



Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi

Journal of Agricultural Faculty of Ege University (EJAR)



Yıl (Year) : 2023

Cilt (Volume) : 60

Sayı (Number) : 2

EÜ Ziraat Fakültesi Adına Sahibi (Director):

Prof. Dr. Banu YÜCEL

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan

(Dean, Faculty of Agriculture - Ege University)

Sorumlu Müdür (Publishing Manager)

Prof. Dr. Dr. Ö. Hakan BAYRAKTAR

Baş Editör (Editor- in-Chief):

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Yardımcı Editör (Associate Editor)

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Yabancı Dil Editörleri (Foreign Language Editors)

Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Prof. Dr. Eftal DÜZYAMAN

İndeks Editörü (Index Editor)

Doç. Dr. Gülfem ÜNAL

Teknik Editör (Technical Editor)

Araş. Gör. Dr. Çağrı KANDEMİR

ISSN 1018-8851

e-ISSN 2548-1207

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS ve NAL Catalog (AGRICOLA) tarafından taranan hakemli bir dergidir.

The Journal of Ege University Faculty of Agriculture is abstracted and indexed in SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS and NAL Catalog (AGRICOLA).

Dergimize yaptığınız atıflarda **“Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.”** kısaltması kullanılmalıdır.

The title of the journal should be cited as **“Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.”**.

Konu Editörleri (Section Editors)

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Bitki Koruma

(Plant Protection)

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ

Zootekni

(Animal Science)

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Süt Teknolojisi

(Dairy Technology)

Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK

Tarla Bitkileri

(Field Crops)

Doç. Dr. Arzu YAZGI

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği

(Agricultural Machinery & Technologies)

Doç. Dr. Ali Rıza ONGUN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

(Soil Science & Plant Nutrition)

Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN

Peyzaj Mimarlığı

(Landscape Architecture)

Dr. Ece SALALI

Tarım Ekonomisi

(Agricultural Economics)

Dr. Öğr. Üyesi Emrah ZEYBEKOĞLU

Bahçe Bitkileri

(Horticulture)

Dr. İlkay ALKAN

Tarımsal Yapılar ve Sulama

(Agricultural Structures & Irrigation)

Yayın Tarihi: 30.06.2023

Yazışma Adresi

(Correspondence Address)

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı, 35100 Bornova, İzmir, TÜRKİYE

e-mail: ziraatbasinyayin@mail.ege.edu.tr – ziraatbasinyayin@gmail.com

Baskı: Ege Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, Bornova – İZMİR, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679



- Meryem ATİK**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
- George BAURAKIS**, Mediterranean Agronomic Institute of Chania, GREECE
- Kemal BENLİOĞLU**, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, TÜRKİYE
- Süha BERBEROĞLU**, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE
- Boris BILČÍK**, Slovak Academy of Sciences, SLOVAK REPUBLIC
- Vittorio CAPOZZI**, National Research Council of Italy, ITALY
- Vedat CEYHAN**, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, TÜRKİYE
- İlkay DELLAL**, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE
- Vedat DEMİR**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Can ERTEKİN**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
- Hakan GEREN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Salim HIZIROĞLU**, Oklahoma State University, USA
- M. Ali KHALVATI**, Ontario Technology University, CANADA
- Figen KIRKPINAR**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Ahmet KURUNÇ**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
- Monika MARKOVIC**, University of Osijek, CROATIA
- Pedro MARTINEZ-GOMEZ**, Biología Aplicada del Segura, SPAIN
- Hossein NAVID**, University of Tabriz, IRAN
- Barbaros ÖZER**, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE
- Sezen ÖZKAN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Erdoğan ÖZTÜRK**, Atatürk Üniversitesi, TÜRKİYE
- Reza Farshbaf POURABAD**, University of Tabriz, IRAN
- Ian T. RILEY**, The University of Adelaide, AUSTRALIA
- Roman ROLBIECKI**, Bydgoszcz University, POLAND
- Evangelia N. SOSSIDOU**, Veterinary Research Institute, GREECE
- Ali TOPÇU**, Hacettepe Üniversitesi, TÜRKİYE
- Serdar TEZCAN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Yüksel TÜZEL**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
- Attila YAZAR**, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE
- Banu YÜCEL**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)

Composition, frequency and abundance of thrips (Thysanoptera) species on outdoor ornamental plants in Balcalı, Adana (Türkiye) Balcalı, Adana'da dış mekan süs bitkilerinde thrips (Thysanoptera) kompozisyonu, bulunma sıklıkları ve yoğunlukları Ekrem ATAKAN	197
The efficiency of water buffalo farms in semi-intensive feeding system: A case study from Balıkesir, Türkiye Yarı entansif besleme sisteminde manda işletmelerinin etkinliği: Balıkesir, Türkiye'de bir örnek olay Hakan ADANACIOĞLU, Gamze SANER, Sait ENGİNDENİZ, Duran GÜLER, Zekiye ŞENGÜL	205
Assessment of ecosystem services provided by street trees: Burdur (Türkiye) city center Yol ağaçlarının sağladığı ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi: Burdur (Türkiye) kent merkezi Gülşah KAÇMAZ AKKURT, Merve ÖZEREN ALKAN, Hatice ÇOBANKAYA, Defne ŞEN.....	221
Cotton production forecasts of Azerbaijan in the 2023-2027 periods Azerbaycan'ın 2023-2027 dönemi pamuk üretim tahminleri Ahmet Semih UZUNDUMLU, Ayten ZEYNALOVA, Sait ENGİNDENİZ	235
Development of mathematical models to predict the load-carrying capacity of tractor tires on rigid surface Traktör lastiklerinin rijit yüzeydeki taşıma kapasitesinin tahminlenmesi için matematiksel modellerin geliştirilmesi Fırat KÖMEKÇİ, Adnan DEĞİRMENCİOĞLU.....	247
The effect of intraspecies hybridization on seed germination of Pitaya (<i>Hylocereus</i> spp.) Pitayada (<i>Hylocereus</i> spp.) türler arası ve tür içi melezlemenin tohum çimlenmesi üzerine etkisi Hamide GÜBBÜK, Gizem DEMİRKAPLAN.....	257
Türkiye'de besi sığırcılığı yatırımlarında reel opsiyonların değerlendirilmesi Valuation of real options for beef cattle investment in Türkiye Bülent ÇELEBİ, Vedat CEYHAN.....	265

Kimi sebzelerle üretilen set yoğurtların bazı özellikleri üzerine bir araştırma	
An investigation on some properties of set yogurts produced by some vegetables	
Arca TEKYİĞİT, Harun Raşit UYSAL	277
Tüketicilerin satın alma alışkanlıkları: Ankara, Etimesgut örneği	
Consumers' buying habits: The case of Ankara, Etimesgut	
Çile YANGIÇ YÜKSEL, Nural KARAGÖZLÜ	291
İnülin ve <i>Bifidobacterium</i> spp. kullanılarak üretilen sinbiyotik yoğurtların bazı özellikleri	
Some properties of synbiotic yoghurts produced by using Inulin and <i>Bifidobacterium</i> spp.	
Elif Yılmaz PEKÇALIŞKAN, Can İNAL, Oktay YERLİKAYA, Harun KESENKAŞ, Harun Raşit UYSAL.....	303
Toplam karışım rasyonuna bitki ekstraktları katkısının <i>in vitro</i> gaz üretim parametreleri üzerine etkisi	
Effect of plant extracts addition to total mixed ration on <i>in vitro</i> gas production parameters	
Kadir ERTEN, Levend COŞKUNTUNA, Fisun KOÇ.....	317
Sıvı vermikompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı kimyasal ve biyolojik özellikleri ile marul bitkisinin (<i>Lactuca sativa</i> L.) verimi üzerine etkileri	
The effects of biofertilizer and liquid vermicompost on the chemical and biological properties of the soil and the yield of lettuce plant (<i>Lactuca sativa</i> L.)	
Revna ERGÜN UZUNOĞULLARI, Nur OKUR	331
Domat sofralık zeytin çeşidinde farklı hasat yöntemlerinin ve kısa süreli depolamanın meyve kalitesi üzerine etkileri	
Effects of different harvesting methods and short term storage on fruit quality of table olive variety 'Domat'	
Fazilet Nezahat ALAYUNT, Ahmad QABATTY.....	343
Farklı kurutma tekniklerinin kuru Aronya (<i>Aronia melanocarpa</i>) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi	
The effects of different drying methods on the quality of Aronia (<i>Aronia melanocarpa</i>) fruit and its dried powder	
Eylül Elif METİNER, Seda ERSUS	353
DERLEMELER (REVIEWS)	
Yaşam döngüsü analizi: teorik çerçeve ve tarıma uygulanması	
Life cycle assessment: theoretical framework and its application to agriculture	
Mesut Yüce YILDIZ, Ela ATIŞ.....	363



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):197-204
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1243324>

Ekrem ATAKAN ^{1*}

¹ Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 01330, Adana, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

eatakan@mail.cu.edu.tr

Composition, frequency and abundance of thrips (Thysanoptera) species on outdoor ornamental plants in Balcalı, Adana (Türkiye)

Balcalı, Adana’da dış mekan süs bitkilerinde thrips (Thysanoptera) kompozisyonu, bulunma sıklıkları ve yoğunlukları

Received (Alınış): 27.01.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.04.2023

ABSTRACT

Objective: Phytophagous thrips are among the important pests of ornamental plants. Unlike other studies, in this study, thrips species mostly in perennial arboreal and shrub plants were investigated in the Balcalı location of Adana province, Türkiye in 2019-2020.

Materials and Methods: Thrips were collected from ornamental plants by shaking method, and the collected individuals were stored in 60% ethyl alcohol.

Results and Conclusion: Eleven harmful and two beneficial thrips species were determined from 788 adult thrips individuals collected. The most common and abundant in dense numbers, respectively, Hot pepper thrips, *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913), Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) that they are important pests, and Gold-tipped tubular thrips, *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908) were determined and constituted 58.6%, 27.5% and 4.0% of the total individuals, respectively.

Keywords: Outdoor, ornamental plants, *Frankliniella occidentalis*, *Thrips hawaiiensis*

Anahtar sözcükler: Dışmekan, süs bitkileri, *Frankliniella occidentalis*, *Thrips hawaiiensis*

ÖZ

Amaç: Fitofag thripsler süs bitkilerinin de önemli zararlıları arasındadır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, çoğunlukla çok yıllık ağacimsı ve çalimsı bitkilerde thrips türleri 2019-2020 yıllarında Adana İli Balcalı yöresinde araştırılmıştır.

Materyal ve Metot: Thripsler süs bitkilerinden silkme yöntemiyle toplanmış olup, toplanan bireyler %60 etil alkol içerisinde saklanmıştır.

Bulgular ve Sonuç: Toplanan 788 ergin thrips bireyinden, 11 zararlı ve 2 yararlı thrips türü saptanmıştır. En yaygın ve bol sayılarda önemli bitki zararlılarından sırasıyla, Acı biber thrips, *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913), Batı çiçek thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), ve Altın uçlu tübüler thrips, *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908) saptanmış olup, toplam bireylerin sırasıyla, %58.6 ve % 27.5 ve % 4.0’ünü oluşturmuşlardır.

INTRODUCTION

Türkiye's total exports of ornamental plants, including seeds, increased by 60.6% in the last ten years to \$80.6 million in 2019 (Anonymous, 2021). On the other hand, Imports of ornamental plants such as seeds, seedlings increased by 32% to \$48.3 million in the same period. Most of the imports forms large outdoor plants with its production material (seeds, seedlings, saplings, etc.). Ornamental plants sector In Türkiye ranks 20th in world exports. Outdoor ornamental plants (trees, shrubs, ground cover plants and seasonal flowers) are grown in general, in parks, gardens, highway, urban afforestation, recreation and residential settlements. Türkiye is very suitable for the cultivation of ornamental plants in terms of climate and soil characteristics, and it is the gene source of many ornamental plants (Anonymous, 2021).

In addition to sectoral problems in productions of ornamental plants, phytophagous thrips species belonging to the order Thysanoptera, have an important place among the factors that cause damage (Lewis, 1997; Karsavuran & Gücük, 2007). Thrips are small-bodied insects with adult body size varying between 0.5-15 mm and, they have high mobility. Their feeding habits differ, and there are phytophagous (plant-feeding), mycophagus (fungal-feeding) and predatory thrips species. Thrips are small, and they are cylindrical-bodied insects with 3 needles. They have a rasping-sucking mouth structure. Thrips including Terebrantia and Tubulifera divided into two subgroups. Most harmful thrips belongs to the Terebrantia suborder. Some of thrips species are responsible for transportations of the important plant virus diseases (such as tomato spot wilt virus) to some herbaceous ornamentals (Chatzivassiliou et al., 2000; Atakan et al., 2013).

Since the visual effect is at the forefront in ornamental plants, the tolerance to the damage caused by harmful factors is very low. One of the harmful organism groups in ornamental plants is Thysanoptera (thrips) species, and they significantly reduce the commercial value of agricultural products (Lewis, 1997). Insects of this order are small and soft-bodied, mostly feeding on different organs of plants, causing typical nutritional damage (scar tissue and silvering). *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae), known as western flower thrips, is an important vector of two plant virus diseases that cause serious damage to ornamental plants. This thrips species causes economic loss in many agricultural products, especially ornamental plants. Exotic thrips species have started to be recorded in Türkiye due to the gradual increase in international trade, inadequacies in quarantine measures and also global warming. One of these is *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae), known as Chilli thrips or Tea thrips and originating from Asia. This harmful species, which feeds on many plant species, is an important problem especially in lemon orchards (Hazır et al., 2022). Thysanoptera species were investigated in seasonal ornamental plants in Adana province, Türkiye (Atakan, 2011, 2019a, b). However, the composition of thrips in agricultural crops may change with the introduction of new species in crops. It is thought that researching possible alternative host plants of harmful species (ornamental plants) and knowing their reproductive potential in open areas during periods when agricultural activities are relatively low (autumn-early spring) can guide efforts to control thrips in agricultural products in the protected areas. For this purpose, this study was carried out on perennial woody and shrubby plants in Çukurova University Balcalı Campus, which is defined as a natural ecosystem, where no pesticide is applied.

MATERIALS and METHODS

Description of sampling area

Çukurova University Campus was established on an area of 1500 decares. Çukurova University Campus, which is the subject of the research, is very rich in terms of biological diversity due to its location on the shore of Seyhan Dam Lake in the north of Adana city, having variable topographic characteristics within the borders of the Wildlife Development Area, and most importantly being protected from the pressure of urbanization (Yücel, 2005; Yücel et al., 2019). In order to interpret the results, the thrips samplings were performed in an area of approximately 0.5 ha, where different plant species were found together.

Collection of thrips

Collection of thrips species inhabiting outdoor ornamentals at the Çukurova University Campus located at Adana Province, Türkiye. In this area, mostly perennial tree-like and shrub ornamental plants were sampled. Surveys were carried out in fall (October and November) winter (December, January and February) and early spring (March and April) periods to determine which thrips species are active, and whether they have reproductive abilities in this period. From October 2019 until April 2020, sampling was carried out every 15 days in winter months and weekly in March and April. Thrips individuals collected from all five plants of each plant species were taken into a tube. Each tube represented one sample. Thus, a total of 90 samples were taken during the study period.

Thrips were collected from perennial plants by tapping method from 4 different directions of plants, and from herbaceous plants by shaking the upper part of a plant into a white container (37 × 28 × 7 cm) for 10 seconds. Thrips individuals that fell into the container were collected with the help of a fine-tipped sable brush or suction tube and taken into plastic tubes (1.8 cc) containing 60% ethyl alcohol.

Plants and thrips identifications

Identification of the sampled plant species was made using the key identifications of Türkmen (1987) and Göçük (1996).

The thrips samples brought to the laboratory were first kept in AGA liquid (9 parts of 60% ethyl alcohol, one part of glacial acetic acid and one part of glycerine) for 2 days, allowing the bodies of thrips individuals to soften and partly to evacuate the body contents. Thrips samples washed in alcohol (60%) were left on the hot plate for at least 45 minutes in glass cells containing 10% sodium hydroxide. A slight color change and opening of the wings were achieved in adult individuals. Samples were washed in 96% alcohol and prepared in hoyer medium. Thrips preparations were kept at 45°C for about 7 days. The samples were identified under a light microscope. Identification keys published by Nakahara (1994), zur Strassen (2003), and Minaei & Mound (2008) were used.

Evaluation of data

The frequency and total number of the identified species in the samples, as well as their ratio in the total adult individuals are given in a table by using Karman (1971). The overall frequency was found by dividing the number of samples containing a thrips species by the total number of samples. The number of individuals at plant species and family levels, as well as index values of common species are shown in the relevant tables. Since the individual numbers of thrips species such as *Microcephalothrips abdominalis*, *Thrips angusticeps*, *Thrips meridionalis* and *Thrips pillichii* were very low, they were not shown in the table representing the host list. The general index value was given at the family level and was calculated by dividing the total number of individuals by the total number of samples (Tekşam & Tunç, 2009). Family level index values of two very common important thrips species were calculated. The index value was found by dividing the total number of individuals in a plant family by the total number of samples for each species.

RESULTS and DISCUSSION

Thrips composition, frequency of occurrence, number of individuals and rates of occurrence

Thrips species, frequency of occurrence and relative abundance in the sampled ornamental plants are shown in Table 1. A total of 13 Thysanoptera species were identified, 2 from the Aeolothripidae family, 8 from the Thripidae family, and 3 from the Phlaeothripidae family. Twenty-three species were recorded in seasonal ornamental plants grown in parks and gardens in Adana (Atakan, 2019 a, b). The difference in the number of species may be related to the width of the sampling area, the large number of plants sampled, and the seasonal ornamental plants rich in flowers, nectars and pollens. Species from the family Aeolothripidae feed on different preys, including thrips. *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913),

Frankliniella occidentalis (Pergande, 1895) and *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908) were more common and abundant species in terms of frequency and number of individuals in the samples, respectively. This study revealed that *T. hawaiiensis*, which introduced to Türkiye in 2015 and caused significant damage especially to lemon fruits in the herbaceous group, was the main thrips species of the ornamental plants sampled. In previous studies, *F. occidentalis*, the main thrips species in ornamental plants, was replaced by *T. hawaiiensis*. *Thrips hawaiiensis* is a species of Asian origin, it feeds on many plant species, and its reproductive capacity is higher than *F. occidentalis* (Murai, 2001; Cao et al., 2018). It has also been reported to be high in adaptation to different ecological conditions in those previous works. In this study, a few larvae of common thrips species were detected, mostly adult females were recorded. This issue shows that common and abundant species cannot reproduce in the fall-early spring period, at least in ornamental plants. Orientation of thrips to plants may be related to flower densities, richness in nectars and pollen, as well as the chemical contents of the plants (Yudin et al., 1986; Lewis, 1997).

Table 1. List of identified thrips species with their overall frequency and overall abundance on ornamental plants in Balcalı during 2019-2020 (*: Predatory thrips species)

Çizelge 1. Balcalı'da 2019-2020 yıllarında dış mekan süs bitkilerinde thrips türleri, bulunma sıklıkları ve yoğunlukları (* Avcı thrips türleri)

Thysanoptera Family/species	Overall frequency		Overall abundance	
	Number of samples found	%	Total no found in individuals	%
Aeolothripidae				
<i>Aeolothrips collaris</i> Priesner, 1919	13	13	23	2.9
<i>Aeolothrips gloriosus</i> Bagnall, 1914	4	4	7	0.9
Thripidae				
<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande, 1895)	67	64	216	27.5
<i>Microcephalothrips abdominalis</i> (Crawford, 1910)	2	2	2	0.2
<i>Thrips angusticeps</i> Uzel, 1895	1	1	1	0.1
<i>Thrips hawaiiensis</i> (Morgan, 1913)	68	65	461	58.6
<i>Thrips major</i> Uzel, 1895	3	3	20	2.6
<i>Thrips meridionalis</i> (Priesner, 1926)	1	1	1	0.1
<i>Thrips tabaci</i> Lindeman, 1889	2	2	2	0.2
<i>Thrips pillichii</i> Priesner, 1924	1	1	1	0.1
Phlaeothripidae				
<i>Haplothrips aculeatus</i> (Fabricius, 1803)	7	7	19	2.4
<i>Haplothrips gowdeyi</i> (Franklin, 1908)	7	7	32	4.0
<i>Haplothrips reuteri</i> (Karny, 1907)	3	3	3	0.4

Plant species in which thrips species were detected

The distribution of thrips in the sampled ornamental plant species and the total number of individuals are shown in Tables 2 and 3. Relatively high densities of *T. hawaiiensis* were detected on *Europs pectinatus* and *Lantana camara*, while *F. occidentalis* individuals were mostly caught on *L. camara*. *Haplothrips gowdeyi* was also found mostly on *Plumbago capensis*. *Haplothrips gowdeyi* reproduces by feeding on the flowers of plants from the Asteraceae and Poaceae families, and it is not known exactly whether this species is always a phytophagous or sometimes being a predator (Mound & Wells, 2015; Tunç & Hastenpflug-Vesmanis, 2016). The common features of the plants, in which thrips were collected in relatively higher numbers, are that they remain flowering during the sampling and their flowers are yellow. Yudin et al. (1986) reported that yellow flowers are much more attractive especially for thrips, and nectar and pollen in flowers play an important role in the reproduction of adult females. Although some ornamental plants having yellow-colored and plenty flowers were more attracted to adults of two common species, these plants had no effect on reproduction of the thrips during the sampling period. The first adults of predatory thrips species were caught in March. Therefore, this issue may indicate that the species of the genus *Aeolothrips* are not active in vegetation and thus, they are overwintering. In the previous study conducted in the same sampling area (Atakan & Uygur, 2004), individuals of *Aeolothrips* were recorded on the weeds in the early spring time (March). *Aeolothrips collaris* was collected from the *Medicago minima*, a

relatively large number (10 specimens) of herbaceous plant species. In some plant species (especially shrubs and arboreal plants) where the numbers of thrips were relatively abundant, they were often not found or recorded in very low numbers. This may be due to the habitat preferences of predatory aeolothripids and the richness of pollens in the plants sampled. Typical thrips damage (silvering or scar tissue formation) was not observed in any of the plant species sampled during the sampling period.

Table 2. Host plant list and total numbers of the identified thrips species in Balcalı during 2019-2020

Çizelge 2. Balcalı'da 2019-2020 yıllarında teşhis edilen thrips türlerinin konukçu bitki listesi

Host plant family	Scientific name	A.co	A.gl	F.o	T.ha	T.ta	T.ma	H.ac	H.go
Asteraceae	<i>Euryops pectinotus</i>	0	0	43	73	0	0	2	0
Caprifoliaceae	<i>Viburnum tinus</i>	2	0	23	13	0	0	0	0
	<i>Viburnum opulus</i>	0	0	7	7	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Medicago minima</i>	10	0	6	4	0	0	0	0
Leguminosae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	0	0	4	41	0	0	0	3
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i>	0	0	23	0	0	0	0	0
Oleaceae	<i>Jasminum fruticans</i>	1	0	7	5	0	0	0	2
Plumbaginaceae	<i>Plumbago capensis</i>	0	0	7	6	0	0	0	24
Polygalaceae	<i>Polygala myrtifolia</i>	0	7	11	5	0	2	0	0
Rosaceae	<i>Rosa</i> spp.	3	0	35	200	0	18	4	0
Scrophulariaceae	<i>Phygellus aequalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Russelia equistiformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	3
Verbanaceae	<i>Lantana camara</i>	6	0	57	100	1	0	12	0
	<i>Lantana montevidensis</i>	0	0	4	6	0	0	0	0

A.co: *Aeolothrips collaris*, A.gl: *Aeolothrips gloriosus*, F.o: *Frankliniella occidentalis*, T.ha: *Thrips hawaiiensis*, T.ta: *Thrips tabaci*, T.ma: *Thrips major*, H.ac: *Haplothrips aculeatus*, H.go: *Haplothrips gowdeyi*

Table 3. Total numbers of the *Frankliniella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* according to ornamental plant families in Balcalı during 2019-2020

Çizelge 3. Balcalı'da 2019-2020 yıllarında süs bitkileri familyalarına göre *Frankliniella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis*'in toplam sayıları

Host plant family	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Thrips hawaiiensis</i>	Total
Asteraceae	43	73	116
Caprifoliaceae	30	20	50
Fabaceae	6	4	10
Leguminosae	4	41	45
Lythraceae	23	0	23
Oleaceae	7	5	12
Plumbaginaceae	7	6	13
Polygalaceae	11	5	16
Rosaceae	35	200	235
Scrophulariaceae	0	1	1
Verbanaceae	61	106	167
Total	227	461	688

Seasonal distributions of two thrips species

Total numbers of both *T. hawaiiensis* and *F. occidentalis*, which were more common and abundant, according to ornamental plant families two sampling periods i.e. autumn-winter and early spring periods are given in Table 4. *Thrips hawaiiensis* was mostly collected in the autumn-winter period. During this period, 157 individuals of this thrips species were collected from the Rosaceae family. On the contrary, *F.*

occidentalis was sampled relatively more in spring (March and April). The greater abundance of *T. hawaiiensis* during the winter months may be related to its higher adaptation to cold conditions (Murai, 2001; Zhang et al. 2014). The lower population densities of this species in the spring may be related to its migration to more suitable host plants for reproduction. This species is especially damaging lemons in lemon varieties that bloom and produce fruits throughout the year, causes serious damage (Atakan et al., 2021; Hazır et al., 2022). The lower numbers of *F. occidentalis* in the fall-winter period, including the plant families, in which *T. hawaiiensis* were common, may be related to plant preference, low tolerance to cold weather conditions, or lower competitiveness than the previous thrips species. However, studies are needed on this subject in order to make sound comments.

Table 4. Total numbers of *Franklinella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* according to host plant and season-in Balcalı during 2019-2020

Çizelge 4. Balcalı'da 2019-2020 yıllarında süs bitkileri familyalarına ve farklı mevsimlere göre *Franklinella occidentalis* ve *Thrips hawaiiensis*'in toplam sayıları

Host plant family	Thrips species					
	<i>Thrips hawaiiensis</i>			<i>Frankliniella occidentalis</i>		
	Autumn-winter (October- February)	Spring (March and April)	Total	Autumn-winter (October- February)	Spring (March and April)	Total
Asteraceae	58	15	73	15	28	43
Caprifoliaceae	7	23	30	0	23	23
Fabaceae	0	4	4	0	6	6
Leguminosae	41	0	41	0	4	4
Lythraceae	0	0	0	0	23	23
Oleaceae	2	3	5	1	6	7
Plumbaginaceae	5	1	6	0	7	7
Polygalaceae	0	5	5	0	11	11
Rosaceae	157	43	200	11	24	35
Scrophulariaceae	0	1	1	0	0	0
Verbanaceae	61	45	106	29	28	61
Total	331	140	471	56	162	220

Distribution indices

The general distribution index was high in Rosaceae (*Rosa* spp.) and Verbanaceae families, with values of 19.6 and 12.5, respectively. In other words, thrips were collected in plants from these two plant families. As a matter of fact, it is seen that the distribution index of *T. hawaiiensis* were high on plants from these two families (16.1, 8.79, respectively). It is seen that the distribution index value of *F. occidentalis* in Verbanaceae plants was higher (4.8) than the indexes found in other plant families.

Table 5. General and specific distribution indexes for *Franklinella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* according to ornamental plant families in Balcalı during 2019-2020

Çizelge 5. Balcalı'da 2019-2020 yıllarında süs bitkileri familyalarında *Franklinella occidentalis* ve *Thrips hawaiiensis*'in genel ve özel dağılım indeksleri

Host plant family	Total no of samples	Total no of thrips	General Index	<i>Frankliniella occidentalis</i>		<i>Thrips hawaiiensis</i>	
				Total no of individual	Index	Total no of individual	Index
Asteraceae	13	116	8.9	43	3.3	73	5.6
Caprifoliaceae	6	43	7.1	23	3.8	20	3.3
Fabaceae	6	10	0.1	6	1.0	4	-
Leguminosae	7	45	6.4	4	-	41	5.8
Lythraceae	6	23	3.8	23	3.8	0	-
Oleaceae	8	12	1.5	7	-	5	-
Plumbaginaceae	6	13	2.1	7	1.7	6	1.0
Polygalaceae	7	16	2.2	11	1.8	5	-
Rosaceae	12	235	19.6	35	2.9	200	16.7
Scrophulariaceae	6	1	-	0	-	1	-
Verbanaceae	13	163	12.5	57	4.8	106	8.1

CONCLUSIONS

In this study, it was found that *T. hawaiiensis* and *F. occidentalis*, which are harmful in agriculture, were common in some ornamental plants in the fall-early spring period, but they could not reproduce in this period. These two thrips species were frequently collected from shrubby perennial ornamental plants such as, *E. pectinatus*, *Rosa* spp and *L. camara*. In general, chemical control of pest thrips is difficult, and usage of pesticides has well-known various negative effects to human, animals, wild life as well as environment. *Thrips hawaiiensis*, which was introduced to Türkiye in 2015, was a main thrips species at least in certain plant species sampled in the current study. With proper habitat management (Dent, 1991; Gurr & Wratten, 1999), cultivation of *E. pectinatus* and *L. camara* plants in agroecosystems may have a contribution to pest management of thrips by way of being trap plants for harmful thrips and banker plants for predatory insects such as pirate bugs, (Hemiptera: Anthocoridae) which are primary natural enemies of the thrips (Atakan, 2019b).

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank the anonymous reviewers for their valuable comments on the draft of the manuscript.

REFERENCES

- Anonymous, 2021. Süs Bitkileri Sektör Politika Belgesi. TAGEM, Arge ve İnovasyon, Ankara 88 s.
- Atakan, E. & S. Uygur, 2004. Seasonal abundance of the some thrips species and their predators on weeds. Türkiye Entomoloji Dergisi, 28 (2): 123-132.
- Atakan, E., 2011. Adana kentinde parklardaki bazı süs bitkilerinde bulunan Thysanoptera (Thrips) türleri. Alatarım, 10 (2): 79-84.
- Atakan, E., 2019a. Thrips (Thysanoptera) species associated with ornamental plants in the Çukurova region of Türkiye. Derim, 36 (2): 146-153. DOI: <https://doi.org/10.16882/derim.2019.518502>
- Atakan, E., 2019b. Predatory hemipteran bugs detected with thrips on ornamental plants in the Çukurova region of Türkiye. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 10 (1): 29-39. DOI: <https://doi.org/10.31019/tbmd.523000>.
- Atakan, E., M. A. Kameroğlu & S. Uygur, 2013. Role of weed hosts and the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, in epidemiology of Tomato spotted wilt virus in the Çukurova region of Türkiye. Phytoparasitica, 41: 577-590. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-013-0318-9>
- Atakan, E., S. Pehlivan & T. D. Achiri, 2021. Pest status of the Hawaiian flower thrips, *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) in lemons in the Mediterranean region of Türkiye. Phytoparasitica 49: 513-525. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00918-8>
- Cao, Y., J. R. Zhi, R. Z. Zhang, C. Li, Y. Liu, Z. Y. Lv & Y. L. Gao, 2018. Different population performances of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* on flowers of two horticultural plants. Journal of Pest Science, 3: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0887-3>.
- Chatzivassiliou, E., I. Livieratos, G. Jenser & N. I. Katis, 2000. Ornamental plants and thrips populations associated with tomato spotted wilt virus in Greece. Phytoparasitica, 28 (3): 257-264. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02981804>.
- Dent, D., 1991. Insect pest management. CAB International, Wallingford, UK, 604 pp.
- Göçük, S., 1996. Çukurova Üniversitesi Kampüs Alanındaki Bazı Soğanlı, Yumrulu ve Rizumlu Bitkilerin Fenolojik Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 75 s.
- Gurr, G. M. & S. D. Wratten, 1999, Integrated biological control: a proposal for enhancing success in biological control. International Journal of Pest Management, 45: 81-84.
- Hazır, A., M. Yayla, D. Kahya & E. Atakan, 2022. Effectiveness of various insecticides and predatory bug, *Orius laevigatus* (Fieber, 1860) (Hemiptera: Anthocoridae) releases on *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae) in lemon, Citrus limon (L.) (Rutales: Rutaceae), orchard in Mersin (Türkiye). Türkiye Entomoloji Dergisi, 6 (4): 373-383. DOI: <http://dx.doi.org/10.16970/entoted.1102841>.

- Karman, M., 1971. Bitki koruma alanında genel bilgiler, denemelerin kuruluşu ve değerlendirme esasları. Bölge Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir, 276 s.
- Karsavuran, Y. & M. Güçük, 2007. *Thrips tabaci* Lindeman ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'in Manisa ilinde sanayi domatesi alanlarında populasyon değişimlerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (2): 33-48.
- Lewis, T., 1997. Thrips Their Biology, Ecology and Economic Importance. Academic Press, London and NewYork, 740 pp.
- Minaei, K. & L. A. Mound, 2008. The Thysanoptera Haplothripini (Insecta: Phlaeothripidae) of Iran. Journal of Natural History, 42 (41-42): 2617-2658.
- Mound, L. A. & A Wells, 2015. Endemics and adventives: Thysanoptera (Insecta) Biodiversity of Norfolk, a tiny Pacific Island. Zootaxa 1020:183-210.
- Murai, T., 2001. Development and reproductive capacity of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and its potential as a major pest. Bulletin of Entomological Research, 91 (3): 193-198.
- Nakahara, S., 1994. The genus Thrips Linnaeus (Thysanoptera: Thripidae) of the new world. United States Department of Agriculture Technical Bulletin, 1822: 1-183.
- Tekşam, I. & I. Tunç, 2009. An analysis of Thysanoptera associated with citrus flowers in Antalya, Türkiye: Composition, distribution, abundance and pest status of species. Applied Entomology and Zoology, 44 (3): 455-464. DOI: <http://dx.doi.org/10.1303/aez.2009.455>.
- Tunç, I. & A. Hastenpflug-Vesmanis, 2016. Records and checklist of Thysanoptera in Türkiye. Turkish Journal of Zoology, 40: 769-778.
- Türkmen, N., 1987. Çukurova Üniversitesi Kampüs Alanının Doğal Bitkileri, Hayat Formları ve Habitatları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 201 s.
- Yudin, L. S., B. E. Tabashnik, J. J. Cho & W. C. Mitchell, 1986: Host range of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca*. Environmental Entomology, 15: 1292-1295.
- Yücel, M., 2005. Doğa Koruma. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 265, Ders Kitapları Yayın No: A-85, Adana, 430 s.
- Yücel, M., Z. Söğüt, N. Türkmen, D. Çolakkadioğlu, B. Kahveci & V. Çeliksaş, 2019. Çukurova Üniversitesi yerleşkesinde artan yapılaşmanın floraya etkisinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22 (Ek Sayı 2): 310-322. DOI: <http://dx.doi.org/10.18016/ksutarimdogava.vi.541325>.
- Zhang, F., B. L. Fu, K. Liu, H. Y. Qiu & Y. Wu, 2014. The effect of temperature on the development and survival of *Thrips hawaiiensis* (Morgan). Acta Ecologica Sinica, 34 (14): 3895-3899.
- zur Strassen, R., 2003. Die Terebranten Thysanopteren Europas und des Mittel Gebietes. Die tierwelt Deutschlands, Begründet 1925 von Friedrich Dahl, 74. Teil. Goecke und Evers, Keltern, Deutschland, 277 pp (in German).



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):205-219

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1247238>

Hakan ADANACIOĞLU^{1*}

Gamze SANER¹

Sait ENGİNDENİZ¹

Duran GÜLER¹

Zekiye ŞENGÜL²

¹Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

²Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics,, 56100, Siirt, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

hakan.adanacioglu@ege.edu.tr

Keywords: Anatolian buffalo, semi-intensive system, technical efficiency, Türkiye, Water buffalo farms

Anahtar sözcükler: Anadolu mandası, yarı entansif sistem, teknik etkinlik, Türkiye, manda çiftlikleri

The efficiency of water buffalo farms in semi-intensive feeding system: A case study from Balıkesir, Türkiye*

Yarı entansif besleme sisteminde manda işletmelerinin etkinliği: Balıkesir, Türkiye’de bir örnek olay

* This article was supported by the Ege University Scientific Research Projects Coordination Unit as project number 2015-ZRF-048.

Received (Alınış): 04.02.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 09.05.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to determine whether or not the buffalo farms in the semi-intensive system are operating at an effective level.

Material and Methods: The data were obtained from face-to-face interviews with 102 buffalo breeders in Balıkesir province. Data Envelopment Analysis was used to determine the technical efficiency of the buffalo farms, and Tobit regression model was used to determine the factors affecting the technical efficiency.

Results: The results reveal that the buffalo farms don't work effectively in terms of both pure technical efficiency (VRSTE: 0.668) and scale efficiency (SE: 0.687). According to pure technical efficiency scores, 23.53% of buffalo farms operate at full efficiency level. 90% of the buffalo farms that implement the semi-intensive system operate at a decreasing return to scale. This condition shows that the farms exceed the optimal size limits.

Conclusion: The technical efficiency of buffalo farms may vary depending on various factors in the countries that apply semi-intensive feeding systems in buffalo farms.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın temel amacı yarı entansif sistemde faaliyet gösteren manda işletmelerinin etkin düzeyde çalışıp çalışmadığını belirlemektir.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışmanın verileri Balıkesir ilindeki 102 manda yetiştiricisi ile yüz yüze gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilmiştir. İncelenen manda işletmelerinin teknik etkinliğini belirlemek amacıyla Veri Zarflama Analizi (VZA), manda işletmelerinin teknik etkinliğini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla da Tobit regresyon modeli kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Elde edilen bulgular hem saf teknik etkinlik (VRSTE: 0.668) hem de ölçek etkinliği (SE: 0.687) açısından manda işletmelerinin etkin düzeyde çalışmadığını ortaya koymaktadır. Saf teknik etkinlik skorlarına göre, manda işletmelerinin %23.53'ü tam etkinlik düzeyinde çalışmaktadır. Yarı entansif sistemi uygulayan manda işletmelerinin yaklaşık %90'ının ölçeğe göre azalan getiride çalışıyor olması bu işletmelerin optimal büyüklük sınırlarını aştığını göstermektedir.

