvı, öncelikle çember şeklindeki ize dolup, sonrasında besiyeri üzerinde yayıldığı için dökülme noktası merkezli tam bir daire oluşturacak şekilde yayılım göstermiştir. Hem mikroorganizma süspansiyonu içeren hem de uçucu yağ-metanol karışımı içeren tüpler aktarım öncesi vorteksenerek homojenite sağlanmıştır. Uygulamaların tamamı kontrollü ve aseptik koşullar

altında yapılmıştır. Hazırlanan petri kaplarının inkübatörde 26.5°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmasının ardından ilk gözlem sayımı yapılmıştır. Ertesi gün, kontrol sayımı yapılarak sayma işlemi tamamlanmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda besiyeri yüzeyinde mikrobiyal gelişmenin olmadığı dairesel alanın çapı dijital kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Bu ölçüm, direkt olarak inhibisyon zonu çapı olarak değerlendirilmiştir. Antimikotik etkinin ölçülmesi için yapılan tüm *in vitro* analizler 2 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, uçucu yağların toplam antioksidan kapasite değerleri, hem ABTS<sup>+</sup> radikal katyonu tarafından tutulan antioksidan madde miktarı analizi hem de DPPH radikal temizleme aktivitesi metotları kullanılmıştır.

Çalışılan biberiye ve fesleğen bitkilerinin fenolik madde miktarlarının analizi Singleton ve Rossi (1965) tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır.

Fenolik madde analizi için, ekstraksiyonlar 2 mL'lik eppendorf tüpü içerisinde homojenize edilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan eppendorf tüpleri falkon tüplerinin içerisine yerleştirilerek, karıştırıcıda 1 saat boyunca karıştırılarak bekletilmiş, işlem tamamlandıktan sonra tüpler Hettich Universal 320R tipi soğutmalı santrifüjde 3500 rpm de 10 dakika santrifüjlenmiştir.

Farklı ilçelerden toplanarak hazırlanan biberiye bitkilerinin ekstraktlarından 40 µL alınarak, spektrofotometre küvetine konulmuştur. Ekstraktın üzerine sırasıyla 3.16 mL saf su, 200 µL FCR, 600 µL %20'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> konularak vorteks yardımıyla karıştırıldıktan sonra, karışımın çok açık mavi ya da çok koyu mavi olması istenmediğinden, karışımın homojen ve iyi bir sonuç verebilmesi için gözlem yapılmış ve karışım 2 saat boyunca bekletilmiştir.

Yine daha önceden fesleğen bitkilerinden elde edilen saf yağların yoğunluğundan dolayı üzerine eklenen kimyasalların ardından yağın renginde ya hiç açılma görülmemiş ya da renk olduğundan fazla açılmıştır. Bu nedenle saf yağlarda ekstrakt miktarı ½ oranında azaltılarak, ticarilerde ise tam tersi 2 kat artırılarak renk yoğunluğu ayarlanmıştır. Farklı ilçelerden toplanan fesleğen bitkilerinden elde edilen saf ekstraktlardan alınan 20 µL yağın üzerine sırasıyla 3.18 mL saf su, 200 µL FCP ve 600 µL %20 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> konulmuş ve karışım 2 saat boyunca bekletilmiştir.

Ticari olarak satın alınan ekstraktlarda ise, 80 µL yağ ekstraktı üzerine 3.12 mL saf su, 200 µL FCP, 600 µL %20 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> konularak, 2 tekerrürlü hazırlanan karışımlar 2 saat bekletildikten sonra Shimadzu UVmini-1240 tip spektrofotometrede 765 nm'de absorbans ölçümleri yapılmıştır. Standart kalibrasyon eğrisi, katekol kullanılarak hazırlanmış ve sonuçlar bu kalibrasyon grafiği yardımıyla hesaplanmıştır (Turan 2005).

DPPH analizi Brand-Williams ve ark. (1995)'e göre yapılmıştır. Yöntemin esası DPPH içeren çözelti ile hidrojen atomu verme eğilimi olan bir molekülün (antioksidan) çözeltisinin karıştırılması sonucu DPPH radikalinin indirgenmesine ve çözeltinin başlangıçta mor olan renginin kaybolmasına dayanır. Mor renkli çözeltinin 520 nm civarındaki absorbansının azalması ölçülerek reaksiyon takip edilir. Antioksidan aktivite başlangıçtaki DPPH derişiminin %50'sinin azalması için harcanan antioksidan miktarını ifade eden IC50 (etkin konsantrasyon) değeri ile verilir (Brand-Williams ve ark. 1995).

Spektrofotometre küvetinin içerisine 25, 50 ve 75'er mL'lik ekstraktlar konularak üç ayrı paralel hazırlanmıştır. Ekstraktlara, çeker ocakta 1950 mL DPPH radikali eklenerek vorteksle karıştırılmıştır. 30 dakika karanlık ortamda bekletilerek, 517 nm'de absorbansları okunmuştur. Kontrol; 50 µL metanol ve üzerine 1950 mL DPPH konularak hazırlanmıştır. Ölçüm yapılmadan önce spektrofotometre metanole sıfırlanmıştır. Fenolik ekstreden elde edilen biberiye ekstraktı antioksidan analizinde olduğu gibi kullanılırken, fesleğen ekstraktı saf yağlarda 10 kat metanolla seyreltilmiştir. Ticari fesleğen yağları ise fenolikte olduğu gibi aynı şekilde kullanılmıştır. İşlemler 3 tekerrürlü (n=3) yapılmıştır. Yüzde inhibisyon (DPPH Radikal Süpürücü Aktivite) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\% \text{İnhibisyon} = [AK - A\ddot{O} / AK] \times 100 \quad (\text{Eş. 1})$$

AK: Kontrolün absorbansı

AÖ: Örneğin absorbansı



Farklı derişimlerle ölçülen absorbanslarla grafik çizilmiş,  $y = ax + b$  denkleminde DPPH derişimini yarıya düşüren örnek miktarı  $\mu\text{g/mL}$  cinsinden bulunarak, IC50 değerleri hesaplanmıştır.

Örneklerin absorbans değerleri, örnek ve şahidin (phosphate buffered saline, PBS) aynı anda konulabildiği çift huzmeli (double beam) spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemin ayrıntıları Kırca ve Özkan (2007) tarafından verilmiştir. Küvetlerin bulunduğu bölümün sıcaklığı sirkülasyonlu su banyosuyla 30°C’de sabit tutulmuştur. Analize başlamadan önce ABTS<sup>+</sup> radikal çözeltisinden 1 mL (Stok çözeltiden her 100 mL için 1 mL civarı ABTS<sup>+</sup> radikali) alınarak, 734 nm’de absorbans değeri 0.700±0.02 olacak şekilde yaklaşık 90-100 mL PBS ile seyreltilmiştir.

ABTS<sup>+</sup> seyreltiğinin ölçümleri 734 nm’de 1.5 mL hacimde 1 cm ışık yolu uzunluğunda, tek kullanımlık mikro küvetlerde yapılmıştır. Elde edilen ABTS<sup>+</sup> seyreltiğinin 734nm’de 700 civarı değer vermesi beklenir. Bu alınan değer ise kontrol olarak kaydedilir. İstenilen değerler 700-718 nm arasında istenir. Bu değer yüksek çıkarsa PBS, düşük çıkarsa ABTS<sup>+</sup> eklenir.

Seyreltilmiş ABTS<sup>+</sup> radikal çözeltisinden 1 mL mikro küvete alınmış, PBS çözeltisine karşı okuma yapmak üzere spektrofotometreye yerleştirilerek, başlangıç absorbans değeri belirlenmiştir. Daha sonra küvet içeriği 1 mL olacak şekilde, mikro küvete eklenen 990  $\mu\text{L}$  radikal çözeltisi üzerine örnekten 10  $\mu\text{L}$  eklenir eklenmez kronometre çalıştırılmıştır. 6 dakika boyunca, her bir dakikada absorbans ölçümü yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Fenolik madde analizi için; ticari olarak temin edilen biberiye ve fesleğen yağ örneklerinden alınan örnek, ekstraktla aynı oranda alınırken, biberiye bitkisinde 17 numaralı örnek hariç saf ekstraktlarda 5 kat, fesleğen bitkisinde ise 6 numaralı örnek hariç 20 kat PBS ile seyreltilmiştir. 6. dakikanın sonunda saptanmış olan absorbans değeri esas alınarak, başlangıç değerine göre yüzde azalma oranı (inhibisyon oranı) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon oranı (\%)} = (BAD - SAD)/BAD \quad (\text{Eş. 2})$$

BAD: Başlangıç Absorbans Değeri, SAD: Son Absorbans Değeri

10  $\mu\text{L}$  örnek alınarak yapılan bu işlemler en az 3 kez tekrarlanmış ve inhibisyon oranları hesaplanarak bunların ortalaması alınmıştır. Daha sonra, örnek hacmi değiştirilerek 20 ve 30  $\mu\text{L}$  hacimlerde aynı işlemler tekrarlanmıştır. Her defasında küvet içeriği 1 mL olacak şekilde farklı miktarlarda ABTS<sup>+</sup> radikal çözeltisi eklenmiş ve 6 dakika bekletilmiştir. Ölçüm yapılmadan önce spektrofotometre PBS ile sıfırlanmış ve ölçümler spektrofotometre cihazıyla yapılmıştır. Elde edilen ortalama yüzde inhibisyon değerleri örnek hacimlerine (10, 20, 30  $\mu\text{L}$ ) karşı bir grafiğe aktarılmış ve bu verilere doğrusal regresyon analizi uygulanarak örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmeleri, SPSS 18.0 paket programında yapılmıştır. Verilere varyans analizi uygulanıp, birbirleriyle karşılaştırılmalarında %5 güven aralığında ( $P < 0.05$ ) belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan’s Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Biberiye ve fesleğen uçucu yağ verimleri hesaplanmıştır. Buna göre 6 farklı biberiye örneği için uçucu yağ verimi kuru madde üzerinden ortalama %1.5 iken en yüksek verim %1.64 ve en düşük verim %1.32 olarak tespit edilmiştir. Fesleğen örneklerinde ise ortalama uçucu yağ verimi %1 seviyesinde bulunmuştur. Fesleğen örneklerinde en yüksek uçucu yağ verimi %1.15 olurken en düşük verim %0.89 olarak tespit edilmiştir. Biberiye ve fesleğen bitkilerinden elde edilen uçucu yağların ve ticari biberiye ve fesleğen yağlarının *A. parasiticus* ve *Z. rouxii* üzerindeki antimikotik aktivite tayinleri agar difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir. İnkübasyon sonrası PDA besiyeri merkezinde oluşan zonların ölçüm sonuçları *Tablo 3*’te verilmiştir.

Maya üzerinde en yüksek antimikotik etkiye sahip ticari uçucu yağın T8 kodlu biberiye yağı olduğu görülmektedir ( $P < 0.05$ ). T7 kodlu diğer biberiye yağı en düşük antimikotik etkiye sahipken ( $P < 0.05$ ), T5 ve T6 kodlu ticari biberiye yağlarında herhangi bir inhibisyon etkisi gözlenmemiştir. Ticari fesleğen yağlarına ait sonuçlara bakıldığında ise; T2 ve T3 kodlu örneklerin tüm örnekler içinde en düşük antimikotik etkiye sahip olduğu ( $P < 0.05$ ), diğer taraftan T1 ve T4 kodlu ticari fesleğen yağlarının herhangi bir inhibisyon zonu oluşturmadığı tespit edilmiştir. Laboratuvar ortamında üretimi yapılan uçucu yağlar açısından da önemli antimikotik etki farklılıkları gözlenmiştir ( $P < 0.05$ ). 4, 6 ve 20 kodlu fesleğen yağlarının diğer örneklerden daha

yüksek etki gösterdiği, özellikle Altıeylül ilçesinden elde edilen fesleğen örneklerine ait uçucu yağın (20 kodlu) tüm örnekler içerisinde maya üzerine antimikotik etkisinin en yüksek olduğu görülmüştür ( $P<0.05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3. İnkübasyon sonrası PDA besiyeri merkezinde oluşan zonların ölçüm sonuçları**

Table 3. Measurement results of zones formed in the center of PDA medium after incubation

Uçucu yağ kodu	İnhibisyon çapı
T1	-
T2	14.87±0.17 <sup>e</sup>
T3	12.49±1.75 <sup>e</sup>
T4	-
T5	-
T6	-
T7	11.59±0.95 <sup>e</sup>
T8	51.96±6.21 <sup>b</sup>
1	16.76±2.21 <sup>d,e</sup>
2	-
3	-
4	23.32±0.08 <sup>d</sup>
5	-
6	35.96±1.52 <sup>c</sup>
9	15.06±1.23 <sup>e</sup>
14	-
17	13.15±0.13 <sup>e</sup>
20	67.30±1.55 <sup>a</sup>

\* Elde edilen sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir. Farklı üst indis harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Laboratuvar ortamında üretimi yapılan uçucu yağların *Z. rouxii* üzerindeki antimikotik etkisi, bileşimlerinde bulunan etken maddelere bağlıdır. Uçucu yağların etken madde bileşimlerindeki farklılıkların da bitkinin yetiştiği bölgeye bağlı çevresel faktörlerden etkilendiği bilinmektedir (Akgül, 1989). Fesleğen uçucu yağının, mayalar üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada (Avetisyan ve ark. 2017), *Debaryomyces hansenii* ve *Candida guilliermondii* üzerinde fesleğen yağının önemli antimikotik etki gösterdiği belirtilmiştir. Vieira ve ark. (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada, linalool açısından zengin fesleğen yağlarının *Candida* cinsi mayalar üzerindeki inhibisyon etkisi incelenmiş ve oldukça yüksek seviyede etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında laboratuvar ortamında esansiyel yağ üretimi yapılan fesleğen örneklerinden Altıeylül ve Bigadiç ilçesi kaynaklı olanlarda (6 ve 20 nolu örnekler) yüksek antifungal etki gözlenmesi, bu ilçelerin yükselti ve denize uzaklık bakımından diğer ilçelerden (Sındırgı hariç) farklılaşmasıyla bağlantılı olabilir. Daha yüksek ve denizden uzak lokasyonların çevresel etkilerden daha az etkileneceği, daha soğuk bir iklime sahip olacağı ve bu sebeplerle bitkilerin yapısındaki etken madde miktar ve çeşitlerinin değişiklik gösterebileceği düşünülebilir. Bu çalışma kapsamında, bu değişim, bitkilere ait esansiyel yağların maya üzerindeki inhibisyon etkisini arttırdığı görülmektedir. Örnekler arasında 9 ve 17 kodlu biberiye esansiyel yağlarının Gömeç ve Erdek ilçelerinden elde edildiği ve bu ilçelerin deniz kenarında bulunan ilçeler olduğu bilinmektedir. Biberiye uçucu yağının, kekik, adaçayı, okaliptüs ve rezene uçucu yağlarıyla beraber farklı funguslar üzerindeki antifungal etkisinin incelendiği bir çalışmada, en düşük etkiye sahip yağın biberiye uçucu yağı olduğu bildirilmiştir. Carvalhinho ve ark. (2012) tarafından 40 farklı *Candida albicans* suşu üzerinde farklı uçucu yağların inhibisyon etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise biberiye uçucu yağının antimikotik etkisi, tarçın, defne, nane ve okaliptüs uçucu yağlarından düşük, limon, ladin reçenesi ve mandalina uçucu yağlarından yüksek bulunmuştur. Fesleğenden elde edilen uçucu yağın, *Candida glabrata* ve *Candida albicans*'a karşı incelendiği bir çalışmada hem etanolik ekstraktlarla hem de uçucu yağlarla orta derecede antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Rezzoug ve ark., 2019). Aktepe ve ark. (2019) tarafından biberiye uçucu yağında 1.78 mm'lik inhibisyon zonu ölçülerek, *Erwinia amylovora*'ya karşı antibakteriyel etkisinin, negatif kontrole (steril su) aynı grupta yer alarak, etkisiz olduğu rapor edilmiştir. Literatür çalışmaları biberiye uçucu yağının farklı bitkilere ait uçucu yağlara göre mayalar üzerinde daha düşük inhibitör etki gösterdiğini bildirmesine karşın bu çalışmada ortaya konulan bulguların beklenenden de düşük olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışma kapsamında *Z. rouxii* üzerine laboratuvar ortamında üretilen biberiye uçucu yağ örneklerinin

düşük etki göstermesinin ana sebebi, bitkilerin temin edildiği coğrafi bölgedeki dış etkenlerin uçucu yağ bileşimindeki etken madde konsantrasyonlarını olumsuz etkilemesi olabilir.

Hem saf halde hem de metanolla seyreltilerek yapılan uygulamalar incelendiğinde laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağların ticari muadillerine kıyasla önemli ölçüde yüksek antimikotik etki gösterdiği ortaya çıkmaktadır ( $P<0.05$ ). Metanolla yapılan seyreltmenin, tüm uçucu yağlarda antimikotik etkiyi azalttığı görülmektedir. Saf halde uçucu yağlar dikkate alındığında *A. parasiticus* üzerinde en etkili örneğin 8 nolu fesleğen uçucu yağı olduğu görülmekte olup, 2 ve 4 nolu fesleğen yağları ile 3 nolu biberiye yağının istatistiki olarak aynı oranda antimikotik etkiyi gösterdiği anlaşılmaktadır. Metanolla seyreltme sonrası 14 nolu fesleğen yağının besiyeri üzerinde herhangi bir inhibisyon zonu oluşturulmaması deneysel bir hata olarak düşünülmektedir. Diğer taraftan ticari örnekler içerisinde T8 kodlu biberiye yağı saf halde ve seyreltilmiş halde diğer ticari yağlara oranla daha yüksek antimikotik etki göstermiştir ( $P<0.05$ ). Tada ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada fesleğen ekstraktının antifungal etkisinin olmadığı bildirilmesine karşın, bu çalışmada tam tersi sonuçlar elde edilmiştir. Diğer taraftan Avestiyan ve ark. (2017), 3 farklı fesleğen türünden elde ettikleri uçucu yağları kullandıkları çalışmada, nerol açısından zengin fesleğen uçucu yağının en yüksek antimikrobiyal etkiyi gösterdiğini, fesleğen uçucu yağının ilaç ve gıda sanayinde antimikrobiyal olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarının paralellik gösterdiği bir diğer araştırmada ise Kocic-Tanackov ve ark. (2015) fesleğen uçucu yağının 7 mg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonda kullanıldığında gıdalarda önemli bir kontaminant olan *Cladosporium cladosporioides* küfü üzerinde inhibitör etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, antimikotik etkileri araştırılan uçucu yağların *A. parasiticus* üzerindeki inhibitör etkisi değişkenlik göstermiştir. Bu durumun nedenleri de uçucu yağların antimikrobiyal etkisinin bileşimlerdeki etken maddelerin kalitatif ve kantitatif değerleri, uçucu yağın elde edildiği bitkinin yetiştiği coğrafik bölgeden kaynaklanan etkenler ve bitkinin yetiştiği sezondaki iklim şartlarından etkilenmesi olarak belirtilmiştir (Reyes-Jurado ve ark., 2015). Laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağların elde edildikleri bitkilere ait coğrafi lokasyon bilgileri incelendiğinde, en yüksek inhibitör etkiyi gösteren 8 nolu örneğin Sındırgı ilçesinden temin edilen fesleğene ait olduğu ve bu ilçenin örnek toplanan ilçeler arasında en yüksek ve denize en uzak konumda bulunduğu görülmektedir. Bu durum, ortam koşullarının bitkiye ait uçucu yağ bileşimini olumlu yönde etkilemiş olabileceği hipotezini desteklemektedir. Ancak diğer taraftan Ayvalık ve Burhaniye gibi hem denize yakın hem de alçak bir lokasyonda bulunan ilçelerden elde edilen 2 ve 4 kodlu fesleğen ile 3 kodlu biberiye uçucu yağlarının da istatistiki olarak 8 nolu örneğe yakın inhibisyon etkiye sahip olması bu durumun tersini göstermektedir. Bu benzerliğin sebeplerinden birinin bitkilerin sahile yakın kesimde yetişse dahi yüksek kesimde yetişen bitkilere benzer etken maddeleri yapılarında tutmaları olduğu söylenebilir.