Sonuç: Bu çalışmadaki bulgular, manda yetiştiriciliğinde yarı entansif besleme sistemi uygulayan ülkelerde manda işletmelerinin teknik etkinliğinin çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

INTRODUCTION

Water buffalo milk and water buffalo meat are considered important food source for the ever-increasing world population (El Debaky et al., 2019). It is possible to obtain high-quality milk and meat from water buffalo with poor-quality forages (Deb et al., 2016; Akdan et al., 2020). Buffalo farms are increasing both in Europe and other developing countries. This situation can be associated with the progressive saturation of the dairy market (Sabia et al., 2015).

According to the FAO data, there are approximately 204 million buffaloes in the world. These are in Asia (98%), Africa (0.8%), South America (0.9%), and Europe (0.2%). The world's leading countries in terms of the number of buffaloes are India, Pakistan, China, Nepal, and Egypt. There are more buffaloes than dairy cows in Pakistan and Nepal. Water buffaloes in South Asia are the main source of milk. The world's leading countries in terms of buffalo milk production are India and Pakistan. Water buffalo farming is mostly carried out by mixed feeding systems in small-scale farms in developing countries. There are two subspecies of buffalo and these are river buffalo and swamp buffalo. Approximately 70% of world's buffalo population are river buffaloes (FAO, 2022).

There are differences between countries in terms of the buffalo feeding system. For example, the feeding system in Italy has changed from extensive to intensive farming (Sabia et al., 2015). Bangladesh's buffalo feeding system is both extensive and semi-intensive. The extensive feeding system is applied especially in coastal and hilly areas where there is large pasture land. In addition, the semi-intensive feeding system is applied on plain land and marshy land (Momin et al., 2016). The buffalo feeding systems in Sri Lanka, Iran, and Egypt are both extensive and semi-intensive (Borghese, 2010; Borghese, 2011; Vithanage et al., 2013; Mokhber et al., 2018; Abdel-Salam, 2019). Furthermore, buffaloes are raised under a semi-intensive system in Greece and Türkiye (Tsiobani et al., 2013; Degirmencioglu et al., 2015). It is stated that the buffalo feeding system differs from breed to breed. For example, the three main buffalo breeds in Iran are Azeri, Khuzestani and Mezandrani (Mokhber et al., 2018). Khuzestani breed can be raised outdoors throughout the year. Azeri and Mezandrani breeds are in buffalo sheds, especially in the autumn and winter seasons (Borghese, 2005; Mokhber et al., 2018).

Buffalo farming is generally under a semi-intensive system. There are studies that compare semi-intensive buffalo farming and other production systems. Momin et al. (2016) have investigated the performance characteristics of extensive and semi-intensive systems in Bangladesh. According to the findings, the system with the highest live weight and daily milk yield of buffaloes is a semi-intensive system. On the other hand, lactation length and lactation production are the highest under the extensive system. In addition, the profitability of an extensive system is higher than the semi-intensive system. Degirmencioglu et al. (2015) investigated the relationship between the feeding system and milk production in Anatolian water buffalo. The authors' findings revealed that semi-extensive feeding increased milk yield. This result is similar to the study conducted by Momin et al. (2016). Moreover, Degirmencioglu et al. (2015) explored that semi-intensive feeding reduced the fat ratio in milk. Liotta et al. (2015) investigated the effects of intensive and semi-intensive feeding systems on the quality and coagulation properties of buffalo milk in Sicily, Italy. According to the authors' findings, the average yield of milk and cheese and contents of protein and lactose were very similar between the feeding systems. The authors indicated that buffalo milk produced in intensive feeding showed good chemical composition and coagulation ability.

In the previous studies mentioned, some technical and economic results comparing the semi-intensive feeding system with other feeding systems are summarized. According to these results, there are advantages and disadvantages of semi-intensive system in buffalo farming compared to other feeding systems. It is possible to find more results comparing the technical aspects of buffalo feeding system in the previous studies. However, there are limited number of studies that examined the economic aspects of buffalo feeding system. No distinction was made between feeding systems in the previous studies

examining the economic aspect of buffalo farming (Lambertz et al., 2012; Sweers et al., 2014; Singh et al., 2015; Vijayudu, 2015; Hasan et al., 2016; Işık & Gül, 2016; Popa et al., 2016; Roustemis et al., 2016; Islam et al., 2017; Gül et al., 2018; Gadhvi et al., 2021; Saner et al., 2022).

In order to evaluate the economic performance of buffalo farms according to their feeding systems, it is important to determine the efficiency as well as the profitability of the buffalo farms. Indeed, it can be said that there are a limited number of studies examining the efficiency of buffalo farms. These studies were conducted in Türkiye (Kaygısız et al., 2018), Sri Lanka (Malcolm et al., 2019), Philippines (Cuevas & Mina, 2022), and Nepal (Dhakal, 2022). Nevertheless, no distinction was made between feeding systems in these studies. The aim of this study is to reveal the efficiency of buffalo farms according to feeding systems. In this context, the results of a field study from Türkiye, which is one of the main buffalo milk producing countries in the world, were shared. According to the data of 2021, obtained from the TURKSTAT, there are 185574 buffaloes in Türkiye. The number of buffaloes in Türkiye has increased by 90% (97632 buffaloes) from 2011 to 2021 (TURKSTAT, 2022). After Italy, Türkiye is the second country in terms of buffalo milk production in the continent of Europe (Pantoja et al., 2022). According to the data of 2020, obtained from the FAO, the buffalo milk production in Italy and Türkiye are 253830 tonnes and 77781 tonnes, respectively (FAOSTAT, 2022). The buffaloes in Turkey are in the European buffalo group, which is called the Mediterranean Buffalo, and all of these are river buffaloes (Soysal et al., 2007; Sabia et al., 2015; Hamid et al., 2016; Yılmaz & Kara, 2019). The buffalo breed of Turkey is called the Anatolian Buffalo. The main regions where the Anatolian water buffalo are raised in Turkey are Black Sea, Marmara, Eastern Anatolia, and Central Anatolia, respectively (Ermetin, 2017).

The strategic question in this study is determined as “Are semi-intensive buffalo farms operating efficiently?” Specific research questions are listed below:

- Is there a difference between small, medium, and large buffalo farms in terms of total technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency?

What are the main factors that determine the pure technical efficiency of buffalo farms?

MATERIALS and METHOD

The findings in this study are based on primary data collection, including face-to-face surveys with buffalo breeders in Altıeylül and Gönen districts of Balıkesir province. The high number of buffaloes and the intensive production of buffalo milk were effective in the selection of these districts. A view of the buffalo herd crossing the river in the research area is depicted in Figure 1.



Figure 1. A view of the buffalo herd in the research area (Balıklı village, Altıeylül-Balıkesir).

Şekil 1. Araştırma alanındaki manda sürüsünden bir görünüm.

The surveys were conducted with buffalo breeders who were members of Balıkesir Water Buffalo Breeders Association in the research area in the period of 2016-2017. The study was conducted on the full count method and interviews were carried out with 102 buffalo breeders.

A semi-structured questionnaire was used to obtain information related to the demographic characteristics of farmers, structural characteristics, production technique, input costs, and outputs of water buffalo farms, and the knowledge and behavior of farmers on various subjects (production technique, marketing, support, etc.).

Measuring the technical efficiency of water buffalo farms

Data envelopment analysis (DEA) was used to determine the efficiency of water buffalo farms. DEA is widely used to measure the efficiency of production units. This nonparametric approach measures technical efficiency estimators as optimal solutions to problems. A non-parametric frontier is defined, and the efficiency of each DMU relative to that frontier is measured via DEA (Theodoridis et al., 2012).

Each decision-making unit's efficiency score is calculated based on an efficiency frontier. Decision-making units on the upper-efficiency frontier have an efficiency score of 1. Decision-making units below the efficiency frontier have an efficiency score of less than 1. This means that it is necessary to improve the future performance of these DMUs in terms of capacity. Two main models are used in DEA. One of these models is the assumption of constant returns to scale (CRS). The CRS model is considered appropriate when all DMUs operate at an optimal scale. However, this rarely happens. An efficiency score called constant returns to scale technical efficiency (CRSTE) is calculated in the CRS model. CRS efficiency is also named total efficiency. The second model is the assumption of variable return to scale (VRS). The VRS model is considered appropriate when DMUs don't operate at an optimal scale. In this approach, it is assumed that DMUs are often met with imperfect competition, government regulation, etc. Variable return to scale technical efficiency (VRSTE), which is an efficiency score, is calculated in the VRS model. VRS efficiency is also named pure technical efficiency (Ishizaka & Nemery, 2013). The efficiency of buffalo farms was calculated for both models (CRSTE and VRSTE) of DEA in this study.

The DEA model can be input or output oriented. The technical efficiency scores of the buffalo farms were calculated by the output-oriented model in this study. The output is maximized for a given input level in an output-oriented model. In other words, it shows how much a DMU can increase its output at a given input level (Ishizaka & Nemery, 2013). There are some reasons for using the output-oriented model in this study. It is very difficult for buffalo farms in the research area to keep under control ever-increasing input costs, especially for feed. By improving the production technique in buffalo farms, it is possible to maximize outputs. For example, farmers who can graze their buffaloes in the pasture are more likely to achieve a higher milk yield than those who do not.

An output-oriented VRS model is represented by the following formula (1) (Coelli, 1996):

$$\begin{aligned}
 & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 & \text{st } -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 & \quad x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & \quad N1'\lambda = 1 \\
 & \quad \lambda \geq 0, \qquad (1)
 \end{aligned}$$

The Y and the X in the formula indicate the outputs and inputs of the sample, respectively, and y_i and x_i indicate the outputs and inputs of the i -th farm, respectively. N is a vector of 1, and λ is a parameter matrix (Fogarasi & Latruffe, 2009). The ϕ_i represents the proportional increase in the possible output of the i -th farm (or i -th DMU) (Theodoridis et al., 2012). $1/\phi$ defines the technical efficiency score, which varies between 0 and 1 (Coelli, 1996).

The gross production value of buffalo farms is defined as the output variables for analysis. The sale of animal products (buffalo milk, buffalo cream and meat, etc.), calf value, productive value increase, and manure value are used to calculate the gross production value. Calf value indicates 0-6 months calves, and productive value increase indicates the increases due to the growth of animals. The input variables used in the analysis are the number of buffalos per farm in terms of livestock units, feed, labor, veterinary, and other variable costs. Descriptive statistics for the output and input variables are tabulated in Table 2.

In addition, the scale efficiency (SE) of buffalo farms was determined in this study. A measure of scale efficiency can be obtained by comparing the CRSTE and VRSTE scores (Madau et al., 2017). If there is a difference between the two technical efficiency scores (CRSTE and VRSTE) of a specific DMU, this indicates that the DMU has scale inefficiency (Coelli, 1996). The scale efficiency of the *i*-th farm is calculated by the following formula (2) (Theodoridis et al., 2012):

$$SE_i = \frac{TE_i^{CRS}}{TE_i^{VRS}} \quad (2)$$

If $SE_i=1$, there is a constant return to scale. This means that the farm is operating at an optimal (or effective) scale (Ishizaka & Nemery, 2013). If $SE_i<1$, there is scale inefficiency. Scale inefficiency results from increasing or decreasing returns to scale (Theodoridis et al., 2012).

The efficiency of water buffalo farms was analyzed according to their size. Thus, it was determined whether there is a difference in terms of efficiency scores according to the size of the farms. Buffalo farms were classified into three groups according to their size (small, medium, and large farms) 1-10 head of buffaloes (36 farms), 11-20 head of buffaloes (33 farms), and 21 and above head of buffaloes (33 farms) in the analysis of the data.

Determinants of technical efficiency of water buffalo farms

Tobit regression model was used to determine the factors affecting the technical efficiency of the buffalo farms. The Tobit regression model is used when limited dependent variables are involved. The fact that the technical efficiency scores obtained by DEA were between 0 and 1 was effective in the use of this model. The Tobit regression model, which is also known as the censored regression model, is widely used to determine the relationship between technical efficiency scores and other factors (Gonçalves et al., 2008; Ahmed et al., 2020).

A limited dependent variable Tobit regression model is written as (Gonçalves et al., 2008):

$$y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

The y_i^* in the formula is a latent variable. The X_i represents a vector of explanatory variables. The β is the parameter to be estimated. The errors are assumed to be normally distributed with zero mean and σ^2 variance.

The observed censored variable representing efficiency scores is defined as shown below (4) (Cecchini et al., 2021):

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } 0 < y_i^* < 1 \\ 1 & \text{if } y_i^* \geq 1 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

The variables included in the Tobit regression model are shown in Table 1. The dependent variable value in the model represents the pure technical efficiency score ranging from 0 to 1.

The independent variables of the model are age, education, producer experience in buffalo farming, size of farmland, number of buffalo per farm in livestock unit (head), production system (buffalo-only or mixed), status of producer participation in buffalo farming training, status of producer membership in buffalo breeders association, status of benefiting from support by producers, feed, labor, veterinary, and other variable costs, and grazing time per livestock unit.

Table 1. Variable description**Çizelge 1.** Değişkenlere ilişkin açıklama

Variables	Description	Category
Dependent variable		
PTE	the scores of pure technical efficiencies	continuous
Explanatory variables		
age	age of water buffalo farmers (years)	continuous
edu	water buffalo farmers' education level (years)	continuous
exp	water buffalo farming experience (years)	continuous
landsize	land size (hectares)	continuous
head	the number of heads of water buffalo (Livestock Units (LU))	continuous
prosystem	1=if farmers raise only water buffalo; 0= farmers are involved in mixed livestock	dummy
training	1=farmers had received training on buffalo farming; 0= otherwise	dummy
membassoc	Membership of the Balıkesir Water Buffalo Breeders Association (1=if yes; 0= otherwise)	dummy
subsidize	1=if farmers benefit from government subsidy programs; 0= otherwise	dummy
feed	feed costs of water buffalo per LU (TRY*)	continuous
labor	labor costs of water buffalo per LU (TRY)	continuous
vet	veterinary costs of water buffalo per LU (TRY)	continuous
other	other costs of water buffalo per LU (TRY)	continuous
Grazing	grazing frequency (monthly)	continuous

RESULTS

In addition to buffalo farming, 97% of producers in the study area are engaged in vegetable production, 62.80% in cattle farming, 13.70% in sheep farming and 11.80% in poultry farming.

The number of animals per farm was found to be 27.68 LU. According to the average of farms, the number of buffaloes per farm is 14.35 LU. Accordingly, water buffalo account for 51.84% of the total livestock. Number of buffaloes per farm in small, medium, and large farms: 4.27, 9.81 and 29.87, respectively

The average agricultural land owned by the buffalo farmers is 5.67 ha. This land size is in small, medium, and large farms respectively: 3.80 ha, 5.52 ha and 7.85 ha. Silage corn, wheat, oats, alfalfa, rice, and barley are grown on about 91% of the acreage in buffalo farms where crop production is practised. The most grown product is corn for silage.

The average household size in the studied buffalo farms was 5.18 persons. The household size in small, medium and large buffalo farms was 4.67, 5.35, and 5.59 persons, respectively. The proportion of the male and female population is close in all farm groups. In general, the proportion of male and female population per farm is 2.67 and 2.51, respectively. 45.90% of the labor force used in buffalo farming is foreign labor force and 54.11% is the family labor force. 26.10% of the family labor force is used for buffalo activities.

Buffalo farms produce various buffalo products such as milk, yoghurt, cheese, cream, meat and fertiliser. Buffalo cream is the most produced product after milk. During the production period, buffaloes that are to be removed from the herd are usually sold at the slaughterhouse or butcher. Although few in the study area, there are also producers who sell buffalo meat to local food companies for sausage production.

Descriptive statistics on output and input variables used to determine buffalo farm efficiency are presented in Table 2 by farm size. Table 2 shows a statistically significant difference between farm sizes in terms of outputs and inputs. Outputs and inputs increase as the farm size increases.

Table 2. Descriptive statistics on variables used in efficiency analysis of water buffalo farms

Çizelge 2. Manda işletmelerinin verimlilik analizinde kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Efficiency measures	Small		Medium		Large		Total		Kruskal Wallis test p value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Output									
GPV	26693.21	14880.42	40430.58	19283.37	117974.19	80395.07	60669.74	62133.55	0.000*
Inputs									
head (LU)	4.27	1.46	9.81	2.66	29.87	14.38	14.35	13.79	0.000*
feed cost	10738.75	11898.24	27382.87	28072.27	58252.03	36903.43	31495.56	33514.56	0.000*
labor cost	11998.51	14736.03	9870.89	7744.87	20443.27	13174.04	14042.29	13030.88	0.000*
vet. cost	262.44	355.90	473.18	764.49	1556.97	2186.00	749.44	1437.22	0.000*
other cost	2579.58	2963.38	3485.69	3283.81	10496.54	12013.71	5434.10	8044.01	0.000*

* denotes statistical significance at the level of 5%.

Note: Turkish Lira (TRY) is the unit of GPV and input costs. 1 US Dollar to Turkish Lira Exchange Rate for May 2016: 1 USD = 2.9266 TRY) (CBRT, 2016).

Three efficiency measures were calculated for the buffalo farms depending on the size of the farms. These calculated efficiency measures are technical efficiency assuming constant returns to scale (total efficiency), technical efficiency assuming variable returns to scale (pure technical efficiency), and scale efficiency. The values of the calculated efficiency measures are listed in table 3.

Table 3. Measures of efficiency by size of water buffalo farms

Çizelge 3. Manda işletmelerinin büyüklüğüne göre etkinlik değerleri

Efficiency measures	Small		Medium		Large		Total		Kruskal Wallis test p value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Technical efficiency (CRSTE)	0.463	0.259	0.467	0.264	0.461	0.241	0.463	0.252	0.996 (>0.05)
Pure technical efficiency (VRSTE)	0.667	0.283	0.624	0.257	0.714	0.266	0.668	0.269	0.427 (>0.05)
Scale Efficiency (SE)	0.687	0.186	0.730	0.218	0.644	0.192	0.687	0.200	0.268 (>0.05)

The technical efficiency of buffalo farms assuming constant returns to scale was reported to be 0.463 on average. This result means that buffalo farms can reach the full efficiency level if they increase their output (gross production value) by 53.70% without changing their current input use and production technique. In other words, buffalo farms are at a weak level in terms of total technical efficiency value and need to improve their production. According to the Kruskal-Wallis test, under the assumption of constant returns to scale, there is no statistically significant difference between firm sizes in terms of technical efficiency score. The values for total technical efficiency in small, medium, and large enterprises are 0.463, 0.467 and 0.461, respectively.

According to the result of pure technical efficiency, the average efficiency of buffalo farms was calculated as 0.668. Accordingly, if buffalo farms can increase their output by 33.20% without changing their current input use and production technique, they can reach the full efficiency. Large buffalo farms have higher values for pure technical efficiency than small and medium farms. However, according to the Kruskal-Wallis test, there is no statistically significant difference between farm sizes in terms of pure technical efficiency. The values for pure technical efficiency in small, medium, and large farms are 0.667, 0.624 and 0.714, respectively.

The average efficiency of buffalo farms was found to be 0.687. According to this result, if buffalo farms reach the optimal size by improving their production scale, they can operate at full efficiency if they increase their output by 31.30%. According to the Kruskal-Wallis test, there is no statistically significant difference between farm sizes in terms of scale efficiency values. The values for scale efficiency in small, medium, and large farms are 0.687, 0.730 and 0.644, respectively.

The frequency distribution of buffalo farms by total technical efficiency score is shown in Table 4. In general, the proportion of small buffalo farms with a total efficiency score of 0.25 is 27.45% and the proportion of farms with a total efficiency score between 0.26 and 0.50 is 39.22%. This result shows that about 67% of buffalo farms have an efficiency score of 0.50 and below when considering total technical efficiency. In other words, assuming constant returns to scale, two-thirds of buffalo farms do not operate effectively enough. According to the total technical efficiency score, the proportion of buffalo farms operating at full efficiency is 4.90%. According to the Pearson chi-square test, there is no statistically significant difference between the sizes of buffalo farms in terms of the frequency distribution of the total efficiency scores.

Table 4. The distribution of water buffalo farms by total technical efficiency scores

Çizelge 4. Manda işletmelerinin toplam teknik etkinlik skorlarına göre dağılımı

Frequency distribution	Small		Medium		Large		Total		Pearson Chi-square p-value
	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	
≤0.25	8	22.22	12	36.36	8	24.24	28	27.45	0.551 (>0.05)
0.26-0.50	17	47.22	10	30.30	13	39.39	40	39.22	
0.51-0.75	5	13.89	5	15.15	7	21.21	17	16.67	
0.76-0.90	2	5.56	3	9.09	4	12.12	9	8.82	
0.91-0.99	2	5.56	-	-	1	3.03	3	2.94	
1.00	2	5.56	3	9.09	-	-	5	4.90	
Total	36	100.00	33	100.00	33	100.00	102	100.00	

The frequency distribution of buffalo farms by pure technical efficiency is shown in Table 5. The results show that about 74% of buffalo farms are clustered in three frequency ranges. These frequency ranges can be indicated as 0.26-0.50 (25.49%), 0.51-0.75 (24.51%), and 1.00 (23.53%). Accordingly, 23.53% of Buffalo farms operate at full efficiency. The percentage of farms with pure technical efficiency of 0.50 and below is more than 30%. The results of Pearson chi-square test showed that there is no statistically significant difference between the sizes of buffalo farms in terms of frequency distribution of pure technical efficiency values.

Table 5. The distribution of water buffalo farms by pure technical efficiency scores

Çizelge 5. Manda işletmelerinin saf teknik etkinlik skorlarına göre dağılımı

Frequency distribution	Small		Medium		Large		Total		Pearson Chi-square p-value
	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	
≤0.25	3	8.33	2	6.06	1	3.03	6	5.88	0.530 (>0.05)
0.26-0.50	8	22.22	9	27.27	9	27.27	26	25.49	
0.51-0.75	9	25.00	11	33.33	5	15.15	25	24.51	
0.76-0.90	5	13.89	3	9.09	8	24.24	16	15.69	
0.91-0.99	1	2.78	3	9.09	1	3.03	5	4.90	
1.00	10	27.78	5	15.15	9	27.27	24	23.53	
Total	36	100.00	33	100.00	33	100.00	102	100.00	

The frequency distributions of the studied buffalo farms according to the returns to scale are presented in Table 6. According to this, 89.22% of buffalo farms face decreasing returns to scale. This result shows that the majority of buffalo farms are already overscaled. In other words, most buffalo farms have exceeded the optimal size. This means that the majority of buffalo farms spend more on the inputs to produce the same output. To reduce the average total cost of buffalo farms under these conditions, the size (or scale) of these farms should be reduced.

The proportion of buffalo farms operating at decreasing returns to scale is 83.33%, 84.85%, and 100% for small, medium, and large farms, respectively. From these ratios, it can be seen that all large buffalo farms and a significant proportion of small and medium buffalo farms operate with decreasing returns to scale. The results of the Pearson chi-square test showed that there is no statistically significant difference between the sizes of buffalo farms in terms of the frequency distribution of returns to scale.

The percentage of buffalo farms operating at increasing returns to scale is 5.88%. This result shows that 5.88% of buffalo farms have not yet reached the optimal size. These farms need to increase their size to reduce their average total cost. Farms operating at increasing returns to scale are only included in small and medium farm groups. The percentage of these farms in small and medium farms is 11.11% and 6.06%, respectively.

Table 6. Frequency distributions of returns to scale by size of water buffalo farms

Çizelge 6. Manda işletmelerinin büyüklüğüne göre ölçeğe göre getirilerin sıklık dağılımları

Returns to scale	Small		Medium		Large		Total		Pearson Chi-square p-value
	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	Number of farms	%	
Constant returns to scale	2	5.56	3	9.09	-	-	5	4.90	0.131 (>0.05)
Decreasing returns to scale	30	83.33	28	84.85	33	100.00	91	89.22	
Increasing returns to scale	4	11.11	2	6.06	-	-	6	5.88	
Total	36	100.00	33	100.00	33	100.00	102	100.00	

The descriptive statistics of the variables used in the Tobit regression model are presented in Table 7. The value of pure technical efficiency, which is the dependent variable in the model, averages 0.67, with this value varying between 0.11 and 1. The average age of buffalo breeders is 45.89 years. The age range of producers varies from 26 to 74 years. The average education period of buffalo breeders is 6.58 years. The average period of education for producers is lowest at 5 years and highest at 15 years. Producer experience ranges from 1 to 55 years, with an average of 19.47 years.

The average agricultural area of buffalo farmers is 5.67 ha. This land size varies between 0.50 and 20 ha. The number of buffaloes per farm expressed as a livestock unit, ranges from 0.60 to 82.45 LU, with an average of 14.35 LU. In 36% of the farms surveyed, only buffalo breeding is practiced, and mixed animal breeding is practiced in 64% of farms. It has been noted that in mixed livestock farms, cattle and small ruminants are raised together along with buffalo. Regarding the participation of producers in training on buffalo breeding, it shows that only 21% of producers have attended training on this topic. The level of the professional organization of the water buffalo breeders surveyed was found to be high. Thus, 75% of producers were found to be members of the Balıkesir Province Buffalo Breeders Association. 95% of buffalo farmers declared they benefit from government support programs.

The feed, labor, veterinary, and other variable costs of the buffalo farmers surveyed are 2451.16 TRY (US\$ 837.55), 1539.35 TRY (US\$ 525.99), 59.03 TRY (US\$ 20.17), and 467.50 TRY (US\$ 159.74) per LU, respectively. According to these values, feed costs represent the highest cost factor for buffalo breeders. The pasture grazing period of the buffaloes raised by the interviewed producers varies from 3 to 12 months, with an average of 9.63 months.

Table 7. Descriptive Statistics of Variables

Çizelge 7. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

Variables	Mean	SD	Min	Max
Dependent variable				
PTE	0.67	0.27	0.11	1.00
Explanatory variables				
age	45.89	12.18	26.00	74.00
edu	6.58	2.33	5.00	15.00
exp	19.47	12.22	1.00	55.00
lansize	5.67	4.12	0.50	20.00
head	14.35	13.79	0.60	82.45
prosystem	0.36	0.48	0.00	1.00
training	0.21	0.41	0.00	1.00
membassoc	0.75	0.44	0.00	1.00
subsidize	0.95	0.22	0.00	1.00
feed	2451.16	2091.54	284.67	11547.62
labor	1539.35	1891.80	202.90	14225.19
vet	59.03	91.54	0.00	568.18
other	467.50	518.26	41.28	3037.14
Grazing	9.63	2.07	3.00	12.00

Table 8 presents the Tobit regression model estimates showing the effects of the explanatory variables on buffalo breeding enterprises. Before interpreting the results of the Tobit model, the goodness of fit of the model was examined. For this purpose, the probability value (p) of the LR test (the likelihood ratio Chi-Square test) was examined. The probability value (p-value of the LR test) of the LR test is 0.0052. Since the probability value is less than 0.05, the H_0 hypothesis was rejected. This means that the explanatory variables in the model have the power to explain the dependent variable.

According to the results of the Tobit model, there is a statistically significant relationship between training, producer participation in training on buffalo breeding, feed per LU and veterinary costs, grazing time on pasture, and efficiency scores of buffalo breeders. On the other hand, age, producer experience in buffalo farming, size of farmland, number of buffaloes per farm in livestock units (head), production system, status of producer membership in buffalo breeders' association, status of benefiting from support given to water buffalo breeders, labor per LU, and other variables costs do not have a statistically significant effect on buffalo breeders' efficiency scores.

The results of the model show that there is a positive relationship between education and efficiency scores of buffalo breeders. In other words, an increase at education level results in the efficiency of the buffalo breeders also increases. When the education duration of buffalo breeders increases by one year, the efficiency also increases by about 0.03 units. This result confirms our hypothesis for the relationship between education and efficiency of buffalo breeders.

Table 8. Tobit regression model estimates of influential factors affecting output oriented efficiency scores of buffalo breeders**Çizelge 8.** Manda yetiştiricilerinin çıktıya yönelimli etkinlik skorlarını etkileyen faktörlere yönelik Tobit regresyon modeli tahminleri

Explanatory variables	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
age	0.0039188	0.0028703	1.37	0.177	-0.0018058	0.0096434
edu	0.0286345	0.0139140	2.06	0.043*	0.0008838	0.0563852
exp	-0.0006528	0.0029640	-0.22	0.826	-0.0065643	0.0052587
landsize	0.0052968	0.0074188	0.71	0.478	-0.0094994	0.0200931
head	-0.0002696	0.0022489	-0.12	0.905	-0.0047550	0.0042157
prosystem	0.0377465	0.0667515	0.57	0.574	-0.0953852	0.1708781
training	0.1190464	0.0693144	1.72	0.090**	-0.0191968	0.2572896
membassoc	0.0583551	0.0608530	0.96	0.341	-0.0630124	0.1797226
subsidize	0.1319394	0.1298642	1.02	0.313	-0.1270666	0.3909454
feed	-0.0000391	0.0000134	-2.92	0.005*	-0.0000658	-0.0000124
labor	0.0000015	0.0000149	0.10	0.919	-0.0000281	0.0000311
vet	-0.0005448	0.0003200	-1.70	0.093**	-0.0011831	0.0000935
other	0.0000149	0.0000566	0.26	0.793	-0.0000980	0.0001279
grazing	0.0454649	0.0134418	3.38	0.001*	0.0186560	0.0722738
_cons	-0.2427327	0.2568489	-0.95	0.348	-0.7550016	0.2695362
/sigma	0.2298585	0.0179174			0.1941233	0.2655936
Number of obs	84					
Log likelihood	2.6756506					
LR chi2(14)	31.22					
Prob > chi2	0.0052					
Pseudo R2	1.2069					

*and ** denote statistical significance at the level of 5% and 10%, respectively.

The fact that producers participate in training on buffalo breeding also increases their efficiency. The efficiency score of producers who participate in a training program on buffalo breeding is about 0.12 units higher than those who do not participate. This result also confirms our hypothesis for the relationship between farmers' participation in buffalo breeding training and their efficiency scores.

There is a statistically significant and negative relationship between the feed cost per LU of buffalo breeders and their efficiency scores. When buffalo breeders' feed costs increase by 1 TL(Turkish Lira), their efficiency score decreases by 0.0000391 units. This result also confirms our hypothesis that buffalo breeders' efficiency scores decrease due to the increase in feed costs.

According to the results of the Tobit model, a negative and statistically significant relationship was found between buffalo farmers' veterinary costs and their efficiency scores. When the veterinary costs of buffalo farmers increase by 1 TL, the efficiency value decreases by 0.0005448 units. According to this result, the increase in veterinary costs has a negative effect on the efficiency of water buffalo breeders. This result also confirms our hypothesis between the two variables.

A positive and statistically significant relationship was found between the grazing time of buffalo breeders and their efficiency scores. When the grazing period of buffalo breeders increases by 1 month, the efficiency score also increases by 0.045 units. This result also confirms the hypothesis we predicted in the Tobit model. Increased use of pasture by livestock producers in both buffalo and other livestock activities is thought to be important in reducing feed costs. In fact, feed costs are the most important variable cost element in livestock production.

DISCUSSION

The average technical efficiency of buffalo farms was 0.868 (86.8%) in Sri Lanka (Malcolm et al., 2019) and 0.505 (50.5%) in the Philippines (Cuevas & Mina, 2022). The average technical efficiency score (CRSTE: 0.463; VRSTE: 0.668) of buffalo farms in this study is similar to the Philippines in terms of constant returns to scale (total technical efficiency). Sri Lanka and the Philippines are Asian countries where a semi-intensive feeding system is common in buffalo farming (Wahid & Rosnina, 2011). However, there is a significant difference between the values of technical efficiency of buffalo farms in the two countries. This result shows that the technical efficiency of water buffalo farms in countries that use a semi-intensive feeding system in buffalo farming may depend on several factors. The buffalo breed, location, climatic conditions, and the intensity of free grazing in the feeding system are some of these important factors.

In a study conducted by Dhakal (2022) in Nepal, it was found that 57% of buffalo farms had a technical efficiency between 30-60%. On the other hand, in the study conducted by Malcolm et al. (2019) in Sri Lanka, it was found that the majority of water buffalo breeders had technical efficiency in the 90-100% category. The distribution of technical efficiency scores for the buffalo farms in this study is similar to Nepal compared to Nepal and Sri Lanka. According to the total technical efficiency rating, about 56% of the water buffalo farms studied are in the 26-75% category. In terms of pure technical efficiency, the share of buffalo farms in the same category is 50%. The frequency distribution of buffalo farm technical scores in different categories in previous studies makes the comparison difficult between countries. However, it is noteworthy that the buffalo farms in Sri Lanka operate with quite high technical efficiency.

In previous studies, analyzes were conducted to determine the factors that determine the technical efficiency of buffalo farms. According to Cuevas & Mina's (2022) study in the Philippines, a positive relationship was found between membership in agricultural cooperatives and length of farming experience and technical efficiency of buffalo farms. Dhakal (2022) in his study in Nepal found that investment in buffalo dairy farms and training of producers positively influenced technical efficiency. In this study, similar to Dhakal (2022), a positive relationship was found between farmer participation in buffalo breeding training and farm technical efficiency. Kaygısız et al. (2018) found a negative relationship between labor costs and technical efficiency of buffalo farms in another region of Turkey (Istanbul-Çatalca). In the region where this study was conducted (Balıkesir), feed costs were found to have a statistically significant and negative impact on the technical efficiency of buffalo farms.

CONCLUSION

The results of this study are expected to make a significant contribution to the literature to determine whether buffalo farming in the semi-intensive system is effective. Three efficiency measures were calculated for the buffalo farms depending on the size of the farms. The technical efficiency of buffalo farms assuming constant returns to scale was reported to be 0.463 on average. The values for total technical efficiency in small, medium, and large enterprises are 0.463, 0.467 and 0.461, respectively. According to the result of pure technical efficiency, the average efficiency of buffalo farms was calculated as 0.668. The values for pure technical efficiency in small, medium, and large farms are 0.667, 0.624 and 0.714, respectively. The average efficiency of buffalo farms was found to be 0.687. The values for scale efficiency in small, medium, and large farms are 0.687, 0.730 and 0.644, respectively.

The results show that buffalo farms are not effective in terms of both pure technical efficiency and scale efficiency. The fact that about 90% of buffalo farms using the semi-intensive system operate with decreasing returns to scale indicates that these farms exceed the limits of optimal size. This result can also be interpreted to mean that a significant proportion of buffalo farms are spending more on the input variables they use to achieve their current outputs. Given this situation, it is necessary to bring farms closer to the limits of optimal size to reduce the average total costs of buffalo farms operating with decreasing returns to scale.

Other variable costs, especially feed, are expected to be high in buffalo farms that exceed the optimal size. This increases the average cost of buffalo farms. In fact, the tobit regression analysis conducted in this study found a significant and negative relationship between pure technical efficiency of buffalo farms and feed and veterinary costs. The increase in feed and veterinary costs decreases the pure technical efficiency of buffalo farms.

The results of this study also show that bringing farms to the optimal size is not enough to increase the efficiency of buffalo farms. The results of the Tobit regression analysis showed that both breeder education and buffalo grazing time were among the determinants of pure technical efficiency of buffalo breeding farms. The fact that producers participate in training on buffalo breeding and the increase of buffalo grazing time on pasture have a positive effect on the pure technical efficiency of buffalo breeding farms. In terms of both technical and marketing knowledge, it is important for producers to participate in various training programs to reduce production costs and achieve high product output. In addition, increasing grazing density in semi-intensive feeding has a significant effect on reducing costs.

In this study, the technical efficiency of buffalo farms under a semi-intensive feeding system was investigated. However, further studies are needed to show the effects of various factors on the efficiency of buffalo farms. These studies are expected to consider the buffalo breed, location, climatic conditions, and intensity of grazing in the feeding system to find out how these factors affect the efficiency of buffalo farming. Today, some difficulties are mentioned for many livestock farms, including buffalo farming. In this context, there are some important expectations for livestock farms, such as reducing greenhouse gas emissions, ensuring animal welfare, requiring less intensive production and stable production (EIP-AGRI, 2019). Realizing these expectations is necessary to increase the durability and profitability of buffalo farms. In this context, there is a need for future studies that will allow us to understand how sustainable water buffalo farming is reflected in farm efficiency.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Ege University Scientific Research Projects Coordination Unit for its financial support. In addition, the authors wish to thank the members of the Balıkesir Water Buffalo Breeders Association for their assistance and participation during the data gathering.

REFERENCES

- Abdel-Salam, S.A.M., 2019. Characterization of buffalo dairy production systems in Egypt using cluster analysis procedure. *Journal of Buffalo Science*, 8: 13-19.
- Ahmed, O., S. Abdel-Salam & S. Rungsuriyawiboon, 2020. Measuring the economic performance of mixed crop-livestock farming systems in Egypt: A non-parametric DEA approach. *New Medit*, 19: 133-145.
- Akdan, C., Ö. Kınık & F. İçier, 2020. Manda Sütü ve Diğer Süt Karışımlarıyla Üretilen Kefirlerin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *E.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*: 39-50.
- Borghese, A., 2005. Buffalo Production and Research. REU Technical Series 67, 316 pp.
- Borghese, A., 2010. Development and perspective of buffalo and buffalo market in Europe and Near East. *Revista Veterinaria*, 21: 20-31.
- Borghese, A., 2011. Situation and perspectives of buffalo in the World, Europe and Macedonia. *Macedonian Journal of Animal Science*, 1: 281-296.
- CBRT, 2016. Turkish Central Bank exchange rates: 1 US Dollar to Turkish Lira exchange rate for May 2016. (Web page: <https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php>) (Date accessed: September, 2022).
- Cecchini, L., L. Vieceli & A. D'Urso, 2021. Farm efficiency related to animal welfare performance and management of sheep farms in marginal areas of Central Italy: A two-stage DEA model. *Italian Journal of Animal Science*, 20: 955-969.

- Coelli, T.J., 1996. A guide to DEAP Version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia, 49 pp.
- Cuevas, A.C. & C.S. Mina, 2022. Impact of cooperative membership on technical efficiency and marketing efficiency: The case of dairy buffalo farmers in the Philippines. *DLSU Business & Economics Review*, 31: 137-145.
- Deb, G.K, T.N. Nahar & P.G. Duran, 2016. Safe and sustainable traditional production: The water buffalo in Asia. *Frontiers in Environmental Science*, 4: 1-7.
- Degirmencioglu, T., H. Unal & H. Kuraloglu, 2015. Comparison of extensive or semi-intensive feeding for Anatolian water buffalo. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27: 712-715.
- Dhakal, S.C., 2022. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Chitwan, Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 5: 149-156.
- EIP-AGRI, 2019. Sustainable livestock farming (Brochure). (Web page: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eipagri_brochure_sustainable_livestock_2019_en_web.pdf) (Date accessed: October, 2022)
- El Debaky, H.A., N.A. Kutchy & A. Ul-Husna, 2019. Potential of water buffalo in world agriculture: Challenges and opportunities. *Applied Animal Science*, 35: 255-268.
- Ermetin, O., 2017. Husbandry and sustainability of water buffaloes in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5: 1673-1682.
- FAO, 2022. Buffaloes. (Web page: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/buffaloes/en/>) (Date accessed: September, 2022).
- FAOSTAT, 2022. Crops and livestock products: Raw milk of buffalo. (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Date accessed: October, 2022).
- Fogarasi, J. & L. Latruffe, 2009. Technical efficiency in dairy farming: A comparison of France and Hungary in 2001-2006. *Studies in Agricultural Economics*, 110: 75-84.
- Gadhvi, D.N., L.M. Sorathiya & A.L. Rathva, 2021. Comparative profitability analysis of specialized cattle and buffalo farms. *Agricultural Science Digest*, D-5354: 1-5.
- Gonçalves, R.M., W. da Cruz Vieira & J.E. de Lima, 2008. Analysis of technical efficiency of milk producing farms in Minas Gerais. *Economia Aplicada*, 12: 321-335.
- Gül, M., M.G. Akpınar & Y. Tascioğlu, 2018. Economic analysis of buffalo breeding in Turkey. *Custos e @gronegocio on line*, 14: 305-335.
- Hamid, M.A., S. Ahmed & M.A. Rahman, 2016. Status of buffalo production in Bangladesh compared to SAARC countries. *Asian Journal of Animal Sciences*, 10: 313-329.
- Hasan, T., S. Akter & H. Biswas, 2016. Economic analysis of small scale dairy buffalo enterprises in Bhola district of Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 27: 502-510.
- Ishizaka, A. & P. Nemery, 2013. *Multi-Criteria Decision Analysis*. Wiley, UK, 296 pp.
- Işık, M. & M. Gül, 2016. Economic and social structures of water buffalo farming in Muş province of Turkey. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45: 400-408.
- Islam, S., T.N. Nahar, J. Begum, G.K. Deb, M. Khatun & A. Mustafa, 2017. Economic Evaluation of Buffalo Production in Selected Regions of Bangladesh. *Journal of Stock & Forex Trading*, 6: 177. <https://doi.org/10.4172/2168-9458.1000177>.
- Kaygısız, F., A. Evren, Ö. Koçak, M. Aksel & T. Tan, 2018. Efficiency analysis of dairy buffalo enterprises in Çatalca district of İstanbul. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 65: 291-296.
- Lambertz, C., C. Chaikong, J. Maxa, E. Schlecht & M. Gauly, 2012. Characteristics, socioeconomic benefits and household livelihoods of beef buffalo and beef cattle farming in Northeast Thailand. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 113 (2): 155-164.
- Liotta, L., V. Chiofalo, V.L. Presti, A. Vassallo, G. Dalfino & A. Zumbo, 2015. The influence of two different breeding systems on quality and clotting properties of milk from dairy buffaloes reared in Sicily (Italy). *Italian Journal of Animal Science*, 14 (3): 3669. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3669>.
- Madau, F.A., R. Furesi & P. Pulina, 2017. Technical efficiency and total factor productivity changes in European dairy farm sectors. *Agricultural and Food Economics*, 5 (17): 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40100-017-0085-x>.

- Malcolm, M.B.J.G.R., J.M.P. Jayasinghe, R.M.S.D. Rathnayake & A.M. Samaraweera, 2019. Production characteristics and technical efficiency of buffalo farming in Thanamalwila veterinary division, Sri Lanka. *Sri Lanka Journal of Animal Production*, 11: 16-22.
- Mokhber, M., M. Moradi-Shahrbabak, M. Sadeghi, H. Moradi-Shahrbabak, A. Stella, E. Nicolzzi, J. Rahmaninia & J.L. Williams, 2018. A genome-wide scan for signatures of selection in Azeri and Khuzestani buffalo breeds. *BMC Genomics*, 19: 449. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4759-x>.
- Momin, M.M., M.K.I. Khan & O.F. Miazi, 2016. Performance traits of buffalo under extensive and semi-intensive Bathan system. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6 (4): 823-831.
- Pantoja, L.S.G., E.R. Amante, A.M. da Cruz Rodrigues & L.H.M. da Silva, 2022. World scenario for the valorization of byproducts of buffalo milk production chain. *Journal of Cleaner Production*, 364: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132605>.
- Popa, R.A., L. Vidu, D.C. Popa & A. Bota, 2016. Economic efficiency - A key to biodiversity conservation. Analyze product cost structure and profit calculation in three types of buffalo farms in Fagaras Area. *Scientific Papers, Series D. Animal Science*, LIX: 240-245.
- Roustemis, D., A. Ragkos, D. Patousis, A. Theodoridis & S. Savvidou, 2016. "Buffalo farming in Greece: Present and future, 355-358". In: *Ecosystem Services and Socio-Economic Benefits of Mediterranean Grasslands*. (Eds. A.P. Kyriazopoulos, A. López-Francos, C. Porqueddu, P. Sklavou), *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 114, 454 pp.
- Sabia, E., F. Napolitano, S. Claps, A. Braghieri, N. Piazzolla & C. Pacelli, 2015. "Feeding, nutrition and sustainability in dairy enterprises: The case of Mediterranean Buffaloes (*Bubalus bubalis*), 57-64". In: *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin*. (Ed. A. Vastola) Springer Cham London, 397 pp.
- Saner, G., S. Engindeniz, H. Adanacioğlu, D. Güler & Z. Şengül, 2022. Manda yetiştiriciliğinin ekonomik yönü üzerine bir analiz: Balıkesir ili örneği. *Hayvansal Üretim*, 63 (1): 35-46. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.978601>.
- Singh, S.P., S.K. Singh & B.R. Singh, 2015. Buffalo farming profitability in beneficiaries and non- beneficiaries' dairy farmers of Krishi Vigyan Kendra. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 34: 28-31. <https://doi.org/10.5958/0976-0563.2015.00006.8>.
- Soysal, M.I., Y.T. Tuna, E.K. Gurcan, E. Ozkan, S. Kok, N. Castellano, O. Cobanoglu & C.M.A. Barone, 2007. Anatolian water buffalo's husbandry in Turkey: preliminary results on somatic characterization. *Italian Journal of Animal Science*, 6 (sup2): 1302-1307. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.1302>.
- Sweers, W., T. Möhring & J. Müller, 2014. The economics of water buffalo (*Bubalus bubalis*) breeding, rearing and direct marketing. *Archives Animal Breeding*, 57 (22): 1-11. <https://doi.org/10.7482/0003-9438-57-022>.
- Theodoridis, A., A. Ragkos, D. Roustemis, K. Galanopoulos, Z. Abas & E. Sinapis, 2012. Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis. *Small Ruminant Research*, 107 (2-3): 85-91.
- Tsiobani, E.N., Hasanagas, M. Yiakoulaki & K. Papanikolaou, 2013. Pluriactivity and professionalism in buffalo farming system: The case of Northern Greece. *Indian Journal of Animal Sciences*, 83 (7): 763-767.
- TurkStat, 2022. *Livestock Statistics of Turkish Statistical Institute*. (Web page: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>) (Date accessed: October, 2022).
- Vijayudu, G., 2015. Economics of buffalo milk production - A case study of composite Andhra Pradesh. *Journal of Rural Development*, 34 (3): 305-326.
- Vithanage, U.Y.N., M.B.P. Mahipala, L.H.P. Gunaratne & H.W. Cyril, 2013. A comparison of animal-crop mixed farming systems in dry lowland Sri Lanka. *Livestock Research for Rural Development*, 25 (9): 1-9.
- Wahid, H. & Y. Rosnina, 2011. "Management of Dairy Animals: Buffalo: Asia, 772-779". In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd ed. (Eds. P.L.H. McSweeney & J.P. McNamara), Elsevier Science & Technology Books, 4170 pp.
- Yılmaz, A. & M.A. Kara, 2019. Status and future of water buffalo husbandry in the World and Turkey. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 6 (3): 356-363.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2): 221-234
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1226241>

Gülşah KAÇMAZ AKKURT^{1*}

Merve ÖZEREN ALKAN²

Hatice ÇOBANKAYA³

Defne ŞEN⁴

Assessment of ecosystem services provided by street trees: Burdur (Türkiye) city center

Yol ağaçlarının sağladığı ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi: Burdur (Türkiye) kent merkezi

Received (Alınış): 29.12.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 16.05.2023

¹ Department of Landscape Architecture, Faculty of Engineering-Architecture, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, İstiklal Campus, 15030, Merkez/Burdur, Türkiye

² Department of Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ege University, Ege University Campus, 35100, Bornova/İzmir, Türkiye

³ Department of Landscape Architecture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Burdur Mehmet Akif University, İstiklal Campus, 15030, Merkez/Burdur, Türkiye

⁴ Department of Landscape Architecture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Burdur Mehmet Akif University, İstiklal Campus, 15030, Merkez/Burdur, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

gkacmaz@mehmetakif.edu.tr

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to reveal at which level urban street trees in Burdur city center can accomplish ecosystem services (ES) regulation.

Material and Methods: In this study, ecosystem benefits in physical terms are quantified by using a software called i-Tree Eco model developed by the USDA Forest Service. Besides tree characteristics and urban forest cover, air pollution reduction, carbon storage and sequestration, oxygen production, and avoided runoff are four regulating ES selected and studied.

Results: As a result of the measurements made it was estimated that trees in Burdur city center remove 66.79 kilograms of air pollution per year and the gross sequestration of street trees was about 12.92 metric tons of carbon per year.

Conclusion: Considering the data obtained as a result of this study, it can be stated that the species to provide an advantage in terms of ecosystem services-pollution removal, carbon sequestration and storage, oxygen production, stormwater avoided-should be preferred to determine the tree species to be used in urban street afforestation.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Burdur il merkezindeki kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri (ES) düzenlemesini ne düzeyde gerçekleştirebileceğini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışmada, USDA Forest Service tarafından geliştirilen i-Tree Eco modeli adı verilen bir yazılım kullanılarak ekosistemin fiziksel faydaları araştırılmıştır. Ağaç özellikleri ve kentsel orman örtüsünün yanı sıra, hava kirliliğini azaltma, karbon depolama ve ayırma, oksijen üretimi ve önlenen akış, seçilen ve incelenen dört düzenleyici ES'dir.

Araştırma Bulguları: Yapılan ölçümler sonucunda Burdur il merkezindeki ağaçların yılda 66,79 kilogram hava kirliliğini ortadan kaldırdığı ve yol ağaçlarının brüt olarak yılda yaklaşık 12,92 metrik ton karbon tuttuğu belirlenmiştir.

Sonuç: Bu araştırma sonucunda elde edilen veriler dikkate alındığında, kent içi yol ağaçlandırmasında kullanılacak ağaç türlerinin belirlenmesinde ekosistem hizmetleri açısından avantaj sağlayan türlerin (kirlilik giderme, karbon tutma ve depolama, oksijen üretimi, yağmur sularından kaçınma) tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Keywords: Street trees, ecosystem services, i-Tree Eco, Burdur (Türkiye)

Anahtar sözcükler: Yol ağaçları, ekosistem hizmetleri, i-Tree Eco, Burdur (Türkiye)

INTRODUCTION

Ecosystem services (ES) are defined, as the benefits acquired by people from ecosystems (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2011) provides a refined definition of ES as the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being. These benefits and services include supply services such as water, food, fiber and timber; regulatory services that affect disease, floods, climate, water quality and waste; cultural services that provide spiritual benefits, entertainment and aesthetics; and supporting services such as photosynthesis, soil formation and nutrient cycling (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Human well-being strongly relies on the conservation of natural resources that provide the services that humans require to sustain their lives. However, humans have significantly affected regulating services such as climate regulation by altering the ecosystems and exceeding ecosystems' ability to provide different ecosystem services (Myers et al., 2013). For instance, changes in land use are putting these service resources under risk (Foley et al., 2005). The transformation of ecosystems can lead irreversible results, especially in the Mediterranean region, where the effects of climate change are severely felt. In geographies where hot climates are felt, city centers with less tree cover than necessary are places that are difficult to live in if the population concentrated in the city centers is taken into account (Aurelle et al., 2022). These urban centers, where the need for potable water resources and usable water resources for the continuation of life increases, stand out as climate sensitive hot spots (Pörtner et al., 2022). Urban centers, which were previously agricultural areas, forest areas, maquis areas or low-density settlement areas, have changed the character of land cover with the demand for dense living. In these places with denser residential areas, especially in developing countries, air pollution is also exposed. These land use and ecosystem changes also cause changes in ecosystem services provided by green areas.

Green spaces and urban trees in cities are the key elements to maintain ES. Trees in urban areas provide a number of ecosystem services, or direct environmental advantages for people, that are often overlooked. Improving air quality by reducing air pollutants (Nowak et al., 2002; Hewitt et al., 2020), decreasing building cooling costs as a result of shading by trees (McPherson & Simpson, 1999; Moss et al., 2019), reducing stormwater runoff by intercepting precipitation (Maco & McPherson, 2003; Livesley et al., 2014; Rahman, 2019) are some of the numerous advantages of urban trees for people. Micro climate effects, carbon sequestration impact, being a habitat for urban wild life and street animals are some other services provided for people and environment itself by urban trees (Wai et al., 2020; Wood & Esaian, 2020; Shadman et al., 2022).

With the recognition of the positive impacts of street trees on ecosystems, studies aim raising awareness for the improvement of ecosystem services by measuring ecosystem services have become very popular. There are many studies that measure ES using various models. Some of these studies measure ES through models using software (Philips, 2011; Coşkun Hepcan & Hepcan, 2017; Rogers et al., 2018; Selim & Atabey, 2020), while others involve other types of measurements of ES (Coşkun Hepcan & Cangüzel, 2021; Tırnakçı, 2021).

In this study, ecosystem benefits in physical terms are quantified by using a software called i-Tree Eco model developed by the USDA Forest Service. Besides tree characteristics and urban forest cover, air pollution reduction, carbon storage and sequestration, oxygen production, and avoided runoff are four regulating ES selected and studied. Street trees in an urban landscape in Burdur city (Türkiye) center are the main focus of this study and the question needs to be answered will be at which level urban street trees in Burdur city center can accomplish four stated regulating ES?

MATERIALS and METHOD

The study was carried out on six avenues namely Atatürk, Cumhuriyet, Gazi, İstasyon, Kışla, and Mehmet Akif Avenues, which are the most active, most visited main streets of the Burdur (Türkiye) city center. The geographical location of the study area and the route followed during data collection are depicted in Figure 1.

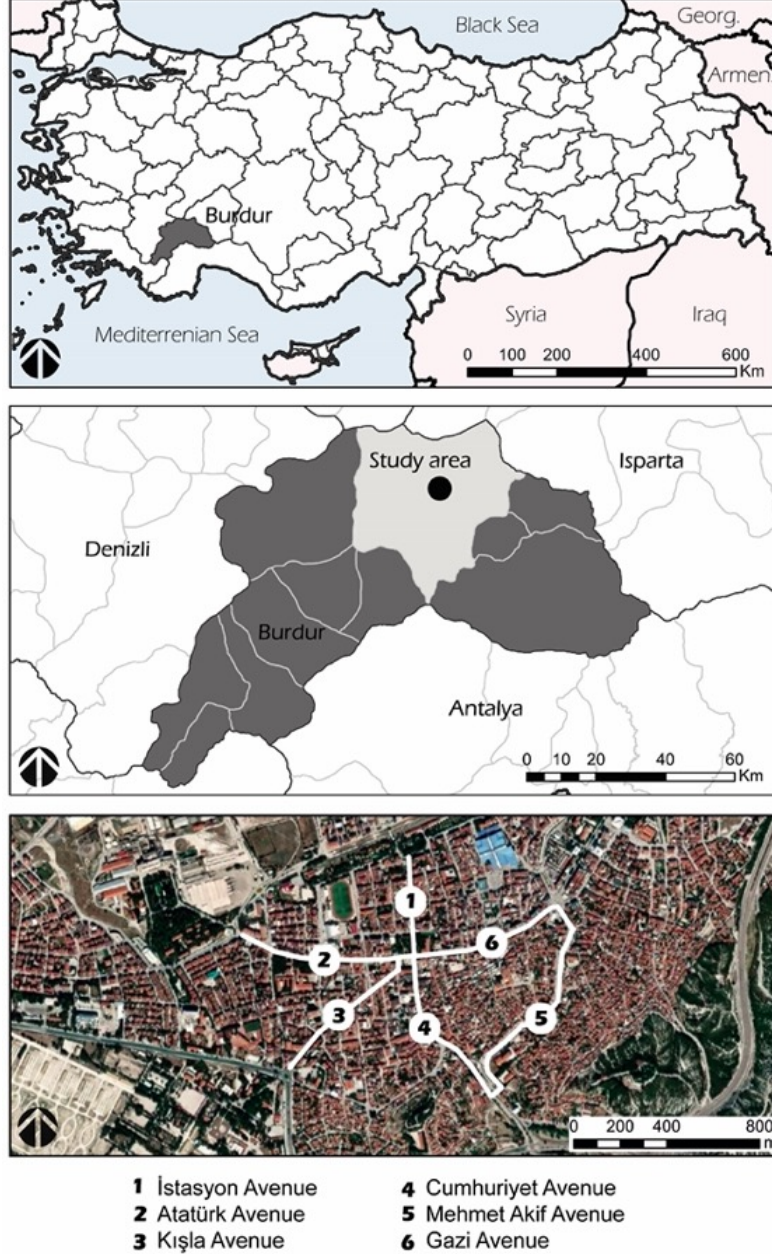


Figure 1 Location of the study area and field data collection route.

Şekil 1 Çalışma alanının konumu ve veri toplama rotası.

The total length of 6 main streets in the center of Burdur city selected as the study area is 4100 m. Trees are located on sidewalks on both sides of the street. To give an idea of the appearance, physical structure and tree cover of the avenues, photographs taken in 6 main avenues are presented in Figure 2.



Figure 2. Physical structure and tree cover of avenues.

Şekil 2. Caddelerin fiziki yapısı ve ağaç örtüsü.

Quantitative information about the streets such as the widths of the streets, widths of the pavements and qualitative information such as paving materials, whether the street is one-way or two-way are tabulated in Table 1.

Table 1. Some quantitative and qualitative information about the study area.

Çizelge 1. Çalışma alanı ile ilgili nicel ve nitel bazı bilgiler.

	Quantitative Information		Qualitative Information		
	Widths of the Streets (m)	Widths of the Pavements (m)	Planation on One Side / Both Sides	Paving Materials	One-way Street / Two-way Street
Atatürk Avenue	15	3-5	Both Sides	Asphalt	One-way Street
Cumhuriyet Avenue	20	3	Both Sides	Asphalt	Two-way Street
Gazi Avenue	15	3-5	Both Sides	Asphalt	Two-way Street
Mehmet Akif Avenue	35	1.5	Both Sides	Asphalt	Two-way Street
İstasyon Avenue	21	3.5	Both Sides	Asphalt	One-way Street
Kışla Avenue	17	2.5	Both Sides	Asphalt	One-way Street

Except for the study area, which is the main material of the study, the other materials of the study are the photographs taken to collect information about the study area, the field observation form used in the inventory study, and the i-Tree Eco software used in the measurement of ecosystem services.

The method of the study consists of 4 main stages (Figure 3). The first stage is the selection of the study area. The location of the streets, the presence of street trees and the suitable conditions for the application of the model used were effective in the selection of the study area. Burdur city center was selected because of its featured characteristics of avenues in urban context. The second stage is measurement of ecosystem services. At this stage, firstly, the evaluation criteria to be used in determining the ecosystem services provided by plants were defined. Along with the geographical locations of the trees, physical characteristics such as plant type (tree/shrub) and name (scientific name), height (m), trunk diameter (DBH) (cm), diameter of crown (m), height of the trunk from the ground (m), coverage ratio (%) and vitality status were determined as evaluation criteria. An inventory form was then prepared to record the observations to be made in the field. Field research was carried out in October 2021. Data on 588 trees identified within the scope of the inventory data collected during the field research were transferred to the i-Tree Eco module. Finally, analysis reports on ecosystem services were obtained. In the third stage, the analysis results presented by the model were evaluated, and in the last stage, conclusions and recommendations were developed.

At the stage of measurement of ecosystem services, the i-Tree Eco model was used to measure the ecosystem services provided by street trees in research area. I-Tree Eco is a software that uses tree measurements and other data to quantify the structure and environmental effects of urban trees in other words to estimate structural characteristics and ecosystem services of the trees developed by the USDA Forest Service (i-Tree, 2020).

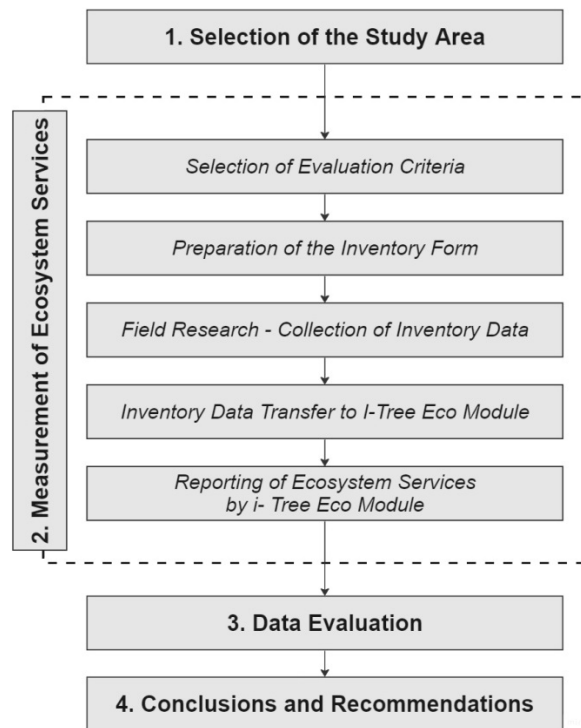


Figure 3. Methodology of the study.

Şekil 3. Çalışmanın Yöntem akış şeması.

The software calculates, evaluates and reports on ecosystem services such as carbon storage, removal of air pollution and prevention of runoff (Nowak et al., 2008). A deeper understanding of the ecological life support system of urban forests is provided by the economic values of biophysical condition assessment and multiple ecosystem services (Nikodinoska et al., 2018). i-Tree Eco also provides various data estimates of future tree population aggregates, canopy cover, ecosystem services and tree benefits.

According to the working principle of the i-Tree Eco, in this study, tree measurements and field data are introduced to the software by manual data entry. The data obtained in the field, local pre-processed hourly weather and air pollution concentration data obtained from Turkish State Meteorological Service were used during the process.

In this study i-Tree Eco is used to provide estimates of the structure, and pollution reduction capacity of street trees, total carbon stored and net carbon sequestered, avoided runoff by trees.

RESULTS and DISCUSSION

Tree characteristics, urban forest cover and leaf area, air pollution reduction, carbon storage and sequestration, oxygen production, avoided runoff are the parameters evaluated by i-Tree Eco model in this study. Therefore, the results are explained according to these parameters respectively.

According to the data collected to evaluate tree characteristics, an inventory study was carried out with a total of 588 street trees belonging to 32 different species from 15 families. The most common species in the study area were *Fraxinus angustifolia* (20.7%), *Tilia tomentosa* (18.2%), and *Tilia cordata* (10.2%).

When the percent of tree population by diameter class is examined, it is seen that those with DBH values of 45.7-61.0, 121.9 + and 15.2-30.5, respectively, are in the majority (Figure 4).

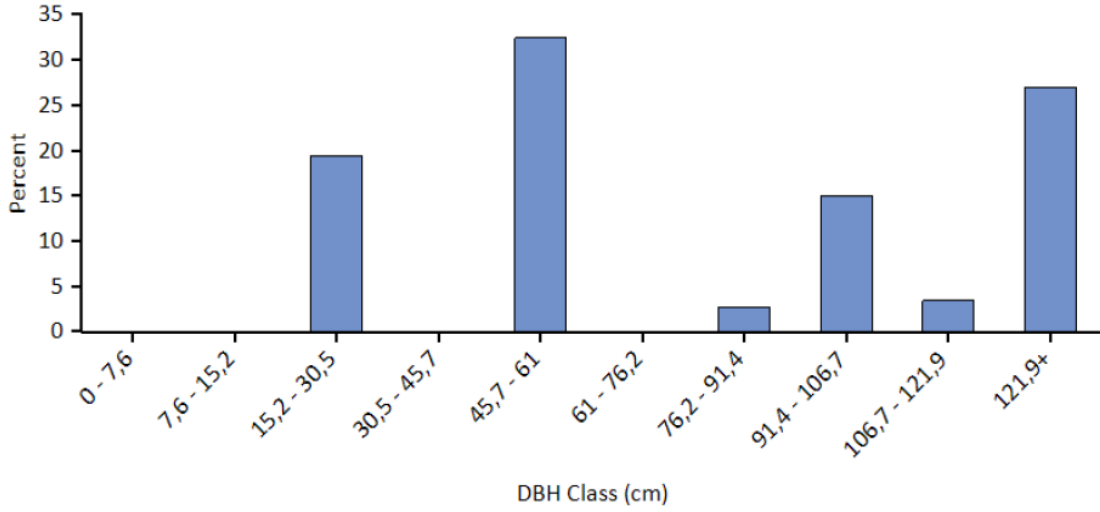


Figure 4. Percent of tree population by diameter class (DBH-trunk diameter at 1.37 meters) of street trees in study area.

Şekil 4. Çalışma alanındaki yol ağaçlarının çap sınıfına (DBH-gövde çapı 1,37 metre) göre ağaç popülasyon yüzdesi.

In means of urban forest cover and leaf area, it was determined that street trees in Burdur city center provide 5.25 hectares of leaf area. The most dominant species in terms of leaf area are *Fraxinus angustifolia*, *Pinus nigra*, and *Tilia platyphyllos*. The sum of the percent of the population and the leaf area was used to compute importance values (IV). Ten species with the highest importance values in the study area was listed and given in Table 2. .

Table 2. The most important species in the study area according to population percentage and leaf area percentage.

Çizelge 2. Popülasyon yüzdesi ve yaprak alanı yüzdesine göre çalışma alanındaki en önemli türler.

Species Name	Percent Population	Percent Leaf Area	IV
<i>Fraxinus angustifolia</i>	20.7	16.7	37.5
<i>Tilia tomentosa</i>	18.2	8.4	26.6
<i>Tilia platyphyllos</i>	8.7	8.9	17.6
<i>Pinus nigra</i>	4.8	9.9	14.6
<i>Tilia cordata</i>	10.2	3.6	13.8
<i>Gleditsia triacanthos</i>	2.9	8.8	11.7
<i>Acer negundo</i>	3.7	6.6	10.3
<i>Fraxinus excelsior</i>	2.9	5.4	8.3
<i>Juglans regia</i>	3.4	4.4	7.8
<i>Cedrus deodara</i>	4.3	3.1	7.3

Air pollution removal by street trees in the study area was estimated using field data and recent available pollution and weather data obtained from Turkish State Meteorological Service. Pollution removal was greatest for ozone (Figure 5). It is estimated that trees remove 66.79 kilograms of air pollution (ozone (O₃), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), particulate matter less than 2.5 microns (PM_{2.5}) and sulphur dioxide (SO₂) per year.

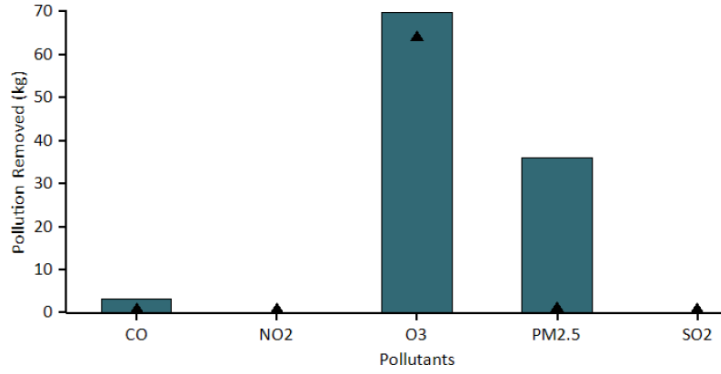


Figure 5. Annual pollution removal of street trees in the study area.

Şekil 5. Çalışma alanındaki yol ağaçları tarafından tutulan yıllık kirlilik miktarı.

As Atkinson & Arey (2003) stated that vegetation is the main producer of volatile organic compounds (VOC). In 2022, street trees in Burdur city center emitted an estimated 25.34 kilograms of volatile organic compounds (VOCs). Emissions vary among species based on species characteristics and leaf biomass. Moreover, the seasonality of vegetation, namely its phenological and developmental stages, has an impact on the emission of volatile organic compounds (VOCs) (Bracho-Nunez et al., 2013). It has been determined that the street trees in the study area emitted an estimated 25.34 kilograms of volatile organic compounds (VOCs), and 44% of the street tree's VOC emissions were from *Pinus nigra* and *Sophora japonica*.

Urban trees sequester atmospheric carbon (from carbon dioxide) in tissue. As a result, they can contribute to mitigating climate change by changing carbon dioxide emissions from fossil fuel-based power sources (Abdollahi et al., 2000; Safford et al., 2013). Trees sequester carbon in new growth each year, reducing the amount of carbon in the atmosphere. The amount of carbon captured annually increases with the health and size of trees. Within the light of this information, the gross sequestration of street trees in the study area is approximately 12.92 metric tons of carbon per year. (Figure 6).

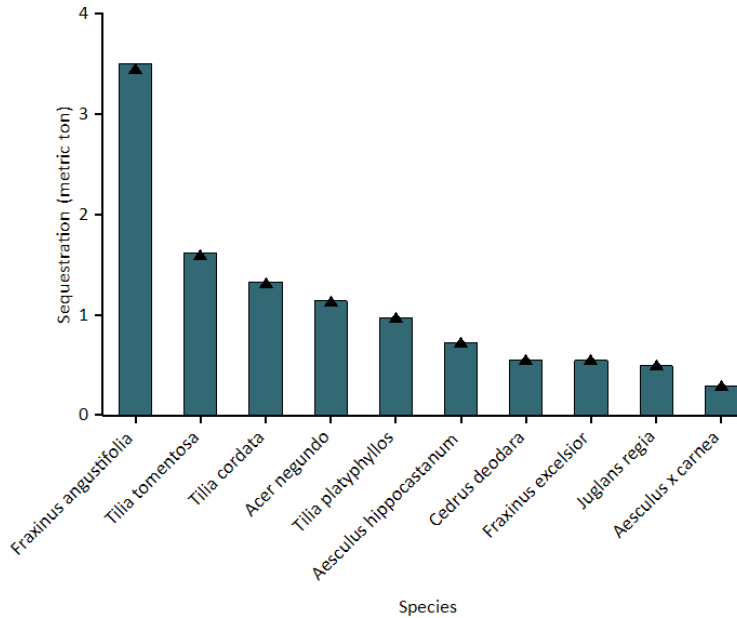


Figure 6. Estimated annual gross carbon sequestration for tree species with the greatest sequestration of street trees in study area.

Şekil 6. Çalışma alanında yer alan en fazla karbon tutma özelliğine sahip yol ağaçları için tahmini yıllık brüt karbon tutma miktarı.

Trees act as significant carbon sinks. Their leaves absorb CO₂ from the atmosphere and store it as carbon in the biomass that has accumulated (Aba et al., 2017). A tree stores more carbon as it grows by keeping it in its accumulated tissue. As a tree dies and decays, it releases much of the stored carbon back into the atmosphere. Thus, carbon storage is an indication of the amount of carbon that can be released if trees are allowed to die and decompose. Healthy trees will continue to store carbon, but maintaining healthy trees can increase carbon emissions (Nowak et al., 2002). Street trees in Burdur city center are estimated to store 1,220 metric tons of carbon. Of the species sampled, *Fraxinus angustifolia* stores and sequesters the most carbon (approximately 30.2% of the total carbon stored and 26.7% of all sequestered carbon.) (Figure 7).

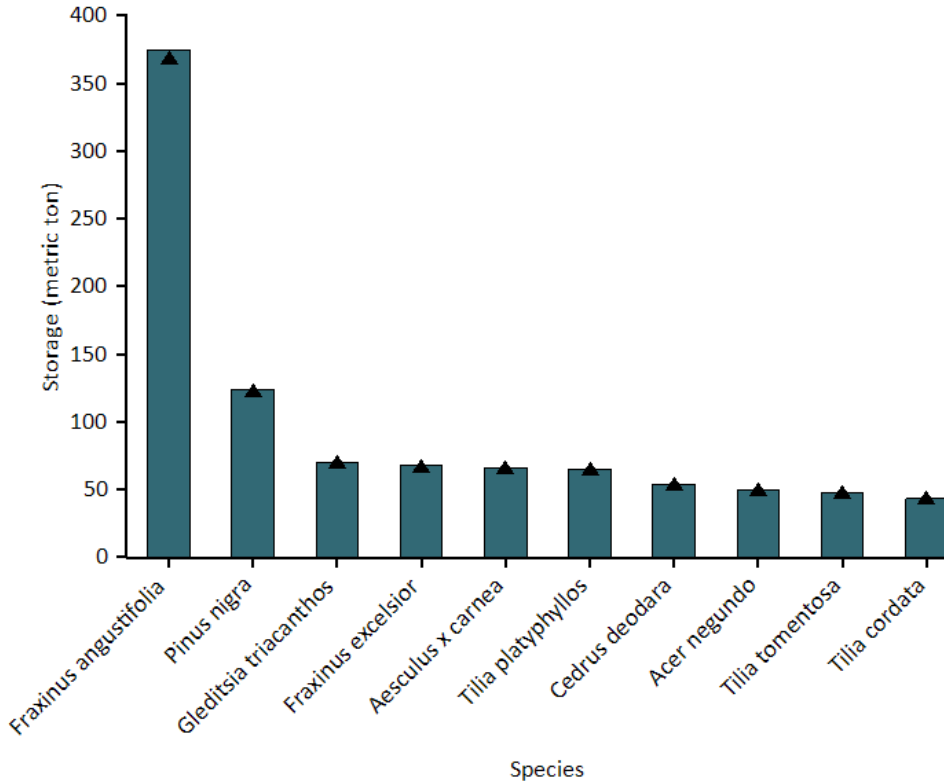


Figure 7. Estimated carbon storage for tree species with the greatest storage of street trees in the study area.

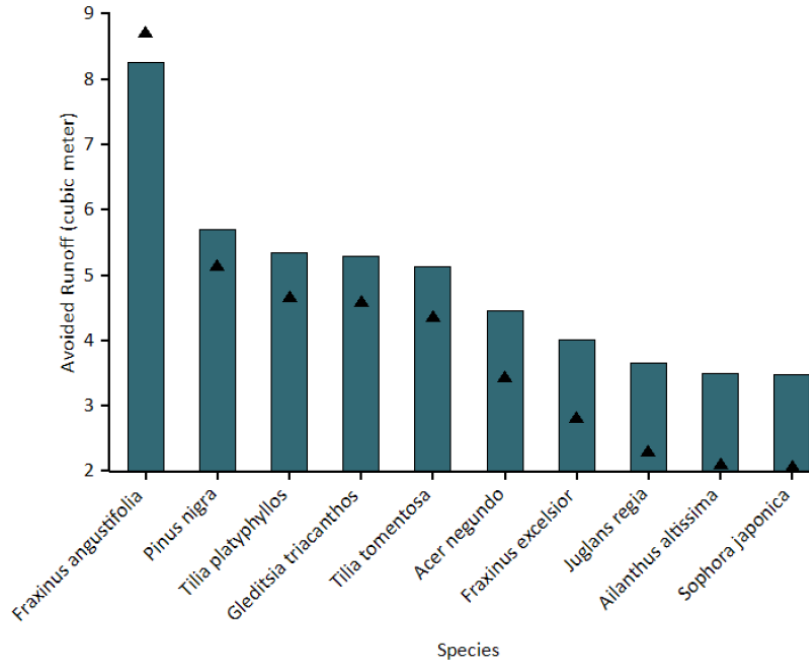
Şekil 7. Çalışma alanında yer alan, en fazla karbon tutma özelliğine sahip ağaç türleri için tahmini karbon depolama miktarı.

Oxygen production is one of the most well-known benefits of urban trees. A tree's annual oxygen production is directly related to the amount of carbon retained by the tree, which is dependent on the accumulation of tree biomass (Nowak et al., 2007). It is estimated that street trees in the study area produce 34.44 metric tons of oxygen per year (Table 3).

Another ecosystem service provided by street trees is to reduce runoff. As stated in many studies, trees and shrubs are helpful in reducing surface runoff and improving the quality of runoff water (Scharenbroch et al., 2016; Berland et al., 2017; Turner-Skoff & Cavender, 2019). Based on local weather data from the user-designated weather station, avoided runoff is estimated. In Burdur, the total annual precipitation in 2015 was 19.6 centimeters. The trees and shrubs in the study area help to reduce runoff by an estimated 52 cubic meters a year. According to the avoided runoff for species, *Fraxinus angustifolia* is the most successful species in preventing runoff (Figure 8).