Bitkisel uçucu yağların, gıda ve tarım sektöründe oksidasyonu engelleyici ajan olarak kullanımı her geçen gün artmaktadır. Aynı zamanda uçucu yağların yapısındaki fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer fitokimyasallar gibi antioksidan özellikli maddelerin iyi birer serbest radikal tutucu olarak aktivite gösterdiği bilinmektedir. Lipit oksidasyon prosesini geciktirme etkisine de sahip olan uçucu yağlar, aynı zamanda eklendikleri gıda maddelerinin aromasını da genellikle olumlu etkilemektedir (Tohidi ve ark. 2017). Bu çalışmada, laboratuvar ortamında üretilen ve piyasadan temin edilen ticari fesleğen ve biberiye uçucu yağlarının fenolik bileşen içeriklerine göre, laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağların çoğunda 2.600 mg GAE L-1 seviyesinden yüksek fenolik bileşen bulunmuş olup, en yüksek değer 17.305,2 mg GAE L-1 ile Bigadiç ilçesinden toplanan 6 nolu fesleğene ait uçucu yağda tespit edilmiştir. Fesleğen bitkisinin antioksidan özelliğinin araştırıldığı bir çalışmada Naidu ve ark. (2016) toz haline getirdikleri kurutulmuş bitkiden metanolla ekstraksiyon yapmışlar ve elde ettikleri ham ekstraktın fenolik içeriğini tespit etmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiğine göre fesleğen ham ekstraktı 45.38 mg GAE g-1 seviyesinde fenolik içeriğe sahiptir. Bu değer bizim çalışmamızda bulunan değerinkinden oldukça altındadır, ancak kullanılan materyalin uçucu yağ olmaması ve araştırmacıların kaç gram bitkiden ne kadar ekstrakt elde ettiğiyle ilgili detayı bildirmemiş olması karşılaştırma yapmayı zorlaştırmaktadır. Biberiyeden elde edilen ekstraktlar ve uçucu yağların önemli flavonoidleri ve fenolik maddeleri içerdiği literatürde bildirilmiştir. Rozmarinik asit, kafeik asit esterleri, gekwanin, diosmin ve cirsimaritin bu maddelerden bazılarıdır (Hanson, 2016). Çalışmada, uçucu yağı elde edilen biberiye örnekleri incelendiğinde, en yüksek fenolik bileşik miktarının 4.497,8 mg GAE L-1 seviyesiyle Altieylül ilçesinden elde edilen 19 nolu örnekte tespit edilmiştir. En düşük fenolik içeriğe sahip 3 nolu örneğin Ayvalık ilçesinden elde edildiği göz önüne alındığında, iki ilçe arasındaki yükselti ve denize olan uzaklık farkının fenolik madde içeriğine etki ettiği sonucu çıkarılabilir.

Ticari uçucu yağların tamamında fenolik madde içeriği, laboratuvarda üretilen örneklerden düşüktür ( $P<0.05$ ). Bu durum, ticari olarak satışa sunulan uçucu yağların denetiminde yetkili kurumlar tarafından ciddi önlemler alınması gerektiğini, bu ürünlerin etken madde içeriklerinin tespiti üzerinde kapsamlı çalışmalar yapılması gerektiğini düşündürmektedir. Bu çalışma kapsamında etken madde analizi yapılmamış olsa da ticari ürünlerdeki düşük fenolik madde içeriği bazı etken maddelerin düşük olduğuna veya bu ürünlerde taşış olması ihtimaline işaret etmektedir.

Bu çalışmada, uçucu yağlarda antioksidan kapasite değerleri, iki yöntemle tespit edilmiştir. ABTS<sup>+</sup> radikal katyonu tarafından yakalanan antioksidan madde miktarı analiz sonuçları ve DPPH radikal temizleme aktivitesi analiz sonuçları  $\mu\text{mol}$  troloks mL<sup>-1</sup> yağ cinsinden verilmiştir. Fenolik madde içeriklerine paralel olarak antioksidan özellik sonuçları da laboratuvar ortamında üretilen uçucu yağların ticari muadillerinden daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir ( $P<0.05$ ). Alves-Silva ve ark. (2013) tarafından kişniş, kereviz ve fesleğen uçucu yağlarının antioksidan kapasite tayinini de kapsayan bir çalışma yapılmış olup, en yüksek antioksidan özellik değeri, bizim çalışmamızın da gösterdiği gibi, fesleğen uçucu yağında tespit edilmiştir. Bu çalışmada, 6 nolu fesleğen örneğinde tespit edilen 18.65  $\mu\text{L}$  mL<sup>-1</sup> değeri, Avetisyan ve ark. (2017) tarafından *O. basilicum* var. *purpureus* fesleğen türü için bulunan 22  $\mu\text{L}$  mL<sup>-1</sup> değerine oldukça yakındır. Aynı çalışmada araştırmacılar iki farklı fesleğen türünü daha test etmiş olup, daha düşük değerlere ulaşmışlardır. Antioksidan kapasite sonuçları biberiye uçucu yağları açısından incelendiğinde, en yüksek değer (3.10  $\mu\text{L}$  mL<sup>-1</sup>) Altieylül ilçesinden temin edilen bitkilerden üretilen 19 nolu örnekte bulunduğu görülmektedir. İlçenin görece olarak daha yüksek bir konumda olması ve denizden uzak oluşu bu duruma sebep olmuş olabilir.

#### 4. Sonuç

Çalışmada biberiye (*Rosmarinus officinalis* L) ve fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerine ait uçucu yağların antimikotik ve antioksidan özellikleri araştırılmıştır. Balıkesir'in farklı ilçelerinden temin edilen biberiye ve fesleğen bitkilerinden hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağların literatür verilerine yakın seviyelerde antimikotik ve antioksidan etkiye sahip olduğu ve aynı zamanda laboratuvar ortamında üretilen bu yağların ticari muadillerinden daha yüksek antimikotik ve antioksidan etki gösterdiği belirlenmiştir. Fesleğen uçucu yağ, beklenildiği gibi, biberiye uçucu yağına göre daha yüksek antimikotik ve antioksidan etkiye sahip olarak bulunmuştur. Bitkilerin toplandığı lokasyonların denizden yüksekliği ve denize uzaklığının elde edilen uçucu yağın özelliklerini önemli ölçüde etkilediğinin görülmesi önemli bir bulgudur. Bu çalışmanın ışık tuttuğu sonuçlar doğrultusunda ilerleyen dönemlerde, farklı aromatik bitkiler ya da bunların kombinasyonları, farklı muamele konsantrasyonları ve farklı fungal kültürlerle yapılacak araştırmalar, aromatik bitkilerle sağlanan koruyuculuk etkisinin daha kapsamlı şekilde ortaya konmasını sağlayabilecektir.

Balıkesir ilçelerinden toplanan bu aromatik bitkilerin sahip oldukları koruyucu özelliklerinin yanı sıra antioksidan etkilerinin gıdalarda ilave fonksiyonel nitelikler kazandırma potansiyeline mevcut olduğu düşünülmektedir. Biyoaktif besin bileşenlerinin tespiti için yapılan toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan kapasite analizleri sonucunda, aktivite açısından en yüksek değer fesleğen uçucu yağında görülmüştür. Aromatik bitkilerin gıdalarda doğal koruyucu olarak kullanımına yönelik çalışmalarda, aromatik bitkinin, ürünün tat ve aromasında göstereceği değişimlerin tüketici tarafından kabul edilebilmesi adına önemli bir kriterdir.

Bu konuyla ilgili daha fazla araştırma ve yatırım yapıldığı takdirde, bitki çeşitliliği fazla bir ülke olan Türkiye'de bitkisel drog eldesi, bunlardan ilaç yapılması ve baharat, bitki çayı olarak kullanımı büyük bir gelişme gösterecektir. İhtiyaç fazlasının satılmasıyla da yeni bir pazar oluşması mümkündür.

#### Teşekkür

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından NKUBAP.03.YL.16.028 Nolu Yüksek Lisans Projesi olarak desteklenmiştir.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Aslan Öz, M. N., Veliöğlu, H. M.; Materyal ve Metot: Aslan Öz, M. N., Veliöğlu, H. M.; Veri toplama ve İşleme: Aslan Öz, M. N.; İstatistiki Analiz: Aslan Öz, M. N.; Literatür Tarama: Aslan Öz, M. N.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Aslan Öz, M. N., Veliöğlu, H. M.

### Kaynakça

- Abay, E. (2006). *Bazı bitki ekstraktlarının antibakteriyel etkilerinin disk difüzyon yöntemiyle araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kars.
- Akgül, A. (1989). Baharatların antioksidan özellikleri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 13:11-24.
- Aktepe, B. P., Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y. ve Aysan, Y. (2019). Farklı bitki uçucu yağların *Erwinia amylovora*'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1):34-41.
- Alves-Silva, J. M., Santos, S. M. D., Pintado, M. E., Perez-Alvarez, J. A., Fernandez-Lopez, J. and Viuda-Martos, M. (2013). Chemical composition and *in vitro* antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. *Food Control*, 32:371-378.
- Avetisyan, A., Markosian, A., Petrosyan, M., Shakyan, N., Babayan, A., Aloyan, S. and Trchounian, A. (2017). Chemical composition and some biological activities of the essential oils from basil *Ocimum* different cultivars. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(60): 1-8.
- Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkilerle Tedavi. İ.Ü. Yayın No:3255, Ecz. Fak. Yayın No: 40, İstanbul.
- Benli, M., Güney, K., Bingöl, Ü., Geven, F. and Yiğit, N. (2007). Antimicrobial activity of some endemic plant species from Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 6: 1774-1778.
- Braga, F. G., Bouzada, M. L. M., Fabri, R. L., Matos, M. O., Moreira, F. O., Scio, E. and Coimbra, E. S. (2007). Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 111: 396-402.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Carvalho, S., Costa, A. M., Coelho, A. C., Martins, E. and Sampaio, A. (2012). Susceptibilities of *Candida albicans* mouth isolates to antifungal agents, essential oils and mouth rinses. *Mycopathologia*, 174: 69-76.
- Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R. ve Aydın, H. (2010). Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Tıp Dergisi*, 32: 281-286.
- Güner, K. G. (2014). Çeşitli aromatik bitkilerin, meyve kurutmada küf-mayya gelişimi, fonksiyonel ve duyuşsal özelliklere etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Hanson, J. R. (2016). Rosemary, the beneficial chemistry of a garden herb. *Science Progress*, 99: 83-91.
- Kırca, A. ve Özkan, M. (2007). Değişik Amaçlı Bazı Test ve Analiz Yöntemleri. Gıda Analizleri, Cemeroglu, B. (ed.), s. 463-486, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Kocic-Tanackov, S., Dimic, G., Mojovic, L., Pejin, J., Tanackov, I. and Djukic-Vukovic, A. (2015). Inhibitory effect of basil extract on the growth of *Cladosporium cladosporioides*, *Emericella nidulans*, and *Eurotium* species isolated from food. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 887-895.
- Malayoğlu, H. B. (2010). Biberiyenin (*Rosmarinus officinalis* L) antioksidan etkisi. *Hayvansal Üretim*, 51(2): 59-67.
- Naidu, J. R., Ismail, R. B. and Sasidharan, S. (2016). Chemical profiling and antioxidant activity of Thai basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 19:750-755.
- Özcan, M. and Chalchat, J. C. (2002). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* and *O. minimum* in Turkey. *Czech Journal of Food Science*, 20(6): 223-228.
- Panizzi, L., Flamini, G., Cioni, P. L. and Morelli, I. (1993). Composition and antimicrobial properties of essential oils of four Mediterranean Lamiaceae. *Journal of Ethnopharmacology*, 39: 167-170.
- Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramirez-Corona, N., Palou, E. and Lopez-Malo, A. (2015). Essential oils: Antimicrobial activities, extraction methods, and their modeling. *Food Engineering Reviews*, 7: 275-297.
- Rezzoug, M., Bakchiche, B., Gherib, A., Roberta, A., Kilinçarslan, Ö., Mammadov, R. and Bardaweel, S. K. (2019). Chemical composition and bioactivity of essential oils and Ethanolic extracts of *Ocimum basilicum* L. and *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. from the Algerian Saharan Atlas. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1): 1-10.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology Viticulture*, 16: 144-158.
- Şahan, Z., Tel, A. and Kutay, H. (2021). Effect of *Cyclotrichium niveum* essential oil on rumen microbial fermentation and *in vitro* digestibility of barley. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18: 138-145.
- Tada, H., Ikeda, Y., Omoto, T., Shimomura, K. and Isimaru, K. (1996). Rosmarinic acid and related phenolics in adventitious root cultures of *Ocimum basilicum* L. *Plant Tissue Culture Letters*, 13(1): 69-71.

- Telci, İ., Bayram, E., Yılmaz, G. ve Avcı, A. B. (2005). Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (*Ocimum spp*) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu. Tübitak-Togtag (3102) Proje Sonuç Raporu.
- Tohidi, B., Rahimmalek, M. and Arzani, A. (2017). Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chemistry*, 220: 153-161.
- Turan, P. (2005). *Ocimum Basilicum* L.’den elde edilen polifenol oksidaz enziminin saflaştırılması, kinetik ve elektroforetik özelliklerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Ürüşan, H. (2021). Yüksek enerjili yemlere biberiye yaprağı (*Rosmarinus officinalis*) ilavesinin, yumurtacı tavuklarda performans, yumurta kalite kriterleri, serum lipit profile ve karaciğer yağ oranı üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18:115-124.
- Vieira, R. R. N., Morais, S. M., Bezerra, F. H. Q., Ferreira, P. A. T., Oliveira, I. R. and Silva, M. G. V. (2014). Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Ocimum* species. *Industrial Crops and Products*, 55: 267-271.
- World Health Organization (WHO). (1998). Guidelines for the Appropriate Use of Herbal Medicines. WHO, Manila. WHO Regional Publications, Western Pacific Series no. 23. [http://www.wpro.who.int/publications/pub\\_9290611243.htm](http://www.wpro.who.int/publications/pub_9290611243.htm)
- Yeşil-Çelikaş, Ö., Hames-Kocabaş, E. E., Bedir, E., Vardar-Sukan, F., Özek, T. And Baser, K. H. C. (2007). Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chemistry*, 100: 553-559.

## Investigation of the Bioaccessibility of Functional Ice Cream with Blueberry Enriched with Whey Protein Gel


Peynir Altı Suyu Protein Jeli ile Zenginleştirilmiş Yaban Mersinli Fonksiyonel Dondurmanın Biyoerişilebilirliğinin Araştırılması


Halime PEHLİVANOĞLU<sup>1\*</sup>, Zeynep SUNAL<sup>2</sup>, Mustafa YAMAN<sup>3</sup>, Aslı AKSOY<sup>4</sup>


### Abstract


Ice cream is a complex product obtained by blowing air through special equipment and then freezing a physicochemical mixture consisting of milk, sugar, emulsifier, stabilizer, oil, color and flavoring substances. Recently, especially with the pandemic experienced all over the world, consumers have begun to turn to functional foods that have high nutritional value and are important for health. Functional foods, in addition to its nutritional effects, are defined as foods that have health protective, corrective and/or disease risk reducing effects, depending on one or more effective ingredients, and these effects are scientifically and clinically proven. In order for a product to have functional properties, it must contain bioactive ingredients, probiotic microorganisms and also have a prebiotic effect. For this reason, our study aimed to provide functional properties to ice cream with blueberries, which are rich in phenolic compounds, and to examine the phenolic substance bioaccessibility of this functional ice cream under mouth, stomach and small intestine conditions simulated with the *in vitro* gastrointestinal digestion model system. In this context, functional ice cream was produced by trapping the phenolic rich blueberry fruit in six different concentrations of whey protein gel, and the amount of phenolic substance and protein amount were determined after *in vitro* digestion. While the phenolic substance content of protein gel ice cream in the small intestine environment was between 261-485 µg/100 g and an average of 114 µg/100 g in the control sample, in the oral environment these values were determined as 85-251 µg/100 g in protein gel ice cream and 291 µg/100 g in the control sample. As a result of our study, it was determined that the amount of gallic acid phenolic substance and bioaccessibility of ice cream samples produced with protein gel increased from the oral environment to the small intestine. In the control sample (blueberry ice cream without protein gel), it was observed that the amount of phenolic substance was highest in the oral environment and decreased as it went to the small intestine environment. According to the FAO Guidelines for Use of Nutrition Claims, samples with a whey protein gel ratio of 16%, 18% and 20% can be considered as "protein sources". Thus, in this study, functionalized in terms of protein content and phenolic substance, increased bioaccessibility and high protein ice cream production was carried out.

**Keywords:** Ice cream, Phenolic, *In vitro*, Digestion, Blueberry, Whey, Protein gel

<sup>1\*</sup> **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Halime Pehlivanoglu, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdag, Türkiye. E-mail: [hpehlivanoglu@nku.edu.tr](mailto:hpehlivanoglu@nku.edu.tr)  ORCID: 0000-0003-3138-9568

<sup>2</sup>Zeynep Sunal, Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Istanbul Sabahattin Zaim University, Istanbul, Türkiye. E-mail: [zeynep\\_sunal123@hotmail.com](mailto:zeynep_sunal123@hotmail.com)  ORCID: 0000-0001-6186-6594.

<sup>3</sup>Mustafa Yaman, Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Istanbul Sabahattin Zaim University, Istanbul, Türkiye. E-mail: [mustafa.yaman@izu.edu.tr](mailto:mustafa.yaman@izu.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-9692-0204

<sup>4</sup>Aslı Aksoy, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Faculty of Fine Arts, Haliç University, Istanbul, Türkiye. E-mail: [asliaksoy@halic.edu.tr](mailto:asliaksoy@halic.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-7775-6514

**Atf:** Pehlivanoglu, H., Sunal, Z., Yaman, M., Aksoy, A. (2024). Peynir altı suyu protein jeli ile zenginleştirilmiş yaban mersinli fonksiyonel dondurmanın biyoerişilebilirliğinin araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 795-806.

**Citation:** Pehlivanoglu, H., Sunal, Z., Yaman, M., Aksoy, A. (2024). Investigation of the bioaccessibility of functional ice cream with blueberry enriched with whey protein gel. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 795-806.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024



## Öz

Dondurma süt, şeker, emülgatör, stabilizatör, yağ, renk ve aroma maddelerinden oluşan fizikokimyasal karışımın, özel ekipmanlar aracılığıyla hava verilmesi ve ardından dondurulması ile elde edilen kompleks bir üründür. Son zamanlarda özellikle tüm Dünyada yaşanan pandemi ile birlikte tüketiciler, besin değeri yüksek ve sağlık açısından önem arz eden fonksiyonel gıdalara yönelmeye başlamışlardır. Fonksiyonel gıda, besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip olup, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak ispatlanmış gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Bir ürünün fonksiyonel özelliğe sahip olabilmesi için, biyoaktif bileşenler, probiyotik mikroorganizmalar içermesi ve bununla birlikte prebiyotik etkiye sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmamızda fenolik bileşiklerce zengin yaban mersini ile dondurmaya fonksiyonel özellik kazandırılması ve bu fonksiyonel dondurmanın *in vitro* gastrointestinal sindirim model sistemi ile simüle edilen ağız, mide ve ince bağırsak koşullarında fenolik madde biyoerişilebilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda fenolik madde açısından zengin yaban mersini meyvesi 6 farklı konsantrasyondaki peynir altı suyu tozu protein jeli içerisine hapsedilerek fonksiyonel dondurma üretimi gerçekleştirilmiş ve *in vitro* sindirim sonrası fenolik madde miktarı ve protein miktarı belirlenmiştir. Protein jelli dondurmanın fenolik madde miktarı ince bağırsak ortamında 261-485 µg/100 g arasında ve kontrol numunesinde ortalama 114 µg/100 g iken, ağız ortamında bu değerler protein jelli dondurmalarda 85-251 µg/100 g ve kontrol örneğinde 291 µg/100 g tespit edilmiştir. Çalışmamız sonucunda, protein jeli ile üretilen dondurma örneklerinin, ağız ortamından ince bağırsağa doğru gidildikçe gallik asit cinsinden fenolik madde miktarının ve biyoerişilebilirliğinin arttığı tespit edilmiştir. Kontrol numunesinde (protein jeli içermeyen yaban mersinli dondurma) ise fenolik madde miktarının en fazla ağız ortamında bulunduğu, ince bağırsak ortamına gidildikçe azaldığı gözlenmiştir. FAO Guidelines for Use of Nutrition Claims'e göre peynir altı suyu tozu protein jeli oranı %16, %18 ve %20 olan numuneler "protein kaynağı" olarak nitelendirilebilmektedir. Böylece bu çalışmada protein içeriği ve fenolik madde bakımından fonksiyonelleştirilmiş, biyoerişilebilirliği artırılmış dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dondurma, Fenolik, *In vitro*, Sindirim, Yaban mersini, Peynir altı suyu, Protein jel

## 1. Introduction

Balanced nutrition is important for maintaining health and sustaining life. Therefore, the nutrients the body needs should be consumed daily in appropriate proportions. Milk and dairy products, which have an important place in daily nutrients, are a good source of calcium, phosphorus, protein, vitamin B<sub>12</sub> and vitamin B<sub>2</sub> (Engindeniz et al., 2021). Milk is an essential nutrient source that is secreted after birth in mammals and is important in terms of carbohydrates, proteins, fats, vitamins and minerals. It contains all the nutrients necessary for living things to develop and continue their lives. However, due to the high amount of water in the composition of milk, its rapid deterioration and the difficulty of transportation and storage conditions have made it necessary to transform milk into a more durable product. Food manufacturers have turned to products such as cheese, yoghurt and ice cream, which are easier to evaluate instead of milk. In this context, ice cream, which is a dairy product, that composition can be changed easily stands out as a delicious and generally preferred alternative by consumers of all ages (Fedakar and Turgay, 2020).

Ice cream is a product that is frequently consumed by people, giving energy, easy to digest and has a high nutritional value. Ice cream was first produced by the Chinese, and the first commercial ice cream production took place in Baltimore in 1851 and in Istanbul and Kahramanmaraş in the 1900s in Turkey (Badilli, 2020). The composition of ice cream generally varies according to the ingredients in its composition and the demands of the market. Depending on the content of the mixture, ice cream contains 3-4 times more fat, carbohydrates and approximately 12-16% more protein compared to milk. The presence of additives such as nuts and fruit increases the nutritional value of ice cream. A standard ice cream contains 8-20% fat, 13-20% sugar, 36-43% total dry matter, 0-0.7% stabilizer and emulsifier (Legassa, 2020).

Functional foods are foods that have positive effects on human health due to the bioactive substances they contain such as phytochemicals, antioxidants, prebiotics, probiotics, proteins, dietary fibers, cholines and oligosaccharides (Mehmetoğlu and Tarakçı, 2023). Today, consumers who are conscious about healthy living have turned to functional foods. With the increase in this demand, the concept of functional food has become very important. When the most consumed functional food types are examined, it is seen that milk and dairy products take the first place (Ürkek et al., 2021).

It is reported that the blueberry fruit used in the production of ice cream has antimutagenic, anticarcinogenic, antibacterial and antioxidant effects and the ice cream produced positively affects human health (Salihler, 2020; Arslan, 2021). However, the fact that foods have functional properties is not enough on its own in terms of benefits for human health. In a food containing a high amount of phenolic substances, losses are observed in the amount of phenolic substances after digestion. For this reason, the important thing is the amount of phenolic substance remaining in the body after digestion. This refers to bioaccessibility. Bioaccessibility is defined as the amount of nutrients in the food that can be removed from the food matrix and ready for absorption in the small intestine after the food is digested (İnce and Çağındı, 2020).

Protein ratio of products can be increased in order to add functional properties to foods. Whey protein is commonly added to products to increase the amount of protein, which is one of the most important types of macromolecules. Whey is a very valuable product containing approximately 20% of milk proteins and has a high nutritional feature.  $\beta$ -Lactoglobulin ( $\beta$ -Lg),  $\alpha$ -Lactalbumin ( $\alpha$ La), Immunoglobulin (Ig) contained in whey protein support immunity. In addition, lactoferrin is known to have antifungal, antiviral and antibacterial properties. Also vitamins (riboflavin, folic acid and cobalamin) and minerals (calcium and phosphorus) in whey are also important for health (Yerlikaya et al., 2010).

Since *in vivo* studies are faced with problems such as ethics, time, and cost, studies on bioaccessibility of nutrients are generally examined using *in vitro* systems (Lee et al., 2016; Minekus et al., 2014; Sopade and Gidley, 2009). Structural changes, absorption and digestion of foods can be studied using simulated mouth, stomach and small intestine model systems (Menard et al., 2014).

The primary purpose of this study is to produce ice cream by trapping the phenolic rich blueberry fruit in six different concentrations of whey protein gel: 10%, 12%, 14%, 16%, 18% and 20%. The second aim was to examine the bioaccessibility of these ice creams after *in vitro* digestion.

The pandemic experienced all over the world since 2020 has provided a better understanding of the importance of functional products. In this respect, functional ice cream developed in our study is thought to be important in terms of healthy nutrition. It is thought that the method used in product development will shed light on different studies.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Material

Cow's milk, cream, sugar and blueberries used in the production of functional ice cream were supplied from the markets in the Istanbul market. Guar gum, soy lecithin, carboxy methyl cellulose (CMC), sodium chloride (NaCl), pancreatin, sodium hydroxide (NaOH), hydrochloric acid (HCl), potassium chloride (KCl), calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>), lipase, serum albumin etc. digestive solutions were obtained from Sigma (Sigma, St. Louis, MO, USA).

### 2.2. Preparation of whey protein gel

Studies were designed on optimum concentrations by conducting preliminary experiments at concentrations between 2-20%. 10-12-14-16-18% and 20% whey protein gels were prepared with water, respectively. Freeze dried 10% blueberry in a lyophilizer was added to the protein gel (the ratio of blueberries was kept constant in all whey protein gels). The whey protein gel mixture was mixed first in a magnetic stirrer and then in an ultrasonic stirrer for about 15 min. It was kept in a water bath at 85 °C for 30 min and then cooled to 4 °C.

### 2.3. Drying

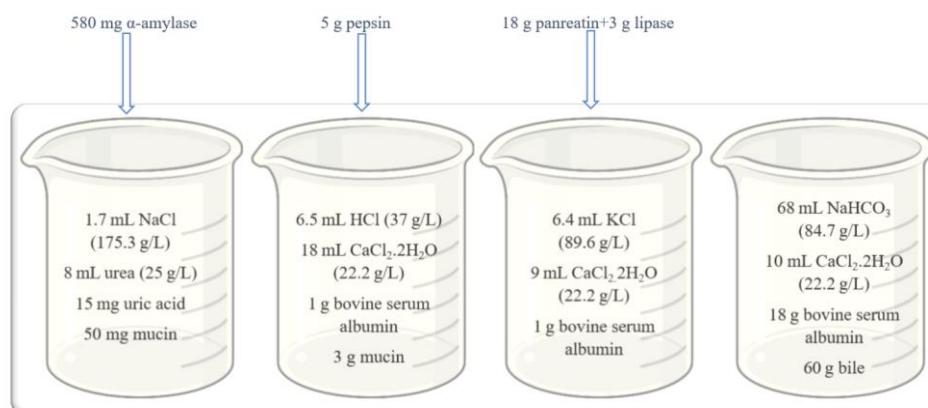
Blueberries supplied frozen were freeze dried in a laboratory scale lyophilizer (Martin Christ, Beta 1-8 LSC plus, Germany) at -60 °C and 1 hPa pressure for 36 h (lower than 2% moisture content on dry basis).

### 2.4. Production of ice cream

In this study, protein gel was used as a carrier. An ultrasonic mixer (SELECTA® (Spain), 5 min) was used for homogenization using the batch system procedure specified in the study of Goff (2006). For the production of functional ice cream, stabilizer (guar gum, CMC), emulsifier (soy lecithin), sugar, cream and fat were weighed and added to the pasteurized milk sample. The mixture was then mixed until a homogeneous appearance was obtained. This prepared mixture was pasteurized by heating at 85 °C for 5 min. After pasteurization, cooling was carried out at 4 °C and the mixture was left to mature for 2 h at 18 °C. After ripening, protein gel was added to the mixture with vanilla flavor and the mixture was mixed in the ice cream maker (Württembergische Metallwaren Fabrik, Germany) for 15 min. The final product obtained was shaped by pouring into molds and then stored at -20 °C.

### 2.5. In vitro digestion analysis

The total amount of phenolic substance in functional ice cream was calculated in gallic acid before digestion and after *in vitro* digestion. The method suggested by Yaman et al., (2019) was used in the *in vitro* digestion method. The preparation of digestive solutions is shown in *Figure 1*.



**Figure 1. Preparation of digestion solutions**

## 2.6. Digestion simulations

*In vitro mouth digestion:* 5 g of ice cream sample was weighed in a 100 mL beaker, 10 mL of distilled water was added along with 5 mL of mouth solution, and it was mixed for 30 seconds to make it homogeneous. Homogeneous solutions were incubated in a shaking water bath at 37 °C for 5 min (Yaman et al., 2019).

*In vitro gastric digestion:* After oral digestion, 10 mL of gastric solution was added and mixed for 30 seconds to make it homogeneous. Homogeneous solutions were incubated in a shaking water bath at 37°C for 2 h.

*In vitro intestinal digestion:* After gastric environment, 2 mL of 70% NaHCO<sub>3</sub> was added to the solution and the pH was maintained to be 7.0. Then, 10 mL of small intestine solution + 5 mL of bile solution were added and the pH was maintained to be 8.0 with 0.1 M HCl and 1 M NaOH. Finally, the samples were mixed in a shaking water bath at 37 °C for 2 h (Yaman et al., 2019).

After digestion, the final volume was diluted to 50 mL with deionized water and centrifuged at 8000 rpm for 5 min at 25 °C and filtered through a 0.45 µm filter (ChromXpert® (CA)) and total phenolic substance was determined by using HPLC.

## 2.7. Total phenolic substance analysis

Total phenolic substance in blueberry fruit and ice cream samples was extracted with 99.99 purity methanol using ultrasonic extraction method. Then, the amount was determined by HPLC (Bujor et al., 2016).

Extracts were stored at 4 °C until analysis. The extracted samples were mixed in an ultrasonic mixer (Selecta ultrasounds HD) at 4 °C for 15 min. The mixed samples were transferred to 50 mL falcon tubes, centrifuged at 25 °C, 8000 rpm for 5 min and filtered through a 0.45 µm cellulose acetate filter (ChromXpert® (CA)).

The filtrate was injected into the HPLC device using the ultraviolet (UV) detector. The device was adjusted to have a column temperature of 40 °C, a wavelength of 280 nm, an injection volume of 20 µL, and a flow rate of 1 mL/min. The amount of phenolic substances in gallic acid was calculated with the help of the calculation of the peak areas obtained as a result of the analysis (Yaman et al., 2019).

## 2.8. Protein analysis and energy calculation

Protein determination was made according to AOAC (Anonymous, 1994), energy calculation was made according to FAO (Anonymous, 2003). An evaluation was made regarding the protein and energy amounts of the developed ice creams using the FAO (Food and Agriculture Organisation) Guidelines for Use of Nutrition Claims. Accordingly, the product is defined as a "protein source" if it meets 5% of the nutritional reference value (50 g for protein) per 100 kcal (Anonymous, 2023).

## 2.9. Statistical analysis

Analyzes were performed in two replications and two parallels. It was evaluated statistically at the 0.05 significance level by applying the Kruskal Wallis Test ( $p < 0.05$ ).

## 3. Results and Discussion

### 3.1. The effect of whey protein gel on the amount of phenolic substances in ice cream in in vitro environment

Total phenolic content (µg/100g) of functional ice creams prepared with blueberry and different whey protein concentrations are given in Table 1. The total amount of phenolic substances for blueberries was determined as 12311 µg/100g.

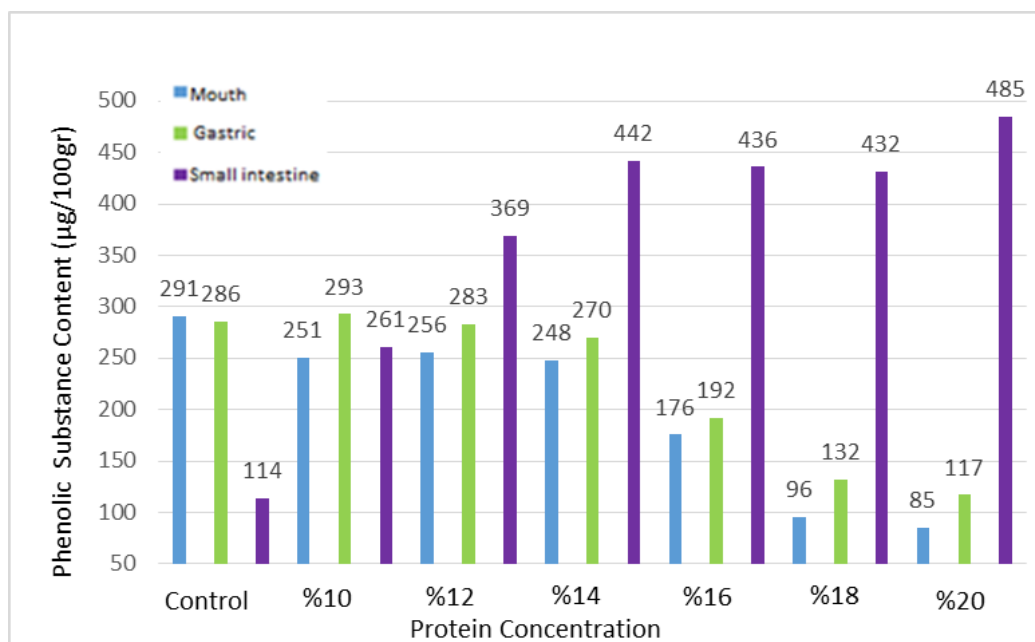
As seen in Table 1 and Figure 2, the phenolic substance amount of ice cream samples in the oral environment after in-vitro digestion was detected as the lowest in 20% protein gel ice cream as 85 µg/100gr and the highest in the control ice cream sample as 291 µg/100g. In the stomach environment, the lowest value was determined as 117 µg/100g in the protein gel ice cream sample prepared with 20% whey protein, and the highest was 293 µg/100g in the protein gel ice cream sample prepared with 10% whey protein. In the small intestine, the lowest was determined as 114 µg/100g in the control ice cream sample, and the highest was 485 µg/100g in the protein gel ice cream sample prepared with 20% whey protein.

When the results were evaluated statistically, the increase in protein concentration caused a significant decrease in the amount of phenolic substances in the oral environment and a significant increase in the small intestine environment ( $p < 0.05$ ). It is thought that these values are due to the fact that the increased protein gel concentration makes the gel structure more stable and stronger, and the gel acts as a carrier by keeping the phenolic substances in the oral environment and transporting them to the small intestine.

**Table 1. Phenolic substance amounts of protein gel ice cream prepared with whey protein at different concentrations in *in vitro* digestion ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )**

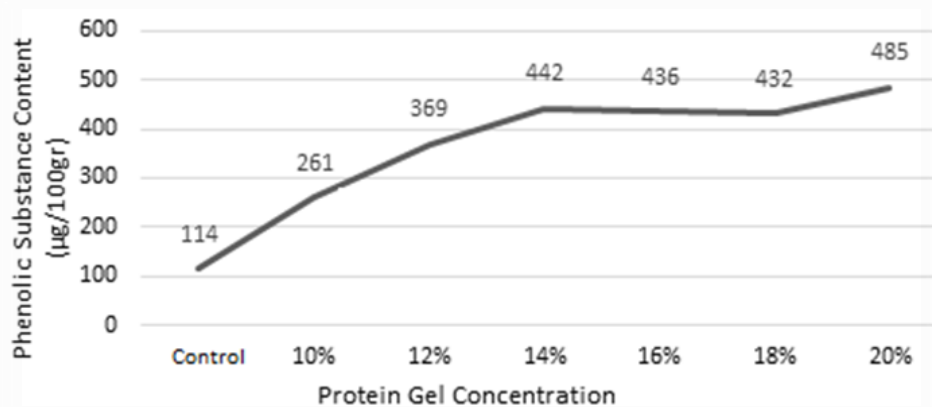
Phenolic Substance Amounts ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )							
	Type of Ice Cream						
	Control	10%	12%	14%	16%	18%	20%
Mouth Digestion	291±17 <sup>a</sup>	251±12 <sup>b</sup>	256±9 <sup>b</sup>	248±15 <sup>b</sup>	176±8 <sup>c</sup>	96±6 <sup>d</sup>	85±6 <sup>d</sup>
Gastric Digestion	286±6 <sup>ab</sup>	293±6 <sup>a</sup>	283±1 <sup>ab</sup>	270±4 <sup>b</sup>	192±4 <sup>c</sup>	132±10 <sup>d</sup>	117±5 <sup>d</sup>
Small Intestine Digestion	114±7 <sup>c</sup>	261±4 <sup>d</sup>	369±14 <sup>c</sup>	442±20 <sup>b</sup>	436±10 <sup>b</sup>	432±15 <sup>b</sup>	485±14 <sup>a</sup>

10%: Sample with protein gel prepared with 10% whey protein, 12%: Sample with protein gel prepared with 12% whey protein, 14%: Sample with protein gel prepared with 14% whey protein, 16%: Sample with protein gel prepared with 16% whey protein, 18%: Sample with protein gel prepared with 18% whey protein, 20%: Sample with protein gel prepared with 20% whey protein.



**Figure 2. Relationship between protein concentration and phenolic substance content in different digestion stages**

Texture analysis was not performed instrumentally, but was interpreted according to the evaluation of the texture parameter in the sensory analysis in the study conducted by Sunal et al., (2022). In the protein gel formation process, it was observed that gelling was better after 20% protein concentration. Because whey protein is ~~whey powder protein~~, it is resistant to hydrolysis and when it reaches the small intestine, the digestion of proteins takes place. Whey proteins are also known as 'fast' proteins because they empty rapidly from the stomach and are delivered intact to the small intestine (Boirie et al., 1997). For this reason, phenolic substances trapped in the whey protein gel in our samples became free in the small intestine with the controlled release of the gel. In this context, protein gel caused a significant increase in the amount of phenolic substance from the oral environment to the small intestine environment in the *in vitro* system ( $p < 0.05$ ) (Figure 3). As the gelling power increases, phenolic substances are better kept in the mouth and stomach environment, and due to the gel structure formed, phenolic substances are protected from external factors such as gastric fluid, temperature, pH, enzymes.



**Figure 3. Amount of phenolic substance in *in vitro* small intestine digestion**

Yaman et al., (2019) found that the bioaccessibility of folic acid added to infant formula was affected by gastric pH. The protein gel in our study prevented phenolic substances from being affected by gastric pH. It can be thought that the protein gel retains especially phenolic substances throughout the digestive system and protects them against oxidation.

### 3.2. Effect of whey protein gel on bioaccessibility

The % bioaccessibility values of the functional ice creams produced in our study were 9.3 for control, 21.2 for 10%, 30.0 for 12%, 35.9 for 14%, 35.4 for 16%, 35.1 for 18% and 39.3 for 20%. Bioaccessibility values were calculated based on the values obtained before and after the initial digestion. Bioaccessibility was determined by dividing the value after digestion by the value obtained before digestion. When these values were compared statistically, it was determined that protein gel had a significant positive effect on % bioaccessibility ( $p < 0.05$ ). When the effect of protein concentration on bioaccessibility is examined, the ideal protein concentration can be considered to be 20%. Proteins, as biological macromolecules, are reported to be good carriers for bioactive components (Ju et al., 2020). In our study, it was determined that the increased protein concentration provides bioaccessibility by keeping the phenolic substance better in the mouth and stomach environment and delivering it to the small intestine. The protein gel in this study acted as a kind of microencapsulation, so that phenolic substances were transported with an easier method. In a study by Betz et al., (2012), anthocyanin rich blueberry extract (BE) was microencapsulated using whey protein gels and it was determined that the loss of BE compounds of the capsules prepared by the emulsion method reduced TEAC. In another study, it is stated that filamentous gels support intracellular iron absorption and these results show promise for filamentous gels to transport iron and increase its absorption, and therefore should receive great attention in the development of innovative functional foods (Remondetto et al., 2004).

İncedayı (2021) investigated the bioaccessibility of pomegranate syrup and pomegranate sauce after gastrointestinal digestion, and as a result of the study, it was found that the total amount of phenolic substances decreased in these samples after *in vitro* digestion, and the bioaccessibility was 74% for pomegranate molasses and 81% for pomegranate sour sauce. As a result of our study, it was determined that phenolic substances in the gastrointestinal system were adversely affected by pH, enzyme, temperature, etc. and were damaged before it reaches the small intestine. When *Table 2* is examined, it can be seen that the protein gel protects the phenolic substances during *in vitro* digestion and has a positive effect on bioaccessibility. Both our study and the study by İncedayı (2021) show that phenolic substances are adversely affected during *in vitro* digestion.

In a study by Hatamipour et al. (2019), curcumin, bisdemethoxycurcumin, and desmethoxycurcumin were found to decrease in the bioaccessibility values of 89%, 87%, and 87%, respectively, in the small intestine after *in vitro* digestion. It was determined that these rates increased significantly after nanoencapsulation, and encapsulation with nanomicelles increased bioaccessibility as in protein gel ( $p < 0.05$ ).

In another study, it was determined that the release of unencapsulated raw propolis in the small intestine environment was quite low under *in vitro* digestion conditions, and more than 95% of propolis encapsulated with alginate biopolymer was released at pH 7.4. In addition, it was determined that propolis capsules coated with alginate completely dispersed in the simulated small intestine environment after 2 hours, releasing all of the active ingredients in it, so that the alginate capsules released at the target point at a high rate as desired (Keskin, 2018).

All studies have shown that the stomach and intestinal environments negatively affect the stability of phenolic substances and cause a decrease in the amount of phenolic substances, and the gelation or encapsulation process applications have positive effects on the digestion of the active ingredients and their releases in the small intestine.

### 3.3. Effect of whey protein concentration and temperature on gelling

Whey protein is used in many food products due to its water binding, emulsion and gelling properties (Damodaran, 1994).

In our study, it was determined that the gelation time decreased with increasing whey protein concentration. As a result, it was determined that increasing protein concentration contributed positively to gelation, and the shortest gelation time was at 20% protein concentration, and the longest gelation time was at 10% protein concentration ( $p < 0.05$ ). Values were given in *Table 2*.