Table 3. The top 20 species that produce oxygen in the study area.**Çizelge 3.** Çalışma alanında yer alan, en çok oksijen üreten ilk 20 tür.

Species	Oxygen (metric ton)	Gross Carbon Sequestration (kg/yr)	Number of Trees	Leaf Area (hectare)
<i>Fraxinus angustifolia</i>	9.18	3442.67	122	0.88
<i>Tilia tomentosa</i>	4.23	1586.77	107	0.44
<i>Tilia cordata</i>	3.48	1,303.41	60	0.19
<i>Acer negundo</i>	2.98	1119.16	22	0.35
<i>Tilia platyphyllos</i>	2.55	955.44	51	0.47
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1.90	712.26	15	0.01
<i>Cedrus deodara</i>	1.45	541.88	25	0.16
<i>Fraxinus excelsior</i>	1.43	537.89	17	0.28
<i>Juglans regia</i>	1.29	482.48	20	0.23
<i>Aesculus x carnea</i>	0.76	285.31	12	0.02
<i>Salix babylonica</i>	0.60	223.91	6	0.04
<i>Pinus nigra</i>	0.59	222.96	28	0.52
<i>Gleditsia triacanthos</i>	0.54	201.20	17	0.46
<i>Pinus pinea</i>	0.50	188.21	9	0.04
<i>Cupressus arizonica</i>	0.42	156.88	3	0.06
<i>Alianthus altissima</i>	0.35	130.29	10	0.21
<i>Fraxinus americana</i>	0.31	117.76	2	0.01
<i>Catalpa bignonioides</i>	0.31	115.82	5	0.04
<i>Pinus brutia</i>	0.23	85.83	7	0.11
<i>Melia azedarach</i>	0.21	77.00	4	0.08

**Figure 8.** Avoided runoff for species with greatest overall impact on runoff in the study area.**Şekil 8.** Çalışma alanında yer alan, yüzey akışı üzerinde en büyük genel etkiye sahip türlerin önlediği yüzey akış miktarı.

The ecosystem service values obtained were compared with the results obtained in other studies. Thus, the rationality of the results obtained was revealed. Accordingly, both the results of this study and the results of other related studies have shown that there is a direct connection between the number of street trees and leaf area value (Table 4) As the plant population density size increase, pollution removal capacities, carbon sequestration, oxygen production values, and stormwater runoff avoided increase relatively. In the light of the data in Table 4, the plant diversity in the study area is the highest when compared to other studies (Tuğluer & Gül, 2018; Selim & Atabey, 2020; Coşkun Hepcan & Cangüzel, 2021) according to the number of plants per unit area. However, considering both the length of the study area and the number of plants detected, it has seen that the plant leaf area in the study area is less than the other two studies (Tuğluer and Gül, 2018; Coşkun Hepcan and Cangüzel, 2021). This is thought to be due to the fact that the canopy expansion of the plants in the study area has not yet reached optimum values due to their age.

Table 4. Comparison of ecosystem service parameters from similiar studies with data obtained from the study area.

Çizelge 4. Benzer çalışmalardaki ekosistem hizmet parametrelerinin çalışma alanı verileri ile karşılaştırılması.

Type/Name of the Research Area	Main Avenues in Burdur City Center	Atatürk Boulevard	Bornova University Street	Süleyman Demirel Boulevard	
Location	Burdur, Türkiye	Antalya, Türkiye	İzmir, Türkiye	Isparta, Türkiye	
Reference	(Current study)	Selim and Atabey, 2020	Coşkun Hepcan and Cangüzel, 2021	Tuğluer and Gül, 2018	
Comparison Criteria	Unit				
Length of the Research Area	m	4100	6276	2500	6120
Number of Plants		588	388	483	1498
Number of Species		32	9	1	24
Number of Families		15	8	1	N/A
Leaf Area	hectares	5.25	0.0065	10.92	21.24
Pollution Removal	kg	66.79	N/A	161.61	N/A
Carbon Sequestration	metric tons per year	12.92	N/A	N/A	N/A
Oxygen Production	metric tons per year	34.44	N/A	N/A	N/A
Stormwater Runoff Avoided	cubic meters a year	52	114.23	N/A	N/A
N/A: No data available					

It has seen that the pollution removal capacity values of the plants in the study area are lower than the values obtained in the study of Coşkun Hepcan & Cangüzel (2021). As Nowak et al. (2018) stated pollution removal is related to the amount of tree cover, pollution concentration, length of in-leaf season, amount of precipitation, percent evergreen leaf area, and other meteorological variables that affect tree transpiration and deposition velocities. Accordingly, the lower pollution removal capacity of the plants in the study area can be explained by the amount of precipitation and pollution concentration of Burdur city, the fact that the majority of the trees are deciduous plants rather than evergreen plants and the amount of tree cover is not high enough. When compared in terms of stormwater runoff avoided (SRA), although the density of plants in the study area of Selim & Atabey (2020) is slightly higher, the performance of the plants in that study in terms of SRA is almost twice the performance of the plants in our study area. As United States Environmental Protection Agency (EPA) (2013) stated trees with their large, dense canopies manage the stormwater better than smaller ones. This means that the street trees in the study area have not yet reached full stature or that the use of broad-crowned tree species has not been prioritized in species selection.

CONCLUSIONS

In this study, ecosystem services were calculated using the i-Tree Eco model by taking an inventory of 588 trees on 6 main avenues in Burdur city center. The main question asked by the study is at which level urban street trees in Burdur city center can accomplish regulating ES. Examinations have shown that trees

in Burdur city center are sufficient to provide greatest amounts of ecosystem services provision to the city and mature trees (large size and VGM) provide the largest ecosystem services as Hand et al. (2019) indicated in their study results. On the other hand, when compared to other studies (Tuğluer & Gül, 2018; Selim & Atabey, 2020; Coşkun Hepcan & Cangüzel, 2021) measuring the ecosystem services fulfillment performance of street trees in the same country on a similar scale, it has been seen that lower values are calculated in terms of leaf area, pollution removal capacity and stormwater runoff mitigation capabilities. In this context, considering the situation in the 6 main streets of Burdur, the importance of choosing the species to be selected as street tree among the species with high leaf areas and pollution removal capacities has emerged. The species to be selected should also have high oxygen production and carbon sequestration potential and stormwater removal capacity. In order to increase the stormwater removal capacity of these plants, it is necessary to provide the optimum soil width where the roots of the trees can grow and to avoid impervious surfaces directly above the tree. Thus, street trees will reach full status and they will hold more precipitation water.

The street trees in Burdur city center are ecologically important due to their function of connecting green areas throughout the city and serve as green corridors. Considering the data obtained as a result of this study, it can be stated that the species that provide an advantage in terms of ecosystem services like pollution removal, carbon sequestration and storage, oxygen production, stormwater mitigation, should be preferred in determining the tree species to be used in urban street afforestation.

As a well-known fact urban street trees provide multi-faceted services and contributions to the urban ecosystem and urban people, such as increasing air quality, reducing soil erosion, reducing carbon dioxide emissions, reducing the greenhouse effect, reducing the noise level besides stormwater runoff rate, and increasing recreational opportunities (Nowak et al., 2007; EPA, 2013; Shah et al., 2022). In this sense, street trees have vital value for cities capacity of mitigating climate change effects. In addition, determining and interpreting the value of trees by researching is also important in terms of raising awareness about ecosystem services by sharing this information. Today, especially city managers, planners/designers, decision makers and urban people demand to learn concretely the services and contributions of urban trees and urban forests. In this context, software and other manual methods for calculating ecosystem services have become important tools in terms of practice and, functionality use today. It should be mentioned that although the i-Tree Eco module used in the preparation of this study is a software of USA origin, it gives successful results in the calculation of ecosystem services internationally. However, despite the advantages of the i-Tree eco model, there are various uncertainties and limitations in the assumptions and processes carried out in this study that affect the validity of the results. Especially healthy data and monetary values could not be calculated due to lack of data. It is planned to include the analyses of energy savings and health effects, which were not included in the study, in future studies with on-site field studies.

The following conclusions were drawn from the study conducted:

- * The choice of tree species, optimum age and crown cover gains importance in the context of ecosystem services, especially in cities located in the Mediterranean basin where the effects of climate change are increasingly felt.

- * Mature trees have important cultural and ecological value in providing ecosystem services (Lindenmayer & Laurance, 2017) and it is very important to preserve these trees in cities.

- * It would be appropriate to choose street trees in cities by considering their contribution to ecosystem services in the selection of species.

- * The presence of street trees in city centers offers many opportunities such as improving the ecosystem in cities, increasing biodiversity, climate change mitigation and is important in this sense.

REFERENCES

- Aba, S. C., O. O. Ndukwe, C. J. Amu & K. P. Baiyeri, 2017. The role of trees and plantation agriculture in mitigating global climate change. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 17 (4): 12691-12707. <https://doi.org/10.18697/ajfand.80.15500>
- Abdollahi, K.K., Z.H. Ning & A. Appeaning, 2000. *Global Climate Change and The Urban Forest*. LA: GCRCC and Franklin Press, Baton Rouge, 77 pp.
- Atkinson R. & J. Arey, 2003. Atmospheric degradation of volatile organic compounds. *Chem. Rev.*, 103 (12): 4605-4638, <https://doi.org/10.1021/cr0206420>
- Aurelle, D., S. Thomas, C. Albert, M. Bally, A. Bondeau, C. Boudouresque, A. E. Cahill, F. Carlotti, A. Chenuil, W. Cramer, H. Davi, A. De Jode, A. Ereskovsky, A. M. Farnet, C. Fernandez, T. Gauquelin, P. Mirleau, A. C. Monnet, B. Prévosto, V. Rossi, S. Sartoretto, F. Van Wambeke & B. Fady, 2022. Biodiversity, climate change, and adaptation in the Mediterranean. *Ecosphere*, 13 (4): e3915. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3915>
- Berland, A., S. A. Shiflett, W. D. Shuster, A. S. Garmestani, H. C., Goddard, D. L. Herrmann & M. E. Hopton, 2017. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162: 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>
- Bracho-Nunez, A., N.M. Knothe, S. Welter, M. Staudt, W.R. Costa, M.A.R. Liberato, M.T.F. Piedade & J. Kesselmeier, 2013. Leaf level emissions of volatile organic compounds (VOC) from some Amazonian and Mediterranean plants. *Biogeosciences*, 9 (11): 5855-5873. <https://doi.org/10.5194/bg-10-5855-2013>
- Coşkun Hepcan, Ç. & A. Cangüzel, 2021. Bornova Üniversitesi Caddesi yol ağaçlarının hava kalitesi üzerine etkisi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (2): 247-252. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.697540>
- Coşkun Hepcan, Ç. & Ş. Hepcan, 2017. Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinin hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem servislerinin hesaplanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (1): 113-120. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.299257>
- Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, D. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty & P. K. Snyder, 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309: 5734.
- Hand, K. L., K. J. Doick & J. L. Moss, 2019. *Ecosystem Services Delivery by Large Stature Urban Trees*, Research Report. Edinburgh, UK. ISBN: 978-1-83915-001-2, 20 pp.
- Hewitt, C.N., K. Ashworth & A. R. MacKenzie, 2020. Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*, 49: 62-73. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01164-3>
- i-Tree, 2020. i-Tree Eco: Application Overview. (Web page: <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco/i-tree-eco-overview>) (Date accessed: February 2021).
- Lindenmayer, D. B. & W. F. Laurance, 2017. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews*, 92 (3): 1434-1458. <https://doi.org/10.1111/brv.12290>
- Livesley, S.J., B. Baudinette & D. Glover, 2014. Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees-the impacts of canopy density and bark type. *Urban for Urban Green*, 13 (1): 192-197. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.09.001>
- Maco, S. E. & E. G. McPherson, 2003. A practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities. *Journal of Arboriculture*, 29 (2): 84-97. <https://doi.org/10.48044/jauf.2003.011>
- McPherson, E.G. & J. R. Simpson, 1999. *Carbon Dioxide Reductions Through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*, General Technical Report 171. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 237 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC., 137 pp.
- Moss, J. L., K. J. Doick, S. Smith & M. Shahrestani, 2019. Influence of evaporative cooling by urban forests on cooling demand in cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37: 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.023>
- Myers, S. S., L. Gaffikin, C. D. Golden, R. S. Ostfeld, K. H. Redford, T. H. Ricketts, W. R. Turner & S. E. Osofsky, 2013. Human health impacts of ecosystem alteration. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110 (47), 18753-18760. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218656110>
- Nikodinoska, N., A. Palett, F. Pastorella, M. Granvik & P.P. Franzese, 2018. Assessing, valuing and mapping ecosystem services at city level: the case of Uppsala (Sweden). *Ecological Modelling*, 368: 411-424. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.10.013>

- Nowak, D. J., J. C. Stevens, S. M. Sisinni & C. J. Luley, 2002. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*, 28 (3): 113-122.
- Nowak, D. J., S., Hirabayashi, M. Doyle, M. McGovern & J. Pasher, 2018. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29: 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019>
- Nowak, D., D. Crane, J. Stevens, R. Hoehn, J. Walton & J. Bond, 2008. A groundbased method of assessing the urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34: 347-358.
- Nowak, D.J., R. Hoehn & D.E. Crane 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture and Urban Forestry*, 33 (3): 220-226, DOI: 10.48044/jauf.2007.026.
- Phillips, D. L., 2011. Assessment of Ecosystem Services Provided by Urban Forests: Public Lands within the Urban Growth Boundary of Corvallis, Oregon, Presented at City of Corvallis, Commission on Civic Beautification and Urban Forestry meeting, Corvallis, OR, May 05, 2011.
- Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller & A. Okem, 2022. IPCC, 2022. "Summary for Policymakers, 3-33". In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- Rahman, M.A., A. Moser, M. Anderson, C. Zhang, T. Rötzer & S. Pauleit, 2019. Comparing the infiltration potentials of soils beneath the canopies of two contrasting urban tree species. *Urban Forestry & Urban Green*, 38: 22-32, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.11.002>
- Rogers, K., J. Goodenough, K. Frediani & J. Watson, 2018. Hyde Park tree benefits: i-tree eco technical report. treeconomics. (Web page: <https://www.itreetools.org/documents/350/TreeconomicsHydeParkReport.pdf>) (Date accessed: August 2021).
- Safford, H., E. Larry, E.G McPherson, D.J. Nowak & L.M. Westphal, 2013. Urban forests and climate change, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center. (Web page: www.fs.usda.gov/ccrc/topics/urban-forests) (Date accessed: November 2021).
- Scharenbroch, B. C., J. Morgenroth & B. Maule, 2016. Tree species suitability to bioswales and impact on the urban water budget. *Journal of Environmental Quality*, 45 (1): 199-206. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0060>
- Selim, C. & S. Atabey, 2020. Kentsel yol ağaçlandırmalarının sağladığı faydaların belirlenmesi: Antalya Atatürk Bulvarı Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (Özel Sayı): 235-247.
- Shadman, S., P. A. Khalid, M. M. Hanafiah, A. K. Koyande, M. A. Islam, S. A. Bhuiyan, K. S. Woon & P. Show, 2022. The carbon sequestration potential of urban public parks of densely populated cities to improve environmental sustainability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52: 1020649. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102064>
- Shah, A. M., G. Liu, Z. Huo, Q. Yang, W. Zhang, F. Meng, L. Yao & S. Ulgiati, 2022. Assessing environmental services and disservices of urban street trees. an application of the emergy accounting. *Resources, Conservation and Recycling*, 186: 106563. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106563>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), 2011. TEEB manual for cities: ecosystem services in urban management. (Web page: <http://teebweb.org/publications/other/teeb-cities/>) (Date accessed: September 2021).
- Tırnakçı, A., 2021. Sürdürülebilir Kentsel Açık-Yeşil Alanlar Olarak Mezarlıklar Ve Sunduğu Ekosistem Hizmetleri: Tarihi Seyyid Burhaneddin Mezarlığı-Kayseri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (1): 18-35. <https://doi.org/10.24011/barofd.785895>
- Tuğluer, M. & A. Gül, 2018. Kent ağaçlarının çevresel etkileri ve değerinin belirlenmesinde ufore modelinin kullanımı ve Isparta örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19 (3): 293-307. <https://doi.org/10.18182/tjf.341054>
- Turner-Skoff, J. B. & N. Cavender, 2019. The benefits of trees for livable and sustainable communities. *Plants, People, Planet*, 1 (4): 323-335. <https://doi.org/10.1002/ppp3.39>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 2013. Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management. Office of Wetlands. 1200 Pennsylvania Ave., NW Washington, DC 20460, 31 pp.
- Wai, K. M., T. Z. Tan, T. E. Morakinyo, T. C. Chan & A. Lai, 2020. Reduced effectiveness of tree planting on micro-climate cooling due to ozone pollution-A modeling study. *Sustainable Cities and Society*, 52 (101803). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101803>
- Wood, E. M. & S. Esaian, 2020. The importance of street trees to urban avifauna. *Ecological Applications*, 30 (7): e02149 (1-20). <https://doi.org/10.1002/eap.2149>



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):235-245
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1296642>

Ahmet Semih UZUNDUMLU¹

Ayten ZEYNALOVA²

Sait ENGİNDENİZ^{3*}

¹ Atatürk University Faculty of Agriculture
Department of Agricultural Economics,
25240, Erzurum-Türkiye

² Azerbaijan State Agricultural University,
Faculty of Agronomy, Department of
General Agriculture, Genetics and
Selection, Ganja-Azerbaijan

³ Ege University, Faculty of Agriculture,
Department of Agricultural Economics,
35100, Bornova/Izmir-Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar)

sait.engindeniz@ege.edu.tr

Keywords: Azerbaijan, cotton growing,
cotton production, forecast, ARIMA

Anahtar sözcükler: Azerbaycan, pamuk
yetiştiriciliği, pamuk üretimi, tahmin, ARIMA

Cotton production forecasts of Azerbaijan in the 2023-2027 periods

Azerbaycan'ın 2023-2027 dönemi pamuk üretim
tahminleri

Received (Alınış): 13.05.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 04.06.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to estimate the production area and amount for the years 2023-2027, taking into account the 1992-2022 cotton production area and production data of Azerbaijan, one of the countries that left the Union of Soviet Socialist Republics (USSR) in 1992.

Material and methods: The data used in this study were obtained from FAOSTAT and the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. The ARIMA method, which is one of the most commonly used methods for univariate time-series estimation, was used in this study.

Results: It was estimated that the production area will decrease continuously in 2023-2027, the average production area and production will be 91,942 ha and 324,156 tons, respectively, and the yield will be 3,549 kg/ha in these five years.

Conclusion: These results indicated that although the increase in productivity in Azerbaijan provides a significant increase in production, the production area should also be increased to become one of the leading countries in the world market. For this, government support needs to be increased.

ÖZ

Amaç: Bu araştırma, 1992 yılında Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nden (SSCB) ayrılan ülkelerden biri olan Azerbaycan'ın 1992-2022 pamuk üretim alanı ve üretim verilerini dikkate alarak 2023-2027 yılları için üretim alanı ve miktarını tahmin etmeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışmada kullanılan veriler FAOSTAT ve Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesinden temin edilmiştir. Araştırmada, tek değişkenli zaman serisi tahmini için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olan ARIMA yöntemi kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: 2023-2027 yıllarında üretim alanının sürekli bir düşüş yaşayacağı, ortalama üretim alanı ve üretimin sırasıyla 91.942 ha ve 324.156 ton olacağı, verimin ise ortalama 3.549 kg/ha olacağı tahmin edilmektedir.

Sonuç: Bu sonuçlar göstermektedir ki, Azerbaycan'da verimlilik artışı üretimde önemli bir artış sağlamakla birlikte, dünya pazarında lider ülkelerden biri olabilmek için üretim alanının da artırılması gerekmektedir. Bunun için destekler artırılmalıdır.

INTRODUCTION

Cotton is an important and strategic crop since it makes a significant contribution to the country's economy and its added value. In terms of processing, it is the raw material of the gin industry, the textile industry with its fiber, the oil and feed industry with its core, and the paper industry with its linter (Türkekel & Kantur, 2021).

In 1961-1991, according to the 31-year production area average, 33.40 million hectares of land was allocated to cotton production worldwide and 22.95% of this land was in India, 15.09% in China, 14.04% in the USA, 9.56% is in Brazil, 8.69% in the USSR and 6.02% in Pakistan. While the cotton production areas of Azerbaijan in 1992 constituted 8.04% of the cotton production areas of the USSR in 1961-1992, the cotton production areas of Azerbaijan in 1961-1992 period constituted approximately 0.70% of the cotton production areas of the World. In addition, according to the average of the 30-year production area in 1992-2021, 32.91 million hectares of land was allocated to cotton production in the world and 30.77% of this land was in India, 14.15% in China, 13.73% in the USA, 8.57% in Pakistan, 4.18% in Uzbekistan, and 3.26% in Brazil. During the same period, the cotton production areas of Azerbaijan, which ranked 34th in terms of cotton production area, constituted 0.31% of the world's cotton production areas. In this sense, the cotton production area of Azerbaijan has decreased by 50% in the world share (FAOSTAT, 2023).

In 1961-1991, an average of 41.13 million tons of cotton was produced in the world and 20.73% of the production was made in China, 18.25% in the USSR, 17.76% in the USA, 9.40% in India, 5.75% in Pakistan and 4.50% in Brazil. In addition, Azerbaijan cotton production in 1992 constituted 4.48% of the USSR cotton production in 1961-1992, while Azerbaijan cotton production in the 1961-1992 period constituted approximately 0.82% of the world cotton production. In addition, according to the 30-year production average in 1992-2021, 62.76 million tons of cotton was produced worldwide and 26.00% of this production was made by China, 18.17% by India, 15.44% by the USA, 8.31% by Pakistan, 5.40% by Uzbekistan and 5.00% by Brazil. In addition, cotton production in Azerbaijan, which ranked 30th in the world during the same period, constitutes 0.34% of the world's cotton production. When the 1961-1991 and 1992-2022 periods are compared, the share of Azerbaijan in cotton production decreased by more than half (FAOSTAT, 2023).

Azerbaijan made the largest export of ginned cotton in 2017-2021, exporting 20,037 tons of ginned cotton in 2017 and reaching 122,991 tons in 2021. Exports of cottonseed meal increased from 4,161 tons to 23,486 tons in the same period, while cottonseed exports increased from 0 tons to 27,831 tons, and cotton oil exports increased from 2,058 tons to 5,165 tons. In addition, in this period, only cotton seed imports draw attention to the import of cotton products from Azerbaijan, and the import of this product is 2,000-2,500 tons (FAOSTAT, 2023).

According to the latest data of the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan 40.1% of cotton growing areas were located in Mil-Mughan region, 27.7% in Karabakh region, 21.7% in Shirvan-Salyan region, 7.9% in Central Aran region and 2.6% in Ganja-Dashkasan region. Parallel to the production area, 38.4% of cotton production was from Mil-Mughan region, 28.3% from Karabakh region, 23.5% from Shirvan-Salyan region, 7.2% from Central Aran region and 2.6% from Ganja-Daskhasan region.

Some studies were conducted in the past on the the technical and economic aspects of cotton growing in Azerbaijan (Guseinov et al., 1979; Aliyev, 2009; Tagiyev, 2015; Bayramli, 2016; Mombekova et al., 2016; Seyidaliev & Mammadova, 2018; Seyidaliev et al., 2018; Gulaliyev et al., 2019; Prikhodko et al., 2019; Mursalov et al., 2020; Tagiyeva, 2020; Muradzada, 2021; Seyidaliev et al., 2021, Tagiyeva, 2021; Zeynalova, 2022; Zeynalova & Engindeniz, 2023). However, studies that estimate cotton production also need to be conducted. Research on the future of cotton production in Azerbaijan using different methods is important in terms of determining the measures that can be taken for the direction of production and ensuring sustainable production.

With the ARIMA model, forecasts are made for many agricultural production activities. Although it is seen that some studies have been carried out on cotton production, production area, yield, prices, and trade around the World (Debnath et al., 2013; Ozer & Ilkdogan, 2013; Borkar & Tayade, 2016; Darekar & Reddy, 2017; Ghosh, 2017; Umar et al., 2017; Wali et al., 2017; Kusuma et al., 2018; Basaran Caner & Engindeniz, 2020; Mayuri Barai et al., 2020; Elsamie et al., 2021; Mohanapriya & Ganapat, 2021; Rayasingh & Debasis Raut, 2021), no literature has been found on cotton production and trade estimation of Azerbaijan. There are studies in which only some non-agricultural estimations are made (Sivri, 2016; Ahmadova, 2020; Mammadov, 2023).

The main objective of this study was to forecast the cotton production area, production, and yield in Azerbaijan in the coming years using data from the FAO and the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan and the ARIMA model.

MATERIALS and METHODS

Data

The primary data of the study were obtained using the cotton production area and unginning cotton production data of Azerbaijan for the years 1992-2021 from FAOSTAT and the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan for the year 2022. In particular, it was necessary to obtain the data of the 1990s from FAOSTAT. It was determined that the data after 2000 were the same data in both institutions. In addition, much study data for the estimation of agricultural products, especially cotton production, and processing, were used as secondary data in this study. Thus, in this study, forecasts for the years 2023-2027 were made using cotton production and area data for the years 1992-2022.

Methods

In this study, the ARIMA method was used for the forecasts for the years 2023-2027, while the SAS 9.4 statistical program was used in the analysis of this method, and the Microsoft Excel program was used to obtain the pre-analysis values and the graphics of the forecast values obtained as a result of the analysis. In addition, yield values were calculated for unginning cotton for the years 1993-2027 by proportioning the cotton production amount to the production area.

ARIMA Models

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), is the most widely used model in these series, as it is the easiest and most understandable model for adapting a linear model when considering all-time-series strategies (Tarmanini et al., 2023). Box and Jenkins discovered this model, which is also known as the Box-Jenkins model (Tekindal et al., 2020). While this method is suitable for short-term forecasts, it creates large differences as maturity increases. In order for the Box-Jenkins models to be applied, the data should be stationary, normally distributed, and the data should be complete and not have any missing year values (Uzundumlu et al., 2019). In this method, model determination, parameter estimation, and adequacy control of the model are made, the most appropriate model is determined, and estimations can be made as a result of this model (Hosny et al., 2023).

In the model determination phase, autocorrelations, inverse autocorrelations, partial autocorrelations, and cross-correlations were calculated and whether it was necessary to consider a difference was tested. In the second stage, control statistics were used to evaluate the adequacy of the model during the prediction and diagnostic control stages. Significance tests for parameter estimations are used to check whether the model explains all the variations in the series, and when these tests show a problem, it is necessary to return to the model determination phase to use another model (SAS, 2014). When these two stages are performed safely, the most appropriate models determined by SCAN (Smallest Canonical Correlation Method) and ESACF (Extended Sample Autocorrelation Function), are determined by considering the Akaike Information Criteria (AIC) or Bayesian Information Criteria (BIC) and estimations are made.

The ARIMA method generates the most appropriate models by obtaining a series that includes an autoregressive (AR) and a moving average (MA) model (Zhang & Meng, 2023). Here, AR, or P, represents the number of autoregression terms; MA or Q the number of terms of the moving average, and D, or I, the number of difference operations performed to make a stationary series (Wang & Pan, 2022).

The AR model is given in equation 1, and the variable formation is given in equation 2 (Shumway et al., 2000).

$$y_t = (\alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i * y_{t-i} + \varepsilon_t) \text{ and} \quad (1)$$

$$\alpha = \mu (1 - \varphi_1 - \varphi_2 \dots - \varphi_p) \quad (2)$$

The MA model is shown in equation 3.

$$y_t = (\alpha + \sum_{i=1}^q \theta_i * \varepsilon_{t-i}) \quad (3)$$

Some studies and software packages have formulated an MA model with negative coefficients (Shumway et al., 2000).

The ARMA model is expressed in equation 4.

$$y_t = (\alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i * y_{t-i} + \varepsilon_t) + (\sum_{i=1}^q \theta_i * \varepsilon_{t-i}) \quad (4)$$

Equation 5 was obtained by opening the ARMA model (Mishra et al., 2021).

$$y_t = \alpha + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (5)$$

Equation 6 is obtained by adding periodic difference operation to the fifth equation in the ARIMA model.

$$y_t = (\alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i * y_{t-i} + \varepsilon_t) * (1 - B)^d + (\sum_{i=1}^q \theta_i * \varepsilon_{t-i}) \quad (6)$$

Another formation of the ARIMA model is given by equation 7 (Afrifa-Yamoah, 2015; Du, 2018).

$$\varphi(B)(1 - B)^d * y_t = \theta(B) * \varepsilon_t \quad (7)$$

When the sixth equation was adapted to the seventh equation, the eighth equation was obtained (Kalardar, 2009).

$$(1 - a_1 B^1 - a_2 B^2 \dots - a_p B^p) * (1 - B)^d y_t = (1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (8)$$

$(1 - B)^d$ term is the d-order difference operation, $(1 - B)^d y_t$ for $d=1$ and $B y_t = y_{t-1}$ can be written. Moreover for $d=2$, $B^2 y_t = y_{t-2}$ or $B^1 y_{t-1} = y_{t-2}$ can be written.

ARIMA (2, 1, 1) model for $p=2$, $d=1$ and $q=1$

$(1 - a_1 B^1 - a_2 B^2) * (1 - B)^{d=1} y_t = (1 - \theta B) \varepsilon_t$ can be written and for $p=4$, $d=1$ and $q=1$ the ARIMA (4, 1, 1) model can be written as follows:

$$(1 - a_1 B^1 - a_2 B^2 - a_3 B^3 - a_4 B^4) * (1 - B)^{d=1} y_t = (1 - \theta B) \varepsilon_t$$

In the above equations;

y_t = the observation values in the series at time t,

α = constant number,

φ_i = Parameters of y_{t-i} in delay time i,

ε_t = white noise at time t (shown as WN (0, σ^2))

p = maximum delay time for AR,

q = maximum delay time for MA,

θ_i = Parameters of ε_{t-i} at delay time i, $(1-B)^d$ = shows the d-order difference operation.

AR and MA components are determined using Auto Correlation Function (ACF) and Partial Auto Correlation Function (PACF) (Mishra et al., 2022). If the data are stationary, the ARMA model, which includes the AR and MA models, makes predictions, whereas if the data is not stationary, the ARIMA model are used for the estimation (Uzundumlu & Dilli, 2023). In other words, in order to apply ARIMA, the series must be stationary. Any model derived from stationary data will remain constant in different periods and will provide validity for future forecasts. Non-stationary data are converted to stationary data using normal difference or logarithmic transformation (Akgül, 2003; Hosny et al., 2023). Different tests such as the Augmented Dickey-Fuller test (ADF), Kwiatkowski Phillips-Schmidt-Shin test (KPSS) and Phillips-Perron test (PP) were used to check the stationarity of the data, and ADF and PP tests were used in this study. It was determined that the data were not stationary when the unit root tests were carried out; therefore, the data were made stationary by performing the difference operation, and in this case, there was white noise in the data. In this study, in order to convert the difference process into a format suitable for analysis in Excel, 4 columns were opened to the right of the data and three-year lag values were written according to t , t_1 , t_2 and t_3 . Starting from the first line, they are sorted with the numbers t 1992-2022 (1-31), t_1 numbers 1993-2022 (1-30) by leaving the first line blank, t_2 numbers 1994-2022 (1-29) by leaving the first two lines blank, and the last two lines. The first 3 rows in the column were left blank and included the numbers 1995-2022 (1-28). As a result of the analysis, it was determined that the stationarity condition was met by performing a one-term difference operation on the cotton data.

Up to this stage, the creation of the model and parameter estimations were determined. At this stage, the most suitable models determined by SCAN and ESACF were determined and model confusion was avoided and the most suitable model was determined according to the smallest value of the AIC or BIC criteria (Uzundumlu & Dilli, 2023). In this study, the smallest values of the deviation between the smallest of the AIC, BIC, SBC, SSE, MSE, MAE, MAPE, RMSE, HQC values and the annual average realized value of the 1993-2022 and 2018-2022 annual mean values, the DW was 2.00. and according to the results with R^2 close to 1, the model that met the most criteria was accepted as the most appropriate ARIMA model.

RESULTS and DISCUSSION

Current and estimated cotton production area of Azerbaijan

The evaluation of the most suitable models determined by SCAN and ESACF in terms of certain criteria in the estimations made by considering the cotton production area data of Azerbaijan for the years 1992-2022 is tabulated in Table 1.

Table 1. Sorting criteria tests and estimated deviations by p and q values for the production area

Çizelge 1. Üretim alanı için p ve q değerlerine göre sıralama kriterleri testleri ve tahmin edilen sapmalar

p	q	BIC	SSE	MSE	SBC	MAE	MAPE	DW	RMSE	AIC	HQC	R^2	1993-2022	2018-2022
0	0	20.00	178.42	66.08	650.43	19.22	277.89	1.77	25.71	649.09	649.50	0.33	0.00	1.92
0	1	19.81	145.50	53.89	644.72	15.91	77.74	2.03	23.21	643.38	643.79	0.57	-0.26	5.62
2	2	20.04	157.83	58.45	646.99	17.54	168.86	1.82	24.18	645.66	646.07	0.29	0.23	-4.62
3	1	20.02	145.80	54.00	644.77	15.99	75.76	2.03	23.24	643.44	643.85	0.57	-0.27	5.85
4	1	20.04	145.26	53.80	644.67	16.02	112.59	2.03	23.20	643.34	643.74	0.56	-0.24	4.58
5	1	20.03	145.40	53.85	644.70	16.01	180.05	2.03	23.21	643.36	643.77	0.57	-0.29	7.06

Note: SSE value 10^8 , MSE value 10^7 , MAE and RMSE values must be multiplied by 10^9 .

As can be seen from the table, the ARIMA (0, 1, 0) model among these models is a good model since the deviation between the estimated values realized in 1993-2022 and 2018-2022 is the least. ARIMA (0, 1, 1) model seems to be a good model when BIC, MAE, MAPE and R^2 are taken into account, and ARIMA (4, 1, 1) model has been a good model according to SSE, MSE, SBC, DW, RMSE, AIC, HQC values. This model has been determined as the most appropriate model among these six models, with

the deviation between 1993-2022 and 2018-2022 actual and predicted values being -0.24% and 4.58%, and being in the first place in more criterion tests.

In Figure 1, the cotton production area of Azerbaijan for 1993-2022 and the estimated production area for 1993-2027 are given.

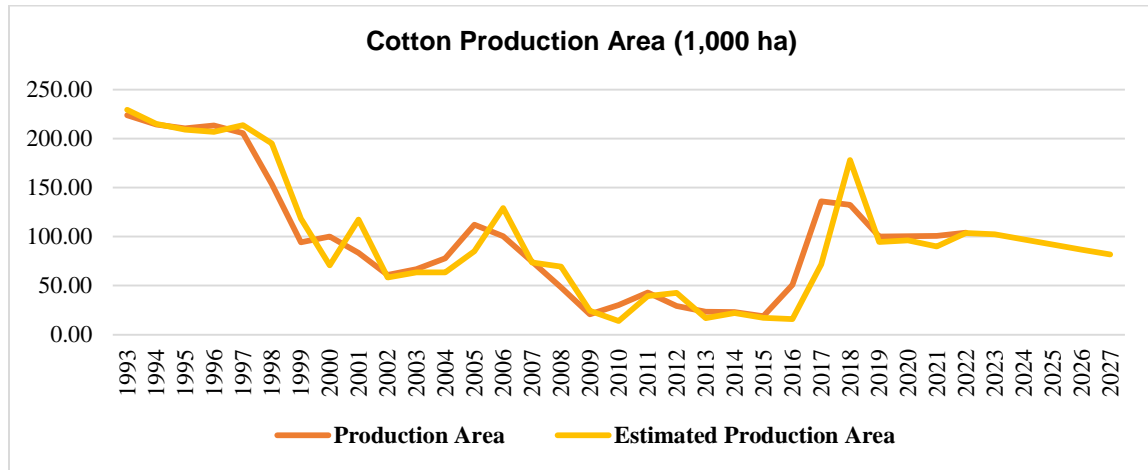


Figure 1. Estimation of cotton production area for 1993-2027 in Azerbaijan.

Grafik 1. Azerbaycan'da 1993-2027 yılları için pamuk üretim alanı tahmini.

When the cotton production area of Azerbaijan over the years was examined, while production was made in an area of 230,000 hectares in the first years, it reached 100,000 hectares in 1999 and 60,000-115,000 hectares in the years 2000-2005, and with a huge decrease, it reached 20,000 hectares in 2009. and 40,000 hectares with increases in 2010-2015, and then to 20,000 hectares. It is expected that there will be a small decrease period in 2023-2027 and production will be made in an area of 102,287 hectares in 2023, 97,168 hectares in 2024, 92,024 hectares in 2025, 86,588 hectares in 2026, and 81,645 hectares in 2027. The average for these five years will be 91,942 ha. In addition, in the 1993-2022 period, the annual average cultivated area was 98,370 ha, and the estimated annual average cultivated area was 98,136 ha, that is, the deviation between the actual and estimated values was -0.24%. When the 1961-1991 and 1992-2022 periods for the cotton production area of Azerbaijan were compared, according to FAOSTAT (2023) data, according to the 31-year production area average in 1961-1991, 33.40 million hectares of cotton were planted annually, while 32.91 million hectares of cotton were planted in the years 1992-2021. Total production area (in million hectares) and Azerbaijan's share of world production decreased from 0.70% to 0.31% in the same period.

Current and estimated cotton production of Azerbaijan

Table 2 shows the evaluation of the most suitable models determined by SCAN and ESACF in terms of ranking criteria tests for the estimations made according to the cotton production amount data of Azerbaijan for the years 1992-2022.