**Table 2. Relationship between whey protein concentration and gelation time**

Protein concentration	Gelation time
10%	45 min
12%	40 min
14%	35 min
16%	30 min
18%	25 min
20%	20 min

Similarly, in a study by, it was found that the higher the protein concentration, the longer the gelation time in whey proteins prepared at the rate of 12%, 15%, 18% by keeping the pH constant (pH: 10.0) was found to decrease. The values in our study are consistent with the mentioned study (Gunasekaran, et al., 2007).

In another study by Opazo-Navarrete et al., (2018), it was emphasized that when the protein concentration is high enough, aggregation causes a strong gel formation, while aggregation leads to precipitation of isolated proteins when the protein concentration is low. When our study is compared with the previous studies, it can be concluded that the results obtained are similar.

In order to determine the best gelling temperature, preliminary experiments were carried out at different temperatures and it was determined that the best gel structure was formed at 85 °C. Since a strong gel structure does not form at temperatures below 85 °C and the transport of phenolic substances to the small intestine was detected at lower values, it was studied at 85 °C. Similarly, in a study it was determined that heating O/W emulsions stabilized with whey protein isolate (WPI) up to 85°C prevents proteolysis by making whey protein isolate (WPI) more resistant (Li et al., 2013).

### 3.4. Protein and energy amount of developed ice creams

The protein and energy content of the developed ice creams and the health claims that can be made according to the FAO Guidelines for Use of Nutrition Claims are shown in *Table 3*. According to the FAO Guidelines for Use of Nutrition Claims, if the product meets 5% (2.5 g) of the nutritional reference value (50 g for protein) per 100 kcal, the product is defined as a "protein source", and if it provides 2 times the source value (5 g), the product is defined as "high protein".

As seen in *Table 3* the energy values and protein ratios of the ice cream samples increased depending on the increased whey protein concentration. According to FAO, protein gel ice cream samples prepared with 16%, 18% and 20% whey protein can be defined as protein sources.

**Table 3. Health claim that can be made with protein and energy ratios of ice cream samples**

Ice cream samples	Energy (kcal/100 g)	Protein (%)	Health claim
Control	215.01	2.12	-
10%	200.72	3.84	-
12%	202.83	4.32	-
14%	204.95	4.80	-
16%	207.07	5.28	protein source
18%	209.19	5.76	protein source
20%	211.31	6.24	protein source

#### 4. Conclusions

In our study, which we have carried out starting from the concept of functional food, that has gained great importance in line with consumer demands in recent years, ice cream, which is a healthy and delicious dairy product, has been made a more beneficial product in terms of health by gaining functional properties and increasing its bioaccessibility. Within the scope of this purpose, six functional ice creams were developed by trapping the functionally rich blueberry fruit (10%) in the protein gel obtained with 10%, 12%, 14%, 16%, 18% and 20% whey protein. Thus, the functionality of the samples in terms of protein amount and their bioaccessibility in terms of phenolic substances were determined in mouth, stomach and small intestine conditions simulated with the *in vitro* gastrointestinal digestion model system.

In the blueberry ice cream (control) sample that does not contain whey protein gel, the amount of phenolic substance is at least 114  $\mu\text{g}/100\text{g}$  in the small intestine and at most 291  $\mu\text{g}/100\text{g}$  in the oral environment. In the protein gel ice cream samples prepared with whey protein, it was determined that the amount of phenolic substance was at least 85  $\mu\text{g}/100\text{g}$  in the oral environment, and the maximum was 485  $\mu\text{g}/100\text{g}$  in the small intestine.

It is thought that the protein gel protects against oxidation, especially by keeping phenolic substances throughout the digestive tract, thus increasing bioaccessibility. In addition, proteins can be used in functional product formulations due to their gelling properties. Therefore, if this study is supported by *in vivo* and other *in vitro* studies, that it can guide functional product development studies.

The increase in protein concentration caused a significant decrease in the amount of phenolic substances in the oral environment and a significant increase in the small intestine environment ( $p < 0.05$ ). It has been determined that increasing protein concentration makes the gel structure more stable and stronger, and plays a carrier role in terms of phenolic substances in the gastrointestinal tract. As the protein gel concentration and temperature increased, the gelation time and capacity increased, and the optimum temperature for gel formation was determined to be 85 °C.

In addition, protein ratios and energy values of the control ice cream sample and the developed ice cream samples were determined. Depending on the increased whey protein concentration, the energy values and protein ratios of the products have also increased. According to FAO, protein gel ice cream samples prepared with 16%, 18% and 20% whey protein can be considered as protein sources.

The protein gel ice cream sample, prepared with 20% whey protein, is the ice cream type with the highest gelation, bioaccessibility and protein content. Therefore, it is thought that this sample, which is the strongest in terms of functionality, can be preferred for industrial production.

#### Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

#### Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.



### **Authorship Contribution Statement**

The study was conducted within the scope of Zeynep Sunal's MSc thesis. Concept: Pehlivanoğlu, H., Aksoy, A.; Design: Pehlivanoğlu, H., Aksoy, A.; Data Collection or Processing: Pehlivanoğlu, H., Sunal, Z., Yaman, M.; Statistical Analyses: Yaman, M., Sunal, Z., Pehlivanoğlu, H.; Literature Search: Pehlivanoğlu, H., Aksoy, A., Sunal, Z.; Writing, Review and Editing: Pehlivanoğlu, H., Aksoy, A., Yaman, M.

---

**References**

- Anonymous (1994). Association of Official Analytic Chemists (AOAC). Nitrogen (total) in milk - Kjeldahl methods (No. 991.20).
- Anonymous (2003). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Food and Nutrition paper 77: Food energy—Methods of analysis and conversion factors. FAO: Rome, Italy.
- Anonymous (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/3/y2770e/y2770e06.htm#fn19> (Accessed Date: 26.02.2023)
- Arslan, M. (2021). The place of functional foods in health. Güven Plus Group Inc. Publishing, Istanbul.
- Badilli, A. G. (2020). Investigation of possibilities of chickpea flour usage opportunities instead of milk powder in reduced fat functional ice cream production (MSc Thesis). Harran University, Sanliurfa.
- Betz, M., Steiner, B., Schantz, M., Oidtmann, J., Mäder, K., Richling, E. and Kulozik, U. (2012). Antioxidant capacity of bilberry extract microencapsulated in whey protein hydrogels. *Food Research International*, 47(1): 51-57.
- Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L. and Beaufrère, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(26): 14930-14935.
- Bujor, OC, Le Bourvellec, C., Volf, I., Popa, V.I. and Dufour, C. (2016). Seasonal variations of the phenolic constituents in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves, stems and fruits, and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 213: 58-68.
- Damodaran, S. (1994). Structure-function relationship of food proteins. In: Protein Functionality in Food Systems, New York, USA.
- Engindeniz, S., Taşkın, T., Gbadamonsi, A. A., Ahmed, A. S., Seiouly, A., Kandemir, Ç. and Koşum, N. (2021). Analysis of preferences for milk and milk products of consumers. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(3): 470-481.
- Fedakar, F. and Turgay, Ö. (2020). Some properties of Maras ice cream. *Journal of Food and Feed Science Technology*, (23): 19-24.
- Goff, H. D. (2006). Ice Cream. In: Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids. Springer, US.
- Gunasekaran, S., Ko, S. and Xiao, L. (2007). Use of whey proteins for encapsulation and controlled delivery applications. *Journal of Food Engineering*, 83(1): 31-40.
- Hatamipour, M., Sahebkar, A., Alavizadeh, S. H., Dorri, M. and Jaafari, M. R. (2019). Novel nanomicelle formulation to enhance bioavailability and stability of curcuminoids. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 22(3): 282.
- İnce, C. and Çağrı, Ö. (2020). Iron mineral: Functions, effects of food processing on bioavailability and interactions with bioactive components. *Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35(2): 151-164.
- İncedayi, B. (2021). Assessment of antioxidant properties and in-vitro bioaccessibility of some pomegranate products. *Journal of Balikesir University Institute of Science and Technology*, 23(1): 96-110.
- Ju, M., Zhu, G., Huang, G., Shen, X., Zhang, Y., Jiang, L. and Sui, X. (2020). A novel pickering emulsion produced using soy protein-anthocyanin complex nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 99: 105329.
- Keskin, M. (2018). Comparing the release of alginate-propolis micro capsules in an *in vitro* digestion system with the release of raw propolis. *Uludag Bee Journal*, 18(2): 94-100.
- Lee, S. J., Lee, S. Y., Chung, M. S. and Hur, S. J. (2016). Development of novel in vitro human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods*, 22: 113-121.
- Legassa, O. (2020). Ice cream nutrition and its health impacts. *Journal of Food Nutritional Science*, 7(1): 19-27.
- Li, J., Ye, A., Lee, S. J. and Singh, H. (2013). Physicochemical behaviour of WPI-stabilized emulsions in in vitro gastric and intestinal conditions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 111: 80-87.
- Mehmetoğlu, S. and Tarakçı, Z. (2023). Investigation of the physicochemical properties of propolis added ice creams during storage. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 361-373.
- Ménard, O., Cattenoz, T., Guillemin, H., Souchon, I., Deglaire, A., Dupont, D. and Picque, D. (2014). Validation of a new in vitro dynamic system to simulate infant digestion. *Food Chemistry*, 145: 1039-1045.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S., ... Brodtkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food - an international consensus. *Food & Function*, 5(6): 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Opazo-Navarrete, M., Schutyser, M. A. I., Boom, R. M. and Janssen, A. E. M. (2018). Effect of pre-treatment on in vitro gastric digestion of quinoa protein (*Chenopodium quinoa* Willd.) obtained by wet and dry fractionation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(1): 1-11.
- Remondetto, G. E., Beyssac, E. and Subirade, M. (2004). Iron availability from whey protein hydrogels: an in vitro study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26): 8137-8143.
-

- Salihler, K. (2020). *Studies on the evaluation of leaves and fruits of Vaccinium myrtillus l. (yabanmersini) plant growing in our country by the food and cosmetic industry.* (MSc Thesis) Bezmialem Foundation University, Institute of Health Sciences, Istanbul.
- Sopade, P. A. and Gidley, M. J. (2009). A rapid in-vitro digestibility assay based on glucometry for investigating kinetics of starch digestion. *Starch-Stärke*, 61(5): 245-255.
- Sunal, Z., Pehlivanoğlu, H., Aksoy, A. and M., Yaman (2022). Determination of sensory acceptability of functional ice cream produced using whey protein gel and blueberry in International Research in Engineering Sciences III, (Edt: M. Kamanlı), 1. Edition, November-December 2022, Eğitim Publishing House, Istanbul.
- Ūrkek, B., GŪrmeriç, H. E. and ŐengŪl, M. (2021). Effect of addition of chia seed (*Salvia hispanica L.*) on physicochemical and sensory properties of ice cream. *The Journal of Food*, 46(1): 180-189.
- Yaman, M., Mızrak, Ő. F., Catak, J. and Sargın, H. S. (2019). In vitro bioaccessibility of added folic acid in commercially available baby foods formulated with milk and milk products. *Food Science and Biotechnology*, 28(6): 1837-1844.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ő. and Akbulut, N. (2010). Functional properties of whey and new generation dairy products manufactured with whey. *The Journal of Food*, 35(4): 289-296.

**Investigation of Grain Yield and Biscuit Quality Capacities of Soft Bread Wheat (*T. aestivum* L.) Advanced Lines\***


Yumuşak Ekmeklik Buğday (*T. aestivum* L.) İleri Hatlarının Tane Verimi ve Bisküvilik Kalite Kapasitelerinin İncelenmesi


Sultan ERENLER<sup>1</sup>, Oğuz BİLGİN<sup>2</sup>, Alpay BALKAN<sup>3\*</sup>, Damla BALABAN GÖÇMEN<sup>4</sup>, İsmet BAŞER


**Abstract**


The study was carried out with a total of 24 bread wheat genotypes including 20 advanced lines and 4 check varieties (Gerek79, Carisma, Bayraktar2000, and Artico) with soft grain structure and four replications according to the randomized complete block design in Hamidiye and Karabayır locations of Eskişehir during the 2014-2015 growing season. In the study, grain yield, thousand grain weight, test weight, kernel hardness, Zeleny sedimentation value, ash content and protein content were investigated in the genotypes. According to the results of the analysis of variance performed for the traits examined in the study, the differences between location, bread wheat genotypes and interaction averages were found to be statistically significant, except for Zeleny sedimentation value and protein content, respectively. It is understood that there is a wide variation between genotypes and locations for other traits, except for the protein ratio trait. While location effects are higher than genotype effects for thousand grain weight, test weight, ash content and protein content, genotype effects are higher than location for single kernel characterization system and Zeleny sedimentation value. The mean grain yield of biscuit wheat genotypes ranged from 4425 kg ha<sup>-1</sup> to 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Considering the trial quality results; it was observed that there was a high rate of variation between genotypes for thousand grain weight (32.67-48.61 g), test weight (82.40-75.25 kg hl<sup>-1</sup>), kernel hardness (17.08-39.68), Zeleny sedimentation value (20.63-33.00 ml) and ash content (0.478% - 0.610%), respectively. While BİS-3, BİS-6, BİS-9, BİS-18, BİS-21 and BİS-22 were best-performed lines for grain yield, BİS-3, BİS-9, BİS-11, BİS-12, BİS-13 and BİS-19 were the prominent lines for biscuit-making quality trait. It was concluded that it would be appropriate to include these lines in yield trials before registration as a variety of candidates.


**Keywords:** Soft bread wheat, Grain yield, Kernel characterization, Biscuit quality, Advanced line

<sup>1</sup>Sultan Erenler, Tekirdağ Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [sultanerenler@gmail.com](mailto:sultanerenler@gmail.com)  OrcID: [0000-0002-0086-5624](https://orcid.org/0000-0002-0086-5624)

<sup>2</sup>Oğuz Bilgin, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [obilgin@nku.edu.tr](mailto:obilgin@nku.edu.tr)  OrcID: [0000-0002-4338-9912](https://orcid.org/0000-0002-4338-9912)

<sup>3</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Alpay Balkan, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [abalkan@nku.edu.tr](mailto:abalkan@nku.edu.tr)  OrcID: [0000-0002-9203-6144](https://orcid.org/0000-0002-9203-6144)

<sup>4</sup>Damla Balaban Göçmen, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [dgoemen@nku.edu.tr](mailto:dgoemen@nku.edu.tr)  OrcID: [0000-0002-3980-3906](https://orcid.org/0000-0002-3980-3906)

<sup>5</sup>İsmet Başer, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [ibaser@nku.edu.tr](mailto:ibaser@nku.edu.tr)  OrcID: [0000-0001-6847-3750](https://orcid.org/0000-0001-6847-3750)

**Atıf:** Erenler, S., Bilgin, O., Balkan, A., Balaban Göçmen, D., Başer İ. (2024). Yumuşak ekmeklik buğday (*T. aestivum* L.) ileri hatlarının tane verimi ve bisküvilik kalite kapasitelerinin incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 807-815.

**Citation:** Erenler, S., Bilgin, O., Balkan, A., Balaban Göçmen, D., Başer İ. (2024). Investigation of grain yield and biscuit quality capacities of soft bread wheat (*T. aestivum* L.) advanced lines. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 807-815.

\*This study was summarized from the Sultan Erenler MSc thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Öz

Bu araştırma, 2014-2015 yetiştirme döneminde Eskişehir İli Hamidiye ve Karabayır lokasyonlarında yumuşak tane yapısına sahip 20 ekmeçlik buğday ileri hattı ve 4 standart ekmeçlik buğday çeşit (Gerek79, Carisma, Bayraktar2000 ve Artico) olmak üzere toplam 24 ekmeçlik buğday genotipi ile tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, genotiplerde tane verimi, bin tane ağırlığı, test ağırlığı, tane sertliği, Zeleny sedimantasyon değeri, kül oranı ve protein oranı araştırılmıştır. Araştırmada incelenen özellikler açısından gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre, sırasıyla Zeleny sedimentasyon değeri ve protein oranı hariç lokasyon, ekmeçlik buğday genotipleri ve interaksiyon ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Protein oranı özelliği dışında diğer özellikler için genotip ve lokasyonlar arasında oldukça geniş bir varyasyon bulunduğu anlaşılmaktadır. Bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kül oranı ve protein oranı özellikleri için lokasyon etkilerinin genotip etkilerine oranla daha yüksek olmasına karşılık tane sertliği ve Zeleny sedimentasyon değeri özellikleri için ise genotip etkilerinin lokasyona oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bisküvilik buğday genotiplerinin ortalama tane verimi 4425 kg ha<sup>-1</sup> ile 2000 kg ha<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Denemenin kalite sonuçları göz önüne alındığında; bin tane ağırlığı (32.67-48.61 g), hektolitre ağırlığı (82.40-75.25 kg hl<sup>-1</sup>), tane sertliği (17.08-39.68), Zeleny sedimentasyon değeri (20.63-33.00 ml) ve kül oranı (%0.478-%0.610) için genotipler arasında yüksek oranda varyasyon olduğu görülmüştür. BİS-3, BİS-6, BİS-9, BİS-18, BİS-21 ve BİS-22 tane verimi açısından en yüksek performansa sahip hatlar iken, BİS-3, BİS-9, BİS-11, BİS-12, BİS-13 ve BİS-19 incelenen bisküvilik kalite özellikleri bakımından öne çıkan hatlar olmuştur. Bu hatların çeşit adayı olarak tescil öncesi verim denemelerine alınmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yumuşak ekmeçlik buğday, Tane verimi, Tane karakterizasyonu, Bisküvilik kalitesi, İleri hat

## 1. Introduction

Cereals are the agricultural product group with the highest cultivation area and production amount in the world. Cereals such as wheat, rice, oats and barley are the cool climate cereals most commonly used as food worldwide (Das et al., 2011). Among these, wheat is the most important crop for production and consumption. Wheat is ground into flour from which various bakery products such as biscuits, bread, chapatti, pita and cakes (Khatkar and Schofield, 1997; Singh and Khatkar, 2005).

Turkey occupies 3.5% of the world's wheat cultivation area. 66.4% (15.5 million hectares) of our agricultural lands, excluding fallow areas, are reserved for field agriculture. Cereals are sown in approximately 71% of this area (11.1 million hectares). Among cereal cultivation areas, wheat ranks first with a share of 62% (TUIK, 2021). While 2.6 million tons of production and 921 kg ha<sup>-1</sup> yield were achieved in a 2.8 million ha cultivation area in 1930, 21 million tons of production and 2.234 kg ha<sup>-1</sup> wheat yield were achieved in a 9.4 million ha cultivation area in 2000. While a production amount of 20.6 million tons and a mean yield of 2710 kg ha<sup>-1</sup> was achieved in a wheat production area of 7.6 million ha in 2016, a production amount of 20.5 million tons and a mean yield of 2970 kg ha<sup>-1</sup> was achieved from a wheat cultivation area of 6.9 million ha in 2021 (TUIK, 2021).

Although the biscuit and cake industries are relatively small wheat users, they are industries with high value-added potential. The total world biscuit market has a capacity of around 7.4 billion dollars (Anonymous, 2015). Turkey's share in this market varies from year to year, but on the mean, it is around 3-4%. This is very low for Turkey, which is an agricultural country. To take the place it deserves in the biscuit world market, we first need quality raw materials and constant production at the same standard quality (Ath, 1999). For this purpose, it is very important to encourage and recommend the cultivation of wheat varieties suitable for biscuit making (Öztürk and Özdağ, 1993). To achieve this aim, it is primarily necessary to breed new wheat varieties that have superior biscuit properties or to determine the suitability of existing ones (Şahin et al., 2012). The need for specialized breeding programs that will provide quality raw materials and develop high-yield varieties for the biscuit industry is increasing day by day (Karaduman, 2013; Karaduman et al., 2018; Karaduman et al., 2021).

Factors affecting wheat quality are generally divided into two groups: physical and chemical properties. Chemical properties such as protein content, SDS-sedimentation value and gluten strength, and physical properties such as grain glassiness, color, weight, shape and hardness are frequently used to evaluate wheat grain quality (Gaines et al., 1996).

The main purpose of this study, which was carried out in two locations in Eskişehir with 20 advanced wheat lines that were improved and selected for biscuit quality in the Wheat Breeding Program of the Transitional Zone Agricultural Research Institute in Eskişehir, was to examine the changes in the grain yield and some biscuit quality traits of the genotypes and to evaluate the performance of the lines for the characters, and to identify promising lines that may be candidates for registration and new gene resources that have the potential to be used in biscuit wheat breeding studies.

## 2. Materials and Methods

The research material was sown in two locations, under rainfall conditions of Eskişehir, according to a randomized complete block design (RCBD) with 4 replications. In the research, 20 advanced lines of bread wheat with a soft grain structure, developed by the Transition Zone Agricultural Research Institute, and 4 commercially preferred check varieties, two of which were domestic (Gerek 79 and Bayraktar 2000) and two of which were of foreign origin (Carisma and Artico), were used as materials (for full material see Erenler et al., 2022).

The study was carried out with the randomized complete block design (RCBD) with 4 replications in two locations (Hamidiye and Karabayır) during the 2014-2015 wheat growing season. When the long-term average data for Eskişehir Province between September and June were analyzed, it was found that there was an average temperature of 8.2°C and a total of 327.6 mm precipitation. The mean temperature (9.1°C) and total precipitation (579.5 mm) in the year of the experiment were higher than the long-term. The soil of the experimental area in Hamidiye was clay-loam, slightly alkaline (pH 7.31), salt-free (0.02%) and low in organic matter (0.9%). The soil of the experimental area in Karabayır was clay, slightly alkaline (pH 7.62), salt-free (0.03%) and low in organic matter (0.9%).

Sowing was done with a plot seeder in plots 5 m long and 0.85 m wide with 500 seeds per square meter. In the experiments, 30 kg pure N and 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were given per hectare with sowing. Also, 60 kg of pure N per hectare was given in the spring before the stem elongation period. Each experimental plot as 4.08m<sup>2</sup> was harvested with a plot combine.

Grain yield (GY) (kg ha<sup>-1</sup>) was calculated as 4.08 m<sup>2</sup> by removing the plants at 0.50 m from the beginning and the end as an edge effect in the plots sown in 6 rows in the experiment, and the grain yield of this plot was converted into hectare yield and found in kilograms. Thousand grain weight (TGW) and test weight (TW) were determined according to the method suggested by Özkaya and Özkaya (2005) and the results were given as grams and kg hl<sup>-1</sup> on dry matter, respectively. Kernel hardness (KH) was determined using the (Perten Instruments Springfield,IL) Single Kernel Characterization System (SKCS) device (Anonymous, 2008). Protein content (PC) (%) was determined in whole grain flour samples using the Near FOSSNIRS 6500 device. The device was calibrated using the LEC FP628 operating according to the Dumas method (AACC Method 46-30) (AACC, 2000; Elgün et al., 2002). Zeleny sedimentation value (ZSV) (ml) was determined according to the ICC-Standard No 116 method (Anonymous, 1981). Ash content (AC) (%) was determined according to the method indicated by Özkaya and Özkaya (2005).

The data obtained from the experiments carried out in two locations were subjected to analysis of variance according to the two-factor RCBD, and then it was checked whether the differences between genotypes were statistically significant or not by using the LSD (Least Significant Difference) test according to the method recommended by Steel and Torrie (1960) using 3.00/EM version MSTAT package program.

### 3. Results and Discussion

The differences between the mean values of the genotypes were found to be statistically significant according to the variance analysis results for the characters, except for the protein content in Hamidiye and Karabayır locations in Eskişehir (*Table 1*).

*Table 1. Mean squares of source of variation (SOV) for the characters*

SOV	Replication (R)	Location (L)	Genotype (G)	GxL Interaction	Error
Df	3	1	23	23	141
TGW	3.760	3699.102**	128.414**	25.266**	3.726
TW	1.303	1995.630**	31.630**	20.513**	2.281
KH	6.756	173.280**	303.209**	335.580**	3.530
ZSV	17.419	0.005	63.770**	71.962**	6.823
AC	0.005	0.245**	0.007**	0.008**	0.002
PC	1.404	13.483*	0.573	0.666	0.547
GY	2143.535	238431.021**	28734.988**	39969.488**	1478.708

Df: degree of freedom, \*significant at the %5 level, \*\*significant at the 1% level

The results of the significance test performed on the data regarding grain yield and quality characteristics obtained from the experiments carried out in the Hamidiye and Karabayır locations of Eskişehir Province are given in *Table 2*. The means in *Table 2* are obtained from the combined analysis of the locations.

Because of an indicator affecting milling quality (Protic et al., 2007), seed quality affecting pre-harvest germination, seed potential, seedling development and plant performance (Afshari et al., 2011), an important component of grain yield (Simpson, 1968) and due to it is used to determine the density of seeds to be sown per unit area, thousand grain weight is considered as one of the versatile characters that should be emphasized in breeding studies.

The mean thousand grain weights of the genotypes obtained from the experiments carried out in two locations during the 2014-2015 growing period when the research was conducted varied between 32.67 g and 48.61 g, and the mean thousand grain weights of the lines were found to be higher than those of the check varieties. Among the lines, BİS-11 (48.61 g) and BİS-23 (42.78 g) gave the highest thousand grain weight. BİS-22, BİS-19 and BİS-12 were other lines with high thousand grain weights (*Table 2*). Our results are similar to the findings of the studies carried out by Karaduman (2013) and Şahin et al. (2012) to investigate the biscuit quality characteristics of soft bread wheat lines.

Table 2. Means and their importance for the grain yield and quality characteristics of the genotypes

Genotypes	TGW (g)	TW (kg hl <sup>-1</sup> )	KH	ZSV (ml)	Ash content (%)	PC (%)	GY (kg ha <sup>-1</sup> )
BİS-1	34.29 kl	78.97 de	17.08 k	25.88 c-g	0.534 c-h	12.04	3238 fg
BİS-2	37.34 ghi	78.58 def	19.84 j	25.38 d-g	0.610 a	12.42	3016 gh
BİS-3	37.08 hi	81.35 ab	23.57 gh	26.50 c-f	0.478 h	11.96	3761 cde
BİS-4	36.24 ijk	75.25 h	30.24 cd	33.00 a	0.571 a-g	12.39	2879 ghi
BİS-6	32.67 lm	76.37 gh	24.96 fg	29.00 bc	0.550 b-g	12.38	3524 def
BİS-7	34.09 klm	76.84 fgh	25.05 fg	27.25 c-f	0.546 b-g	12.03	3296 efg
BİS-8	40.11 c-f	81.11 abc	26.35 ef	25.88 c-g	0.545 b-g	12.16	3384 efg
BİS-9	40.84 b-e	78.76 def	24.11 fgh	24.50 e-h	0.585 a-d	11.87	3896 bcd
BİS-11	48.61 a	81.24 ab	23.24 gh	28.38 bcd	0.543 b-g	11.75	3346 efg
BİS-12	41.69 bcd	79.14 cde	24.41 fgh	27.38 cde	0.526 e-h	11.89	3225 fg
BİS-13	37.14 ghi	75.33 h	29.43 d	23.88 f-ı	0.596 ab	12.75	2000 j
BİS-14	36.85 hij	80.00 bcd	27.83 de	26.88 c-f	0.550 b-g	12.15	2538 hi
BİS-16	39.38 d-h	79.36 b-e	27.79 de	26.25 c-g	0.591 ab	12.22	3298 efg
BİS-17	39.66 c-g	78.98 de	20.47 ij	27.63 b-e	0.588 abc	12.63	2949 ghi
BİS-18	34.49 jkl	78.87 de	39.68 a	27.50 b-e	0.554 a-g	12.44	3539 def
BİS-19	41.09 bcd	81.23 ab	23.51 gh	21.63 hı	0.529 d-h	12.15	3198 fg
BİS-21	35.99 ijk	78.00 efg	36.18 b	24.63 e-h	0.525 fgh	12.02	3671 c-f
BİS-22	42.04 bc	81.08 abc	39.12 a	25.88 c-g	0.575 a-f	11.91	4425 a
BİS-23	42.78 b	82.40 a	29.74 d	25.38 d-g	0.533 c-h	12.38	2909 ghi
BİS-24	32.68 lm	77.59 efg	38.14 ab	26.38 c-f	0.575 a-f	12.31	2673 hi
<b>Mean of Lines</b>	<b>38.25</b>	<b>79.02</b>	<b>27.54</b>	<b>26.46</b>	<b>0.48</b>	<b>12.19</b>	<b>3283</b>
Gerek79	38.16 f-i	80.31 bcd	22.77 ghı	22.88 ghı	0.515 gh	12.39	4059 abc
Carisma	31.69 m	77.92 efg	24.10 fgh	21.63 hı	0.546 b-g	12.70	2490 ij
Bayraktar2000	38.49 e-i	81.07 abc	32.42 c	30.88 ab	0.583 a-e	12.10	4080 abc
Artico	32.53 lm	76.88 fgh	22.36 hı	20.63 ı	0.561 a-g	12.30	4361 ab
<b>Mean of Check varieties</b>	<b>35.22</b>	<b>79.04</b>	<b>25.41</b>	<b>24.00</b>	<b>0.55</b>	<b>12.37</b>	<b>3748</b>
<b>LSD<sub>0.01</sub></b>	<b>2.547</b>	<b>1.993</b>	<b>2.479</b>	<b>3.447</b>	<b>0.057</b>		<b>50.740</b>

Values followed by the same letter(s) are not significantly different at the 1% probability level according to LSD test

Although believed to be a good indicator of end-use quality, test weight has little effect on milling and baking quality measurements in wheat (Kelman and Qualset, 1993). Its only significant effect is on flour yield (Souza et al., 2012). However, although test weight is not frequently used by millers as a potential estimator of flour yield because the impact of the environment is quite high (Carson and Edwards, 2009), high test weight is accepted as an indicator of the general density and solidity of the grain and is still a quality character that is considered in the classification of wheat (Williams et al., 1986). The genotypes had test weight means ranging from 82.40 kg hl<sup>-1</sup> to 75.25 kg hl<sup>-1</sup> (Table 2). Kurt and Yağdı (2013) determined that test weights of bread wheat advanced lines varied between 68.33-81.07 kg hl<sup>-1</sup> in their study. It is seen that there is no significant difference between the test weight means of line and check varieties. Our findings are similar to the results of the study conducted by Karaduman and Ercan (2011), in which they examined the yield and some grain characteristics of advanced soft bread wheat lines selected for biscuit production in dry and wet conditions.

The grain structure of wheat is divided into hard and soft (Souza et al., 2012). Whether the grain is soft or hard can be determined by measuring the starch amylose content using the Single Kernel Characterization System (SKCS). This device measures grain weight and volume, crushing resistance and kernel hardness and provides reliable measurement (Dobraszczyk et al., 2002). Low SKCS values indicate a softer endosperm structure and high TDKS values indicate harder endosperm structure (Carter et al., 2012). Endosperm structure, or the relative hardness or softness of a grain, can be defined as a measure of resistance to deformation. This definition is based on the measurement of hardness by SKCS, which measures the force required to break individual grains of a



sample between two surfaces, taking into account the weight, diameter and moisture of the grains. SKCS hardness means of genotypes varied between 17.08 and 39.68 in the study (Table 2). While the mean hardness of the lines is 27.54, the mean of check varieties is calculated as 25.41. BİS-18 and BİS-22 lines gave the highest hardness mean. These lines were followed by BİS-24 and BİS-21 lines. Along with BİS-1 and BİS-2 lines, BİS-3, BİS-6, BİS-7, BİS-8, BİS-9, BİS-11, BİS-12, BİS-14, BİS-16, BİS-17 and BİS 19 lines had the lowest mean hardness indicate that may be suitable lines in terms of biscuit quality due to their low hardness levels. There are similarities between our results and Morris et al. (2005) results, where the mean values of hardness values of thirty varieties of wheat were found to be between 11.8-49.9 and the general mean was 24.0.

Since the Zeleny sedimentation test reflects differences in both protein content and gluten quality and is heritable (Bushuk, 1982), it provides the opportunity for reliable selection by identifying quality lines in early or advanced generations (Kitterman and Barmore, 1969). The mean Zeleny sedimentation values of the genotypes varied between 20.63 ml and 33.00 ml (Table 2). The mean of the lines was calculated as 26.46 ml, and the lowest and highest means were obtained from BİS-19 line and BİS-4 lines, respectively. The mean of the varieties used as standard was calculated as 24.00 ml. The mean of the lines was higher than the mean of the varieties. It is understood that BİS-13, BİS-19 and BİS-9 lines have lower Zeleny sedimentation value results than other biscuit lines and check varieties for the desired soft wheat grain characteristics. Low gluten content and weak gluten network structure allow the dough to spread more easily during baking (Zheng et al., 2020). Since the Zeleny sedimentation test reflects heritable differences in both protein content and gluten quality, it appears that these lines can be evaluated with confidence. Kurt Polat and Yagdi (2017) results of Zeleny sedimentation value between 25 ml and 39.0 ml support to our findings.

The ash content, which varies depending on the amount of bran in the flour, is a criterion that shows the final evaluation quality of the flour. Since the ash content is higher in the husk part of the wheat, a high amount of ash in the flour indicates that too much bran is mixed into the flour and indicates that the quality of the flour is low (Ertugay, 1982). The mean ash content of the genotypes varied between 0.478% and 0.610%. BİS-2 gave the highest mean ash content among the lines (0.610%) followed by BİS-13 (0.596%) and BİS-16 (0.591%) genotypes (Table 2). BİS-3, BİS-12, BİS-21 and BİS-19 lines gave the lowest mean ash content, respectively. It is seen that the ash content of BİS-3 line is lower than other biscuit lines and check varieties and these lines can be evaluated for high biscuit-making flour quality. Our findings are similar to the research results of Al-Saleh and Brennan (2012), who stated that the ash content was between 0.63% and 0.72%, and the result of Karaduman (2013), who determined the ash amount to be 0.43% on the mean.

Grain protein content in wheat is the most important quality criterion in terms of milling and baking (Feil, 1997), and the most effective data to be used in determining the tannin quality and especially the purpose for which wheat will be used is the amount of protein (Godwin et al., 1999). Cereal protein content, especially seed storage protein, has a major impact on quality by influencing the viscoelastic properties of wheat dough through the formation of a gluten network (Zhou et al., 2018). Although the differences between the protein means of the genotypes were not found to be statistically significant, it is generally seen that the mean protein content of the lines is relatively lower than that of the check varieties (Table 2). Among the lines, BİS-11, BİS-9, BİS-12, BİS-22, BİS-3, BİS-21, BİS-7 and BİS-1, which have a lower protein content than other lines and check varieties, maybe the most appropriate lines for biscuit-making traits. There are similarities between our results and the findings of Şahin et al. (2012), who determined the protein content of biscuit wheat as 13.63% on mean, between 11.65% and 15.54%, and Keçeli et al. (2017), who determined it to be 12.65% on the mean.

In wheat breeding programs, the primary goals include the development of new varieties with high grain yield per unit area as well as grain quality. Genotype means varied between 4425 kg ha<sup>-1</sup> and 2000 kg ha<sup>-1</sup> (Table 2). The mean grain yield of the lines was found to be lower than that of check varieties. When the individual and combined significance test results of the locations are evaluated for the grain yield feature; it is seen that BİS-22, BİS-9 and BİS-3 have the highest grain yield among the lines and above the mean of check varieties. In addition to these lines, it is understood that BİS-6, BİS-18 and BİS-21 can be evaluated as other high-yield lines in terms of grain yield. Our results are supported by the findings of Şahin et al. (2012) and Karaduman et al. (2016).

#### **4. Conclusions**

As a result of the research, the differences between the genotype means for the examined traits, except for the protein content, were statistically significant. The means of the genotypes were 4425 kg ha<sup>-1</sup> to 2000 kg ha<sup>-1</sup> for grain yield, 32.67 to 48.61 g for TGW, 82.40 to 75.25 kg hl<sup>-1</sup> for TW, 17.08 to 39.68% for SKCS hardness, 20.63 ml to 33.00 ml for ZSV, 0.478% and 0.610% for ash content and 11.75% and 12.70% for PC. While BİS-3, BİS-6, BİS-9, BİS-18, BİS-21 and BİS-22 were best-performed lines for grain yield, BİS-1, BİS-3, BİS-9, BİS-11, BİS-12, BİS-19, BİS-21, BİS-22 and BİS-23 were the lines that were suitable in terms of biscuit quality traits.

#### **Acknowledgment**

This article is summarized from Sultan ERENLER's MSc thesis supervised by Prof. Dr. Oğuz BİLGİN. We would like to thank Dr. Savaş BELEN and Dr. Yaşar KARADUMAN from the Directorate of Transitional Zone Agricultural Research Institute for their support during the conduct of this study and quality analysis, and Prof. Dr. İsmet BAŞER, Assoc. Prof. Dr. Alpaz BALKAN and Res. Assist. Damla BALABAN GÖÇMEN for their contributions to the writing and editing.

#### **Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

#### **Conflicts of Interest**

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

#### **Authorship Contribution Statement**

Concept: Bilgin, O.; Design: Bilgin, O., Başer, İ., Balkan, A.; Data Collection or Processing: Erenler, S.; Statistical Analyses: Bilgin, O.; Literature Search: Bilgin, O., Erenler, S., Balaban Göçmen, D.; Writing, Review and Editing: Bilgin, O., Erenler, S., Başer, İ., Balkan, A., Balaban Göçmen, D.

## References

- AACC (2000). Approved Methods of the AACC, 10th ed. Methods 08-01, 44-16, 46-30, 56-10, 56-11, and 56-61A. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- Afshari, H., Eftekhari, M., Faraji, M., Ebadi, A. G. and Ghanbarimalidareh, A. (2011). Studying the effect of 1000 grain weight on the sprouting of different species of *Salvia* L. grown in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(16): 3991-3993.
- Al-Saleh, A. and Brennan, C. S. (2012). Bread wheat quality: Some physical, chemical and rheological characteristics of syrian and english bread wheat samples. *Foods*, 1(1):3-17.
- Anonim (2015). Bisküvi. T.C. Ekonomi Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, Sektör Raporları, <https://eb.ticaret.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-235392> (Accessed Date: 05.01.2019).
- Anonymous (1981). ICC Standards. International Association for Cereal Chemistry, Vienna.
- Anonymous (2008). USDA/ARS – Western Wheat Quality Laboratory E-202 Food Science & Human Nutrition Facility, <http://www.wsu.edu/~wwql/php/wheat-wrn.php> (Accessed Date: 22.06.2008).
- Atlı, A. (1999). Wheat and Products Quality. *Symposium on Problems and Solutions of Cereal Cultivation in Central Anatolia*; 498-506, Konya, Türkiye. (In Turkish).
- Bushuk, W. (1982). Grains and Oilseeds. 3<sup>rd</sup> Edition. Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Manitoba.
- Carson, G. R. and Edwards, N. M. (2009). Criteria of Wheat and Flour Quality. In *Wheat Chemistry and Technology* (4<sup>th</sup> Edition), AACC International, Inc., St. Paul, U.K.
- Carter, A. H., Campbell, K. G., Morris, C. F. and Kidwell, K. K. (2012). Chromosomes 3B and 4D are associated with several milling and baking quality traits in a soft white spring wheat (*Triticum aestivum* L.) population. *Theoretical and Applied Genetics*, 124:1079-1096.
- Das, A., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. (2011). Cereal based functional food of Indian subcontinent: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6): 665-672.
- Dobraszczyk, B. J., Whitworth, M. B., Vincent, J. F. V. and Khan, A. A. (2002). Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modelling of fracture in wheat endosperm. *Journal of Cereal Science*, 35: 245-263.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Kotancılar, H. G. and Certel, M. (2002). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu (3. Baskı). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:335, Erzurum.
- Erenler, S., Bilgin, O., Balkan, A. and İ. Başer (2022). Using the solvent retention capacity tests to determine the biscuit-making quality of soft bread wheat (*T. aestivum* L.) genotypes. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(2): 296-304.
- Ertugay, Z. (1982). Quality relationships between wheat, flour and bread. *Journal of Ataturk University Faculty of Agriculture* 13(1-2): 165-176. (In Turkish).
- Feil, B. (1997). The inverse yield-protein relationship in cereals: Possibilities and limitations for genetically improving the grain protein yield. *Trends Agronomy*, 1: 103-119.
- Gaines, C. S., Finney, P. F., Fleege, L. M. and Andrews, L. C. (1996). Predicting a hardness measurement using the single-kernel characterization system. *Cereal Chemistry*, 73: 278-283.
- Godwin, I. D., Williams, S. B., Pandit, P. S. and Laidlaw, H. K. C. (1999). Multifunctional grains for the future: genetic engineering for enhanced and novel cereal quality. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 45: 383-399.
- Karaduman, Y. (2013). *Investigating of cookie quality characteristics in selected soft bread wheat lines*. (PhD. Thesis) Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara. (In Turkish).
- Karaduman, Y. and Ercan, R. (2011). Yield and some grain characteristics of soft bread wheat lines selected for cookie-making in rainfed and irrigated conditions. *Journal of Field Crops Central Research Institute*, 20(2): 1-9.
- Karaduman, Y., Akın, A., Belen, S., Sönmez, A. C., Dayıoğlu, R. and Bayramoğlu, H.O. (2021). Evaluation of soft winter wheat for soft-hard dough biscuit quality. *Journal of Cereal Science*, 102: 1-11.
- Karaduman, Y., Akın, A., Belen, S., Sönmez, A. C., Dayıoğlu, R., Tunca, Z. Ş., Türkölmez, S., Sayaslan, A., Bayramoğlu, H. O., Aydın, N. and Demir, H. (2016). *Development of wheat genotypes with high biscuit quality*. Tübitak-1003 (214O050) Project Report. (In Turkish).
- Karaduman, Y., Belen, S., Sönmez, A. C., Akın, A., Sayaslan, A., Dayıoğlu, R., Aydın, N. and Tunca, Z. Ş. (2018). Soft Wheat (*T. aestivum*) Development Studies Suitable for The Demands of The Biscuit Industry. *Türkiye Local Wheat Symposium*, 122-123, Bolu, Türkiye. (In Turkish).
- Keçeli, A., Evlice, A. K., Pehliven, A., Şanal, T., Karaca, K., Külen, S., Subaşı, A. S. and Salantur, A. (2017). Investigation of the relationship between Zeleny sedimentation analysis and other quality parameters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *KSÜ Journal of Agriculture and Nature* 20 (Special Issue): 292-296. (In Turkish).
- Kelman, W.M. and Qualset, C.O. (1993). Responses of recombinant inbred lines of wheat to saline irrigation: Milling and baking qualities. *Crop Science*, 33:1223-1228.