Table 2. Sorting criteria tests and estimated deviations according to p and q values for production quantity

Çizelge 2. Üretim miktarı için p ve q değerlerine göre sıralama kriterleri testleri ve tahmin edilen sapmalar

p	q	BIC	SSE	MSE	SBC	MAE	MAPE	DW	RMSE	AIC	HQC	R ²	1993-2022	2018-2022
0	0	21.06	586.72	217.30	683.76	30.18	114.19	1.95	46.62	682.43	682.83	0.37	0.00	-7.94
2	1	21.28	582.60	215.78	683.56	29.88	211.02	1.90	46.45	682.23	682.64	0.47	-0.44	-3.26
4	1	21.36	592.51	219.45	684.03	30.35	84.75	1.94	46.85	682.70	683.11	0.46	-0.20	-6.27
5	0	21.35	585.41	216.82	683.69	30.20	119.45	1.95	46.56	682.36	682.77	0.37	0.05	-8.03

Note: SSE value 108, MSE value 107, MAE, and RMSE values must be multiplied by 103.

As can be seen from the table, the ARIMA (0, 1, 0) model is a good model for BIC and DW ranking criteria tests and for the criteria that took place between 1993-2022 and had the least deviation between the estimated values. ARIMA (5 1.0), on the other hand, seems to be a good model since it is the second model with the lowest deviation between the DW ranking criteria test and the estimated values between 1993-2022, while ARIMA (4, 1, 1) is only in terms of the MAPE criterion. ARIMA (2, 1, 1) model is the best model because it ranks first in more criteria than BIC, SSE, MSE, SBC, MAE, RMSE, AIC, HQC and R2 values. In addition, this model was determined as the most appropriate model among these six models, since the deviation between the estimated values in 2018-2022 was -3.26%. In this model, the deviation between the actual and estimated values between 1993-2022 is -0,44%.

In Figure 2, the cotton production amount of Azerbaijan for the years 1993-2022 and the production amount for the years 1993-2027 are estimated.

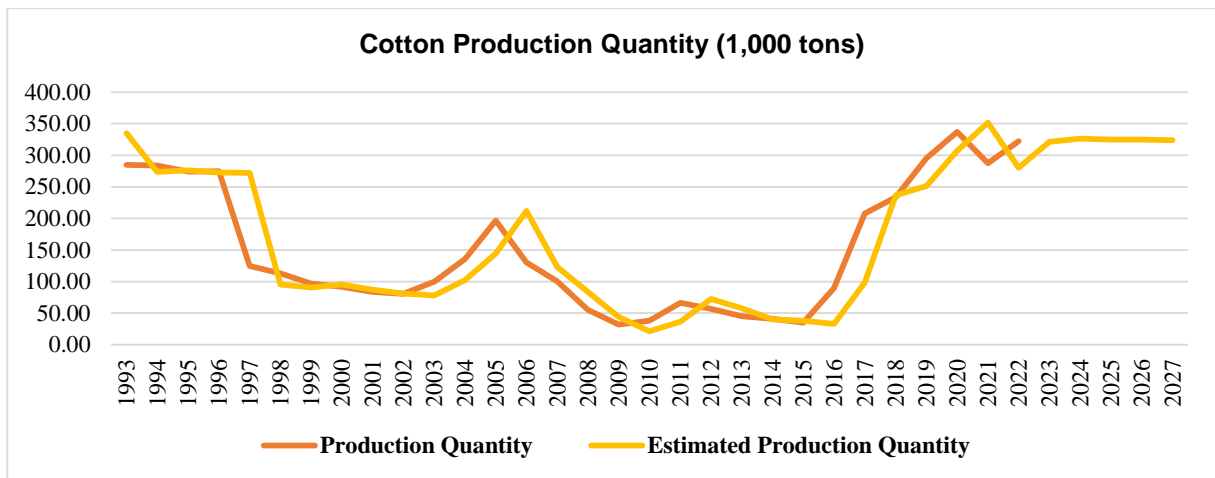


Figure 2. Estimation of cotton production amount for 1993-2027 in Azerbaijan.

Grafik 2. Azerbaycan'da 1993-2027 yılları için pamuk üretim miktarı tahmini.

When the cotton production amount of Azerbaijan between 1993-2022 was examined, it was 284,500 tons in 1993, and the amount of production fluctuated from this date until 2003, and it decreased to 80,428 tons in 2002. It reached 196,000 tons with a continuous increase in 2003-2005 and decreased to a production of 100,000-130,000 tons in 2006-2007, while in 2008-2015 it provided a production of 32,000-66,000 tons with increases and decreases. Between 2016 and 2020, it started producing more than 300,000 tons by 2020 by providing a continuous increase. 287,000 tons and 322,000 tons of cotton were produced in 2020 and 2021, respectively. It is expected that approximately 320,000 tons of products will be realized in 2023-2027 with small variations. According to the estimations, 321,324 tons of production will be produced in 2023, 326,102 tons in 2024, 324,968 tons in 2025, 324,773 tons in 2026, and 323,614 tons in 2027. During this period, the annual cotton production was estimated to be 324,156 tons. In addition, while the annual average production was 149,699 tons in the 1993-2022 period, the estimated value was 150,360 tons. Accordingly, the deviation between the actual and estimated values for the estimated annual average cotton production was -0.44%. According to FAOSTAT (2023) when cotton production in Azerbaijan was compared between 1961-1991 and 1992-2022 periods, annual cotton production was 41.13 million tons in the first period, while average production increased to 62.76 million tons in 1992-2021. Azerbaijan's share decreased from 0.82% to 0.34% in world production.

Current and estimated cotton yield of Azerbaijan

The cotton yield of Azerbaijan for the years 1993-2022 is depicted in Figure 3 and yield estimates are obtained from the production area and production amount estimates for the years 1993-2027.

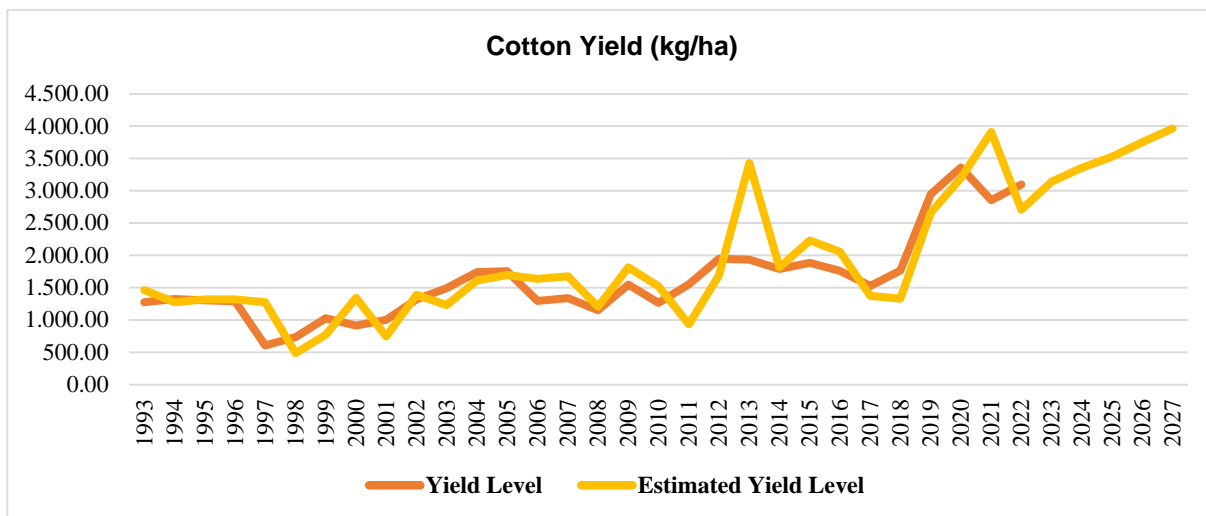


Figure 3. Estimation of cotton yield for 1993-2027 in Azerbaijan.

Grafik 3. Azerbaycan'da 1993-2027 yılları için pamuk verimi tahmini.

When the cotton yield of Azerbaijan in 1993-2022 was examined, it was 1,272 kg/ha in 1993 and it did not change much in 1993-1996, and it was 1,330 kg/ha. The average yield was 671 kg/ha as a decrease in 1997-1998, an average of 982 kg/ha with an increase in the period 1999-2001, and an average yield of 1,576 kg/ha with a continuous increase in the 2002-2005 period. There was not much change and the average yield was 1,358 kg/ha, while there was no significant difference in the 2012-2018 period and an average of 1,800 kg/ha, the annual average yield increased in the 2019-2022 period and became 3,066 kg/ha. In 2023-2027, the average yield will be 3,549 kg/ha. It is estimated that the annual yield will be 3,141 kg/ha in 2023, 3,356 kg/ha in 2024, 3,531 kg/ha in 2025, 3,751 kg/ha in 2026, and 3,964 kg/ha in 2027. In addition, while the annual yield was 1,626 kg/ha in the 1993-2022 period, the estimated annual yield was 1,703 kg/ha. Accordingly, the deviation between the actual and estimated values of the estimated annual average cotton production was 4.72%.

CONCLUSION

In the years when Azerbaijan became an independent state and country, the cotton production area was 230,000 ha, the production was 336,000 tons and the yield was 1,440 kg/ha; however, over time, the production area decreased to 20,000 hectares. With the contribution of external income, especially in products such as ginned cotton, cotton seeds, and cottonseed oil, the production area was expanded over time to around 100,000 hectares. In recent years, the average production has increased to 310,353 tons and the yield has increased to 3,066 kg/ha. In 2023-2027, it is estimated that the average production area will be 91,942 ha, the production will be 324,156 tons, and the yield will be 3,549 tons/ha. In this period, it is expected that the production area will be 82,000-102,000 ha and the production will be approximately 321,000-326,000 tons. These results show that the production level of Azerbaijan in the 2023-2027 period will approach the production level in 1992, but the biggest factor in this approach here is due to the effect of the increase in yield over time, and a decline up to 80,000 ha is observed instead of an improvement in the production area. The most important factors in this increase in yield are technology development, innovations in input use and certified seed imports. In addition to this increase in productivity, the production area should also be increased to a certain extent, even if not as much as in 1992s. The textile sector and cotton products of Azerbaijan, which will develop over the years, will be able to respond to the export demand by increasing both the production area, the yield and the production area by making a 2 or 3 year alternation of the products that provide a good alternation with cotton.

A study conducted in Azerbaijan revealed that cotton generates less income than competing crops, such as sunflower, corn, alfalfa, and tomato, due to higher production costs. The results suggest that yield should be increased to increase the profitability of cotton production (Prikhodko et al., 2019). Farmers earned \$880-\$950 per hectare with subsidies, which was found to be low in another study. This study determined that processors earn more income than cotton farmers (Tagiyeva, 2020). These data indicate that the state should support cotton farmers.

In Azerbaijan, the “State Program for the Development of Cotton Production” was implemented for the 2017-2022 years. This program aims to increase cotton production, revive the ginning and processing industry, develop employment opportunities, and improve exports (Zeynalova & Engindeniz, 2023). Through this program, the government became involved in the cotton industry. The government sets the annual supply price of seed cotton and pays additional subsidies per ton. The cotton purchase price was determined to be \$470/ton for first grade, \$458/ton for second grade, \$435/ton for third grade, and \$411/ton for fourth grade by its quality in 2022. In addition, from 2022, a subsidy of \$100 will be paid to farmers for each ton of cotton in 2022. It also implements policies that facilitate the supply of inputs by the state in Azerbaijan (Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, 2023). The continuation of the price and premium support of the state in Azerbaijan, as well as the application of input support per production area, as in Turkey, will provide important contributions in terms of increasing production.

Developing and sustaining cotton cultivation in Azerbaijan and making its production sustainable, early cotton varieties should be expanded by considering the climatic conditions. Efficient cotton varieties should be developed using breeding studies. Support for the supply of inputs and agricultural machinery to farmers should continue. Cotton purchase prices should encourage farmers, and prices should be stabilized. Farmers should also be encouraged to participate. Farmers should be informed about agricultural insurance, and support should be provided in this direction. Soil structure should be improved in cotton production areas, improvements should be made in cotton production areas and irrigation opportunities should be increased. The number of cotton-processing factories should be increased and their technological infrastructure should be developed.

Azerbaijan exports cotton to Russia and Turkey. The demand of Russia is increasing, whereas Turkey is sustaining a certain demand. According to data from The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan realized 93% of its total cotton (fiber) export (122,991 tons) to Turkey in 2021. Other importing countries include the Islamic Republic of Iran and Russia. In the same year, Azerbaijan made 88% of its total cotton (fabric) export (18,429 tons) to Turkey. Other importing countries include Russia, Pakistan, and Bangladesh. As the global cotton trade stagnates and competition among higher producer's increases, Azerbaijan needs to become more competitive and improve cotton quality to sustain and develop its market share.

REFERENCES

- Afrifa-Yamoah, E., 2015. Application of ARIMA models in forecasting monthly average surface temperature of Brong Ahafo Region of Ghana. *International Journal of Statistics and Applications*, 5 (5): 237-246. [https://doi: 10.5923/j.statistics.20150505.08](https://doi.org/10.5923/j.statistics.20150505.08)
- Ahmadova, E., 2020. “Adaptive method of econometric modeling and forecasting of Azerbaijan's GDP, 184-193”. *Proceeding of 55th International Scientific Conference on Economic and Social Development (June 18-19 2020, Baku-Azerbaijan)*. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency, 873 pp.
- Akgül, I., 2003. *Analysis of Time Series and ARIMA Models*. Der Publications, Istanbul-Turkey, 148 pp.
- Aliyev, S., 2009. History of cotton agriculture and cotton products in Azerbaijan. *Journal of History and Its Problems*, 1 (1): 399-403.
- Basaran Caner, C. & S. Engindeniz, 2020. Estimating of cotton production of Turkey using ARIMA model. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 26 (1): 63-70. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.681079>
- Bayramli, G., 2016. The past and present of cotton cultivation in Azerbaijan. *The Journal of International Scientific Researches*, 1 (2): 16-23. <https://doi.org/10.23834/isrjournal.251520>

- Borkar, P. & P.M. Tayade, 2016. Forecasting of cotton production in India using ARIMA models. *International Journal of Research in Economics and Social Sciences*, 6 (5): 1-7.
- Darekar, A. & A.A. Reddy, 2017. Cotton price forecasting in major producing states. *Economic Affairs*, 62 (3): 373-378. <https://doi.org/10.5958/0976-4666.2017.00047.X>
- Debnath, M.K., K. Bera & P. Mishra, 2013. Forecasting area, production and yield of cotton in India using ARIMA model. *Research and Reviews: Journal of Space Science and Technology*, 2 (1): 16-20.
- Du, Y., 2018. "Application and analysis of forecasting stock price index based on combination of ARIMA model and BP neural network, 2854-2857". *Proceeding of 2018 Chinese Control and Decision Conference (June 9-11, 2018, Shenyang-China)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 693 pp.
- Elsamie, M.A., T. Ali & D. Zhou, 2021. Using a dynamic time series model (ARIMA) for forecasting of Egyptian cotton crop variables. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 31 (3): 810-823.
- FAOSTAT, 2023. Crop Production and Trade Statistics. (Web page: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>) (Date accessed: March 2023).
- Ghosh, S., 2017. Forecasting Cotton Exports in India using the ARIMA model. *Amity Journal of Economics*, 2 (2): 36-52.
- Gulaliyev, M.G., S.T. Abasova, E.R. Samedova, L.A. Hamidova, S. Valiyeva & L.R. Serttash, 2019. Assessment of agricultural sustainability (Azerbaijan Case). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (Suppl. 2): 80-89.
- Guseinov, A., F. Babaev & A. Eminbeili, 1979. Wilt resistant varieties from the collection of the Azerbaijan Scientific-Research Cotton Institute. *Khlopkovodstvo*, 9 (1): 35-36.
- Hosny, S., E. Elsaid & H. Hosny, 2023. Prediction of construction material prices using ARIMA and multiple regression models. *Asian Journal of Civil Engineering*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00597-2>.
- Kusuma, G., V. Venkata Krishna & N. Naga Vardhanam, 2018. Forecasting model of cotton production in Andhra Pradesh using auto regressive integrated moving average (ARIMA). *International Journal of Management, Technology and Engineering*, 8 (12): 168-179.
- Mammadov, T., 2023. Azerbaijan natural gas production 2022-2024 forecast by ARIMA (0,1,2) method. *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science*, 6 (1): 39-47.
- Mayuri Barai, M., G. Yadav & A. Khamborkar, 2020. Forecasting of cotton production in Nagpur District of Maharashtra India. *International Journal of Science and Research*, 9 (12): 1556-1561. <https://doi.org/10.21275/SR201225183516>
- Mishra, A.K., S. Singh, S. Gupta, S. Gupta & R.K. Upadhyay, 2022. Forecasting future trends in crude oil production in India by using Box-Jenkins ARIMA. *AIP Conference Proceedings*, 2481: 1-11. <https://doi.org/10.1063/5.0103682>.
- Mishra, S, D.K. Swain, D. Mishra & G.H. Santra, 2021. "Time series analysis of rainfall for Puri District of Odisha using ARIMA modelling, 419-426". In: *Intelligent and Cloud Computing*. (Eds. S. Mishra, D.K. Swain, D. Mishra & G.H. Santra), Springer- Singapore, 834 pp.
- Mohanapriya, M. & P.S. Ganapat, 2021. Forecasting futures trading volume for cotton using vector auto regression and ARIMA Model. *Madras Agricultural Journal*, 107 (10-12): 1-4. <https://doi.org/10.29321/MAJ.10.000550>
- Mombekova, G., G. Turysbekova & A. Baimbetova, 2016. Managing innovational processes at cotton processing enterprises in Central Asia Countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6 (Special Issue-2): 164-171.
- Muradzada, F., 2021. Cotton industry in Azerbaijan. Capstone Project, ADA University. Baku-Azerbaijan, 42 pp.
- Mursalov, E., K. Mammadov, Z. Kazimov & R. Shahbazov, 2020. Development of the cotton industry and its socio-economic impact on the Azerbaijan economy. Research Paper. ADA University. Baku-Azerbaijan. 12 pp.
- Ozer, O.O. & U. Ilkdogan, 2013. The World cotton price forecasting by using Box-Jenkins model. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2 (10): 13-20.
- Prikhodko, D., B. Sterk, Y. Ishihara, F. Mancini, H. Muminjanov & H. Weissen, 2019. Azerbaijan: cotton sector review. *FAO Investment Centre Country Highlights*. Rome, FAO, 37 pp.
- Rayasingh, M. & A.B. Debasis Rout, 2021. Forecasting of cotton prices in major producing states using ARIMA. *International Engineering. Journal for Research and Development* 6: 1-8. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/93CSB>
- SAS, 2014. SAS 13.2 User's Guide the ARIMA Procedure. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. (Web page: <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/ets/132/ARIMA.pdf>) (Date accessed: March 2023).
- Seyidaliev, N.Y., K. Khalilov & M.Z. Mamedova, 2021. Influence of different seeding methods and fertilization rates on the structural performance of cotton varieties. *Research in Agricultural and Veterinary Sciences*, 5 (3): 117-120.

- Seyidaliev, N.Y. & M.Z. Mamedova, 2018. Effect of integrated agronomic practices on the growth of cotton. *World Science*, 2 (2): 7-8.
- Seyidaliev, N.Y., A.O. Hasanova, & M.Z. Mamedova, 2018. Effect of integrated agronomic practices on the growth and development of cotton. *European Sciences Review*, 1-2: 204-209.
- Shumway, R.H., & D.S. Stoffer, 2000. *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer Texts in Statistics, Springer Science and Business Media, New York, 543 pp.
- Sivri, U., 2016. "Investigation of time series properties of Azerbaijan gross domestic product series, 515-520". *Proceeding of Third International Symposium on Turkic World Studies (25-27 May 2016, Baku-Azerbaijan)*, Baku Eurasian University, 588 pp.
- Tagiyev, A.A., 2015. Agrobiological, economic value and technological quality indicators of fiber of new regionalized and promising cotton varieties. *Azerbaijan Agrarian Scientific Journal*, 2: 52-55.
- Tagiyeva, L., 2020. "The role of cotton in the development of regions, 652-657". *Proceeding of 55th International Scientific Conference on Economic and Social Development (18-19 June 2020, Baku-Azerbaijan)*, Varazdin Development and Entrepreneurship Agency, 873 pp.
- Tagiyeva, I., 2021. "Improving state Support for the Development of the Cotton Sector in Azerbaijan, 375-380". *Proceeding of 70th International Scientific Conference on Economic and Social Development (25-26 June 2021, Baku-Azerbaijan)*, Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and University North, 1207 pp.
- Tarmanini, C., N. Sarma, C. Gezeğin & O. Ozgonenel, 2023. Short term load forecasting based on ARIMA and ANN approaches. *Energy Reports*, 9: 550-557.
- Tekindal, M.A., H. Yonar, A. Yonar, M. Tekindal, M.B. Cevrimli, H. Alkan & B. Mat, 2020. Analyzing COVID-19 Outbreak for Turkey and Eight Country with Curve Estimation Models, Box-jenkins (ARIMA), Brown Linear Exponential Smoothing Method, Autoregressive Distributed Lag (ARDL) and SEIR Models. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 36 (Covid-19 Special Iss): 142-155. <https://doi.org/10.15312/EurasianJVetSci.2020.304>
- The Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, 2023. *Agricultural Supports*. (Web page: <https://www.agro.gov.az/en>) (Date accessed: April 2023).
- The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2023. *Crop production and trade statistics*. (Web page: <https://www.stat.gov.az/search/?q=cotton>) (Date accessed: April 2023).
- Türkekel, B. & Ç. Kantur, 2021. International competitiveness of the Turkish cotton and cotton weaving products: a constant market share and revealed comparative advantage analysis. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 58 (4): 615-628. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.871428>
- Umar, S.N., W. Krishna, B.R. Murthi, T. Gangaram & P.S. Aali, 2017. Forecasting of cotton area, production, productivity using ARIMA models in Andhra Pradesh. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 6 (3): 138-141.
- Uzundumlu, A.S., A. Bilgic & N. Ertek, 2019. Prediction of hazelnut production quantity with the ARIMA model of Turkey's provinces leading hazelnut production in the last seven years. *Academic Journal of Agriculture*, 8: 115-126. <http://doi.org/10.29278/azd.591588>
- Uzundumlu, A.S. & M. Dilli, 2023. Estimating chicken meat productions of leader countries for 2019-2025 years. *Ciência Rural*, 53 (2): 1-12. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210477>
- Wali, V.B., D. Beeraladinni, & H. Lokesh, 2017. Forecasting of area and production of cotton in India: an application of ARIMA Model. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5 (5): 341-347. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5409>
- Wang, J. & W. Pan, 2022. "Flight delay prediction based on ARIMA, 186-190". *Proceeding of International Conference on Computer Engineering and Artificial Intelligence (ICCEAI) (22-24 July 2022, Shijiazhuang-China)*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 895 pp.
- Zeynalova, A. & S. Engindeniz, 2023. "An evaluation on the sustainability of cotton growing in Azerbaijan, 188-200". *Proceeding of Avrasya 7th International Conference on Applied Sciences (10-12 March 2023, Budapest-Hungary)*, Academy Global Publishing House, 449 pp.
- Zeynalova, A., 2022. Study of sowing quality, oiliness and resistance to wilt disease of seeds of geographically distant cotton varieties. *Research in: Agricultural and Veterinary Sciences*, 6 (2): 104-110.
- Zhang, Y. & G. Meng, 2023. Simulation of an adaptive model based on AIC and BIC ARIMA predictions. *Journal of Physics: Conference Series*, 2449 (2023): 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2449/1/012027>



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2): 247-255
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1278885>

Fırat Kömekçi^{1*}

Adnan Değirmencioğlu¹

¹ Ege University Faculty of Agriculture,
Department of Agricultural Machinery and
Technologies Engineering, 35100,
Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar)

firat.komekci@ege.edu.tr

Development of mathematical models to predict the load-carrying capacity of tractor tires on rigid surface

Traktör lastiklerinin rijit yüzeydeki taşıma kapasitesinin tahminlenmesi için matematiksel modellerin geliştirilmesi

Received (Alınış): 07.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 11.06.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to develop the load-carrying capacity models of tractor tires on the rigid surface for both, radial and bias tires.

Material and Methods: In order to develop functions, two tire constructional variables (section width and overall diameter), inflation pressure, and forward speed for the load-carrying capacity model were considered. The models developed in the literature for the load-carrying capacity of tires on rigid and soil surfaces were built on some limited data and as a result of this, the predominant variable and contribution of other variables still remain unknown. This study has the widest range of tractor tire sizes (width and diameter). The load-carrying capacity models developed in this study were verified with the theoretical models and experimental measurement values in the literature.

Results: As a result of the study, it was found that the appropriate mathematical models were in non-linear (power) form and the coefficient of determination of the models was greater than 0.95.

Conclusion: The models were verified against published data in the literature and found that the predictions from the models are in good agreement with the measured values.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı hem radyal hem de diyagonal traktör lastiklerinin rijit yüzey üzerindeki yük taşıma kapasitesi modellerini geliştirmektir.

Materyal ve Yöntem: Radyal ve diyagonal lastikler için yük taşıma kapasitesi modellerini geliştirmek amacıyla iki lastik yapısal değişkeni (kesit genişliği ve toplam çap), şişirme basıncı ve ilerleme hızı dikkate alınmıştır. Lastiklerin rijit ve toprak yüzeylerdeki yük taşıma kapasiteleri için literatürde geliştirilen modeller sınırlı veriler üzerine inşa edilmiştir ve bunun sonucunda baskın değişken ve diğer değişkenlerin katkısı hala bilinmemektedir. Bu çalışma oldukça geniş aralıktaki traktör lastiği boyutlarıyla (genişlik ve çap) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen yük taşıma kapasitesi modelleri, literatürdeki teorik modeller ve deneysel ölçüm değerleriyle doğrulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Çalışma sonucunda uygun matematiksel modellerin doğrusal olmayan (üstel) formda ve belirleme katsayısının 0.95 'den büyük olduğu görülmüştür.

Sonuç: Geliştirilmiş modeller, literatürde yayınlanmış verilerle doğrulanmıştır ve modellerden elde edilen tahminlerin ölçülen değerlerle iyi bir uyum içinde olduğu belirlenmiştir.

Keywords: Bias tires, inflation pressure, modelling, model selection, radial tires, tire width

Anahtar sözcükler: Diyagonal lastikler, şişirme basıncı, modelleme, model seçimi, radyal lastikler, lastik genişliği

INTRODUCTION

Tires are one of the most important components of tractors since they determine the level of soil compaction and traction. The load-carrying capacity of tires is important in order to determine the amount of load to be carried safely. It is a well-known fact that the behavior of radial and bias tires in terms of load-carrying capacity differs due to their constructional differences. Radial tires have plies that run at right angles to the tread and may have one or more layers or plies. The stability and strength are provided by a belt around the radial-ply tire. This design, with plies running 90 degrees to the tread, allows radial sidewalls more flexible than bias tires and produces a larger and more stable ground contact area (Grubaugh et al., 1982).

As the basis of agricultural machinery and farm tractor management, it is a suitable solution to use ballast on the axles so that rubber-wheeled tractors can develop higher drawbar power in field conditions. In the case of ballast adding to the axles and working with the machines connected by towing or three-point hitch, load transfer takes place during the operation. Furthermore, extra ballast must be placed on the front of the tractor in order to prevent the tractor from rearing. Prediction of the tire load carrying capacity by the tractor user means determining the ballast usage limit.

The studies concerning load-carrying capacity and its modeling in the literature are very limited. Perdok & Arts (1987) developed some mathematical functions for the load-carrying capacity. They used conventional tire data (bias tires) to develop the models. Their first empirical model included the tire loading capacity at the (low) level of 100 kPa inflation pressure and tire width. This model was valid at a constant inflation pressure of 100 kPa. Their further analysis using a company data set developed an equation that is valid between 75 and 250 kPa inflation pressure. Perdok & Arts (1987) as a result of their study concluded that the tire load-carrying capacity is proportional to the square of the tire width and reducing the tire inflation pressure leads to an exponential decrease in tire loading capacity.

As a conclusion of the literature search, it can be stated that the models were built on some limited data with a narrow range of variables. Hence, a study was conducted and the objective of this study was to develop mathematical functions to predict load-carrying capacity on a rigid surface with a wide range of variables considered. Only two tire constructional variables (section width and overall diameter), inflation pressure, and forward speed were used in this study. Although some tire manufacturers provide load-carrying capacity information under certain conditions in their catalogs, not all do so. Load-carrying capacity models to be developed can be used in two ways. The first is the prediction of load under the use of certain tires and forward speed while the other one could be the prediction of either inflation pressure or forward speed with the same tire that carries a certain load.

MATERIALS AND METHOD

The data to develop mathematical models to predict load-carrying capacity for both, radial and bias tires were obtained from the published catalogs of some national and international tire manufacturing companies. Even though an extensive search was made on the internet but it was found that only three different companies revealed the necessary data for load-carrying capacity for radial tires and two companies for bias tires. The number of data and the manufacturers to develop mathematical functions for contact area and load-carrying capacity are tabulated in Table 1.

Table 1. Data used to develop prediction models for load-carrying capacity for radial and bias tires from the different tire manufacturers

Çizelge 1. Radyal ve diyagonal lastiklerde yük taşıma kapasitesi için tahmin modelleri geliştirmek amacıyla kullanılan farklı lastik üreticilerinin veri seti

Model	Company code	Number of data points	Total
Load-carrying capacity for radial tires	A	2878	25133
	B	20829	
	C	1426	
Load-carrying capacity for bias tires	B	1792	3342
	C	1550	

The basic two dimensions of the tire (section width and overall diameter) and inflation pressure were used along with load to develop prediction functions for load-carrying capacity. The load-carrying capacity (F) models are theoretically considered in the following:

$$F = f(I_p, w, D, V) \quad (1)$$

where F is load-carrying capacity (kN), I_p is inflation pressure (kPa), w is section width (m), D is overall diameter (m) and V is the forward speed (km h⁻¹). The data were first organized in Excel and then transferred to Minitab® V19 for stepwise analysis at a probability level of $\alpha=0.05$.

Even though many different model types with different with or without transformations to the variables were developed but the predictions of such models were not acceptable level in terms of model selection criteria (Equ. 2,3 and 4) that described below. Hence, only three different competitive models for load-carrying capacity (Table 2) were considered in this paper.

Table 2. Theoretical model forms considered for the prediction of load-carrying capacity for radial and bias tires

Çizelge 2. Radyal ve diyagonal lastiklerde yük taşıma kapasitesinin tahminlenmesi amacıyla dikkate alınan teorik model formları

Model no	Model description	Theoretical form of the model
I	Square root transformed linear model	$\sqrt{F} = b_1 + b_2 I_p + b_3 w + b_4 D + b_5 V$
II	Cubic root transformed linear model	$\sqrt[3]{F} = b_1 + b_2 I_p + b_3 w + b_4 D + b_5 V$
III	Power model	$F = b_1 I_p^{b_2} w^{b_3} D^{b_4} V^{b_5}$

b_1, b_2, \dots, b_5 are model constants.

The model selection criteria are the coefficient of correlation (r) and the lower E_{RMS} and χ^2 as used in many mathematical modeling studies (Ertekin & Yaldız. 2000; Karayel D et al. 2004; Taskin et al. 2021; Thota et al. 2021; Demir et al. 2022; Shing-Hong Liu et al. 2022). Additionally, percentage difference values between the predicted and measured values were calculated and used for comparison purposes. The model selection criteria are as follows (Equations 2, 3 and 4):

$$E_{RMS} = \sqrt{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{pred.,i} - Y_{mea.,i})^2 \right]} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{pred.,i} - Y_{mea.,i})^2}{N - n_1} \quad (3)$$

$$\text{Percentage difference} = \frac{Y_{pred} - Y_{mea}}{Y_{mea}} 100 \quad (4)$$

Where E_{RMS} is root mean square error, χ^2 is khi square, $Y_{pred.}$ is predicted contact area or load-carrying capacity, $Y_{mea.}$ is measured contact area or load-carrying capacity, N is the number of measurements, n is the number of model constants. The higher the coefficient of correlation (r) and the lower the E_{RMS} and χ^2 are, the better the models predict.

RESULTS AND DISCUSSION

The models considered for load-carrying capacity for radial tires are given below.

$$\sqrt{F_{cr}} = -0.894 + 0.0084 I_p + 4.947 w + 1.992 D - 0.0168 V \quad r^2=0.95 \quad (5)$$

$$\sqrt[3]{F_{cr}} = 0.67 + 0.003019 I_p + 1.724 w + 0.805 D - 0.0608 V \quad r^2=0.96 \quad (6)$$

$$F_{cr} = 5.216 I_p^{0.51125} w^{0.92679} D^{1.142} V^{-0.198} \quad r^2=0.984 \quad (7)$$

As understood from the above-given models, an increase in inflation pressure, width, and overall diameter increases the load-carrying capacity while it goes down if the speed increases.

The models are valid under the following conditions for radial tires:

$$40 \leq I_p \leq 480 \text{ kPa}$$

$$0.197 \leq w \leq 1.22 \text{ m}$$

$$0.69 \leq D \leq 2.322 \text{ m}$$

$$9.654 \leq V \leq 90 \text{ km/h}$$

The mathematical models for predicting the load-carrying capacity for radial and bias tires have built on the widest range of variables given above as compared to other models that are available in the literature.

The comparison results obtained from three models in terms of model selection criteria and percentage differences are tabulated in Table 3.

Table 3. Results from the model comparisons to predict the load-carrying capacity (F_{cr}) for radial tires (Equations 5 thru 7) based on r , E_{RMS} , χ^2 , and percentage difference

Çizelge 3. Radyal lastiklerin yük taşıma kapasitesini (F_{cr}) tahmin etmek için model karşılaştırmalarından elde edilen r , E_{RMS} , χ^2 ve % farklılık temelli sonuçlar (Eşitlik 5,6 ve 7)

Model no	Model description	r	E_{RMS}	χ^2	Percentage difference
I	Square root transformed linear model	0.967	5.679	32.259	-67.44 and +74.24
II	Cubic root transformed linear model	0.968	5.608	31.457	-32.26 and +75.92
III	Power model	0.988	3.448	11.890	-18.79 and +21.82

As seen from Table 3, the power model is most appropriate model when the three evaluation criteria along with the percentage differences between the measured and predicted model. The power range model makes better predictions than the other two models. The percentage differences range of the power model indicate a good agreement between the measured and predicted models. The results from the stepwise analysis for the power model (Equation 7) are tabulated in Table 4.

Table 4. The results from the stepwise regression analysis (Equation 7) for the load-carrying capacity (F_{cr}) for radial tires

Çizelge 4. Radyal lastiklerin yük taşıma kapasitesi (F_{cr}) için adım adım regresyon analizinin (Eşitlik 7) sonuçları

Variable	Contribution (%)	P value
Inflation pressure (I_p ; kPa)	12.05	0.002
Tire width (w ; m)	65.93	<0.001
Overall diameter (D ; m)	16.83	<0.001
Forward speed (V ; km/h)	3.67	<0.001
Model r^2	98.4	

As seen from the Table 4, tire width is the most important variable for the load carrying capacity. Overall diameter also is the second important variable that contributes to load carrying capacity model.

The comparison of measured and predicted load-carrying capacity for radial tires (correlation coefficient, $r=0.992$) is depicted in Figure 1.

The mathematical functions developed to predict the load-carrying capacity of bias tires as a function of four variables are as follows:

$$\sqrt{F_{cb}} = -0.839 + 0.0058 I_p + 10.176 w + 0.859 D - 0.0266 V \quad r^2=0.962 \quad (8)$$

$$\sqrt[3]{F_{cb}} = 0.34 + 0.002495 I_p + 4.169 w + 0.457 D - 0.01075 V \quad r^2=0.97 \quad (9)$$

$$F_{cb} = 8 I_p^{0.625} w^{1.6137} D^{0.5513} V^{-0.2833} \quad r^2=0.989 \quad (10)$$

The results from the calculations made to select the best model among the three are tabulated in Table 5.

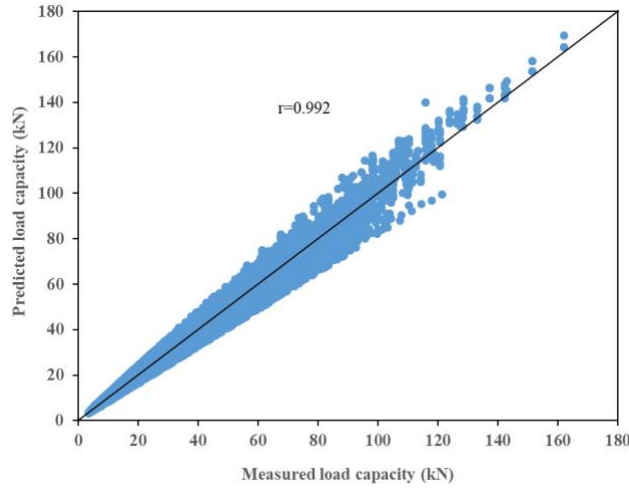


Figure 1. Comparison of measured (all data used) and predicted (Equation 7) load-carrying capacity for radial tires.

Şekil 1. Radyal lastikler için lastik üreticileri tarafından ölçülen ve eşitlik 7'ye göre tahminlenen yük taşıma kapasitesinin karşılaştırılması.

Table 5. Results from the model comparisons to predict the load-carrying capacity (F_{cb}) for bias tires (Equations 9 thru 11) based on r , E_{RMS} , χ^2 , and percentage difference (Equations 8 thru 10)

Çizelge 5. Diyagonal lastiklerin yük taşıma kapasitesini (F_{cb}) tahmin etmek için model karşılaştırmalarından elde edilen r , E_{RMS} , χ^2 ve % farklılık temelli sonuçlar (Eşitlik 8, 9, ve 10)

Model no	Model description	r	E_{RMS}	χ^2	Percentage difference
I	Square root transformed linear model	0.976	2.416	5.847	-95.56 and +108.65
II	Cubic root transformed linear model	0.977	2.313	5.360	-43.74 and +128.14
III	Power model	0.987	1.752	3.077	-20.82 and +22.90

As seen from Table 5, the model in power form is better than the other two models is the results are examined in terms of correlation coefficient (r), E_{RMS} and χ^2 . It is worth stating here that percentage differences range is especially narrow and better as compared to other two models. The range for square root and cubic root transformed models made in a wider percentage difference range and the predictions are not as good as the ones made by power model. Hence, the power model is the appropriate model for predicting the load carrying capacity of bias tires. The detailed results from stepwise analysis are given in Table 6.