- Khatkar, B. S. and Schofield, D. (1997). Molecular and physicochemical basis of breadmaking properties of wheat gluten proteins: A critical appraisal. *Journal of Food Science and Technology*, 34:86-102.
- Kitterman, J. S. and Barmore, M. A. (1969). A modified micro sedimentation test for screening early-generation wheat selections. *Cereal Chemistry*, 46: 273-280.
- Kurt Polat, P. O. and Yagdı, K. (2017). Investigations on the relationships between some quality characteristics in a winter wheat population. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1): 108-113.
- Kurt, P. Ö. and Yağdı, K. (2013). Investigation of quality traits performance of some advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines under in Bursa conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(2): 34-43.
- Morris, C. F., Campbell, K. G. and Kin, G. E. (2005). Kernel texture differences among US soft wheat cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1959-1965.
- Özkaya, H. and Özkaya, B. (2005). Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 31, Ankara.
- Öztürk, S. and Özdağ, S. (1993). Bisküvi Teknolojisi ve Sorunları. 1. *Un-Bulgur-Bisküvi Sempozyumu*. 21-22 Haziran, S. 27-29. Karaman, Türkiye.
- Protic, R., Jovin, P., Protic, N., Jankovic, S. and Jovanovic, Z. (2007). Mass of 1,000 grains in several winter wheat genotypes, at different dates of sowing and rates of nitrogen fertilizer. *Romanian Agricultural Research*, 24: 39-42.
- Şahin, M., Akçacık, A.G., Aydoğan, S., Ayrancı, R., Çeri, S., Bağcı, S.A., Akçura, M., Özer, E., Ekici, M. and Görgülü, M.N. (2012). *Biscuit wheat variety improvement project*. Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute (TAGEM) Project Report.
- Simpson, G. M. (1968). Association between grain yield per plant and photosynthetic area above the flag leaf node in wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 48: 253.
- Singh, M. and Khatkar, B.S. (2005). Structural and functional properties of wheat storage proteins: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 42:455-471.
- Souza, E. J., Sneller, C., Guttieri, M. J., Sturbaum, A., Griffey, C., Sorrells, M., Ohm, H. and Van Sanford, D. (2012). Basis for selecting soft wheat for end-use quality. *Crop Science*, 52(1): 21-31.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. (1960). Principles and Procedures of Statistics. Mc-Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- TUIK (2021). TUIK İstatistik Veritabanı <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Accessed Date: 18.06. 2022).
- Williams, P., El-Haramain, F. J., Nakkoul, H. and Rihawi, S. (1986). Crop Quality Evaluation Methods and Guidelines. ICARDA, Syria.
- Zheng, B., Zhao, H., Zhou, Q., Cai, J., Wang, X., Cao, W., Dai, T. and Jiang, D. (2020). Relationships of protein composition, gluten structure and dough rheological properties with short biscuits quality of soft wheat varieties. *Agronomy Journal*, 112:1921-1930.
- Zhou, Q., Li, X., Yang, J., Zhou, L., Cai, J., Wang, X., Dai, T., Cao, W. and Jiang, D. (2018). Spatial distribution patterns of protein and starch in wheat grain affect baking quality of bread and biscuit. *Journal of Cereal Science*, 79: 362-369.

## Nutrient Composition and Metabolic Energy of Different Fruit Tree Leaves as Feeding Sources for Ruminants\*

Ruminantlar için Besleme Kaynağı Olarak Farklı Meyve Ağacı Yapraklarının Besin Bileşimi ve Metabolik Enerjisi

Filiz KOCADAYIOĞULLARI<sup>1</sup>, Mustafa BOĞA<sup>2\*</sup>, Orhan ERMETİN<sup>3</sup>

### Abstract

The need for roughage in the animal nutrition industry has led to the search for various alternative roughage. In this context, as a result of the research, tree leaves have the potential to be considered as a nutritious and balanced forage source for animals. In this study, it was aimed to investigate the usability of apple (*Malus domestica*), apricot (*Prunus armeniaca*), cherry (*Prunus avium*), grape (*Vitis vinifera*), and umber mulberry (*Morus rubra*) leaves in ruminant nutrition. As a result of the research, nutritional contents of tree leaves (dry matter, crude protein, crude ash, crude oil, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, acid detergent lignin, tannin), *in vitro* gas, carbon dioxide and methane gas production, *in vitro* gas post-production rumen fluid volatile fatty acid contents were found to be different from each other ( $P<0.05$ ). In addition, although metabolic energy, organic matter digestion, digestible dry matter, dry matter consumption and relative feed values were found to be different in tree leaves ( $P<0.05$ ), the highest values of these parameters were found in mulberry leaves. Metabolic energy (ME-J/kgDM) in grape, mulberry, apple, apricot and cherry is 9.24, 10.69, 10.07, 10.24, 9.33, organic matter digestibility (OMD-%) is 56.49, 58.98, 54.46, 57.34, and 58.31, respectively. has been detected. In the volatile fatty acids in the rumen fluid of the leaves after *in vitro* gas production; Total volatile fatty acid (TVFA-mmol/L) was defined as 69.16, 76.25, 66.04, 68.63, and 65.24, acetic acid (AA-mmol/L) was determined as 44.90, 48.52, 41.93, 46.82, and 43.62, respectively. As a result of our detailed studies, it has been determined that the leaves of various fruit trees stand out with their considerable nutritional content. The most important reason for the differences in the findings is that the nutritional content of tree leaves is different from differs. As a result of our comprehensive study, these nutritional content differences offer significant potential for using leaves of various fruit trees as a source of forage.

**Keywords:** Forage, Fruit tree leaves, Animal feeding, *In vitro* gas production

<sup>1</sup>Filiz Kocadayioğulları, Tekirdağ Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, 59950, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [f.kocadayioğullari@tarimorman.gov.tr](mailto:f.kocadayioğullari@tarimorman.gov.tr)

<sup>2</sup>OrcID: 0000-0003-3805-3506

<sup>2</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa Boğa, Niğde Ömer Halisdemir University, Bor Vocational School, 51700, Bor, Niğde, Türkiye, E-mail:

[mboga@ohu.edu.tr](mailto:mboga@ohu.edu.tr) OrcID: 0000-0001-8277-9262.

<sup>3</sup>Orhan Ermetin, Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, 66900, Yozgat, Türkiye. E-mail: [orhan.ermetin@yobu.edu.tr](mailto:orhan.ermetin@yobu.edu.tr)

<sup>3</sup>OrcID: 0000-0002-3404-0452

Atıf: Kocadayioğulları, F., Boğa, M., Ermetin, O. (2024). Ruminantlar için besleme kaynağı olarak farklı meyve ağacı yapraklarının besin bileşimi ve metabolik enerjisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3):816-829.

Citation: Kocadayioğulları, F., Boğa, M., Ermetin, O. (2024) Nutrient composition and metabolic energy of different fruit tree leaves as feeding sources for ruminants. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 816-829.

\*This study was summarized from the Filiz Kocadayioğulları's MSc thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ, 2024

## Öz

Hayvan besleme sektöründeki kaba yem ihtiyacı, çeşitli alternatif kaba yem arayışlarına sebep olmuştur. Bu bağlamda, yapılan araştırmalar neticesinde ağaç yaprakları, hayvanlar için besleyici ve dengeli bir kaba yem kaynağı olarak değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, elma (*Malus domestica*), kayısı (*Prunus armeniaca*), kiraz (*Prunus avium*), asma (*Vitis vinifera*), urum dutu (*Morus rubra*) yapraklarının ruminant beslemede kullanılabilirliğini araştırmak amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda ağaç yapraklarının besin madde içerikleri (kuru madde, ham protein, ham kül, ham yağ, nötral deterjan lif, asit deterjan lif, asit deterjan lignin, tanen), *in vitro* gaz, karbondioksit ve metan gazı üretimi, *in vitro* gaz üretim sonrası rumen sıvısı uçucu yağ asit içerikleri birbirinden farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ayrıca ağaç yapraklarında metabolik enerji, organik madde sindirimi, sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi, nispi yem değerleri de farklı bulunmakla beraber ( $P<0.05$ ), söz konusu parametrelere ait en yüksek değerler dut yaprağında bulunmuştur. Asma, dut, elma, kayısı ve kirazda metabolik enerji (ME-J/kgKM) sırasıyla, 9.24, 10.69, 10.07, 10.24, 9.33 olarak, organik madde sindirilebilirliği (OMS-%) 56.49, 58.98, 54.46, 57.34, 58.31, olarak tespit edilmiştir. Yaprakların *in vitro* gaz üretim sonrası rumen sıvısı uçucu yağ asitlerinde toplam uçucu yağ asidi (TUYA-mmol/L) sırasıyla 69.16, 76.25, 66.04, 68.63, 65.24 olarak, asetik asit (AA-mmol/L) 44.90, 48.52, 41.93, 46.82, 43.62 olarak tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz detaylı çalışmalar neticesinde, çeşitli meyve ağaçlarının yapraklarının azımsanmayacak besin içeriğiyle öne çıktığı tespit edilmiştir. Bulgulardaki farklılıkların en önemli nedeni ağaç yapraklarının besin madde içeriğinin birbirinden farklı olmasıdır. Yaptığımız kapsamlı çalışma sonucunda, bu besin içeriği farklılıklarının, çeşitli meyve ağaçlarının yapraklarının kaba yem kaynağı olarak kullanılabilirliği konusunda önemli bir potansiyel sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yem, Meyve ağacı yaprakları, Hayvan besleme, *In vitro* gaz üretimi

## 1. Introduction

Livestock enterprises incur substantial feed expenses, accounting for 60-70% of operating costs (Boğa and Çevik, 2012; Özdemir and Kaya, 2020; Alçiçek, 2021; Kurt, 2022; Kurt et al., 2022). This situation has led researchers to explore alternative feed raw materials (Özdemir and Kaya, 2020; Kurt, 2022). Roughage is crucial in ruminant nutrition, supporting rumen microbial activities and digestive system functions. Affordable roughage options are preferred because they positively affect product quality and performance (Özdemir and Kaya, 2020). With their favourable protein content, tree leaves can be an alternative roughage source (Canbolat, 2012a; Boğa, 2014; Nabi et al., 2018; Boğa et al., 2022). The protein content is a crucial factor for microbial activities, and the protein ratio in feed should be approximately 10% to sustain microbial activities (Canbolat et al., 2013). The leaves and fruits of the trees are significant in the nutrition of ruminant animals such as goats and sheep (Atalay et al., 2017). As a result of their high nutritional value and positive effects on rumen function, microbial productivity, and body metabolism, tree leaves are increasingly recognized as a potentially high-quality feed source for ruminant animals, especially to provide crude protein and animal nutrition as a source of energy (Kamalak et al., 2005; Rababah et al., 2008). Yet, the utilization of tree leaves by herbivores is frequently hindered by the defence or deterrent mechanisms of plants, which are attributed to their elevated tannin levels, nutrient deficiency, and phenolic substance content (Provenza, 1995; Kılıç and Abdiwali 2016; Olfaz et al., 2018).

Mulberry is a type of fruit belonging to the *Moraceae* family. For thousands of years, it has adapted to tropical, subtropical, and temperate regions of Asia, Europe, North and South America, and Africa. Mulberry, important in Turkey, has been known and grown for over 400 years (Ayaşan and Baylan, 2016; Jan et al., 2021; Ali et al., 2023; Öcalan et al., 2023). Our country ranks 4th in apple production, one of the world's most consumed fruits, and the world's largest apricot producer (Şamlı et al., 2014; Taşova and Dursun, 2023). Turkey is located in a suitable region for viticulture and has a deep-rooted viticulture culture and rich grape gene potential because it is at the intersection of vineyard centers and in the center of the geography where viticulture was first practiced (Güveanateş and Topkaya, 2023).

Tannins are significant limiting factors in using alternative feed sources in animal rations (Herva's et al., 2003). Excessive tannin consumption in ruminant rations can lead to toxicity, loss of appetite, and constipation. Therefore, when incorporating fruit tree leaves into rations, the tannin content should be adjusted according to the type and age of the animal. Tannins reduce protein breakdown by rumen microorganisms, inhibiting protein digestibility. Consequently, undigested proteins (such as bypass proteins) pass through the rumen and are digested in the small intestine (Boğa et al., 2021). The effects of tannins on ruminants vary depending on the ration content, grain structure, and amount (Ünver et al., 2014). Tree parts such as branches, leaves, and fruits, which contain high levels of tannins and saponins, can reduce methane formation by improving nitrogen metabolism in the rumen (Özdemir and Kaya, 2020).

Methane gas is produced through fermentation in the digestive system of ruminants. Methane production results in a loss of gross energy (2-12%) obtained from feed and contributes to global warming as a harmful greenhouse gas (Johnson and Johnson, 1995; Meral and Bircik, 2013; Şimşek and Kamalak, 2019; Cholewińska et al., 2020; Ungerfeld et al., 2023). The proportion of roughage in the ration increases methane release, whereas an increase in easily degradable carbohydrates decreases it (Kutlu and Serbester, 2014).

Considering the high protein content and potential avoidance of negative effects, different tree leaves can be recommended as alternative feed raw materials. This study aimed to determine tree leaf nutrient content, digestibility, and methane values.

## 2. Materials and Methods

**Feed materials:** Five different tree leaf samples (*apple/Malus domestica*, *apricot/Prunus armeniaca*, *cherry/Prunus avium*, *grape/Vitis vinifera*, and *mulberry/Morus rubra*) were collected from the Niğde region to determine their nutrient composition and *in vitro* digestibility. The leaves were collected by hand from different regions of the Central District of Niğde province in June, and samples were obtained from these mixtures by mixing according to species. After the tree leaves were collected, they were brought to the laboratory and left in the shade to dry. After the tree leaves were dried, they were ground in a mill to pass through a 1 mm sieve and prepared for analysis. The study was conducted in 3 repetitions, and the averages were evaluated.

**Animal materials:** Rumen fluid was obtained from three Kıvrıcık rams slaughtered in the slaughterhouse for the application of the *in vitro* gas production technique. An ethics committee decision was not required for the *in vitro* study.

**Chemical analysis:** The tree leaves were dried at room temperature under shade at Niğde Ömer Halisdemir University, Bor Vocational School Food Processing Laboratory. The dried leaves were ground to pass through a 1 mm sieve and used for analysis.

The leaf dry matter (DM) content was determined by drying in an oven at 105°C for 4 hours, and the crude ash content was determined by burning in a muffle furnace at 550°C for 4 hours. The nitrogen (N) content was determined using the Kjeldahl method, and crude protein was calculated using the  $N \times 6.25$  formula (AOAC, 1990). Ether extract analysis was performed according to the method reported in AOAC (1990).

The neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and acid detergent lignin (ADL) contents, representing the cell wall components of the feed, were determined using the ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology, 2008) following the Van Soest et al. (1991) method. The tannin contents of the leaves were determined using the Folin-Denis method (AOAC, 1990). Gas chromatography was used to determine the total volatile fatty acid (TVFA), acetic acid, propionic acid, and butyric acid contents of the leaves (Wiedmeier et al., 1987), while lactic acid analysis was performed using the spectrophotometric method (Barker and Summerson, 1941).

**Application of *in vitro* gas production technique:** The "*in vitro* gas production technique" reported by Menke and Steingass (1988) was employed to determine feed raw materials' digestibility and metabolic energy level under *in vitro* conditions. Approximately  $200 \pm 10$  mg of feed sample was placed in triplicate in special glass tubes (volume: 100 mL). Then, an RS/buffer solution prepared according to the method reported by Menke et al. (1979) was added. The tubes were incubated in a 39°C water bath, and the gas produced by fermentation was measured at different time intervals (3, 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours).

Metabolic energy (ME) and organic matter digestibility (OMD) of feed raw materials were determined by the following equations reported by Menke and Steingass (1988).

$$OMD\% = 15.38 + 0.8453 \times GP + 0.0595 \times CP + 0.0675 \times CA \quad (\text{Eq. 1})$$

$$ME \left( \frac{MJ}{kg} \right) = 2.20 + 0.1357 \times GP + 0.0057 \times CP + 0.0002859 \times EE^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

(GP: net gas production at the end of the 24-hour incubation period of 200 mg dry feed sample, CP: crude protein%, EE: ether extract%, and CA: crude ash%).

Determination of relative feed value (RFV): The relative feed value of Rohweder et al. (1978) was calculated by the following equations.

First, dry matter digestion (DMD%) was calculated from the ADF value to calculate the relative feed value. (ADF: acid detergent fiber)

$$DMD\% = 88.9 - (0.779 \times ADF\%) \quad (\text{Eq. 3})$$

Depending on the animal's live weight, dry matter intake (DMI%) was calculated from the NDF value. (NDF: neutral detergent fiber)

$$DMI\% = \frac{120}{NDF} \quad (\text{Eq. 4})$$

To calculate the relative feed value (RFV), DMD% and DMI% values are substituted in the formula.

$$RFV = DMD\% \times DMI\% \times 0.775 \quad (\text{Eq. 5})$$

When the relative feed value is 41% ADF and 53% NDF in the composition of the feeds, 100 is considered standard (Rohweder et al., 1978). If this value is higher than 100, it is used as an indicator of high-quality feed; if it is low, it is used as an indicator of low-quality feed.

**Statistical analysis:** The data obtained from the study were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's test to compare the significant differences (Snedecor and Cochran, 1967).



### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Nutrient Contents of Different Fruit Tree Leaves

In this study, the nutrient contents of fruit tree leaves collected from the Niğde region were determined and are presented in *Table 1*.

*Table 1. Nutrient content of leaves (%)*

Different Fruit Tree Leaves	DM	CP	CA	EE	NDF	ADF	ADL	TANNIN
<b>Grape</b>	89.72 <sup>c</sup>	12.83 <sup>b</sup>	9.47 <sup>a</sup>	3.79 <sup>c</sup>	47.84 <sup>a</sup>	32.04 <sup>c</sup>	10.20 <sup>c</sup>	9.89 <sup>b</sup>
<b>Mulberry</b>	80.43 <sup>e</sup>	13.09 <sup>a</sup>	8.67 <sup>b</sup>	4.74 <sup>ab</sup>	42.93 <sup>c</sup>	29.81 <sup>d</sup>	8.89 <sup>d</sup>	7.89 <sup>d</sup>
<b>Apple</b>	91.13 <sup>a</sup>	11.25 <sup>c</sup>	5.70 <sup>d</sup>	5.03 <sup>a</sup>	47.85 <sup>a</sup>	36.52 <sup>a</sup>	12.47 <sup>a</sup>	10.99 <sup>a</sup>
<b>Apricot</b>	87.813 <sup>d</sup>	10.99 <sup>d</sup>	6.78 <sup>c</sup>	4.41 <sup>b</sup>	44.47 <sup>b</sup>	34.07 <sup>b</sup>	11.74 <sup>b</sup>	8.25 <sup>c</sup>
<b>Cherry</b>	90.32 <sup>b</sup>	10.33 <sup>e</sup>	6.91 <sup>c</sup>	3.39 <sup>c</sup>	47.21 <sup>a</sup>	35.48 <sup>ab</sup>	9.34 <sup>d</sup>	10.11 <sup>b</sup>
<b>SEM</b>	0.031	0.068	0.122	0.154	0.416	0.521	0.223	0.085
<b>SIG</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant (P<0.05), DM: dry matter, CP: crude protein, CA: crude ash, EE: ether extract, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, SEM: standard error of mean, SIG: significance level

Among the fruit tree leaves, apple leaves exhibited the highest dry matter (DM) content at 91.13%, while mulberry leaves had the lowest DM content at 80.43%. The crude protein (CP) ratio was highest in mulberry leaves at 13.09% and lowest in cherry leaves at 10.33%. Apple leaves had the highest ether extract (EE) content at 5.03%, while cherry and grape leaves had the lowest at 3.39% and 3.79%. The highest tannin content was observed in apple leaves at 10.99%, whereas mulberry leaves had the lowest at 7.89%. Furthermore, the crude ash (CA) ratio ranged from 5.70 to 9.47, the neutral detergent fiber (NDF) ratio ranged from 42.93 to 47.85, the acid detergent fiber (ADF) ratio ranged from 29.81 to 36.52, and the acid detergent lignin (ADL) ratio ranged from 8.89 to 12.47 among different fruit tree leaves. Grape leaves had the highest CA content (9.47%), while apple leaves had the lowest (5.70%). It is thought that raw ash contents may vary depending on the feed type, applied agricultural techniques and weather conditions. It has been stated that in cases where the raw ash rate is above 17%, the feed may be contaminated for any reason (Kılıç ve Sarıçiçek, 2006). Although apple leaves had the highest NDF ratio (47.85%), cherry and grape leaves showed similar values, which were statistically insignificant, and mulberry leaves had the lowest NDF ratio (42.93%). Apple leaves also exhibited the highest ADF ratio (36.52%), whereas mulberry leaves had the lowest ADF ratio (29.81%). The ADL content was highest in apple leaves (12.47%), followed by cherry leaves (9.34%), and mulberry leaves had the lowest ADL ratio (8.89%).