Table 6. The results from the stepwise regression analysis (Equation 10) for the load-carrying capacity (F_{cb}) for bias tires

Çizelge 6. Diyagonal lastiklerin yük taşıma kapasitesi (F_{cb}) için adım sal regresyon analizinin (Eşitlik 10) sonuçları

Variable	Contribution (%)	P value
Inflation pressure (I_p ; kPa)	7.92	0.002
Tire width (w ; m)	87.62	<0.001
Overall diameter (D ; m)	0.17	<0.001
Forward speed (V ; km/h)	3.19	<0.001
Model r^2	98.9	

As seen from the Table 6, the contribution of the tire width is much higher than the other three variables while the contribution of overall diameter is less than inflation pressure.

The boundary conditions for load-carrying capacity for bias tires are:

$$60.0 \leq I_p \leq 500 \text{ kPa}$$

$$0.196 \leq w \leq 0.587 \text{ m}$$

$$0.328 \leq D \leq 1.75 \text{ m}$$

$$10 \leq V \leq 50 \text{ km/h}$$

The comparison of the measured and predicted load-carrying capacity results are shown in Figure 2. As seen from the figure the measured values are in good agreement with the predicted ones with a correlation coefficient of 0.994.

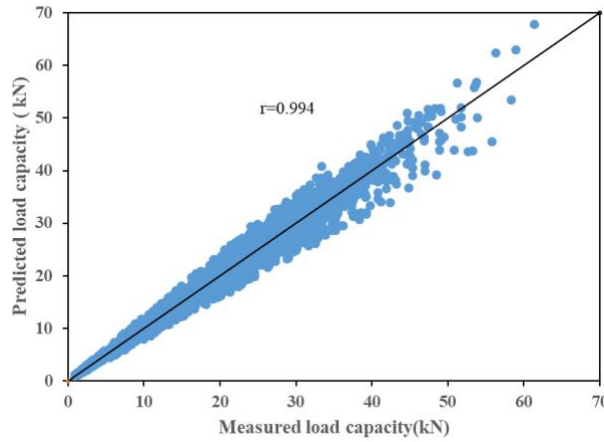


Figure 2. Comparison of measured (all data used and predicted load carrying capacity (calculated using Equ. 10) for bias tires.

Şekil 2. Diyagonal lastikler için lastik üreticileri tarafından ölçülen ve eşitlik 10'a göre tahminlenen yük taşıma kapasitesinin karşılaştırılması.

The analysis using the model predictions ranges of percentage difference for load carrying capacity was carried out and the results are tabulated in Table 7. As seen from the Table 7, the differences mostly accumulated between -10 and +10 % for both models.

Table 7. Distribution of percentage differences for the load-carrying capacity comparisons between the measured and predicted (Equations 7 and 10 for radial and bias tires, respectively) values

Çizelge 7. Yük taşıma kapasitesinin ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırmaları için % farklarının dağılımı (sırasıyla radyal ve diyagonal lastikler için Eşitlik 7 ve 10)

Model	Ranges for percentage difference*				Total
F_{cr}	-18.79 and -10	-10 and 0	0 and +10	+10 and +21.82	
	10% (2523)	37.7% (9464)	41.63% (10463)	10.7% (2683)	100% (25133)
	79.33% (19927)				
F_{cb}	-20.82 and -10	-10 and 0	0 and +10	+10 and +22.90	
	11.7% (391)	35.8% (1195)	41.4% (1384)	11.1% (372)	100% (3342)
	77.2% (2579)				

*The numbers in parenthesis are the number of data points.

The comparison of the developed models for radial and bias tires in terms of load-carrying capacity was achieved. But the analysis using the data to create mathematical models did not show an advantage neither radial nor bias tires. The information in the literature such that the advantage of bias tires (McGee, 2021) was not validated with this analysis. In some combinations of variables, radial tires have higher load-carrying capacity than bias ones while in some cases bias tires have the advantage under the same conditions. This

could be attributed to the fact that the data used for building mathematical functions in this study belong to new-generation tires, especially for radial tires in terms of the number of plies that make the tire stiffer and carry more load. This hypothesis is supported by Diserens et al. (2011) since they stated that the rapid development of new tires is continually in progress, particularly with respect to their load-carrying capacity.

Verification of load-carrying capacity models against other theoretical models and experimentally measured values

The load-carrying capacity models developed for radial and bias tires were verified with a small group of data published by two companies and with some data obtained experimentally. It could be stated that the data from these two companies were not included in the data pool of radial and bias tires.

The load-carrying capacity model developed for radial tires as compared to data published by two companies is depicted in Figure 3. The percent differences for these data sets ranged between -15.11 and +13.9 while the correlation coefficient was calculated to be 0.991.

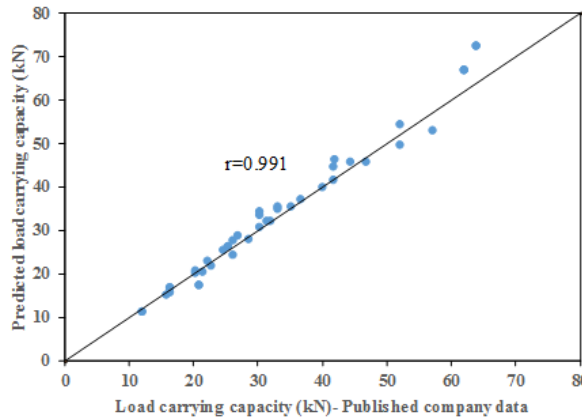


Figure 3. Comparison of measured (data not included to develop model) and predicted load carrying capacity (calculated using Equation 7) for radial tires.

Şekil 3. Radyal lastikler için lastik üreticileri tarafından ölçülen ve eşitlik 7'ye göre tahminlenen yük taşıma kapasitesinin karşılaştırılması.

The results from the load-carrying capacity model developed for bias tires as compared to data published by two companies are shown in Figure 4. The percent differences for these data sets ranged between -9.88 and +15.53% while the correlation coefficient was calculated to be 0.992.

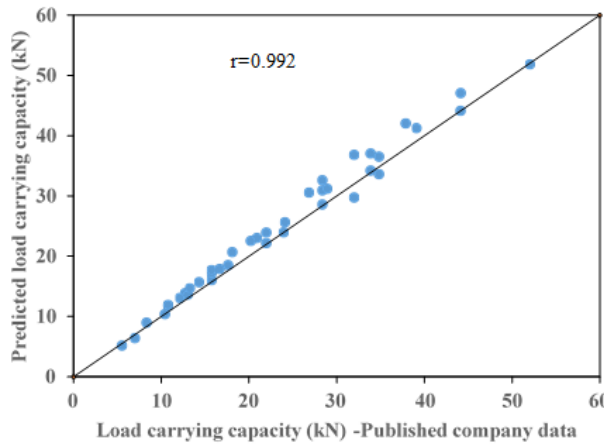


Figure 4. Comparison of measured (data not included to develop the model) and predicted load-carrying capacity (calculated using Equation 10) for bias tires.

Şekil 4. Diyagonal lastikler için lastik üreticileri tarafından ölçülen ve eşitlik 10'a göre tahminlenen yük taşıma kapasitesinin karşılaştırılması.

Additionally, a comparison between Perdok & Arts model (1987) and load-carrying capacity for bias tires was carried out. The comparison results are depicted in Figure 5. For the comparisons, only front and rear-driven tractor tire data along with data for tires used in row crop tractors were used. As seen from the figure, there is a good agreement between the two models. The developed model even makes better predictions for the data used by Perdok & Arts (1987). Another point here is that Perdok & Arts model (1987) is only valid between 75 and 250 kPa inflation pressure while the developed model makes predictions between 60 and 500 kPa range.

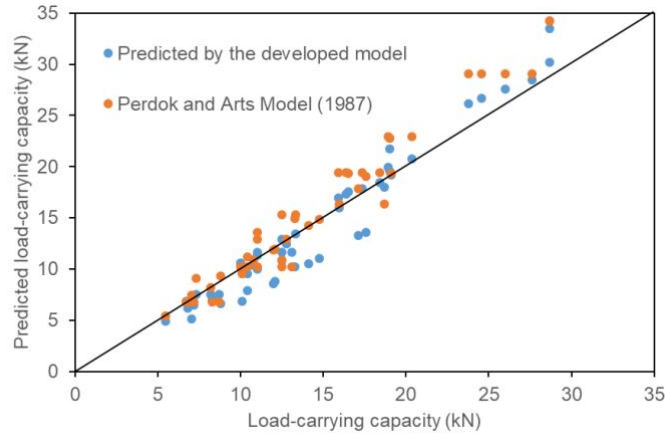


Figure 5. Measured and predicted load-carrying capacity by the developed model (Equation 10) for bias tires in this study and Perdok & Arts (1987) model.

Şekil 5. Çalışma kapsamında diyagonal lastikler için geliştirilen model (Eşitlik 10) ve Perdok & Arts (1987) modeli ile ölçülen ve tahmin edilen yük taşıma kapasitesi.

CONCLUSIONS

- The mathematical models for predicting the load-carrying capacity for radial and bias tires have built on the widest range of variables as compared to other models that are available in the literature.
- The load-carrying capacity models developed for radial and bias tires use only four variables that farmers can easily obtain from catalogs, such as tire width, overall diameter, inflation pressure, and speed.
- Many different model approaches were made and their coefficient of determination (r^2) values were obtained then three promising models based on their (r^2) were selected to be the candidate model for the load-carrying capacity predictions.
- The width of the tire that makes the highest contribution to the models was found to be the predominant variable in predicting the load-carrying capacity.
- Increasing the tire width, overall diameter, and inflation pressure increased the load-carrying capacity of radial and bias tires while hauling heavy loads. But the speed effect was inversely correlated with load-carrying capacity.

REFERENCES

- Demir, V., H. Yürdem, A. Yazgı & T. Günhan, 2022. Mikro jet yağmurlama sulama başlığında akış özelliklerinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile incelenmesi. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 59 (1): 93-105, <https://doi.org/10.20289/zfdergi.929494>
- Diserens, E., P. De fossez, A. Duboisset & A. Alaoui, 2011. Prediction of the contact area of agricultural traction tires on firm soil. Biosystems Engineering, 110 (2): 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.06.008>.

- Ertekin, C. & O. Yıldız, 2000. Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey). *Energy Conversion & Management* 41: 311-330.
- Grubaugh, E. K. & D. T. Valco, 1982. Controlling Tractor Wheel Slip for Efficient Operation. Texas Agricultural Extension Service. (Web page: <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/173008>) (Date accessed: September 2022)
- Karayel, D., Z. B. Barut & A. Ozmerzi, 2004. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. *Biosystems Engineering*, 87 (4): 437-444. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.011>.
- Minitab®19, 2020. User Manual, Getting started with Minitab 19 for Windows, www.minitab.com, (V19; Free Trial Version).
- Perdok, U.D. & W.B.M. Arts, 1987. The performance of agricultural tyres in soft soil conditions. *Soil Tillage Research*, 10 (4): 319-330. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(87\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0167-1987(87)90021-3).
- Shing-Hong, L., Z. Yang, K. Pan, X. Zhu & W. Chen, 2022. Estimation of Left Ventricular Ejection Fraction Using Cardiovascular Hemodynamic Parameters and Pulse Morphological Characteristics with Machine Learning Algorithms. *Nutrients*, 14: 4051. <https://doi.org/10.3390/nu14194051>.
- Taskin, O., A. Polat, A.B. Etemoglu & N. Izli, 2021 Energy and exergy analysis, drying kinetics, modeling, microstructure and thermal properties of convective-dried banana slices. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147: 2343-2351. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-10639-z>.
- Thota, S.S., B. Rao & S. Murugan, 2021. Solar drying of medicinal herbs: A review. *Solar Energy*, 223: 415-436. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.065>.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2): 257-263
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1283624>

Gizem DEMİRKAPLAN¹

Hamide GÜBBÜK^{2*}

¹ Directorate of Agriculture and Forestry,
66620, Çandır, Yozgat, Türkiye

² Akdeniz University, Faculty of Agriculture,
Department of Horticulture, 07058,
Konyaaltı, Antalya, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

gubbuk@akdeniz.edu.tr

The effect of interspecific and intraspecific hybridization on seed germination of Pitaya (*Hylocereus* spp.)*

Pitayada (*Hylocereus* spp.) türler arası ve tür içi melezlemenin tohum çimlenmesi üzerine etkisi

Present article is produced from the MSc. thesis of the first author.

Received (Alınış): 15.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.07.2023

ABSTRACT

Objective: In this study, the effect of interspecific and intraspecific hybridization on seed germination of pitaya was investigated.

Material and Methods: Self-infertile 'Bloody Mary' (*Hylocereus polyrhizus*) was used as the maternal parent and 'Cosmic Charlie' (*Hylocereus undatus*), 'Red Jaina' (*Hylocereus polyrhizus*) and 'White Jaina' (*Hylocereus undatus*) were used as pollinators in this study. Flowers were pollinated at three different times (10: 00 pm, 00: 00 am, and 06.00 am). After pollination, seeds from each pollination combination were sown. The germination rate, average germination time, germination energy and germination index of the sown seeds were determined depending on pollination time and pollinator cultivars.

Results: The research findings indicated that the germination rate was 100% in all seed sowing combinations, depending on different pollinator cultivars ('Cosmic Charlie' and 'White Jaina' are in different species from the maternal parent) and pollination times. The results revealed that interspecific hybridization did not have a negative effect on seed germination. On the other hand, germination time, germination energy and index differed as per pollinator type and pollination hours.

Conclusion: According to the findings, it was concluded that interspecific hybridization in pitaya does not have problem in seed germination and results might offer an infrastructure for future breeding programme in pitaya.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, türler arası ve tür içi melezlemenin pitayada tohum çimlenmesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırmada ana çeşit olarak kendine kısır bir çeşit olan 'Bloody Mary' (*Hylocereus polyrhizus*) ve tozlayıcı çeşit olarak ise 'Cosmic Charlie' (*Hylocereus undatus*), 'Red Jaina' (*Hylocereus polyrhizus*) ve 'White Jaina' (*Hylocereus undatus*) çeşitleri kullanılmıştır. Çiçeklerde tozlama işlemi üç farklı zamanda yapılmıştır (saat 22: 00, 00: 00 ve 06: 00). Tozlanmadan sonra, her bir tozlama kombinasyonundan gelişen meyvelere ait tohumlar ekilmiştir. Daha sonraki aşamada, ekilen tohumlarda çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi, tozlama zamanı ve tozlayıcı çeşitlere bağlı olarak belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: Araştırma bulguları, farklı tozlayıcı çeşit ('Cosmic Charlie' ve 'White Jaina' ana çeşit ile farklı tür içerisinde yer almaktadır) ve tozlama saatlerine bağlı olarak, tohum ekimi yapılan tüm kombinasyonlarda, çimlenme oranının %100 olarak gerçekleştiğini göstermiştir. Bu sonuç, türler arası melezlemenin tohum çimlenmesi açısından bir sorun yaratmadığını göstermektedir. Buna karşılık, çimlenme süresi, çimlenme enerjisi ve indeksi, tozlayıcı çeşit ve tozlama saatlerine göre farklılık göstermiştir.

Sonuç: Bu bulgular ışığında, pitayada türler arası melezlemenin tohum çimlenmesi açısından bir sorun yaratmadığı ve elde edilen sonuçların gelecekte pitayada yapılacak melezleme ıslahı çalışmalarına bir alt yapı oluşturacağı sonucuna varılmıştır.

Keywords: Dragon fruit, germination rate, germination time, pollination, pollination hour

Anahtar sözcükler: Ejder meyvesi, tozlama, çimlenme oranı, çimlenme süresi, tozlama saati

INTRODUCTION

Pitaya is one of the climbing cactus species, that first spread to this world as an ornamental plant, and then, its fruit began to be consumed as a fresh fruit (Gunaseena et al., 2007). Today, it is used for many different purposes in the food industry. Pitaya fruits are source of essential micro-and macro-nutrients and contain higher level of essential minerals and vitamins (Stintzing & Carle, 2007; Wichienchot et al., 2010). *Hylocereus polyrhizus* contains more vitamin-C than *Hylocereus undatus*. Pitaya belongs to the family Cactaceae, under the order Caryophyllales. Pitaya has many subspecies and the most preferred subspecies widely distributed in the world are: *Hylocereus polyrhizus* (*H. monacanthus*), *Hylocereus undatus*, and *Selenicereus megalanthus* (*Hylocereus megalanthus*) (Mizrahi & Nerd, 1999). Vietnam, Thailand, Taiwan, Malaysia, and Israel are among the countries that produce pitaya commercially. Pitaya has been grown under protected cultivation in Turkey. Presently, protected cultivation of pitaya has been increasing in microclimate areas in the coastal part from Izmir to Hatay. The first adaptation studies of pitaya in Turkey started with Akdeniz University, Batı Akdeniz Research Institute (BATEM) and Antalya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry collaboration (Gubbuk et al., 2017). This adaptation studies started with the cultivars 'Bloody Mary' and 'Cosmic Charlie'. Recently, the number of cultivars has increased rapidly. However, 'Bloody Mary' is still very adaptable cultivar in Turkey.

Pitaya can be propagated by two different methods, by seed and vegetative (Gunaseena et al., 2007). Mostly, one of the vegetative propagation methods, stem cuttings, is preferred for commercial production (Le Bellec et al., 2006). Propagation of pitaya by seed is important for conventional breeding and conservation of plant genetic resources (Le Bellec et al., 2006; Ortiz et al., 2018). Germination of pitaya is affected by internal and external factors such as seed maturity degree, temperature, light, relative humidity, storage, substrate, pH level of the substrate, etc. (Rojas-Arechiga & Vázquez-Yanes, 2000; Ortiz et al., 2018; Fukuda et al., 2008). The effect of several conditions of seed germination of pitaya (*Hylocereus undatus*) was investigated (Fukuda et al., 2008). The highest germination rate was recorded with the seeds collected after 25 days of pollination. Optimum temperature range for the highest germination was from 20 to 35°C. The germinability of seeds was decreased when the seeds were stored 20°C. Lone et al. (2014), were examined the effects of different temperatures on seed germination of pitaya genotypes (*Hylocereus undatus*, *H. polyrhizus*, *Selenicereus megalanthus*, *H. undatus* x *H. costaricensis* and *H. costaricensis* x *H. undatus*). According to the experimental results, germination temperature of seeds varied as per genotypes. Ortiz et al. (2018), investigated the effects of different pH levels of seed germination of *Hylocereus* spp. The results showed that the *Hylocereus* spp. seeds are sensitive to pH changes of the substrate. The optimum pH range was reported between 6.0 and 7.5 for the pitaya seed germination. Zepa-Catanho et al. (2019), searched the effects of various conditions on seed germination of *Hylocereus* spp. The results indicated that seed germination increased with temperatures between 20 and 30°C. In addition, there is a positive effect under red, blue, and white led lighting on seed germination, but seed germination was affected negatively under 15°C and dark conditions.

There are both self-pollinated and self-infertile cultivars in pitaya. For example, 'Bloody Mary' is a self-infertile cultivar and it needs cross-pollination. For this reason, determination of the most suitable pollinator cultivar/cultivars in terms of yield and quality in self-infertile cultivars has a great importance in commercial cultivation of pitaya. High pollen content is important to select pollinator cultivars. In addition, some important vegetative characteristics, such as rapid growth and development, and resistance to biotic and abiotic stress of self-infertile cultivars can be used in breeding studies. Thus, determination of the effect of choosing the paternal cultivars from the same species or different subspecies on seed germination in the selection of pollinator cultivars is most important in pitaya breeding. Pitaya flowers open at 8: 00 pm, and they can remain open until the early hours of the morning. Pollen viability is very

important for hybridization (Kazaz et al., 2020). Furthermore, intraspecific and interspecific hybridization also affect pollination. Because there are morphological differences between pitaya species. Interspecific and intraspecific hybridization can result in a higher genetic variability. Crane & Baleri (2005) reported that all species and cultivars of pitaya can be pollinated with each other. However, there are not any studies on the seed germination of fruits formed because of pollination in self-infertile cultivars, at different pollination hours and with cultivars belonging to different subspecies of pitaya. The germination status of the seeds formed in the fruits due to pollination performed at different times with different subspecies and cultivars belonging to the same subspecies with the self-infertile 'Bloody Mary' cultivar were investigated. For this reason, this study aimed to form a basis for future pitaya breeding studies.

MATERIALS and METHOD

The research was carried out in a plastic greenhouse having polyethylene curtains, belonging to the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Akdeniz University, between 2019 and 2020. The research was performed in 50 L pots. A mixture of peat: perlite: pumice: soil at a ratio of 1: 1: 1: 2 was used as the medium in the pots. In the study where the steering training system was used, and 4 rooted plants were planted in each pot. A spaghetti tubing irrigation system was used, and 2 pieces of spaghetti tubing were placed in each pot. Considering the weather temperature, the irrigation regime was adjusted as 3 times a week in summer, 2 times a week in spring, and once a week in winter. Annually, 240 g phosphorus, potassium weighted, and 400 g balanced fertilizer was given per pot.

There are two registered cultivar (Bloody Mary and Cosmic Charlie) pitaya in Turkey. 'Bloody Mary' was selected as a maternal plant due to the more adaptable cultivar in subtropical condition. Pollinator cultivars ('Cosmic Charlie', 'White Jaina' and 'Red Jaina') were selected taking into consideration fruit color and species. In the research, 'Bloody Mary' was used as the maternal parent, and 'Cosmic Charlie', 'White Jaina' and 'Red Jaina' cultivars were used as pollinators. The characteristics of the cultivars are given below:

'Bloody Mary' (*Hylocereus polyrhizus*): The peel of the fruit color is red, and the external part of the fruit is covered with red-green scales. Fruit weight generally differs between 230 and 340 g (Pine Island Nursery Catalog, 2020).

'Cosmic Charlie' (*Hylocereus undatus*): Fruit peel color is pinkish, and external part is covered with red and green scales. Fruit flesh is light pink color. It is a self-fertile cultivar. Its fruit weight varies between 340 and 560 g (Pine Island Nursery Catalog, 2020).

'White Jaina' (*Hylocereus undatus*): Fruit peel color is pinkish, and external part is covered with red and green scales. 'White Jaina's' fruit flesh is white, and it is a self-fertile cultivar (Pine Island Nursery Catalog, 2020).

'Red Jaina' (*Hylocereus polyrhizus*): The color of the fruit peel is red, and the external of the fruit is covered with red-burgundy-colored scales. Fruit flesh is dark-red in color, and fruit weight varies between 230 and 340 g (Pine Island Nursery Catalog, 2020).

Three different pollination times were envisaged in the current study and pitaya flowers pollinated at 10: 00 pm, 00: 00 am, and 06: 00 am. Fresh pollen were used in pollination. After pollination, the seeds were extracted from randomly selected fruits. From each of the three pollination times, seeds were first passed through tap water, and then put on blotting paper to remove the water. The seeds were then sown in 45 cells seedling tray (30 cm x 50 cm x 5.8 cm) in a mixture medium containing 1: 1 peat and perlite in October 2020. The seedling trays were kept in the unheated glass greenhouse of the Horticulture Department of Akdeniz University during the seed germination and development.

Examined features are listed below.

Germination rate (%):

Germination rate in seeds was calculated according to the formula given.

(Total number of germinated seeds / Total number of seeds sown) x100

Mean germination time (days):

Germination time was calculated according to Ellis & Roberts (1981) by assuming total germination time to be 20 days in the ongoing studies.

$$MGT = \frac{\sum T_i N_i}{\sum N}$$

MGT: Mean Germination Time

T_i : Indicates the day after sowing the observation was made

N_i : Indicates the number of seeds germinated on the day of observation

N : Total number of germinated seeds

Germination energy (%):

It was calculated according to the formula below, considering the ratio of seeds germinating to the total germinated seeds from half the time from seed sowing to the end of germination (the total germination time was assumed to be 20 days) (Karaguzel et al., 2002)

$$GE = \left[\frac{\sum (T/2) N_i}{\sum N_i} \right] \times 100$$

GE : Germination energy

N_i : Indicates the number of germinated seeds on the day of observation

T : The time from seed sowing to the end of germination

Germination index (Rapidity):

It was calculated according to the formula given below (Maguire, 1962):

$$GI = \frac{\sum n}{d}$$

GI: Germination index

n: normal number of seedlings obtained on day

d: Days counted from the start of the test,

Statistical analysis

The experimental design used was a randomized factorial design, with 3 replications and 60 seeds in each replication. The comparison of the means was made according to the LSD test.

RESULTS

The germination rates of seeds depending on the pollinator cultivar and pollination times, including the interaction, were recorded as 100%. However, mean germination time of seeds according to the cultivar x pollination hour interaction was found statistically different (Table 1). When examining the effects of pollinator cultivars on the mean germination time of seeds, the longest mean germination time (24.50 days) was found in Red Jania (R. Jaina) and the lowest (10.44 days) in 'Cosmic Charlie' (C. Charlie).

Table 1. Mean of the seed germination times depending on pollinator cultivars and pollination hours (days).**Çizelge 1.** Tozlayıcı çeşitler ve tozlama saatlerine bağlı olarak tohumlarda saptanan ortalama çimlenme süreleri (gün)

Pollinator cultivars	Pollination hours			Mean pollination cultivars
	22: 00	00: 00	06: 00	
C. Charlie	9.85 e	8.96 e	12.52 d	10.44 c
R. Jaina	26.52 a	25.90 a	21.08 c	24.50 a
W. Jaina	20.39 c	11.62 d	23.11 b	18.37 b
Mean pollination hours	18.92 a	15.49 b	18.90 a	

LSD_{5%}: cultivar x pollination hour: 1.369; cultivar: 0.790; pollination hour : 0.790

The effects of pollination hours on seed germination energy were also examined. The effects of pollinator cultivar x pollination hour interaction, pollinator cultivar and pollination hours on germination energy of seeds were found to be statistically significant (Table 2). When the effects of pollinator cultivars on germination energy of seeds were investigated, the highest germination energy (0.76) was recorded when the flowers were pollinated with C. Charlie pollen. While the lowest germination energy (0.45) was determined when the flowers were pollinated with R. Jaina pollen. Considering the mean pollination hours, the highest germination energy of seeds with 0.76 was recorded at 00: 00 am. Moreover, the lowest one was recorded at 06: 00 am (Table 2).

Table 2. Seed germination energy determined depending on pollinator cultivars and pollination hours (%)**Çizelge 2.** Tozlayıcı çeşitlere ve tozlama saatlerine bağlı olarak tohumlarda saptanan çimlenme enerjileri (%)

Pollinator cultivar	Pollination hour			Mean pollination cultivars
	22: 00	00: 00	06: 00	
C. Charlie	0.81 b	0.93 a	0.56 cd	0.76 a
R. Jaina	0.40 e	0.41 e	0.54 cd	0.45 c
W. Jaina	0.60 c	0.94 a	0.51 d	0.68 b
Mean pollination hours	0.60 b	0.76 a	0.54 c	

LSD_{5%}: cultivar x pollination hour: 0.061; cultivar: 0.035; pollination hour: 0.035

The effects of pollination cultivar x pollinator hour interaction, pollinator cultivar and pollination hours on germination index of seeds were statistically significant (Table 3). The highest germination index of seeds was determined when the flowers were pollinated with C. Charlie cultivar, followed by 'White Jaina' (W. Jaina) and R. Jaina cultivar, respectively. Pollination hours on seed germination index were also found statistically. The highest germination index was found when the flowers were pollinated at 00: 00 am (Table 3).

Table 3. Seed germination index based on pollinator cultivars and pollination hours**Çizelge 3.** Tozlayıcı çeşitler ve tozlama saatlerine bağlı olarak tohumlarda saptanan çimlenme indeksleri

Pollinator cultivars	Pollination hours			Mean pollination cultivars
	22: 00	00: 00	06: 00	
C. Charlie	6.75 b	7.39 a	5.76 c	6.63 a
R. Jaina	3.23 f	3.54 ef	4.61 d	3.79 c
W. Jaina	4.09 de	6.27 b	3.80 e	4.83 b
Mean pollination hours	4.69 b	5.85 a	4.72 b	

LSD_{5%}: cultivar x pollination hour: 0.554; cultivar: 0.319; pollination hour: 0.31.

DISCUSSION

When the 'Bloody Mary' cultivar was used as the female parent, the germination rate of seeds was recorded as 100% depending on the pollinator cultivars and pollination hours. The results showed that subspecies differences in pollinator cultivars and pollination hours did not affect the germination rate. The finding is very important to select pollinator cultivars for future breeding studies. Seed germination started in 4 days after sowing of seeds in each combination, and it was noted that the average germination ranged from 8 days to 26 days. The differences in terms of germination times of seeds were the result of pollinator cultivars. The shortest germination time of seeds was observed when C. Charlie cultivar was used as pollen. In addition, the shortest germination time of seeds was observed when the flowers were pollinated at 00: 00 am. Gunasena et al. (2007), reported that the initiation of the seed germination took between 3 and 5 days, just as our results. The number of viable seeds is found higher because of cross pollination. Our results were in close agreement with those of Dag & Mizrahi (2005). According to our results, pollinator cultivars and pollination hours significantly affected the germination energy (%) and germination index of seeds. When the germination energy was evaluated in terms of pollinator cultivar, it was determined that the germination energy of seeds was the highest value (0.76) when the flowers were pollinated with C. Charlie cultivar, and the lowest (0.45) when the flowers were pollinated with R. Jaina cultivar. If taking into account of the pollination hours, the highest to the lowest germination energies were determined when the flowers were pollinated at 00: 00 am, 10: 00 pm and 06: 00 am, respectively. Pollinator cultivars had significant effect on germination index of seeds. Germination energy (%) is thought to be related to germination time. It was observed that the germination index of seeds was found to be the highest when the flowers were pollinated with C. Charlie pollen. Because C. Charlie is not the same subspecies with maternal parent. On the other hand, the germination index of the seeds was the lowest (3.79) when the flowers were pollinated with R. Jaina (in the same subspecies as the maternal parent). Considering the pollination hours, the highest germination index of seeds was found when the flowers pollinated at 00: 00 am. Resultant response might be due to female organ was in the most suitable condition in terms of accepting pollen at 00: 00 am. Furthermore, the female organ was not fully receptive in the pollination at 10: 00 pm. Moreover, the stigmas in the female organs were found to be withered in the pollination at 6: 00 am. It is therefore, thought that the differences in germination energy and duration at the pollination hours are due to these abnormal and incompatible conditions.

CONCLUSION

As a result, C. Charlie is recommended as a pollinator cultivar for Bloody Mary because of its short germination time, high germination energy, and high germination index exerted for self-infertile Bloody Mary pitaya cultivar. The highest germination energy was determined when the flowers were pollinated at 00: 00 am, results also showed that hybridization should be possible with different subspecies in pitaya to obtain new hybrid for future breeding programs.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Scientific Research Coordination Unit of Akdeniz University (Project No. FYL-2020-5054).

REFERENCES

- Crane, J.H. & C.F. Balerdi, 2005. Pitaya growing in the Florida home landscape. Institute of Food and Agricultural Sciences, 1068: 1-9.
- Dag, A. & Y. Mizrahi, 2005. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* ("yellow pitaya"). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80 (5): 618-622. <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511987>

- Ellis, R.H. & E.H. Roberts, 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
- Fukuda, S., N. Kozai, K. Beppu & Y. Yonemoto, 2008. Conditions for seed germination in Pitaya IV International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. *Acta Horticultural*, 975: 281-285.
- Gübbük, H., S.B. Biner, B.Dal, I. Yıldırım, D. Taşgın & L. Buhur, 2017. Değişik Tropik Meyve Türlerinin Antalya Koşullarına Adaptasyonu Üzerinde Araştırmalar. Proje Sonuç Raporu, 74 s.
- Gunaseena, H.P.M., D.K.N.G. Pushpakumara & M. Kariyawasam, 2007. Dragonfruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. Underutilized fruit trees, in Sri Lanka, 1: 110-141.
- Karaguzel, O., I. Baktir, S. Cakmakci, V. Ortacesme, B. Aydınoglu & M. Atik, 2002. "Effects of scarification methods, temperature and sowing date on some germination characteristics of *Lupinus varius* L., 40-47". 2nd National Congress on Ornamental Plants, (October 22-24) Citrus and Greenhouse Research Institute, Antalya, Turkey.
- Kazaz, S., E. Doğan, T. Kılıç, E.G.E. Sahin, H Dursun & G.S.Tuna, 2020. Does pollination with scented Rose genotypes as pollen source affect seed setting. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (3): 393-399. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.637793>
- Le Bellec, F., F. Vaillant & E. Imbert, 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61 (4): 237-250. <https://doi.org/10.1051/fruits:2006021>
- Lone, A. B., R.C. Colombo, V. Favetta, L.S.A Takahashi & R.T. de Faria, 2014. Temperatura na germinação de sementes de genótipos de pitaya (Temperature in the seeds germination of pitaya genotypes). *Semina: Ciências Agrárias*, 35 (4): 2251-2258. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2251>
- Maguire, J.D., 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 176-177.
- Mizrahi, Y. & A. Nerd, 1999. Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops. *Perspectives on New Crops and New Uses*, 358-366.
- Ortiz, T.A., G.F. Becker & L.S.A. Takahashi, 2018. Pitaya genotypes (*Hylocereus* spp.) seed germination at different pH levels based on statistical models. *Australian Journal of Crop Science*, 12 (8): 1200-1204. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.995421981096620>
- Pine Island Nursery Catalog, 2020. (Web page: <http://www.tropicalfruitnursery.com/dragon/>) (Accessed date: 25.06.2020)
- Rojas-Aréchiga, M. & C. Vázquez-Yanes, 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*, 44 (1): 85-104. <https://doi.org/10.1006/jare.1999.0582>
- Stintzing, F.C. & R. Carle, 2007. Betalain-emerging prospect for food scientist. *Trends Food Science and Technology*, 18: 514-525. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.012>
- Wichienchot, S., M. Jatupornpipat & R.A. Rastall, 2010. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120: 850-857. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.026>
- Zerpa-Catanho, D., A. Hernández-Priddybailo, V. Madrigal-Ortiz, A.Zúñiga-Centeno, C. Porrás-Martínez, V.M.Jiménez. & L. Barboza-Barquero, 2019. Seed germination of pitaya (*Hylocereus* spp.) as affected by seed extraction method, storage, germination conditions, germination assessment approach and water potential. *Journal of Crop Improvement*, 33 (3): 372-394. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1604457>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60(2): 265-276
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1195532>

Bülent ÇELEBİ^{1*} 

Vedat CEYHAN² 

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun MYO, Muhasebe ve Vergi Bölümü, 55100, İlkadım, Samsun, Türkiye

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 55139, Atakum, Samsun, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
bcelebi@omu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Besi sığırçılığı, net bugünkü değer, reel opsiyon analizi, yatırım değerlendirme

Keywords: Beef cattle, net present value, real option analysis, investment valuation

Türkiye’de besi sığırçılığı yatırımlarında reel opsiyonların değerlendirilmesi*

Valuation of real options for beef cattle investment in Türkiye

* Bu makale Birinci Yazarın doktora tezinden özetlenmiş, TÜBİTAK tarafından 121K701 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Received (Alınış): 27.10.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 26.02.2023

ÖZ

Amaç: Günümüze kadar Türkiye’de besi sığırçılığı yatırım kararları, yeterli bilgi birikimi olmadığından reel opsiyonlar göz ardı edilerek yatırımın değerini olduğundan daha düşük değerde gösteren geleneksel yöntemlerle alınmış ve bu yaklaşım bazen kabul edilmesi gereken yatırımların reddedilmesine yol açmıştır. Besi sığırçılığı yatırımlarında reel opsiyonların belirlenmesi, reel opsiyonlarının değerlendirilmesinin yapılması ve reel opsiyonların değerinin yatırımı ekonomik olarak cazip kılmak açısından yeterli olup olmadığının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırmada Türkiye’de 14 ilde faaliyet gösteren 385 işletmeden anket ve gözlem, ilgili kuruluşlardan ise bireysel mülakatla toplanan verilerle; TÜİK, FAO, üretici birlikleri ve diğer kuruluşlardan sağlanan veriler kullanılmıştır. Reel opsiyonların değerlendirilmesi binomiyal ve monte carlo simülasyonu yöntemleriyle yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Araştırma sonuçları Türkiye’de net bugünkü değeri -1.79 milyon ₺ olan 150 baş kapasiteli besi sığırçılığı yatırımın sahip olduğu erteleme opsiyonu değerinin 0.91 milyon ₺, genişleme opsiyonu değerinin 0.39 milyon ₺ ve girdi-çıktıları değiştirme opsiyonu değerinin 0.22 milyon ₺ olduğunu göstermiştir.

Sonuç: Geleneksel NBD ve reel opsiyonlar yöntemine göre hesaplanan yatırımın genişletilmiş NBD değerleri, Türkiye’de besi sığırçılığı yatırımlarının desteklenmesi gerektiğine işaret etmiştir.

ABSTRACT

Objective: Up to now, beef cattle investment decisions in Türkiye have been made through traditional methods that underestimate the value of the investment by ignoring real options, resulting in the rejection of acceptable investments. This research is aimed to determine and appraise the real options in beef cattle investments and to explore the sufficiency of the value of real options for economically feasible investment, to fulfill the lack of information about real options related to beef cattle investments.

Material and Methods: Research data were collected from 385 beef cattle farms in 14 provinces of Türkiye through questionnaire and observations. Data gathered from TSI, FAO, producer associations and other organizations were also used in the study. Appraisal of the real options were performed by using Binomial and Monte-Carlo Simulation methods.