The findings of this study revealed that apple tree leaves had the highest DM content at 91.13%. Similarly, Belewu and Alokamaro (2007) reported a rate of 93.65%, and Sheikh et al. (2011) found it to be 88.67%. In contrast, Kazemi and Mokhtarpour (2021) reported a DM rate of 41.73% for apple leaves, and Gourlie (2016) found it to be 9.6%. In our study, mulberry leaves had the lowest DM content (80.43%), while Kandyliş et al. (2009) reported 89%, and Kamalak et al. (2004) found 93.17% for mulberry leaves. However, Güven (2012) reported a range of 42-46%, Olfaz et al. (2018) reported 31.17%, and Yao et al. (2000) reported 20.9-21.1% for the DM content of mulberry leaves. Malgaz and Atalay (2022) determined the DM values as 43.43%, 29.67, 38.07, 26.79 and 28.38% in peach, plum, cherry, apricot and apple trees, respectively, which are lower than the values obtained in our study. Özdemir and Kaya (2020) found DM values between 79.21 and 95.40% in their study with different tree leaves. The dry matter values obtained from this study are in similar proportions. It is thought that the reason for these differences in dry matter content is directly affected by factors such as tree type, shedding time, climate and rainfall in the leaf samples collected.

Mulberry leaves exhibited the highest CP content at 13.09%. Similarly, Olfaz et al. (2018) reported 13.68%, Kamalak et al. (2004) reported 14%, and Hassan et al. (2020) reported 14-34.2% for mulberry leaves. Güven (2012) reported a range of 16-18%, Neto et al. (2018) reported 17% CP content in mulberry leaves, and Kaya (2019) reported 8.5%. On the other hand, Kandyliş et al. (2009) found 20.1%, Cheema et al. (2011) found 23%, and Habib et al. (2016) reported 24% CP content in mulberry leaves. In our study, cherry tree leaves had the lowest CP content

at 10.33%. Similarly, Emile et al. (2018) reported 12.6%, and Kazemi and Bezdi (2022) reported 12.8% for cherry leaves. In contrast, Nahand et al. (2012) found the CP content of cherry tree leaves to be 2.76%. Liu et al. (2021) reported that mulberry leaves are consumed with pleasure by dairy breed heifers because they contain approximately 20% protein in the dry matter, and therefore have a higher milk production potential. In the study, the lowest ADF content was found in mulberry leaves. Therefore, it seems that animal nutritional value is more important than others. Fibrous feeds with an NDF content of less than 45% (DM) are in the daily roughage class, and therefore, the tree leaves examined in this study can be considered high-quality roughage sources. A diet rich in NDF can reduce dry matter intake (DM). However, tree leaves with low NDF content in the rumen break down, take in, and digest the feed as quickly as grass. While the crude protein (CP) in these tree leaves satisfies certain ruminant needs, it falls short during production periods. Therefore, animal diets should be supplemented with an additional protein source (Yavuz and Öztürk, 2023). The variations in outcomes are likely attributed to the presence of different tree species within the same genus, each with distinct harvest times and chemical compositions. Additionally, the diversity in chemical composition among tree leaves may stem from variations in geographical distribution, climate, and plant species maturity levels (Kılıç, 2010). Consistent with prior research, these species offer promising alternative sources of fibrous feed for small ruminants due to their nutritive values. Furthermore, these species can be provided to ruminants as substitute feed during feed scarcity periods, with careful attention paid to the quantity supplied.

Grape leaves exhibited the highest CA content at 9.47%. Similarly, Gürbüz (2007) reported 11-12%, and Kaya (2019) reported 13% CA content in grape leaves. In contrast, Denek et al. (2014) found the CA rate to be 18.14% in grape leaves. In our study, apple tree leaves had a CA content of 5.70%, and Sheikh et al. (2011) reported 7.50% for apple leaves. However, Nahand et al. (2011) reported an 8.60% CA content for apple leaves.

The maximum EE content in fruit tree leaves was found to be 5.03% in apple leaves. Similarly, Belewu and Alokamaro (2007) reported a 3.9% EE content. The NDF content in fruit tree leaves was found to be 47.85% in apple leaves, and Sheikh et al. (2011) reported 49.76%. However, Nahand et al. (2011) found 23%, Kazemi and Mokhtarpour (2021) found 36.52%, and Belewu and Alokamaro (2007) reported that 70.69% of apple tree leaves had NDF content. The lowest NDF content was found in mulberry tree leaves at a rate of 42.93%. Similarly, Kamalak et al. (2004) reported 42.33%, Kaya (2019) reported 41.46%, and Yao et al. (2000) reported 38.8-41.1% NDF content in mulberry leaves. Ayaşan and Baylan (2016) reported a 33-46 range%, and Olfaz et al. (2018) found 47.81% NDF content in mulberry leaves. However, Güven (2012) reported 19-22%, Habib et al. (2016) reported 26.4%, Kandylis et al. (2009) reported 26.8%, and Neto et al. (2018) reported 34% NDF content in mulberry leaves.

The highest ADF content was found in apple leaves at 36.52%. In contrast, Nahand et al. (2011) reported 15.4%, Kazemi and Mokhtarpour (2021) reported 18.65%, and Sheikh et al. (2011) reported 57.87% ADF content in apple tree leaves. In our study, the lowest ADF content was 29.81% in mulberry tree leaves. Similarly, Ayaşan and Baylan (2016) reported 28-35%, Neto et al. (2018) reported 26.06%, and Olfaz et al. (2018) reported 25.9% ADF content in mulberry leaves. Kamalak et al. (2004) found the ADF content to be 25.35% in mulberry leaves. However, Kandylis et al. (2009) reported 14.8%, Habib et al. (2016) reported 17.4%, Güven (2012) reported 17-19%, and Kaya (2019) reported 22.91% ADF content in mulberry leaves.

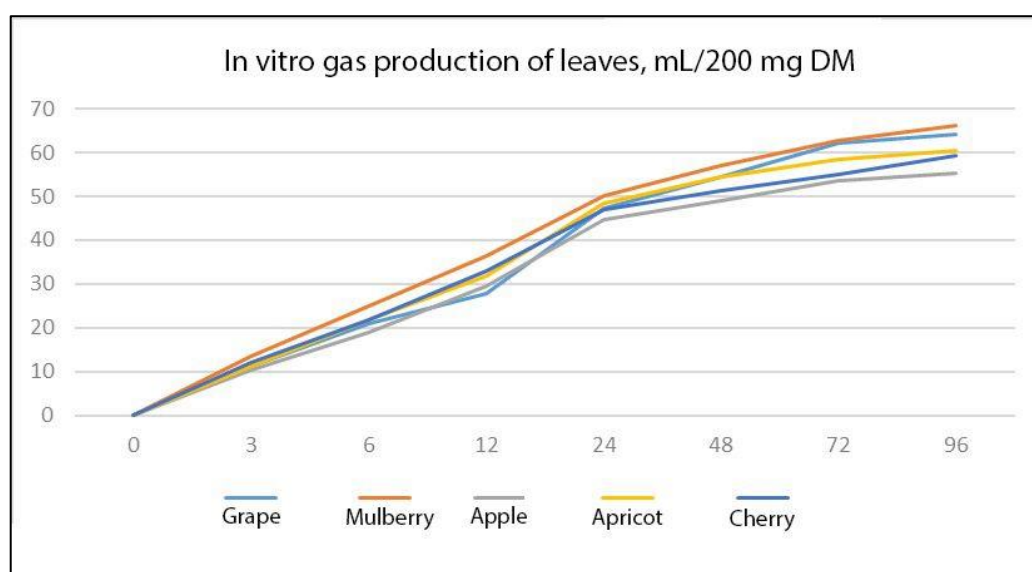
The highest rate of ADL in fruit tree leaves was found in apple leaves at 12.47%. In contrast, Kazemi and Mokhtarpour (2021) reported ADL content (6.75%) in apple leaves. The tannin content in fruit tree leaves was 10.99% in apple leaves. In contrast, Kazemi and Mokhtarpour (2021) reported tannin content as 0.32%. The tannin content for other tree leaves was as follows: cherry (10.11%), grape (9.89%), apricot (8.25%), and mulberry (7.89%). Denek et al. (2014) reported a tannin ratio of 17.40% for grape leaves. In our study, the lowest tannin content was found in mulberry tree leaves (7.89%). On the other hand, Güven (2012) reported 0.74%-0.76%, Olfaz et al. (2018) reported 1.06%, and Kamalak et al. (2004) reported 1.42% tannin content in mulberry leaves.

### 3.2. *In Vitro* Gas Production of Different Fruit Tree Leaves

Figure 1 and Table 2 demonstrate that *in vitro* gas production increases over time. The results indicate that mulberry leaves exhibited the highest *in vitro* gas production at 3, 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours.

The *in vitro* gas production of various fruit tree leaves differed from one another. Mulberry leaves had the highest gas production at 3, 6, 24, 48, 72, and 96 hours, while apple leaves had the lowest. Mulberry leaves also exhibited the highest gas production at the 12th hour, whereas grape leaves had the lowest. These findings align with the positive correlation between gas production and crude protein (CP) reported by Canbolat et al. (2013), confirming our current research.

In our study, the 24-hour gas production value of mulberry leaves was 50.13 mL/200 mg DM. Kaya (2019) reported a value of 67.25 mL, and Ngamsaeng et al. (2006) reported 63.2 mL/g DM. The 24-hour gas production value for apricot leaves was 48.37 mL/200 mg DM, while Kaya (2019) determined it to be 91 mL. Regarding grape leaves, our study found a 24-hour gas production value of 47.20 mL/200 mg DM, while Kaya (2019) reported a value of 77.50 mL. For apple leaves, the gas production values for 12, 24, 48, 72, and 96 hours were 29.50, 44.80, 48.00, 53.67, and 55.33 mL/200 mg DM, respectively. Similarly, Kazemi and Mokhtarpour (2021) reported 33.70, 46.16, 51.93, 56.97 and 57.50 mL values.



**Figure 1.** *In vitro* gas production of leaves, mL/200 mg DM

**Table 2.** *In vitro* gas production of leaves, mL/200 mg DM (Hour)

Different Fruit Tree Leaves	3	6	12	24	48	72	96
<b>Grape</b>	11.10 <sup>bc</sup>	20.83 <sup>b</sup>	27.93 <sup>d</sup>	47.20 <sup>b</sup>	54.37 <sup>b</sup>	62.13 <sup>a</sup>	64.10 <sup>b</sup>
<b>Mulberry</b>	13.50 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	36.33 <sup>a</sup>	50.13 <sup>a</sup>	57.00 <sup>a</sup>	62.83 <sup>a</sup>	66.13 <sup>a</sup>
<b>Apple</b>	10.33 <sup>c</sup>	18.83 <sup>c</sup>	29.50 <sup>c</sup>	44.83 <sup>c</sup>	49.00 <sup>d</sup>	53.67 <sup>c</sup>	55.33 <sup>d</sup>
<b>Apricot</b>	11.27 <sup>bc</sup>	21.67 <sup>b</sup>	31.70 <sup>b</sup>	48.37 <sup>b</sup>	54.50 <sup>b</sup>	58.37 <sup>b</sup>	60.57 <sup>c</sup>
<b>Cherry</b>	11.93 <sup>b</sup>	21.87 <sup>b</sup>	32.83 <sup>b</sup>	47.13 <sup>b</sup>	51.37 <sup>c</sup>	55.00 <sup>c</sup>	59.27 <sup>c</sup>
<b>SEM</b>	0.296	0.476	0.416	0.476	0.426	0.456	0.575
<b>SIG</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant (P<0.05), SE: Standard Error of Mean, Sig: Significance Level

This study's findings of individual leaves supported the idea that non-nutritional factors such as tannins may also contribute to reduced gas production *in vitro*. Kamalak et al. (2004) reported that condensed tannins in tree leaves can be found in bound and soluble form. Karabulut et al. (2007) noted a negative correlation between tannin content and 24-hour gas production and OMD and ME. Accordingly, mulberry, with the highest tannin content, was expected to have the lowest *in vitro* gas production. The fact that the *in vitro* gas production value determined in mulberry, which has the highest tannin content in the leaves up to 24 hours, was lower than the *in vitro* gas

production values determined in apple, apricot, grape, and cherry, was thought to be related to the release of tannin in the rumen environment. The low *in vitro* gas production value of mulberry up to 24 hours of incubation may be due to the high release of tannin-containing mulberry into the rumen during the first 24 hours. This is because the amount of tannin remaining in the mulberry structure decreases after 24 hours of incubation, and the amount of tannin released into the rumen is low, increasing in the *in vitro* gas production value.

Post-incubation pH values indicate whether the buffer solution is sufficient for normal rumen conditions. Therefore, it can be said that the buffer solution was not completely consumed by the microorganisms until the end of the incubation period and the amount of buffer did not affect the results of this study.

### 3.3. Metabolic Energy, Organic Matter Digestion, and Relative Feed Value of Different Fruit Tree Leaves

Table 3 presents various fruit tree leaf metabolic energy, organic matter digestion, and relative feed value properties.

Table 3. Metabolic energy, organic matter digestion, relative feed value characteristics

Different Fruit Tree Leaves	ME (MJ/kg)	OMD (%)	DDM (%)	DMI (%)	RFV (%)
Grape	9.24 <sup>d</sup>	56.49 <sup>c</sup>	63.94 <sup>b</sup>	2.51 <sup>c</sup>	124.33 <sup>c</sup>
Mulberry	10.69 <sup>a</sup>	58.98 <sup>a</sup>	65.68 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	142.36 <sup>a</sup>
Apple	10.07 <sup>c</sup>	54.46 <sup>d</sup>	60.46 <sup>d</sup>	2.51 <sup>c</sup>	117.56 <sup>d</sup>
Apricot	10.24 <sup>b</sup>	57.34 <sup>bc</sup>	62.36 <sup>c</sup>	2.70 <sup>b</sup>	130.47 <sup>b</sup>
Cherry	9.33 <sup>d</sup>	58.31 <sup>ab</sup>	61.26 <sup>cd</sup>	2.54 <sup>c</sup>	120.72 <sup>cd</sup>
SEM	0.050	0.377	0.407	0.025	1.694
SIG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of Mean. SIG: Significance Level, ME: Metabolic energy, OMD: Organic matter digestibility, DDM: Digestible dry matter, DMI: Dry matter intake, RFV: Relative feed values

In our study, mulberry leaves exhibited the highest metabolic energy (ME) value at 10.69 MJ/kg. Similarly, Cheema et al. (2011) reported a value of 10.5 MJ/kg. In contrast, Kaya (2019) reported 7.60 MJ/kg, Ayaşan and Baylan (2016) reported 4.73-9.38 MJ/kg, Hassan et al. (2020) reported 4.73-9.38 MJ/kg, and Güven (2012) reported 9.77 MJ/kg. This pattern followed for apricot, apple, cherry, and grape leaves, with the ME value of grape leaves being 9.24 MJ/kg, while Kaya (2019) reported 8.33 MJ/kg.

The highest organic matter digestibility (OMD) was found in mulberry leaves at 58.98%. Cheema et al. (2011) reported a value of 94%, while Güven (2012) found 66.83-71.28% values for two different mulberry varieties. The OMD values for cherry, apricot, grape, and apple leaves were 58.31%, 57.34%, 56.49%, and 54.46%, respectively.

Regarding digestible dry matter (DDM), mulberry leaves exhibited the highest value at 65.68%. Similarly, Kaya (2019) reported a value of 70.25%. In contrast, Hassan et al. (2020) reported values of 75-85%, Habib et al. (2016) reported 84.6%, and Cheema et al. (2011) reported 90.2%. In our study, grape, apricot, cherry, and apple leaves followed mulberry leaves in terms of DDM. The DDM value for apple leaves was 60.46%. However, Karan and Başbağ (2022) reported a value of 71.24% in their study.

Regarding dry matter intake (DMI), mulberry leaves had the highest value at 2.80%. Apricot, cherry, grape, and apple leaves followed with values of 2.70, 2.54, 2.51, and 2.51%, respectively. In contrast, Karan and Başbağ (2022) reported DMI values of 3.95% for grape leaves, 4.97% for apple leaves, and 6.25% for cherry leaves in their study.

The relative feed value (RFV) was highest for mulberry leaves at 142.36. Apricot, grape, cherry, and apple leaves followed with values of 130.47, 124.33, 120.72, and 117.56, respectively. However, Karan and Başbağ (2022) reported RFV values of 274.29 for apple leaves, 207.91 for grape leaves, and 372.39 for cherry leaves in their study.

The higher nutritional value of mulberry leaves can explain why they exhibit higher values in terms of metabolic energy, organic matter digestion, and relative feed value than other groups.

The use of fruit tree leaves in animal feeding is among the issues that attract attention today. It is estimated that as such feeds become widespread in animal nutrition globally, they can be used as alternative feed raw materials for ruminant animals. In the literature, the nutrient composition, gas production, methane production, degree of digestion, and ME values of different tree leaves vary depending on the plant type and period. It should be considered that enteric methane production from ruminants will also be reduced if tree leaves are given together with low-quality roughage. Factors to be regarded in animal feeding generally include the tree's capacity to renew its leaves, plant type, growing period, nutritional value, and the amount of tannin it contains. Feeds obtained from fruit trees may be recommended in the nutrition of ruminant animals, compared to low-quality grasses and grasses. When feeding tree leaves to animals, they should not be considered a source of roughage alone, and it is recommended to give them together with other roughage and not to exceed a specific rate.

### 3.4. Essential Fatty Acids in Rumen Fluid after *In Vitro* Gas Production of Different Fruit Tree Leaves

Table 4 presents the volatile fatty acid (VFA) concentrations in rumen fluid after *in vitro* gas production of different fruit tree leaves in mmol/L, while Table 5 provides the same information as percentages.

**Table 4. Rumen fluid volatile fatty acids after *in vitro* gas production of leaves (mmol/L)**

Different fruit tree leaves	TVFA	AA	PA	IBTA	BA	IVA	VA	AA/PA
Grape	69.16 <sup>b</sup>	44.90 <sup>c</sup>	13.07 <sup>bc</sup>	0.87 <sup>a</sup>	7.46 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>ab</sup>	1.36 <sup>ab</sup>	3.45 <sup>b</sup>
Mulberry	76.25 <sup>a</sup>	48.52 <sup>a</sup>	14.91 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	9.18 <sup>a</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	1.28 <sup>b</sup>	3.26 <sup>b</sup>
Apple	66.04 <sup>c</sup>	41.93 <sup>d</sup>	13.21 <sup>b</sup>	1.09 <sup>a</sup>	7.70 <sup>ab</sup>	0.96 <sup>b</sup>	1.14 <sup>b</sup>	3.18 <sup>b</sup>
Apricot	68.63 <sup>b</sup>	46.82 <sup>b</sup>	12.18 <sup>cd</sup>	0.42 <sup>b</sup>	6.96 <sup>b</sup>	0.58 <sup>c</sup>	1.66 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>
Cherry	65.24 <sup>c</sup>	43.62 <sup>c</sup>	11.66 <sup>d</sup>	0.98 <sup>a</sup>	7.21 <sup>ab</sup>	0.51 <sup>c</sup>	1.27 <sup>b</sup>	3.74 <sup>a</sup>
SEM	0.454	0.442	0.28	0.125	0.626	0.12	0.101	0.092
SIG	0.000	0.000	0.000	0.031	0.18	0.000	0.044	0.002

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant (P<0.05), SEM: Standard error of mean, SIG: Significance level, TVFA: Total volatile fatty acid, AA: Acetic acid, PA: Propionic acid, IBTA: Isobutyric acid, BA: Butyric acid, VA: Valeric acid, IVA: Isovaleric acid, AA/PA: Acetic acid/propionic acid

The rumen fluid displayed the following ranges of VFA content: total volatile fatty acids (TVFA) between 65.24-76.25, acetic acid (AA) between 41.93-48.52, propionic acid (PA) between 11.66-14.91, isobutyric acid (IBT) between 0.42-1.09, butyric acid (BA) between 6.96-9.18, isovaleric acid (IVA) between 0.51-1.50, and valeric acid (VA) between 1.14-1.66. Analyzing the VFA concentrations in rumen fluid after *in vitro* gas production of the leaves, it was observed that mulberry leaves exhibited the highest levels of TVFA, AA, PA, and BA content.

**Table 5. The ratio of volatile fatty acids in rumen fluid after *in vitro* gas production of leaves (%)**

Different Fruit Tree Leaves	AAR	PAR	IBTAR	BAR	IVAR	VAR
Grape	64.95 <sup>bc</sup>	18.89 <sup>ab</sup>	1.26 <sup>a</sup>	10.773	2.17 <sup>a</sup>	1.96 <sup>b</sup>
Mulberry	63.66 <sup>c</sup>	19.56 <sup>a</sup>	1.22 <sup>a</sup>	12.017	1.87 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>b</sup>
Apple	63.50 <sup>c</sup>	20.01 <sup>a</sup>	1.65 <sup>a</sup>	11.66	1.46 <sup>b</sup>	1.73 <sup>b</sup>
Apricot	68.23 <sup>a</sup>	17.75 <sup>b</sup>	0.61 <sup>b</sup>	10.14	0.84 <sup>c</sup>	2.42 <sup>a</sup>
Cherry	66.85 <sup>ab</sup>	17.87 <sup>b</sup>	1.50 <sup>a</sup>	11.05	0.78 <sup>c</sup>	1.95 <sup>b</sup>
SE	0.855	0.37	0.182	0.79	0.164	0.136
SIG	0.011	0.005	0.021	0.512	0.000	0.022

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant (P<0.05), SEM: Standard error of Mean, SIG: Significance Level, AAR: Acetic acid ratio, PAR: Propionic acid ratio, IBTAR: Isobutyric acid ratio, BAR: Butyric acid ratio, IVAR: Isovaleric acid ratio, VAR: Valeric acid ratio

Regarding the VFA percentages in rumen fluid after *in vitro* gas production of leaves, the following ranges were determined: acetic acid ratio (AAR) between 63.50-68.23%, propionic acid ratio (PAR) between 17.75-20.01%, isobutyric acid ratio (IBTAR) between 0.61-1.50%, butyric acid ratio (BAR) between 10.14% and -

12.02%, isovaleric acid ratio (IVAR) between 0.78-2.17%, and valeric acid ratio (VAR) between 1.67%-2.42%. Apricot and cherry leaves exhibited the highest acetic acid content, while apple, mulberry, and grape leaves showed the highest propionic acid content. Apricot leaves had the lowest isobutyric acid ratio, while apricot leaves had the highest valeric acid ratio, and grape leaves had the highest isovaleric acid ratio. The butyric acid ratio was statistically insignificant across tree leaves.

Volatile fatty acids (VFAs) are formed through microbial fermentation of cellulose in the rumen, providing 70 % of the total metabolic energy in ruminants (Tekce and Gül, 2014). The concentration of VFA in the rumen is influenced by various factors, such as the roughage-to-concentrate ratio, which increases the acetic acid content with higher roughage ratios and the propionic acid content with higher concentrate ratios (Garipoğlu et al., 2015). Other factors affecting VFA concentration in the rumen include ration composition, rumen pH, animal species, measurement time, feed maturity period and harvest time, and applied feed treatments (Özel and Sariçiçek, 2009). Reducing the diet's acetic acid/propionic acid ratio can decrease methane production and associated greenhouse gas emissions. However, a high acetic acid ratio in rumen microflora is often accompanied by a high propionic acid ratio, thus reducing the acetic acid/propionic acid ratio and resulting in decreased methane emissions (Kılıç and Boğa, 2021). The addition of essential oils to rumen fluid significantly reduces total volatile fatty acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid, AA/PA ratio, and ammonia (NH<sub>3</sub>) levels while increasing rumen pH (Canbolat et al., 2013). Suppose the acetic acid/propionic acid ratio in the rumen is 0.5. In that case, no energy from the feed will be released as methane, whereas fermenting all carbohydrates in the feed to acetic acid in the rumen without producing propionic acid is estimated to result in 33% energy loss as methane (Baytok et al., 2015). In our study, the lowest AA/PA ratio was found in apple tree leaves (3.17%), followed by mulberry (3.25%), grape (3.44%), cherry (3.74%), and apricot (3.84%) tree leaves.

**Table 6. Effects of leaves on carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) gas production (mmol/L)**

Different Fruit Tree Leaves	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Grape	36.91 <sup>b</sup>	22.91 <sup>c</sup>
Mulberry	41.76 <sup>a</sup>	25.12 <sup>a</sup>
Apple	35.83 <sup>b</sup>	21.52 <sup>d</sup>
Apricot	36.89 <sup>b</sup>	23.84 <sup>b</sup>
Cherry	35.54 <sup>b</sup>	22.49 <sup>c</sup>
SEM	0.796	0.238
SIG	0.002	0.000

a-d: Differences between averages shown with different letters in the same column are significant (P<0.05), SE: Standard error of Mean, SIG: Significance Level

CO<sub>2</sub> is formed as a result of VFA reacting with the buffer solution due to carbohydrate digestion in the feed. *In vitro* gas production is measured by the release of CO<sub>2</sub> gas (Malgaz and Atalay, 2022). Our study determined that mulberry leaves exhibited the highest CO<sub>2</sub> values among fruit tree leaves, with 41.76 mmol/L, while cherry leaves had the lowest at 35.54 mmol/L (Table 6). Similarly, Canbolat (2012b), in his study on cherry leaves, reported that CO<sub>2</sub> gas production varied between 30.3 and 42.0 mmol/L, and methane gas production varied between 17.1 and 21.1 mmol/L. Kazemi and Mokhtarpour (2021) noted methane gas production from apple leaves at 18.17 mL, while Şimşek and Kamalak (2019) reported methane gas production from tree leaves ranging from 4.03 to 5.59 mL. Başer and Kamalak (2020) stated that methane production from the 24-hour incubation of trees varied between 5.78 and 10.47 mL. In our study, mulberry leaves exhibited the highest methane gas production at 25.12 mmol/L, while apple leaves had the lowest methane gas production at 21.51 mmol/L.

#### 4. Conclusions

Our study determined that mulberry tree leaves have a higher relative feed value than apricot, grape, cherry, and apple leaves in terms of metabolic energy, digestible dry matter, and organic matter digestibility. Additionally, it was observed that the *in vitro* production of carbon dioxide and methane gases from fruit tree leaves was highest in mulberry leaves. The *in vitro* method was employed in the study to determine the nutrient content and digestibility of tree leaves in a shorter time and with more cost-effectiveness. The results suggest that fruit tree

leaves can be used as a source of roughage, although further *in vivo* studies are recommended to support these findings.

### **Acknowledgment**

This study was conducted as part of Filiz Kocadayioğulları's MSc thesis. The authors acknowledge the support provided by the Scientific Research Project of Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey, with project number: TGT 2022/1-LÜTEP.

### **Ethical Statement**

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

### **Conflict of interest**

The authors declare that they have no conflicts of interest.

### **Author contributions**

The idea for the original draft belongs to MB. FK and OE wrote the introduction, material, and methods sections, and MB and FK wrote the research findings and conclusion sections. FK collected data. MB and FK constructed the research area section in the study together. MB and OE reviewed, language editing and edited the manuscript. The authors read and approved the final manuscript.

---

**References**

- Alçiçek, A. (2021). Roughage Production in Türkiye, Its Problems and Solution Suggestions, *III International and XII National Animal Science Conference*, 27-28 November, P.110-125, Bursa, Türkiye.
- Ali, A., Tahir, H. M., Azizullah, Ali, S., Bhatti, M. F., Summer, M. and Gormani, A. H. (2023). Applications of mulberry leaves: An overview. *Punjab University Journal of Zoology*, 38(2): 137-152.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of the AOAC. Vo: 1.Ed: 15,684 pp. Arlington, USA.
- Atalay, A. I., Ozkan, C. O., Kaya, E., Kurt, O. and Kamalak, A. (2017). Effect of maturity on chemical composition and nutritive value of leaves of *Arbutus andrachne* shrub and rumen in vitro methane production. *Livestock Research for Rural Development*, 29(7): 138-142.
- Ayaşan, T. and Baylan, M. (2016). Use of mulberry leaf in animal nutrition. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4: 504-507. (In Turkish).
- Barker, S. B. and Summerson, W. H. (1941). The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry*, 13(8): 535-554.
- Başer, A. and Kamalak, A. (2020). Nutritive values and in vitro fermentation characteristics of some legume tree leaves grown in Mediterranean Region of Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(4): 940-947.
- Baytok, E., Kara, K., Aksu, T. Güçlü, B. K., Denek, N., Özkaya, S., Kaya, D. A., Kamalak, A., Akçay, A. and Önal, E. (2015). Determination of the Effect of Zahter (*Thymbra Spicata* L.) Essential Oil on Performance and Rumen Metabolites in Ruminants Using In Vitro and In Vivo Methods and Ecological Evaluation, *VII. National Animal Nutrition Congress*, 26-27 September, P. 230-240, Ankara, Türkiye.
- Belewu, M. A. and Alokamaro, K. O. O. (2007). Hematological indices of West African Dwarf goat fed leaf meal based diets, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 1(3): 601-606.
- Boğa, M. and Çevik, K. K. (2012). Mixed Feed Preparation Program for Ruminant Animals. *XIV. Academic Informatics Conference*, 1-3 February, P. 297-304, Uşak, Türkiye.
- Boğa, M. (2014). Chemical composition and in vitro gas production kinetics of some tree leaves obtained in the Mediterranean Region of Turkey. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 29(2): 143-146. (In Turkish).
- Boğa, M., Kocadayıoğulları, F. and Erkan, C.M. (2021). Use of tannin in ruminant animal nutrition. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4 (4): 217- 225. (In Turkish).
- Boğa, M., Avcı, B. C., Kılıç, H. N. and Filik, A. G. (2022). Determination of nutrient content and digestibility of some leguminous tree leaves as alternative feed sources. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 25(5): 1191-1197. (In Turkish).
- Canbolat, Ö. (2012a). Determination of potential nutritive value of exotic tree leaves in Turkey, *Kafkas University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine*, 183: 419-423.
- Canbolat, Ö. (2012b). The effect of some essential oils on in vitro digestibility, rumen fermentation characteristics and methane gas production. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 21: 91-98. (In Turkish).
- Canbolat, Ö., Kara, H. and Filya, İ. (2013). Comparison of in vitro gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 27(2) 71-81. (In Turkish)
- Cheema, U.B., Sultan, J. I., Javaid, A., Akhtar, P. and Shahid, M. (2011). Chemical composition, mineral profile and in situ digestion kinetics of fodder leaves of four native trees, *Pakistan Journal of Botany*, 4(3): 397-404.
- Cholewińska, P., Czyż, K., Nowakowski, P. and Wrosteck, A. (2020). The microbiome of the digestive system of ruminants—a review. *Animal Health Research Reviews*, 21(1): 3-14.
- Denek, N., Avcı, M., Can, A., Daş, B., Aydın, S.S. and Savrunlu M. (2014). The effect of different plant leaves on the in vitro methane production of some forages. *Harran University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine*, 3(2): 59-66. (In Turkish).
- Emile, J. C., Barre, P., Bourgoïn, F., Perceau, R., Mahieu, S. and Novak, S. (2018). Effect of season and species on the nutritive value of leaves of high stem trees, *Grassland Science in Europe*, 23: 179-181.
- Garipoğlu, A. V., Tepe, İ. and Uçar, C. (2015). Factors of Affecting Ruminal Volatile Fatty Acid Production, *9th National Animal Science Congress*, 3-5 September, P: 102-108, Konya, Türkiye.
- Gourlie, S. (2016). *Apple leaves and bark as forage items for zoo managed mono gastric herbivores*. (PhD. Thesis). University of Guelph. The Institute of Natural Sciences, Guelph, Ontario, Canada.
- Gürbüz, Y. (2007). Determination of nutritive value of leaves of several *Vitis Vinifera* varieties as a source of alternative feedstuff for sheep using in vitro and in situ measurements. *Small Ruminant Research*, 7(11): 59-66.
- Güven, I. (2012). Effect of species on nutritive value of mulberry leaves. *Kafkas University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine*. 18(5): 865-869.
-



- Güvenateş, B. and Topkaya, Ş. (2023). Molecular determination of the presence of some grapevine viruses and phylogenetic analyses of grapevine Virus A in Tokat province grapevine area. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(3): 574-585.
- Habib, G., Khan, N.A., Sultan, A. and Ali, M. (2016). Nutritive value of common tree leaves for livestock in the semiarid and arid rangelands of Northern Pakistan. *Livestock Science*, 18(4): 64-70.
- Hassan, F. U., Arshad, M. A., Li, M., Rehman, M. Su., Loor, J. J. and Huang, J. (2020). Potential of mulberry leaf biomass and its flavonoids to improve production and health in ruminants: Mechanistic insights and prospects. *Animals*, 10(1): 2076.
- Herva's, G., Pe'rez, V., Gira'ldez, F. J., Manteco'n, A. R., Almar, M. M. and Frutos, P. (2003). Intoxication of sheep with quebracho tannin extract. *Journal of Comparative Pathology*, 1291: 44-54.
- Jan, B., Parveen, R., Zahiruddin, S., Khan, M. U., Mohapatra, S. and Ahmad, S. (2021). Nutritional constituents of mulberry and their potential applications in food and pharmaceuticals: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(7): 3909-3921.
- Johnson, K. A. and Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8): 2483-2492.
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Gürbüz, Y., Özay, O., Özkan, Ç. Ö. and Sakarya, M. (2004). Chemical composition and in vitro gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. *Livestock Research for Rural Development*, 16(6): 60-67.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozay, O. and Ozkose, E. (2005). Chemical composition and its relationship to in vitro gas production of several tannin containing trees and shrub leaves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(2): 203-208.
- Kandyliş, K., Hadjigeorgiou, I. and Harizanis, P. (2009). The nutritive value of mulberry leaves *Morus alba* as a feed supplement for sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 4(1): 17-24.
- Karan, H. and Başbağ, M. (2022). Comparison of feed quality characteristics of different species of tree leaves used as animal feed in Elazığ Province Hal Village. *Firat University Journal of Engineering Science*, 34(2): 923-931. (In Turkish)
- Karabulut, A., Canbolat, O., Ozkan, C. O. and Kamalak, A. (2007). Determination of nutritive value of citrus tree leaves for sheep using in vitro gas production technique. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(4): 529-535.
- Kaya, A. (2019). *Determination of antimetagenic characteristics of sometree leaves fall in autumn by in vitro gas production method*. (MSc. Thesis). Kahramanmaraş Sütçü İmam University, The Institute of Natural Sciences. Kahramanmaraş, Türkiye.
- Kazemi, M. and Bezdi, K. G. (2022). The nutritional value of some fruit tree leaves for finishing lambs. *Animal Biotechnology*, 33(6): 1296-1307.
- Kazemi, M. and Mokhtarpour, A. (2021). In vitro and in vivo evaluation of some tree leaves as forage sources in the diet of Baluchi male lambs. *Small Ruminant Research*, 201: 106366.
- Kılıç, Ü. and Sarıççek, B. Z. (2006). Factors affecting the results of gas production technique. *Journal of Animal Production*, 47(2): 54-61. (In Turkish)
- Kılıç, Ü. (2010). Effects of polyethylen glycol (Peg 6000) supplement on in vitro gas production of canola hybrids and canola meals. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 25(3): 192-196.
- Kılıç, Ü. and Abdiwali M. A. (2016). Determination of in vitro true digestibilities and relative feed values of wine industry grape residues as alternative feed source. *Kafkas University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine*, 22(6): 895-901. (In Turkish)
- Kılıç, H. N. and Boğa, M. (2021). Reducing methane emissions with animal feeding strategies. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(9): 1700-1713.
- Kurt, Ö. (2022). Determination of potential forage value of honey locust (*gleditsia triacanthos*) tree leaves. *Journal of Animal Production*, 25(2): 576-582. (In Turkish)
- Kurt, Ö., Kamalak, A., Atalay, A. İ., Kaya, E. and Kurt, A. N. (2022). Determination of in vitro gas production of some forages and concentrate used in ruminant nutrition. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 9(2): 406-412. (In Turkish)
- Kutlu, H. R. and Serbester, U. (2014). Recent advances in ruminant nutrition. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 2(1): 18-37. (In Turkish)
- Liu, Y., Yao, J., Yu, J. Q., Shi, Z. Q. and Wang, X. Q. (2021). The nutritional value of mulberry leaves and their use as supplement to growing sheep fed ammoniated rice straw. FAO Electronic Conference on Mulberry for Animal Production Morus1-L. <https://citeseerx.ist.psu.edu> (Accessed Date: 20.07.2021)
- Malgaz, M. and Atalay, A.İ. (2022). Chemical composition and methane production capabilities of fallen tree leaves in autumn. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(3): 1871-1883. (In Turkish)
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 9(3): 217-222.
- Menke, H. H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 2(8): 7-55.

- Meral, Y. and Biricik, H. (2013). Feeding Methods Used to Reduce Methane Emission in Ruminants. *VII. National Animal Nutrition Congress*, 26-27 September, P. 310-316, Ankara, Türkiye.
- Nabi, S., Qaisar, K. N., Khan, P. A., Rather, S. A and Nabi, B. (2018). Seasonal nutrient profile of some preferred fodder tree species of Kashmir Valley. *International Journal of Chemical Studies*, 61: 1311-1314.
- Nahand, M. K., Nobar, R. S. D., Sis, N. M., Sar, R. B., Mahmoudi, S. and Aali, A. (2011). Determining the nutritional value of apple tree leaves for ruminants using the nylon bags technique. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 32: 87-90.
- Nahand, M. K., Doust-Nobar, R. S., Maheri-Sis, N. and Mahmoudi, S. (2012). Determination of feed value of cherry, apricot, and almond tree leaves in ruminant using in situ method. *Open Veterinary Journal*, 2(1): 83-87.
- Ngamsaeng, A., Wanapat, M. and Khampa. S. (2006). Evaluation of local tropical plants by in vitro rumen fermentation and their effects on fermentation end-products. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(5): 414-418.
- Neto, A. F. G., Silva, J. D., Nascimento, E. M. D., Laurenço, J. C. S. and Fernandes, S. R. (2018). Nutritional value and physical and chemical characteristics of white mulberry tree using different conservation methods for ruminant feed. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(2): 771.
- Olfaz, M., Kılıç, Ü., Boğa, M. and Abdi, A. M. (2018). Determination of the in vitro gas production and potential feed value of live, mulberry and sour orange tree leaves. *Open Life Sciences*, 1(3): 269-278.
- Öcalan, O. N., Saraçoğlu, O., Yıldız, K., Çezik, F. and Al-Salihi, A. A. M. (2023). Effect of IBA and Caffeic Acid on rooting of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings in different dark conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 270-277. (In Turkish)
- Özdemir, Ö. and Kaya, A. (2020). Determination of feed values of some tree leaves by in vitro gas production technique. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30(3):454-461. (In Turkish)
- Özel, O. T. and Sarçipek, B. Z. (2009). The important and existence of rumen microorganisms in ruminants. *Journal of TUBAV Science*, 2(3): 277-285. (In Turkish)
- Provenza, F. D. (1995). Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 48(1): 2-17.
- Rababah, T., Ereifej, K., Al-Mahasneh, M., Alhamad, M. and Alrababah, M. (2008). The physicochemical composition of acorns for two mediterranean Quercus species. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 131-137.
- Rohweder, D. A., Barnes, R. F. and Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3): 747-759.
- Sheikh, G. G., Ganie, M. and Ganie, A. A. (2011). Nutritional evaluation of some tree leaves, feeds and fodders of Ladakh. *Animal Nutrition Society of India*, 28(4): 427-431.
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. (1967). *Statistical Methods*. Iowa State University Press. USA.
- Şamlı, H. E., Terzioğlu, M., Okur, A. A., Koç, F. and Şenköylü, N. (2014). Effects of sweet apricot kernel meal on performance and intestinal microbiota in broiler chickens. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 11(2): 38-44.
- Şimşek, N. and Kamalak, A. (2019). Determination of anti methanogenic characteristics of some tree leaves using in vitro gas production technique. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2(1): 1-5. (In Turkish)
- Taşova, M. and Dursun, S. K. (2023). Effect of pretreatment on drying properties of Golden delicious L. apple. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 374-386.
- Tekce, E. and Gül, M. (2014). The importance of NDF and ADF in ruminant nutrition. *Atatürk University Journal of Veterinary Sciences*, 9(1): 63-73. (In Turkish)
- Ungerfeld, E. M., Cancino-Padilla, N. and Vera-Aguilera, N. (2023). Fermentation in the rumen. *Microbial Fermentations in Nature and as Designed Processes*, 133-165.
- Ünver, E., Okur, A. A., Tahtabıçen, E., Kara, B. and Şamlı, H. E. (2014). Tannins and their impacts on animal nutrition. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(6): 263-267. (In Turkish)
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597.
- Wiedmeier, R. D., Arambell, M. J. and Walters, J. L. (1987). Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *Journal of Dairy Science*, 70(4): 284-289.
- Yao, J., Yan, B., Wang, X.Q. and Liu, J. X. (2000). Nutritional evaluation of mulberry leaves as feeds for ruminants. *Livestock Research for Rural Development Newsletter*, 1(2): 9-16.
- Yavuz, S. and Öztürk, D. (2023). Investigation of potential nutritive values of some tree leaves and its extracts by using in vitro gas production method. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 26(2): 459-469.