Results: Research results showed that the option values of delay, expansion and input-output changes of cattle fattening investment with the capacity of 150 head and NPV -1.79 million ₺ in Türkiye were 0.91 million ₺, 0.39 million ₺ and 0.22 million ₺, respectively.

Conclusion: Calculated values of traditional and expanded NPV values of the investment indicates that beef cattle investments in Türkiye should be supported by the government.

GİRİŞ

Kırmızı et sektörü, insan beslenmesinde taşıdığı öneminin yanı sıra yarattığı katma değer ve istihdam nedeniyle ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de kırmızı et talebinin önemli bir kısmını dana eti üretimi oluşturmaktadır (Taşkın vd., 2020). Dana eti üretimi 2014 yılında 882 bin ton iken, 2019 yılında bir milyon tona ulaşmıştır. Dana eti tüketimi ise 2014 yılında 882 bin ton iken, üretim miktarından daha hızlı bir artışla 2019 yılında 1.08 milyon tona ulaşmıştır. Aynı dönemde kişi başına dana eti tüketimi yıllık 11,4 kg’dan 13,0 kg’a (TOB, 2020) çıkmış olmasına rağmen henüz gelir seviyesi yüksek olan ülkeler (Örneğin ABD’de kişi başına tüketim 25,8 kg/yıl) seviyesine ulaşmamıştır. Üretim ve tüketim değerleri karşılaştırılmalı olarak incelendiğinde, tüketimin dana eti üretiminden daha hızlı arttığı görülmektedir. Bunun doğal sonucu olarak 2018 yılında Türkiye’de dana etine olan talep, yurt içi üretimle karşılanamadığı için 55 bin ton dana eti ithalatı yapılmıştır. Hem gelir seviyesinde görülen yükselme eğilimi hem de nüfus artışı nedeniyle Türkiye’de kırmızı et tüketiminde hızlı bir artış olacağı, 2023 yılı sonunda tüketiminin 1,37 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (TAGEM, 2021). Benzer şekilde, FAO, kırmızı et talebinin 2030 yılına kadar yıllık %1,55 artacağını tahmin etmektedir ve bu büyümeyi geliştirmekte olan ülkelerdeki nüfus artışı, kentleşme ve artan gelir gibi faktörlere bağlamaktadır (OECD/FAO, 2021). Artan talebin karşılanması için üretimin artırılması gerekmektedir. Dana eti üretiminin artırılması, hali hazırda sektörde üretim yapan besi sığırcılığı işletmelerinin yatırımlar yaparak verimliliklerini ve dana eti üretim kapasitesini artırması, yeni yatırımcıların bu sektöre yatırım yapmaları ile mümkün olabilecektir.

Dana eti üretimini gerçekleştiren mevcut işletmelerin genişleme yatırımları ile yeni tesis kurmak amacıyla yapılacak yatırımlar için alınacak kararların doğruluğu dana eti üretimini etkilemektedir. Yatırımlar için karar alınırken geleneksel yöntemler olan sermaye geri dönüş oranı (SGDO) ile geri ödeme süresi (GÖS) veya yarı dinamik yöntemler olarak bilinen net bugünkü değer (NBD), iç karlılık oranı (İKO) veya fayda masraf oranı (FMO) yöntemleri kullanılması yatırımların sahip olduğu risklerin yeterince dikkate alınmamasına yol açmıştır. Ayrıca yatırımın belirsizlikler karşısında sahip olduğu erteleme, genişleme veya daralma, durdurma, girdi ve çıktıları değiştirme vb. yönetsel esneklikler yani sahip olduğu reel opsiyonlar göz ardı edilmiştir. Bu durum yatırımın değerini olduğundan daha düşük değerde görülmesine sebep olmakta ve bazen kabul edilmesi gereken bir yatırımın reddedilmesine yol açmaktadır. Sonuçta yatırım kararlarında esneklik sağlanamamıştır ve günümüze kadar alınan yatırım kararlarının etkinliği olumsuz etkilenmiştir. Hâlbuki finansal piyasalarda yatırım kararları alınırken, finansal opsiyonlar ve değerleri bilindiğinden yatırım kararlarında esneklik sağlanabilmektedir.

Reel opsiyon analizinin kökeni, firmaların büyüme potansiyeli olan uzun vadeli yatırımlar yerine neden likidite sunan daha kısa vadeli yatırımları kabul etme eğiliminde olduklarını açıklamaya çalışan Myers’a (1977) dayanmaktadır. Myers (1977), büyüme seçeneklerine bağlı olarak varlıklar ile borçlanma arasında beklentinin aksine ters orantılı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Yatırım yapacak firma riskli büyüme seçeneklerine sahip yatırımları ancak sahip olduğu finansal koşullar onu borcunu ödemek için anında nakit akışı olan projelere yönlendirmezse üstlenebilmektedir. Myers (1977), bu durumu “yetersiz yatırım sorunu” olarak tanımlamış ve reel opsiyon terimini ilk kez ortaya atmıştır.

Reel opsiyon analizinin gelişmesinde finansal opsiyon hesaplama tekniklerindeki gelişmenin önemli bir rolü bulunmaktadır. Black & Scholes (1973) tarafından, opsiyonları sürekli fiyatlara göre değerleyen ve Avrupa tipi satın alma opsiyonlarının fiyatlamasında kullanılan Black-Scholes modeli geliştirilmiştir. Diğer taraftan Cox et al. (1979)’ın geliştirdiği binomiyal fiyatlama modeli opsiyonların tek tek veya birleşik olarak fiyatlandırılmasına olanak sağlamıştır. Brenann & Schwartz (1985) ve McDonald & Siegel (1986), belirsizlik koşulları altında yatırım kararı için reel opsiyon teorisini kullanmışlardır. Belirsizlik koşulları altında yararlanabilecek reel opsiyonlar, Dixit & Pindyck (1994) ve Trigeorgis (1996) tarafından sentezlenerek literatüre kazandırılmıştır.

Günümüze kadar dünyada tarımsal yatırımlarda reel opsiyonların değerlendirilmesine odaklanmış bazı çalışmalar yapılmıştır (Luong & Tauer, 2006; Musshoff, 2012; Yemshanov et al., 2015; Kostrova et al.,

2016; Hauer et al., 2017; Smith, 2018; Spiegel et al., 2020a, b). Hayvansal üretimde reel opsiyonlar teorisi kullanılarak yapılmış olan sınırlı sayıda çalışmada süt işletmelerine yönelik makine satın alma kararı verilmiş (Engel & Hyde, 2003) ve üretim geliştirme yatırımları değerlendirilmiştir (Lien, 2003; Muller, 2018). Besicilik ile ilgili yatırımlarda reel opsiyonların belirlenip değerlendirilmesinin yapıldığı çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Besi hayvanlarını açık alandan kapalı alana transfer etme opsiyonunun değerlendirildiği de Lamare Bastian-Pinto et al. (2015) tarafından yapılan çalışma ile Odening et al. (2005) tarafından yapılan ve domuz yetiştirme yatırımının erteleme ve durdurma opsiyonunun değerlendirildiği çalışma bu alandaki sınırlı sayıdaki çalışmalardandır. Günümüze kadar Türkiye'de besi sığırcılığı yatırımlarının sahip olabileceği erteleme, durdurma, değiştirme vb. gibi reel opsiyonların değerlendirilmesine yönelik olarak yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bilgi boşluğunu doldurmak için bu çalışmada Türkiye'de besi sığırcılığı yatırımlarında reel opsiyonların varlığı ve reel opsiyonların değerinin yatırımı ekonomik olarak cazip kılmak açısından yeterli olup olmadığı test edilmiştir. Besi sığırcılığı yatırımlarında reel opsiyonlar ile ilgili bilgi eksikliğini azaltmak için yürütülen bu çalışmada besi sığırcılığı yatırımları için reel opsiyonların belirlenmesi, reel opsiyonlarının değerlendirilmesinin yapılması ve reel opsiyonların değerinin yatırımı ekonomik olarak cazip kılmak açısından yeterli olup olmadığının ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 09.07.2021 tarihli, 2021-593 sayılı belge numarasıyla onay almıştır.

Araştırma verileri

İşletme düzeyindeki araştırma verileri, besi sığırcılığı işletmelerinden 2021 yılı Kasım ve Aralık aylarında yüz yüze yapılan görüşmelerde doldurulan anketler yoluyla toplanmıştır. Araştırma alanında yapılan gözlemler, gerçekleştirilen bireysel mülakatlar, daha önce yapılmış araştırma sonuçları ve ilgili kurum ve kuruluşlarının kayıtlarından elde edilen veriler araştırmanın diğer veri kaynaklarıdır. Araştırmada TÜİK, FAO, Yem Üreticileri Birliği ve diğer kuruluşlardan elde edilen 1980-2021 dönemine ait karkas et, besi yemi, arpa, yonca, saman, silaj fiyatları ile işçilik giderlerine ait zaman serileri kullanılmıştır.

Anket yapılacak sığır besiciliği işletmelerinin sayısı oransal örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Araştırma Türkiye'de 50 baş ve üzerinde hayvan varlığına sahip besi sığırcılığı işletmelerini kapsamaktadır. İhtisaslaşmış işletmelerin yetiştirdiği besi hayvanı sayısı ve sığır besiciliği yapan işletmelerin sayısı, bunların bölgelere ve illere göre dağılımı hakkında resmi istatistik bulunmamaktadır. Kırmızı Et Üreticileri Birliği, Ziraat Odaları ve Tarım Orman Bakanlığı (TOB) il ve ilçe müdürlüklerinden elde edilen veriler doğrultusunda, 2019 yılı itibarıyla Türkiye'de faaliyet gösteren 50 baş ve üzerinde hayvan varlığına sahip yaklaşık 13 bin sığır besiciliği işletmesi bulunmaktadır. Türkiye'nin bütün coğrafik bölgeleri için, bölgeyi temsilen en çok besi sığırcılığına sahip iki il gayeli olarak seçilmiştir.

Araştırmanın ana kitlesini oluşturan sığır besiciliği işletmelerine ait örnekleme kriteri olarak kullanılacak değişkenlere ait veri olmadığından, anket yapılacak sığır besiciliği işletmelerinin sayısı oransal örnekleme yöntemiyle aşağıda belirtilen formül kullanılarak belirlenmiştir (Yamane, 1967).

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2} \quad (1)$$

Optimum örnek hacmini belirlemek için yapılan hesaplamalarda 50 baş ve üzerinde besi sığırcılığına sahip işletmelerin oranını ifade eden ve 50 baş ve altında besi sığırcılığına sahip işletmelerin oranını ifade eden 0.5 olarak alınmıştır. Optimum örnek hacmi hesaplamalarında %95 güven derecesiyle çalışılmış ($z=1,96$) ve orandan izin verilen en büyük hata payı 0.05 olarak alınmıştır. Buna göre anket yapılacak besi sığırcılığı işletme sayısı 385 olarak belirlenmiştir. Belirlenen örnek hacminin illere dağılımı, her bir ilin ana kitle toplamı içinde sahip olduğu pay dikkate alınarak yapılmıştır. İşletme düzeyinde araştırma verileri

Erzurum'da 37, Kars'ta 28, Diyarbakır'da 29, Şanlıurfa'da 20, Konya'da 50, Ankara'da 63, Samsun'da 18, Amasya'da 17, İzmir'de 31, Aydın'da 21, Adana'da 20, Kahramanmaraş'ta 11, Balıkesir'de 26 ve Bursa'da 14 besi sığırcılığı işletmesinden toplanmıştır. Her bir ilde görüşülecek besi sığırcılığı işletmesinin belirlenmesinde, TOB il ve ilçe müdürlüklerine ait kayıtlar yardımıyla oluşturulan ve her bir ilde bulunan sığır besiciliği işletmelerini içeren listeler kullanılmıştır. İllerde görüşülecek besi sığırcılığı işletmeleri, iller için oluşturulan listelerden tesadüfi sayılar tablosu yardımıyla belirlenmiştir.

Besi sığırcılığı yatırımının NBD yöntemiyle değerlendirilmesinde kullanılan yöntem

Besi sığırcılığı yatırımının değerlendirilmesinde paranın zaman değerini dikkate alan yarı dinamik bir metod olan NBD yöntemi kullanılmıştır. Bu tercihin nedeni yatırım değerlemede en çok tercih edilen yöntem olması, TKDK destek başvurularında bu yöntemin kullanılıyor olması ve reel opsiyonla değerlemede de bu yöntemden elde edilen verilerin kullanılmasıdır. NBD ile yapılan değerlendirmelerde aşağıda yer alan formül kullanılmıştır (Gittinger, 1982). Formülde yer alan NNA tahmin edilen yıllık net nakit akışlarını, n yatırımın ekonomik ömrünü, i sermayenin fırsat maliyetini, C ise yatırım maliyetini ifade etmektedir.

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{NNA_t}{(1+i)^t} - C \quad (2)$$

Yatırımın NBD ile değerlendirilmesinde ilk aşamada yatırımın 10 yıllık nakit akışlarının tahmini yapılmıştır. Besi sığırcılığında kullanılan girdileri çıktıya dönüştürme kabiliyetinin göstergesi olan teknik katsayılar, anketler aracılığıyla besi sığırcılığı işletmelerinden toplanan veriler analiz edilerek ortaya konulmuştur.

Elde edilen ve 1980-2021 yıllarını temsil eden zaman serileri üretici fiyatları endeksi kullanılarak enflasyondan arındırılmıştır. Zaman serilerin durağanlığı Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök sınaması ile test edildikten sonra, 2022-2031 yılları için öngörüler Ototregresif Hareketli Ortalama (ARIMA) modelleriyle belirlenmiştir. Hangi ARIMA modelinin kullanılacağını belirlemek için serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelenmiş, parametrelerin anlamlılık düzeyine bakılmıştır. Alternatif modeller arasından en uygun modelin seçilmesinde; hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), hatanın mutlak ortalaması (MAE) ve Akaike ve Schwarz Bilgi Kriteri kullanılmıştır (Lütkepohl & Krätzig, 2004).

Yatırımın ekonomik ömrü (n) 10 yıl olarak alınmıştır. Onuncu yıldan sonraki nakit akışlarının bugünkü değerinin oldukça düşük olması ve yatırım desteği başvurularında 10 yıllık NNA'ların dikkate alınması bu tercihin nedenidir. Yatırım değerlendirme sürecinde, indirgeme oranı olarak risksiz getiri kabul edilen devlet tahvillerinin faiz oranlarının ortalaması kullanılmıştır. Hesaplama 2011-2020 dönemi boyunca 120 aylık süredeki 10 yıl vadeli devlet tahvillerinin ortalaması alınmıştır.

Yatırım maliyetini oluşturan inşaat, makine ve ekipman ihtiyacı bireysel mülakatlar aracılığıyla alınan uzman görüşleri ve besi sığırcılığı işletmelerinden anket yoluyla toplanan veriler dikkate alınarak belirlenmiştir. İnşaat maliyeti hesaplanırken Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumundan alınan 150 baş kapasiteli bir besi sığırcılığı işletmesinin teknik projeleri ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 2022 yılı rayiç bedelleri kullanılmıştır. Başlangıçta ihtiyaç duyulan işletme sermayesi, faaliyet devri katsayısı yöntemiyle hesaplanmıştır.

Reel opsiyonların belirlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan yöntem

Erteleme opsiyonunun varlığı ve süresi ilişkili sorulara verilen cevaplardan hesaplanan tanımlayıcı istatistikler (frekans, ortalama vb.) yardımıyla ortaya konulmuştur. Erteleme opsiyonunun değerlendirilmesinde binomiyal değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Cox, Ross ve Rubinstein tarafından geliştirilen binomiyal modele göre reel opsiyonların değeri belirlenirken, kesikli zamanda yatırımın nakit akışlarının (S) p olasılık ile (u) yukarı yönlü hareket edeceği, 1-p olasılıkla ise (d) aşağı yönlü hareket edeceği varsayımıyla binom ağacı oluşturulmuştur.

Binom ağacında başlangıç değeri olan (S) zaman serisi analizi ile hesaplanan NNA'ların bugünkü değeridir. Yukarı yönlü hareketin sonucu nakit akışlarının değerini hesaplamak için nakit akışları (u) değeri ile aşağı yönlü hareketin sonucu nakit akışlarının değerini hesaplamak için ise (d) değeri ile çarpılmıştır. Yukarı yönlü ve aşağı yönlü hareketin büyüklükleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Denklemlerde yer alan (σ) değişkenliği, (t) ise opsiyonun kullanım süresini ifade etmektedir.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (3)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (4)$$

Hesaplanan (u) ve (d) değerleri kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla risk nötr (P) olasılığı yani risksiz getiri olasılığı hesaplanmıştır.

$$P = \frac{e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} - d}{u - d} \quad (5)$$

Değişkenliğin hesaplanmasında tarihsel değişkenlik yöntemi benimsenmiştir. Net nakit akışlarının yıllık değişkenliğinin (u) hesaplanması için her yılın nakit akışı (NNA_t) bir önceki yılın nakit akışına (NNA_{t-1}) bölünerek çıkan sonucun doğal logaritması alınmıştır. Yıllık değişkenliklerin standart sapması ise değişkenlik değeri olarak kullanılmıştır (Mun, 2002).

Erteleme opsiyonunun değerlemesini yapmak amacıyla oluşturulan binom ağacının (dayanak varlık kafesi) son düğümünde yer alan değerlerden yatırımın maliyeti düşülmüştür. Değeri negatif olan düğümlerde yatırım yapılmayacağı, sadece pozitif durumlarda yatırım yapılacağı için negatif değerler sıfır kabul edilerek opsiyon değerlendirme kafesinin son basamağı oluşturulmuştur. Sonrasında kafeste geriye doğru her adımda opsiyonun değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmış, başlangıç noktasında bulunan değer ise erteleme opsiyonun değerini ortaya koymuştur.

$$C = [p * S_u + (1 - p) * S_d] / e^r \quad (6)$$

Formülde yer alan (C) opsiyonun değerini, S_u yukarı yönlü başlangıç değerini, S_d aşağı yönlü başlangıç değerini ve (r) risksiz getiri oranını ifade etmektedir. Hesaplanan erteleme opsiyonunun değeri yatırımın net nakit akışına eklenerek yatırımın genişletilmiş net bugünkü değeri hesaplanmıştır.

Genişleme opsiyonunun varlığı, genişleme oranı ve opsiyon süresi ilişkili sorulara verilen cevaplardan hesaplanan tanımlayıcı istatistikler (frekans, ortalama vb.) yardımıyla ortaya konulmuştur. Genişleme opsiyonunun değerini belirleme amacıyla erteleme opsiyonu benzer şekilde oluşturulan binom ağacının son basamağında bulunan değerlere, koşulların iyi gitmesi halinde uygulanabilecek genişleme için yukarı yönlü hareket düğümlerine genişlemenin nakit akışlarına getireceği ilave değer eklenip genişleme yatırımının maliyeti düşülerek genişleme opsiyonu değerlendirme kafesi oluşturulmuştur (Mun, 2002).

İşletmelerde girdileri değiştirme opsiyonunun varlığını sorgulamak amacıyla girdi olarak kullanılan yemlere ve çıktıları değiştirme opsiyonu olarak besi süresi ve hayvanların canlı ağırlık artışının takip edilmesine odaklanılmıştır. Girdi-çıktıları değiştirme opsiyonlarının değerlendirilmesinde Monte Carlo simülasyonu ve dinamik programlama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Besi sığırcılığı yatırımının finansal olarak modellenmesi Excel paket programında yapılmış, Monte Carlo simülasyonu için Excel paket programı eklentisi olan @risk trial version yazılımı kullanılmıştır.

Alternatif yemleri kullanma opsiyonunun değerini belirlemek amacıyla 10 farklı rasyonda hayvan başına toplam yem miktarları hesaplanmıştır. Bu rasyonların belirlenmesinde ortalama besi süresi 9.92 ay olarak alınmış ve bu sürede ortalama 394.30 kg ağırlık artışının sağlanması hedefi esas alınmıştır. Rasyonda kullanılan yemlerin uzun dönem fiyatları ve zaman serisi yöntemleri kullanılarak hesaplanan tahmin edilen girdi fiyatları ve standart sapma değerleri simülasyona değişken olarak yüklenmiştir. Üreticilerin bu rasyonlar içerisinde en düşük maliyeti olanı seçebileceği varsayımı koşul olarak yazılıma yüklenmiştir.

İşletmelerin canlı ağırlık artışını düzenli takip ederek ağırlık artışı masrafları karşılamadığında hayvanları kesime göndermeleri durumunda optimum besi süresini (Altuntaş & Arpacık, 2004; Aydın vd., 2014; Çiçek & Sakarya, 2003; Sakarya, 1996) yakalayarak marjinal masraf- marjinal gelir eşitliğini sağladıkları dolayısıyla hayvan başına net nakit akışının hiçbir durumda eksiye düşmeyeceği varsayımı simülasyona koşul olarak yüklenmiştir. Son aşamada ise Monte Carlo simülasyonu ile modele dâhil edilen değişkenler rastgele 10 bin defa değiştirilerek yıllık NNA yeniden hesaplanmış, geleneksel yöntemle hesaplanan değerlerin arasındaki fark alınarak girdi-çıkı opsiyonlarının değeri hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

İncelenen İşletmelerin Genel Özellikleri

Araştırma kapsamında incelenen 50 ve üzeri besi hayvanı kapasitesine sahip işletmelerin % 75.8'inin şahıs işletmesi olduğu ve %22.9'unun ise şirket statüsünde faaliyet gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen işletmelerin işletme arazisi büyüklüğü ortalama 102.3 dekadır ve buna ait standart sapma 165.4 dekadır. Ortalama besi ahır kapasitesi 357.2 baş olup, buna ait standart sapma 896.6 baştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. İşletmenin ve işletme yöneticilerinin genel özellikleri

Table 1. General characteristics of the business and business managers

	Ortalama	Standart Sapma
İşletme arazisi büyüklüğü (da)	102.30	165.40
Ahır kapasitesi (baş)	357.20	896.60
Satılan toplam hayvan sayısı	283.71	842.79
Kapasite kullanım oranı (%)	72.50	28.71
Randıman oranı (%)	56.77	3.88
Besi süresi (ay)	9.92	1.58
Günlük canlı ağırlık artışı (kg)	1.34	0.32
Yöneticilerin yaşı (yıl)	46.47	10.77
Genel tarımsal deneyim (yıl)	22.23	13.36
Besi sığırılığı deneyimi (yıl)	18.66	12.68
	Frekans	%
İşletme tipi		
Şahıs	292	75.80
Şirket	88	22.90
Adi Ortaklık	4	1.00
Kooperatif	1	0.30
İşletmede kullanılan besicilik sistemi		
Kapalı ahırlarda	165	42.90
Açıkta	66	17.10
Karma	154	40.00

İşletmelerin %42.9'u kapalı ahırlarda, %40'ı ise hem kapalı hem de açık ahırlarda besicilik üretim faaliyetini gerçekleştirmektedir. İncelenen besi sığırılığı işletmelerinin ahır kapasitesi ortalama 357.18 baştır (Çizelge 1). İncelenen besi sığırılığı işletmeleri yılda ortalama 283.71 baş sığır satışı gerçekleştirmişlerdir. Türkiye besi sığırılığı işletmelerinde kapasite kullanım oranı ortalama %72.5'tir. Araştırmada tespit edilen kapasite kullanım oranı, daha önce Ağır (2018) tarafından kapasite kullanım oranı olarak belirtilen %60'tan yüksektir.

Besi hayvanlarının ortalama randıman oranı (karkas verim oranı) %56.77'dir (Çizelge 1). Bu araştırma bulgusu daha önce Gezinç & Günlü (2020), Ceyhan & Hazneci (2010) ve Ağır (2018) tarafından yapılmış çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ancak araştırmada tespit edilen randıman oranı, Türkten vd. (2016) tarafından bildirilen %55'lik randıman oranından yüksektir.

Besi sığırcılığı yapan işletmelerde besi süresi 9.92 aydır (Çizelge 1). Besi süresine ilişkin araştırma bulgusu daha önce Geziç & Günlü (2020) tarafından yapılmış çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Ancak, araştırmada tespit edilen besi süresi Ceyhan & Hazneci (2010), Çelik & Sarıözkan (2017) ve Ağır (2018) tarafından bildirilen yaklaşık 8-9 aylık süreden daha uzundur.

Türkiye'de tipik bir besi sığırcılığı işletmesinde günlük canlı ağırlık artışı ortalama 1.34 kilogramdır (Çizelge 1). Araştırmada tespit edilen günlük canlı ağırlık artışı daha önce Geziç & Günlü (2020) tarafından yapılmış çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ancak araştırmada tespit edilen günlük canlı ağırlık artışı, Ceyhan & Hazneci (2010) ve Çelik & Sarıözkan (2017) tarafından bildirilen günlük canlı ağırlık artışlarından daha yüksektir. Ceyhan & Hazneci (2010) günlük canlı ağırlık artışının 0.91-1 kg arasında değiştiğini bildirmişken, Çelik & Sarıözkan (2017) günlük canlı ağırlık artışını 1.04 kg olarak bildirmişlerdir. Bu farklılığın araştırmanın bütün Türkiye'de ihtisaslaşmış ve büyük ölçekli besi sığırcılığı işletmelerini kapsamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Besi Sığırcılığı Başlangıç Yatırım Maliyetinin Belirlenmesi

Araştırma kapsamında 150 baş kapasiteli besi sığırcılığı işletmesi yatırımının toplam maliyeti 7.75 milyon ₺'dir. Maliyetin içerisinde %53.23'lük payla en önemli masraf unsuru inşaat maliyetidir. İşletme sermayesi gereksiniminin toplam yatırım içerisindeki payı %39.39'dur. İncelenen besi sığırcılığı işletmelerinde ortalama besi süresi olan 3.92 ay süresince nakit girişi olmayacağı varsayımıyla günlük ortalama gider ile bu süre çarpılarak işletme sermayesi gereksinimi 3.05 milyon ₺ olarak hesaplanmıştır. Yatırımda ihtiyaç duyulan makine ekipman maliyetinin toplam yatırım maliyetine oranı %7.38'dir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Besi sığırcılığı başlangıç yatırım unsurları (150 baş)

Table 2. Initial investment of beef cattle investment (150 head)

Yatırım maliyeti unsurları	Maliyet (bin ₺)	Oran (%)
A-Toplam inşaat maliyeti	4126.47	53.23
B- Toplam makine ekipman	572.45	7.38
C- İşletme sermayesi gereksinimi	3054.09	39.39
Toplam yatırım maliyeti (A+B+C)	7753.01	100.00

Net Bugünkü Değer Yöntemi İle Yatırımın Yapılabilirliğinin Değerlendirilmesi

ARIMA (2 1 1) modeli ile tahmin edilen 150 başlık besi sığırcılığı yatırımının net nakit akışları Çizelge 3'de verilmiştir. ADF testi sonuçları, oluşturulan zaman serisinin düzeyde durağan olmadığını ve birinci farkın alınması ile durağanlaştığını göstermiştir ($p < 0.05$). ARIMA modelinde yer alan AR ve MA katsayıları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) ve hata terimleri normal dağılmaktadır ($p > 0.05$).

Çizelge 3. Besi sığırcılığı yatırımına ait tahmini net nakit akışları

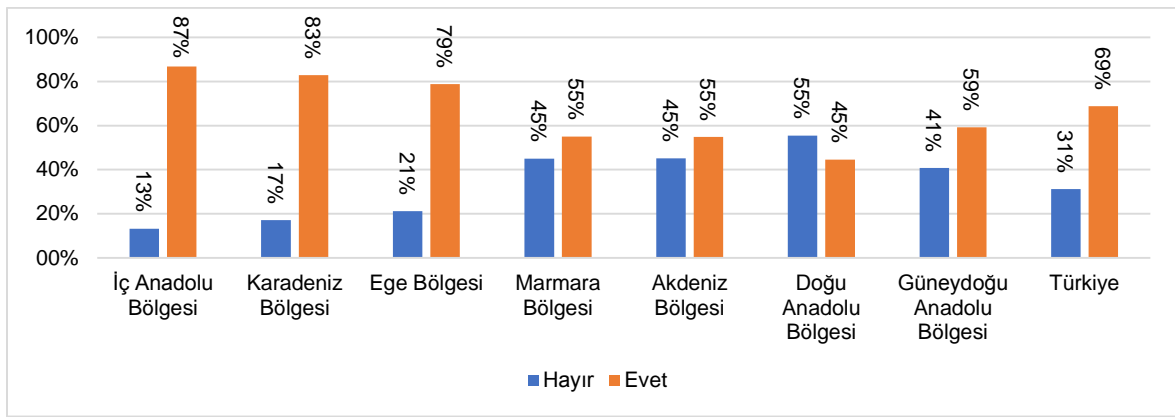
Table 3. Estimated net cash flows of beef cattle investment

Yıllar	Reel fiyatlarla tahmini NNA (bin ₺)	İndirgenmiş NNA (bin ₺)
2022	857.21	773.66
2023	1243.28	1012.72
2024	1151.33	846.41
2025	925.64	614.16
2026	873.39	523.01
2027	960.77	519.25
2028	1024.57	499.76
2029	1010.65	444.92
2030	974.56	387.21
2031	966.48	346.57
Net nakit akışlarının bugünkü değeri		5967.69

Nakit akışlarının bugüne indirgenmesinde kullanılan 10 yıl vadeli devlet tahvillerinin faiz oranlarının ortalaması olan %10.80 oranı kullanılmıştır (Odening et al., 2005). Bileşik faiz hesaplamasında kullanılan bugünkü değer formülü yardımıyla net nakit akışlarının bugünkü değeri 5.97 milyon ₺ olarak hesaplanmıştır. Yatırımın maliyeti düşüldükten sonra NBD'si -1.79 milyon ₺ olarak bulunmuş olup, bu değer besi sığırılığı yatırımının yapılmaması gerektiğini ifade etmektedir.

Besi Sığırılığı Yatırımının Sahip Olduğu Opsiyonların Belirlenmesi Ve Değerlemesi

İncelenen besi sığırılığı işletmelerin yöneticilerinin %68.8'i yatırımı erteleyebileceklerini, %31.2'si ise erteleme imkânının olmadığını belirtmiştir. Ki kare testi sonuçları erteleme opsiyonuna sahip olma açısından bölgelerin birbirinden bağımsız olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). İç Anadolu, Karadeniz ve Ege Bölgelerinde faaliyet gösteren besi sığırılığı işletmeleri diğer bölgelere göre daha fazla erteleme opsiyonuna sahiptirler (Şekil1).



Şekil 1. Bölgelere göre erteleme opsiyonu durumu.

Figure 1. The percentage of having option to delay by regions.

Araştırma sonuçlarına göre besi sığırılığı yatırımı fikrinin doğuşundan uygulanmaya başlanmasına kadar geçen süre 1.67 yıldır. Bu sebeple, inşaatın başlamasına kadar geçen sürede yatırım terk edilebileceğinden, erteleme opsiyonunun süresi 1.67 yıl olarak kabul edilmiştir. Nakit akışlarının yıllık değişkenliklerine ait standart sapma değeri olan %36.54 yatırım analizinde değişkenlik değeri olarak kullanılmıştır (Çizelge 4).

Erteleme opsiyonu değerini hesaplamak için oluşturulan 10 adımlı opsiyon değerlendirme kafesinde yukarı yönlü hareketin (u) büyüklüğü 1.1610 ve aşağı yönlü hareketin (d) büyüklüğü 0.8613 olup risksiz getiri olasılığı 0.5235 olarak hesaplanmıştır. Opsiyon analizi sonuçları, Türkiye ortalamasında 1.67 yıllık erteleme opsiyonunun değerinin 0.91 milyon ₺ olduğunu göstermiştir. Erteleme opsiyonu değerinin net nakit akışlarının bugünkü değerine eklenmesi yoluyla hesaplanan yatırımın genişletilmiş NBD'si ($(5.97 + 0.91) - 7.75$) - 0.87 milyon ₺'dir. Erteleme opsiyonu dikkate alınsa bile besi sığırılığı yatırımının desteklenmesi gerekmektedir.

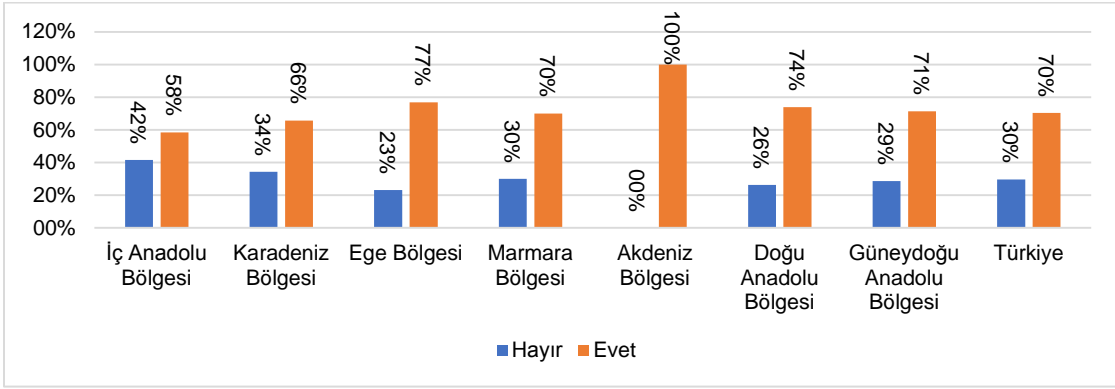
Çizelge 4. Erteleme ve genişleme opsiyonlarının hesaplamasında kullanılan değişkenler

Table 4. Variables used in the calculation of delay and expansion options

Değişken adı	Değeri
Yatırım maliyeti (bin ₺)	7753.01
Nakit akışlarının bugünkü değeri (bin ₺)	5967.69
Opsiyon süresi (yıl)	1.67
Risksiz faiz oranı (%)	10.80
Değişkenlik (volatilite) (%)	36.54

İncelenen besi sığırcılığı işletmelerinin %70.40'ı işlerin iyi gitmesi durumunda büyütme imkânının olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 2). Bütün bölgelerde genişletme imkanına sahip olma oranı yüksek olmakla birlikte, en yüksek oranlar Akdeniz ve Ege, en düşük oranlar ise İç Anadolu ve Karadeniz Bölgelerindeki işletmelerdedir. Ki kare testi sonuçları, genişleme opsiyonunun varlığı açısından bölgelerin birbirinden bağımsız olduğunu göstermiştir ($p < 0.05$).

Önceki yıllarda genişleme yatırımı yapan besi sığırcılığı işletmelerinin %41.3'ü kapasitelerini %200 arttırmış, %26.7'si ise kapasitelerini %100 oranında arttırmıştır. Genişleme opsiyonunun değerinin hesaplanması için ihtiyaç duyulan genişleme oranı olarak en çok tercih edilen oran %200 olduğundan, opsiyon analizindeki hesaplamalar bu orana göre yapılmıştır. Genişleme yatırımının yapılması için "fiyat artışının sürekliliğini gözlerim" seçeneği tercih eden 64 katılımcının gözlem süresini ortalama 2.04 yıl olarak belirtmişler, bu süre opsiyon süresi olarak kabul edilmiştir. Bu veriler ışığında Türkiye'de 150 baş kapasiteli besi sığırcılığı yatırımını başlangıçta küçük ölçekte planlayıp, sonrasında koşullar iyi giderse genişleme opsiyonunu kullanmanın beklenen getiriye katkısı 0.39 milyon ₺'dir.



Şekil 2. Genişleme opsiyonunun bölgelere dağılımı.

Figure 2. Distribution of the expansion option by region.

İncelenen işletmelerin %37'si yem fiyatlarında artış olması durumunda alternatif yemleri kullanacaklarını, %15'i ise kendi imkanlarıyla yem bitkisi üreteceklerini belirtmişlerdir. Üreticilerin önemli bir kısmının yem fiyatlarında meydana gelen artışa karşı duyarlılık gösterdiği ve bu duruma karşı farklı şekillerde tedbir aldığı görülmüştür.

Besi sığırcılığı işletmelerinde teorik olarak üreticilerin besi süresini belirlemek suretiyle çıktıları kontrol etme opsiyonu bulunmaktadır. Bu opsiyonu kullanma durumunu belirlemek amacıyla üreticilere, hayvanları tartım yoluyla, canlı ağırlık artışını düzenli olarak kontrol edip etmedikleri sorulmuş, üreticilerin %63'ünün düzenli tartım yapmak suretiyle canlı ağırlık artışını takip ettikleri, %37'sinde ise tartım yapılmadığı tespit edilmiştir. Canlı ağırlık artışını yeterli görmediğiniz hayvanları ne yaparsınız sorusu sorulduğunda, işletmecilerin %44'ü kesime gönderirim, %40'ı ise hayvanın bir hastalığı olduğunu düşünerek tedavi etmeye çalışırım cevabını vermişlerdir. Her iki sorudan alınan cevaplar birlikte değerlendirildiğinde üreticilerin canlı ağırlık artışını takip etmeleri ve buna göre besiyeye devam etmeleri veya sonlandırmaları yoluyla besi süresine müdahale ederek çıktıları değiştirebildikleri tespit edilmiştir.

Girdi ve çıktıları değerlemek amacıyla simülasyon yöntemiyle beklenen değer hesaplamaları yapılmıştır. Simülasyon sonuçları, girdi çıktı opsiyonu değerinin yıllık 5.23 bin ₺ ile 63.16 bin ₺ arasında değiştiğini göstermiştir (Çizelge 5). Net nakit akışının yüksek olduğu 2023 ve 2024 yıllarında opsiyon değerinin daha düşük, net nakit akışının düşük olduğu 2031, 2030, 2025 ve 2022 yıllarında ise opsiyon değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum karlılığın azaldığı dönemlerde yönetsel esnekliklerin daha önemli hale geldiğini göstermektedir. Besi sığırcılığı işletmeleri belirlenen opsiyonları kullanmaları durumunda yıllık NNA'larını ortalama %4.24 artıracabileceklerdir.

Çizelge 5. Besi sığırcılığı yatırımında girdi çıktı değiştime opsiyon değerleri**Table 5.** The values of the option of input-output changes for beef cattle investment

Yıllar	NNA reel opsiyon yaklaşımı	NNA geleneksel NBD yöntemi*	Girdi çıktı opsiyonu değeri*	NBD'ye göre oranı (%)
2022	905.75	857.21	48.53	5.66
2023	1248.51	1243.28	5.23	0.42
2024	1157.00	1151.33	5.67	0.49
2025	951.32	925.64	25.68	2.77
2026	923.52	873.39	50.13	5.74
2027	1013.35	960.77	52.58	5.47
2028	1072.26	1024.57	47.69	4.65
2029	1060.17	1010.65	49.51	4.90
2030	1030.89	974.56	56.33	5.78
2031	1.029.64	966.48	63.16	6.54
Net nakit akışlarının bugünkü değeri	6.185.49	5.967.68	217.79	4.24

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarım sektörü gerek insanların en temel ihtiyacı olan beslenme ihtiyacını karşılaması gerekse ülke ekonomileri içerisinde yarattığı ekonomik değer ve istihdama katkısı nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Geçmiş yıllarda tarım sektöründen diğer sektörlerle kaynak transferi söz konusu iken son yıllarda, özellikle Covid-19 pandemisi sonrası, sektörün öneminin giderek artması ve tarımsal emtia fiyatlarında yaşanan artışlar diğer sektörlerde faaliyet gösteren yatırımcıların bu sektöre olan ilgisini artırmıştır. Ancak artan rekabet şartları, pazar koşullarında sürekli değişkenlik ve sınırlı finans kaynakları tarım sektörüne girmek isteyen işletmeleri yatırımlarını doğru bir biçimde değerlendirmeye zorlamaktadır. Özellikle yirminci yüzyılın sonlarına doğru giderek artan bir şekilde uygulanmaya başlayan reel opsiyonlar yöntemi ise esnekliğin değerini hesaplayarak değerlendirmeye dahil ettiği için daha başarılı sonuçlar alınmasını sağlamıştır.

Besi sığırcılığı yatırımı için geleneksel yöntemle yapılan değerlendirme sonrası NBD'si negatif olarak hesaplanmıştır. Sonrasında yapılan analizler sonucu yatırımın erteleme, genişleme ve girdi ve çıktıları değiştirme opsiyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Erteleme opsiyonu ile birlikte hesaplanan genişletilmiş NBD'de negatif olarak hesaplanmış, yatırımın yapılabilir olması için desteğe halen ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Bu çerçevede TOB ve Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) tarafından verilen inşaat, makine-ekipman alımı hibe desteklerine destek oranları güncellenerek devam edilmesi önerilmektedir. TOB ve TKDK'nın destek oranlarını belirlerken, coğrafik farklılıkları ve işletme büyüklüklerini göz önünde bulundurarak reel opsiyonları ve bunların değerini dikkate alması sığır besiciliği yatırımlarının artmasını sağlayabilecektir. Ayrıca mevcut sığır besiciliği işletmelerinin modernizasyonu ve genişletilmesi için yapılacak yatırımlara destek verilmesi ve bu destek verilirken reel opsiyonların dikkate alınması sığır eti üretimini artırma açısından büyük yarar sağlayacaktır.

Besi sığırcılığı işletmeleri büyük oranda genişleme opsiyonuna sahip oldukları görülmektedir. İşletmelerin önceki dönemlerde yaptıkları genişleme yatırımları ve süresi dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen genişleme opsiyonunun değeri başlangıç aşamasında yatırımcının kararını tek başına etkileyebilecek bir değerde değildir. Ancak yatırımın ileriki yıllarda genişleyebileceği alanlara sahip, girdi-çıkıtı pazarlarına yakın yerlerde planlanması yatırımın değerine olumlu yönde katkı sağlayacağı görülmektedir.

Reel opsiyonlar yönteminin diğer değerlendirme yöntemlerin karşısında en önemli üstünlüğü işletme faaliyete başladıktan sonra üretim sürecinde yöneticilerin girdi, süreç ve çıktılarda koşullara göre değişikliğe gidebileceği varsayımını finansal modele dahil etmesi, böylece yönetsel esnekliklerin değerini ortaya koymasındır. İncelenen işletmelerde aynı sürede aynı canlı ağırlık artışını sağlayacak çok sayıda

farklı yem rasyonu hazırlanabileceği, önemli sayıda işletmecinin fiyat değişkenliği karşısında kullanmakta rasyonlarda değişikliğe gidebilecekleri tespit edilmiştir. Bu durum yem maliyetlerini düşürmede işletmecilerin aktif rol oynayabileceğini göstermektedir.

Besi sığırcılığı üretiminin bir diğer önemli özelliği de besi hayvanlarının üretimin her aşamasında satılabilir olmasıdır. Bu anlamda hayvanların canlı ağırlık artışının düzenli takip edilmesi optimum besi süresinin işletmeci tarafından belirlenebilmesi sonucunu doğurmaktadır. Faaliyetlerine sürekli olarak devam eden besi sığırcılığı işletmelerinde ortalama ürünün maksimum olmasını, yılda bir veya iki dönemde arada boşluk vererek üretim yapan işletmelerde ise marjinal masraf – marjinal gelir eşitliğini sağlamak suretiyle işletmeci beklenen gelirden bir artış sağlayabilecektir.

Saha çalışmalarında yapılan gözlemlerde ve anket sonuçlarından işletmecilerin önemli bir kısmının yemlerde değişiklik yaparak ve canlı ağırlık artışlarını düzenli kontrol ederek girdi ve çıktılarda değişik yapma opsiyonunu kullandıkları tespit edilmiştir. Bu opsiyonların kullanılması yatırımın değerlendirme aşamasında beklenen nakit akışlarına ortalama %4.24 oranında olumlu katkı sağladığı hesaplanmıştır. Araştırmadan çıkan bir başka sonuçta girdi çıktıları değiştirme opsiyonu değerinin koşullar iyi gittiğinde yani NNA'ların yüksek olduğu dönemlerde düşük, koşulların kötüleştiği dönemlerde ise yüksek çıkmasıdır. Sonuçlar piyasa koşulları kötüleştiğinde girdi çıktıları değiştirme opsiyonunu kullanan işletmecilerin bu dönemleri daha az kayıpla atlama konusunda başarılı olacaklarını göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya 121K701 No'lu proje çerçevesinde finansal destek sağlayan TÜBİTAK'a ve anket sorularına sabırla yanıt veren işletme yetkililerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ağır, H. B., 2018. Adana İli Besi Sığırcılığında Uygulanan Sözleşme Üretim Modelinin Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 130 s. (Basılmamış) Doktora Tezi,
- Altuntaş, M. & R. Arpacık, 2004. Farklı yaşlarda besiye alınan Simental tosunlarda besi performansı ve optimum kesim ağırlıkları. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 44 (1): 7-16.
- Aydın, E., M. Sari, K. Onk, P. Demir & M. Tilki, 2014. Determination of the optimum fattening period of Tuj and Hemsin lambs according to different fattening systems. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 20 (6): 835-840.
- Black, F. & M. Scholes, 1973. The pricing of options and corporate liabilities. The Journal of Political Economy, 81 (3): 637-654.
- Brennan, M. J. & E. S. Schwartz, 1985. Evaluating natural resource investments. The Journal of Business, Vol. 58, No. 2: 135-157.
- Ceyhan, V. & K. Hazneci, 2010. Economic efficiency of cattle-fattening farms in Amasya Province, Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9 (1): 60-69.
- Cox, J. C., S. A. Ross & M. Rubinstein, 1979. Option pricing: A simplified approach. Journal of financial economics, 7 (3): 229-263.
- Çelik, C. & S. Sarıözkan, 2017. Kırşehir ili merkez ilçede sığır besiciliği yapan işletmelerin ekonomik analizi. Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 6 (1): 38-45.
- Çiçek, H. & E. Sakarya, 2003. Afyon ili sığır besi işletmelerinde kârlılık ve verimlilik analizleri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 43 (2): 1-13.
- de Lamare Bastian-Pinto, C., A. P. S. Ramos, L. de Magalhães Ozorio & L. E. T. Brandão, 2015. Uncertainty and flexibility in the Brazilian beef livestock sector: the value of the confinement option. Brazilian Business Review, 12 (6): 100-120.
- Dixit, A. K. & R. S. Pindyck, 1994. Investment Under Uncertainty. Princeton University Press, Princeton, N.J., 445 pp.
- Engel, P. D. & J. Hyde, 2003. A real options analysis of automatic milking systems. Agricultural & Resource Economics Review, 32 (1203-2016-94843): 282-294.

- Gezginç, Ö. & A. Günlü, 2020. Konya İli Kadınhanı ve Sarayönü ilçelerinde ithal ve yurt içinden temin edilen hayvanlarla sığır besiciliği yapan işletmelerin ekonomik analizi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (1): 1-9.
- Gittinger, J. P., 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*: John Hopkins University Press, 526 pp.
- Hauer, G., M. Luckert, D. Yemshanov & J. Unterschultz, 2017. A spatial real options approach for modeling land use change: assessing the potential for poplar energy plantations in Alberta. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'Agroeconomie*, 65 (2): 271-292.
- Kostrova, A., W. Britz, R. Finger & U. Djanibekov, 2016. *Real Options Approach and Stochastic Programming in Farm Level Analysis: The Case Of Short-Rotation Coppice Cultivation*, (No. 873-2016-60913). Bonn, Germany, 14 pp.
- Lien, G., 2003. Assisting whole-farm decision-making through stochastic budgeting. *Agricultural Systems*, 76 (2): 399-413.
- Luong, Q. V. & L. W. Tauer, 2006. A real options analysis of coffee planting in Vietnam. *Agricultural Economics*, 35 (1): 49-57.
- Lütkepohl, H. & M. Krätzig, 2004. *Applied Time Series Econometrics*. Cambridge University Press, 317 pp.
- McDonald, R. & D. Siegel, 1986. The value of waiting to invest. *The Quarterly Journal of Economics*, 101 (4): 707-727.
- Muller, W., 2018. *Simulated real options approach to investment decisions of Dutch dairy farmers*. Wageningen University, Business Economics Group, Business Economics-Management, Economics and Consumer Studies, (Unpublished) Doctoral Dissertation, M. Sc. Thesis, 65 pp.
- Mun, J., 2002. *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions* (Vol. 137). John Wiley & Sons, 704 pp.
- Musshoff, O., 2012. Growing short rotation coppice on agricultural land in Germany: a real options approach. *Biomass and Bioenergy*, 41 (2012): 73-85.
- Myers, S. C., 1977. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5 (2): 147-175.
- Odening, M., O. Musshoff & A. Balmann, 2005. Investment decisions in hog finishing: an application of the real options approach. *Agricultural Economics*, 32 (1): 47-60.
- OECD/FAO, 2021. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*. Chapter 6: Meat. (Web sayfası: <https://www.fao.org/3/cb5332en/Meat.pdf>) (Erişim: Ocak 2023).
- Sakarya, E., 1996. Limuzin X Jersey (F1) melezi ve holştayn irki tosunlarda optimal besi süresinin tesbiti üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 43 (1): 113-120.
- Smith, M., 2018. A real options approach to evaluating agricultural investments under uncertainty: when to get in and out of sugarcane production. *Socio Economic Challenges*, 2 (1): 21-34.
- Spiegel, A., S. Severini, W. Britz & A. Coletta, 2020b. Step-by-step development of a model simulating returns on farm from investments: the example of hazelnut plantation in Italy. *Bio-based and Applied Economics*, 9 (1): 53-83.
- Spiegel, A., W. Britz, U. Djanibekov & R. Finger, 2020a. Stochastic-dynamic modelling of farm-level investments under uncertainty. *Environmental Modelling & Software*, 127: 104656. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020>.
- TAGEM, 2021. Kırmızı Et Sektör Politika Belgesi 2020-2024. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (Web sayfası: <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20et%20spb.pdf>) (Erişim: Ocak 2023).
- Taşkın, T., S. Engindeniz, A. Gbadamonsi, Ç. Kandemir & N. Koşum, 2020. Gençlerin kırmızı et tüketim tercihlerinin analizi: Ege Üniversitesi öğrencileri örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1): 63-72.
- TOB, 2020. *Tarım Ürünleri Piyasa Raporu - Dana eti*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. (Web sayfası: <https://www.tarim.com.tr/upload/haberler/Dana%20Eti%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu%202020%20ocak.pdf>) (Erişim: Nisan 2021).
- Trigeorgis, L., 1996. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. MIT Press, 427 pp.
- Türkten, H., Ç. Yıldırım, O. Gündüz & V. Ceyhan, 2016. Samsun ilinde sığır besiciliği faaliyetlerinden ortaya çıkan atık ve yan ürünlerin değerlendirilmesi ve yönetimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31 (3): 353-359.
- Yamane, T., 1967. *Elementary sampling theory* prentice Inc. Englewood Cliffs. NS, USA, 1 (1): 371-390.
- Yemshanov, D., G. R. McCarney, G. Hauer, M. M. Luckert, J. Unterschultz & D.W. McKenney, 2015. A real options-net present value approach to assessing land use change: A case study of afforestation in Canada. *Forest Policy & Economics*, 50: 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.09.016>.



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):277-289
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1184157>

Arca TEKİYİĞİT¹

Harun Raşit UYSAL^{2*}

¹1731 Sokak, No:20, D:7, Karşıyaka, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

harun.uysal@ege.edu.tr

Anahtar sözcükler: Fonksiyonel, sebze, yoğurt

Keywords: Functional, vegetable, yoghurt

Kimi sebzelerle üretilen set yoğurtların bazı özellikleri üzerine bir araştırma*

An investigation on some properties of set yogurts produced by some vegetables

* Bu makale ilk yazarın Yüksek Lisans Tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 18.10.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 28.02.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, kontrol (K); kuru bakla (BK), kuru börülce (BRL), kereviz (KRVZ) ve enginar (EN) püreleri kullanılarak üretilen beş farklı set tipi yoğurdun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem: 5 farklı üretim olarak yürütülen çalışmada; enginar (EN), kuru bakla (BK), kuru börülce (BRL), kereviz (KRVZ) ve kontrol (K) grubu örneklerde depolamanın 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde bazı kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Analizlerden elde edilen bulgular ışığında püre haline getirilen sebze ilavesinin yoğurtlarda total fenolik bileşik miktarını arttırdığı görülmüş; protein miktarını, asitlik miktarını ve yoğurt bakterilerinin sayısını etkilediği belirlenmiştir.

Sonuç: Elde edilen bütün bulgular ışığında püre haline getirilen sebzelerin yoğurdun kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini etkilediğini belirlenmiştir.

ABSTRACT

Objective: In this study, chemical and microbiological properties of five different set types of yoghurts produced using control (K), dried broad beans (BK), dried cowpea (BRL), celery (KRVZ) and artichoke (EN) purees were examined.

Material and Methods: In the study carried out as 5 different productions; EN, BK, BRL, KRVZ, K sample groups were formed and evaluated. They were stored in the cold storage for 28 days and chemical and microbiological analyzes were made on the 1st, 7th, 14th, 21st and 28th days of storage.

Results: In the light of the findings obtained from these analyzes, it was observed that the addition of mashed vegetables increased the total amount of phenolic compounds in yoghurts, It was determined that it affects the amount of protein, the amount of acidity and the number of yogurt bacteria.

Conclusion: In the light of all the findings obtained, it was determined that the pureed vegetables affected microbiological and chemical the properties of yogurt.

GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Anonymous, 2000) kapsamında fermantasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanan yoğurt, ülkemizdeki geleneksel beslenme alışkanlıklarının önemli bir parçasını oluşturur (Özer, 2006). Saptanmış olumlu etkilerinden dolayı ülkemizde sık tüketilen besinlerden biri olan yoğurda son yıllarda hem ülkemizde hem de dünyada daha da fazla ilgi gösterilmekte ve tüketimi giderek artmaktadır. Hazır olması ve kolay erişilebilir özellikleri yoğurdun tüketimini doğrudan etkileyen dikkate değer etkenlerden biri olmaktadır. Dünyada farklı isimlerle bilinen fakat temelde birbirine yakın özellikler içeren 400'den fazla yoğurt ve yoğurt benzeri fermente süt ürünü bulunmaktadır (Kurmman et al., 1992).

Yoğurdun ve benzeri fermente süt ürünlerinin beslenme üzerindeki olumlu etkileri ve sağlığa faydaları ortaya çıkarıldıkça dünyadaki yoğurt tüketiminin artmasıyla doğal olarak üretimi de artmaktadır. Ayrıca kalitesini yükselterek, yeni metotlarla değişik özelliklere sahip yoğurt üretmek amacıyla da çalışmalar sürdürülmektedir (İşleten, 2006). Yoğurdun besinsel içeriğinin süte benzemesi; dolayısıyla protein, kalsiyum ve özellikle laktik asit bakterilerinin etkinliği sayesinde B vitaminleri yönünden zengin olması yoğurdun vitamin içerikleri bakımından öne çıkmasını sağlamaktadır. B12 vitaminlerinin sentezlenmesi ile kanser başlangıcına sebep olan ve dokulara zarar veren bakterilere karşı yoğurdun antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur (McKinley, 2005; Amil-Dias et al., 2017; Kerry, 2018). Ayrıca laktoz intoleransı sebebiyle süt tüketemeyen tüketicilerin süt yerine yoğurdu tüketebilme seçeneğinin olması yoğurdun besinsel anlamda üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalarda içerdiği canlı starter kültürler sayesinde bağışıklık sistemi üzerindeki olumlu etkilere sahip yoğurt, bağırsak ve mide hastalıklarının iyileştirilmesinde de yardımcı olmaktadır. Bileşimindeki laktik asit bakterilerinin ortamdaki pH ve asitliği düzenlemeleri antimikrobiyal özelliğinin bir göstergesidir (Barnes et al., 1991).

Son yıllarda gerçekleştirilen bu çalışmalarda, toplumun tamamına hitap edebilmek amacıyla; konsantre, dondurulmuş, kurutulmuş, meyve ile tatlandırılmış özelliğe sahip yoğurtlar üretilmeye başlanmıştır. Bunlar içinde dünyada en çok ilgi gösterilen yoğurt çeşidi meyveli yoğurtlardır. Dondurma, karışım, konsantre veya püreleme yöntemleriyle lezzetlendirilen bu yoğurtların tüketicinin duyuşal beğenisini etkilemesi sayesinde yoğurt tüketmeyen tüketicilerin de bunu tüketmesi sağlanmış olmaktadır. İçerdikleri pek çok besinsel öğeler ile sağlık açısından kritik öneme sahip gıda maddeleri arasında bulunan meyveler bileşimlerinde bulunan çeşitli mineral maddeler ve vitaminler ile her yaştaki bireyin beslenmesini sağlıklı bir biçimde sürdürebilmesi için gereklidir. Çünkü insanlar ihtiyaç duydukları mineral maddelerin büyük bir kısmını tükettikleri meyve ve sebzelerden karşılamaktadırlar (Cemeroğlu, 1986; Açıkgozoğlu, 2008).

Günümüzde insanların yaşadığı sağlık sorunlarının artması fonksiyonel gıdalara daha çok ilgi duyulmasına sebep olurken beslenme tarzlarını da etkilemektedir. İnsan vücudu için gerekli olan ana besin öğelerini içermenin yanında metabolik işlev ve insan fizyolojisi üzerinde de faydalar içeren fonksiyonel gıdalar, çeşitli hastalıkların önlenmesi, hastalığa yakalanma riskinin azaltılmasında önemli bir yer tutan sağlığa yararlı gıda ya da gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Roberfroid, 2007; Pang et al., 2012). Sağlıklı diyetlere (tokoferoller, polifenoller, karetenoidler ve diyet lifleri içeren gıdalar) tüketiciler tarafından ilgi gösterilmesi bu alanlardaki çalışmalarını hızla arttırmaktadır (Schieber et al., 2001; Martins et al., 2013). Diyet liflerince zengin, içeriğinde sebze ve meyveler bulunan gıdaların düzenli tüketilmesi halinde kanser oluşma riskini, özellikle de ağız, akciğer, mide, gırtlak, pankreas, meme ve prostat kanseri vakalarını azaltmada ve kalp krizini önlemede yardımcı olduğu ifade edilmektedir (He et al., 2007; Dauchet et al., 2009).

Sebzeler ve meyveler son dönemlerde sayıca fazla fonksiyonel ürünün geliştirilmesinde ön plana çıkmaktadırlar (Granato et al., 2010; Martins et al., 2013). Bu noktada sebze ve meyvelerin içerdiği diyet lifleri fonksiyonel özellik barındırması sebebiyle ön plana çıkmakta; diyet liflerinin insan sağlığı üzerindeki

faidalarının yapılan araştırmalar ile ortaya konulması sonucu da bu tarz ürünlere olan talep artış göstermektedir (Hasler, 2002). Kolon kanseri, hassas bağırsak sendromu, kalp hastalıkları, şişmanlık, diyabetik hastalıklar ve safra taşı rahatsızlıklarına karşısında lif içeriğince zengin diyetlerin koruyucu etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Lunn & Buttriss, 2007).

Son yıllarda bazı sebze püresi veya sebze parçalarının süt ürünlerine diyet lifi amacıyla katılması hedeflenmektedir. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* gibi kolon bakterileri, diyet liflerinin bazı farklı biçimlerini kolayca fermente edebildiği gibi kısa zincirli yağ asitleri de sentezleyebilmektedir (Bird et al., 2000). Diyet lifleri, suda çözünebilir lifler (β -glukan, pektin, inülin, arabinoksilan gibi nişasta olmayan polisakkaritler) ve suda çözünür olmayan lifler (kitin, kitosan, selüloz, hemiselüloz, lignin) olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır (Özcan, 2012).

Suyu bağlayarak sıkı bir jel yapısı oluşturan çözünebilir formdaki diyet lifleri, kolonun kasılmasını ve suyun hareketini düzenleyerek bağırsak geçişini kısaltırlar. Lifler sindirilememelerine rağmen uğradıkları fermantasyon sonucu kısa zincirli yağ asitlerine dönüşerek bağırsak pH'sını değiştirir, bağırsak mikrobiyotasını kontrol ederler ve bu sayede kolon kanserinin önlenmesinde yardımcı etki gösterirler. Laktik asit bakterilerinin kolondaki fekal enzimlerin aktivitesini azalttığı görülmektedir (Park et al., 2005). Lifler kolesterol ve safra asitleriyle birleşerek glikozun bağırsaktaki sindiriminin azaltılarak kanda bulunan serum kolesterolünün ve vücuttaki insülin hormonunun seviyesinin düşürülmesinde etkilidirler (Liu et al., 2003; Slavin, 2005; Ozcan & Kurtuldu, 2014).

Bu çalışmanın amacı fonksiyonel bir ürün olan ve birçok sebzenin yanında ya da üzerine ilave edilerek tüketilen yoğurt ile diyet lifi içeren sebze pürelerinin (kuru bakla, kuru börülce, kereviz ve enginar) eklenmesiyle üretilen set tipi yoğurtların bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu projede kullanılan çiğ inek sütü Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü Hayvancılık tesislerinden temin edilmiştir.

Yoğurt üretiminde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren dondurularak kurutulmuş Jointec Vb 342 (Centro Sperimentale Del Latte) yoğurt kültürü kullanılmıştır.

Yoğurtlara ilave edilen; bakla, börülce, kereviz ve enginar sebzeleri piyasadan temin edilmiştir. Bu sebzelerin seçiminde yetiştiği coğrafya dikkate alınmış ve Ege Bölgesi'nde yetişen sebzeler seçilmişlerdir. Üretim öncesi soğuk ortamda depolanan sebzeler, 60-65°C'de haşlandıktan sonra ilk önce blenderden, sonra da çatal yardımıyla ezilerek ve süzğüden geçirilerek püre haline getirilmiştir.

Örneklerin depolandığı 80 gramlık plastik yoğurt kapları (Coveris, TR-34-K-025344) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Pilot Süt İşletmesi'nden temin edilmiştir.

Metod

Yoğurt üretimi

Klasik üretim metodu uygulanarak gerçekleştirilen yoğurt üretiminde, üretim için kullanılan süte önce %4 oranında süt tozu (Pınar, TR 35-0069, İzmir, Türkiye) eklenerek yağsız kurumaddesi %12'ye getirilmiş, ardından 85-90°C'de 25 dakika süre ile ısıtma işlemi uygulanması sonrasında 60°C'de homojenize edilmiş ve ardından 42°C'ye soğutulmuştur. 85°C'de 15 dakika pastörizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan sebze püreleri (enginar (EN), kuru bakla (BK), kuru börülce (BRL), kereviz (KRVZ)) 5 kilogramlık plastik yoğurt kaplarında bulunan yoğurt sütlerine aynı sıcaklık normunda (42°C), %10 (w/v) oranında ilave edilmiştir. Sonrasında *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp.

bulgaricus içeren yoğurt kültürü kullanılarak hazırlanan ara kültür ile %3 oranında inoküle edilen örnekler 80 gramlık yoğurt kaplarına alınmıştır. Kaplara alınan örneklere 42°C'de pH 4-60-4,70'ye ulaşana kadar inkübasyon işlemi uygulanmıştır. İnkübasyon işlemi sonrasında, üretilen set tipi yoğurtlar ilk olarak ortam sıcaklığında (20+/-1°C) 25-30 dakika süre ile bekletilmiş, ardından da 28 günlük sürede 4°C'de depolanmıştır. Üretim iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği yoğurtlar (K) herhangi bir sebze püresi katılmadan üretilmiştir.

Çiğ sütte ve yoğurt örneklerinde yapılan analizler

Ürüne İşlenecek çiğ sütlerin ve üretilen yoğurtların kurumadde analizi gravimetrik yöntem ile (AOAC, 1990), yağ analizi Gerber yöntemi ile (AOAC, 1990), titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden TSE 1018'e göre (TSE, 1994), pH tayini Hanna Instruments, Microprocessor pH-meter (Hanna Instruments ABD, Woonsocket, RI 02895) ile (AOAC, 1990), toplam protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile tespit edilerek elde edilen azot miktarına ait sonuçların 6.38 katsayısıyla ile çarpılmasıyla (AOAC, 1990), kül miktarı gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir (AOAC, 1990).

Yoğurt örneklerinin total fenolik madde miktarlarını belirlenmesi için Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. İlk aşamada, tartılan örnekler 1:1 oranında metanol ile seyreltilmiş (LiChrosolv, Almanya), sonrasında metanol ekstraktları vorteks (2 dk) kullanılarak homojenize edilmiştir (Heidolph Reax top, Almanya). Soğuk muhafaza (4°C / 30 dk) ve santrifüj (4°C / 9000xg devir / 30 dk) (Sigma 2-16 KC, Almanya) uygulanmıştır. İşlem sonrası örneklerin metanollü sıvı kısmı filtre kağıdından (Whatman 1, No:40) süzdürülmüştür. İkinci aşamada, süzüntüden 20 µl alınan örneklerin üzerine 0,1 oranında seyreltilmiş 100 µl Folin-Ciocalteu çözeltisi (Merck, Almanya), 80 µl %7,5'luk Na₂CO₃ (Ateks Kimya, İstanbul) çözeltisi eklenen örnekler 1 saat süre ile karanlık ortamda beklemeye alınmıştır. Üçüncü aşamada, örneklerin UV-vis spektrofotometre (Thermoscientific Multiskan Sky, USA) ile mikro plaka okuyucuda 760 nm'de absorbansları okunmuştur. Sonuçlar gallik asit standardı kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır (Açıkgözoğlu, 2008; Selçuk & Yılmaz, 2009).

Yoğurt örneklerindeki mikrobiyolojik sayımlar

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* sayısının belirlenmesi için De Mann Rogosa Sharpe (MRS) Agar (Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany) kullanılarak 42°C'de 72 saat anaerobik inkübasyon (Tharmaraj & Shah, 2003) işlemi gerçekleştirilmiştir. Anaerobik ortam anaerobik jarlar ile sağlanmıştır. *Streptococcus thermophilus* sayısının belirlenebilmesi amacıyla M17-Agar (Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany) kullanılarak 37°C'de 72 saat inkübasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. (Tharmaraj & Shah, 2003).

İstatistiksel Analizler

Örneklere depolama sırasında kimyasal ve mikrobiyolojik yönden meydana gelen farklılıkların saptanıp incelenmesi amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, varyans analizi sonucunda önemli bulunan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.05 düzeyinde tespit edilmiştir (IBM SPSS Statistics 25).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Gerçekleştirilen analizler ile saptanan sonuçlarda kullanılan çiğ sütün (kurumadde %12, kül %0,7, yağ %3,4, pH 6,6, asitliği (LA olarak) %0,14, protein %4,6) Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği'ne uygun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Örneklerin kurumadde miktarları %14,34-15,56 değer aralığında değişirken püre olarak eklenen sebzelerin kurumadde oranına etki ettiği düşünülmektedir.

Herhangi bir meyve veya sebze ilavesi yapılmadan, geleneksel yöntemle üretilen yoğurtlar üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada kurumadde içeriği %9,98 ile %18,46 değerleri arasında saptanmış,

ortalama %13,02 olarak belirlenmiştir (Biberoğlu & Ceylan, 2013). Farklı bir çalışmada yoğurtlara havuç suyu ilavesi yapılmış ve kurumadde miktarının %16,2 ile %17,4 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir (Kiros et al., 2016). Kabak küspesiyle yapılan bir denemede, kabak hamuru üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analizde kurumadde miktarının %7,1 ile %23,75 arasında değiştiği tespit edilmiş, bu farklılığa meyvenin yetiştirildiği esnadaki iklim şartlarının sebep olduğu düşünülmüştür (Roe, 2015).

Çizelge 1. Üretimde kullanılan çiğ inek sütünün analiz sonuçları

Table 1. Analysis results of raw cow's milk used in production

İnek Sütü	Değerler
Kurumadde (%)	12,00 ± 0,40
Kül (%)	0,70 ± 0,04
Yağ (%)	3,4 ± 0,00
pH	6,6 ± 0,00
Asitlik (% LA)	0,14 ± 0,00
Protein (%)	4,6 ± 0,00
Yoğunluk (g/cm ³)	1,030 ± 0,00

Örneklerin yağ değerleri %2,65-3,1 arasında değişirken yağ miktarının hem kendi arasındaki hem de sade yoğurda göre değişiminin sebzelerdeki yağ içeriğinin sebep olduğu düşünülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yoğurt örneklerinin depolamanın sadece birinci günü tespit edilen kurumadde, yağ, protein ve kül içerikleri

Table 2. Quantities of dry matter, fat, protein and ash determined on only first day of storage time in yoghurt samples

Örnek/Parametre	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
K	15,54 ± 1,22 ^a	3,00 ± 0,14 ^b	4,57 ± 0,13 ^{ab}	0,97 ± 0,06 ^a
BK	15,26 ± 0,66 ^a	2,90 ± 0,00 ^{ab}	4,90 ± 0,13 ^b	0,96 ± 0,04 ^a
BRL	15,56 ± 0,86 ^a	3,10 ± 0,14 ^b	4,71 ± 0,17 ^{ab}	0,91 ± 0,06 ^a
KRVZ	14,35 ± 0,48 ^a	2,65 ± 0,07 ^a	4,37 ± 0,27 ^a	0,99 ± 0,03 ^a
EN	14,39 ± 0,46 ^a	2,65 ± 0,07 ^a	4,56 ± 0,50 ^{ab}	0,94 ± 0,04 ^a

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurdu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. ^{a,b}: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır (p<0,05).

Probiyotik yoğurtlar üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada laboratuvar ortamında üretilen yoğurt örneklerinin yağ içeriği %3,61 ve %3,81 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Fenderya, 2003). Diğer bir çalışmada meyveli yoğurt üretiminde uygulanan meyve ve şeker ilavesinin yağ miktarını göreceli olarak azalttığı görülmüştür (Tourila et al., 1993).

Örneklerin titrasyon asitliği değerleri %0,83-1,16 değerleri arasında değişkenlik göstermiş, çeşitli araştırmalarda depolama süresince yoğurtlardaki titrasyon asitliğinin artış gösterdiği ortaya konulmuştur (Uysal et al., 2003; Atasever, 2009). Bütün örneklerin titrasyon asitliği oranı, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği uyarınca yoğurda olması gereken %0,6 ile %1,5 değerleri arasında olduğu için tebliğe uygun değerlerdedir (Anonymous, 2000).

İnkübasyon aşaması sonrası asitlik miktarındaki değişim gerek yoğurdun aroması gerekse de ürünün raf ömrünün doğru belirlenebilmesi bakımından çok önemlidir (Atamer vd., 1986; Sezgin vd., 1988). Protein oranı, kurumadde içeriği, çeşitli mineral bileşenler ve laktat, sitrat, fosfat gibi maddeler asitlik miktarındaki artışı etkileyen temel parametrelerdendir (Tamime & Deeth 1980).

Gerçekleştirilen bir çalışmada püre halinde, %10 oranında kabak, havuç, bezelye ve balkabağı bitkisel liflerinden hazırlanan yoğurtların asitliğinin sade yoğurda kıyasla artış gösterdiği tespit edilmiştir (İqbal, 2021). Havuç, kabak, brokoli ve kırmızı tatlı biber ilavesiyle üretilen yoğurtlar üzerinde yapılan bir çalışmada, sebzelerin asitlik ve buna bağlı olarak pH üzerinde çok fazla bir etkisi olmadığı saptanmıştır (Najgebauer-Lejko, 2014). Farklı oranlarda süt tozu ilave edilen yoğurtlar üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada süt tozu oranındaki artışın titrasyon asitliğini de arttırdığı bildirilmiştir (Demirci & Gündüz, 1983). Çeşitli araştırmalarda muhafaza periyodu boyunca yoğurtlardaki titrasyon asitliğinin artış gösterdiği ortaya konulmuştur (Uysal et al., 2003; Atasever, 2009).

Bütün örneklerde asitliğin artmasına bağlı olarak pH değeri düşme eğilimi göstermiştir (Çizelge 3&4). Bu duruma, farklı sebzelerin bileşimi ve asitliğe sahip yoğurtların starter kültürlerinde bulunan bakterilerin çeşitli aktivitelerinden, mikroorganizma faaliyetlerinden ve sebzelerin mevcut asitlik durumlarından kaynaklandığı düşünülebilir.

Çizelge 3. Yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri

Table 3. Titratable acidity values of yogurt samples

Örnekler	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
K	1,02 ± 0,22 ^{aA}	0,95 ± 0,01 ^{aA}	1,03 ± 0,4 ^{aA}	1,06 ± 0,07 ^{aA}	1,07 ± 0,12 ^{aA}
BK	0,92 ± 0,05 ^{aA}	0,95 ± 0,06 ^{aA}	1,12 ± 0,01 ^{aB}	1,10 ± 0,00 ^{aB}	1,16 ± 0,01 ^{aB}
BRL	0,86 ± 0,00 ^{aA}	0,93 ± 0,45 ^{aAB}	1,02 ± 0,09 ^{aBC}	1,12 ± 0,00 ^{aC}	1,13 ± 0,01 ^{aC}
KRVZ	0,89 ± 0,05 ^{aA}	1,02 ± 0,08 ^{aB}	1,05 ± 0,01 ^{aB}	1,00 ± 0,01 ^{aAB}	1,10 ± 0,05 ^{aB}
EN	0,83 ± 0,02 ^{aA}	0,91 ± 0,01 ^{aA}	1,00 ± 0,07 ^{aA}	1,00 ± 0,09 ^{aA}	1,00 ± 0,07 ^{aA}

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurdu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. a: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). ^{A,B,C}: Aynı satır içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$).

Çizelge 4. Yoğurt örneklerinin pH değerleri

Table 4. pH values of yogurt samples

Örnekler	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
K	4,61 ± 0,02 ^{aB}	4,47 ± 0,06 ^{aAB}	4,35 ± 0,04 ^{bA}	4,31 ± 0,06 ^{bA}	4,36 ± 0,15 ^{aA}
BK	4,50 ± 0,13 ^{aB}	4,45 ± 0,14 ^{aB}	4,18 ± 0,04 ^{aA}	4,19 ± 0,06 ^{abA}	4,18 ± 0,00 ^{aA}
BRL	4,55 ± 0,01 ^{aC}	4,41 ± 0,07 ^{aB}	4,21 ± 0,02 ^{aA}	4,18 ± 0,02 ^{abA}	4,22 ± 0,00 ^{aA}
KRVZ	4,47 ± 0,09 ^{aB}	4,31 ± 0,12 ^{aAB}	4,19 ± 0,02 ^{aA}	4,15 ± 0,00 ^{aA}	4,17 ± 0,00 ^{aA}
EN	4,53 ± 0,02 ^{aB}	4,39 ± 0,01 ^{aB}	4,23 ± 0,04 ^{aA}	4,21 ± 0,07 ^{abA}	4,24 ± 0,08 ^{aA}

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurdu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. ^{a,b}: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). ^{A,B}: Aynı satır içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$).

Depolamanın pH üzerine etkisi yapılan farklı çalışmalar ile de benzerlik göstermektedir. Vişne marmeladı içeren yoğurtlar ile yapılan çalışmada depolamanın başlangıcında pH değerleri 4,15 iken, 10 günlük depolama süreci sonrası pH 3,90 olarak bulunmuştur (Tarakçı & Küçüköner, 2003). Bir araştırmada, farklı meyveler ile hazırlanan yoğurtlarda depolama süresi boyunca pH değerlerinde görülen azalmanın mikroorganizma aktivitesi ve mayaların şeker ile organik asitleri tüketmesi ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir (Vahedi et al., 2008). Normal yoğurt üzerinde yapılan farklı bir çalışmada süt tozu içeriğinin artışıyla bağlı olarak depolama süresince yoğurtlarda pH değerlerinin düşüş gösterdiği saptanmıştır (Kurt vd., 1989). Balkabağı, havuç, bezelye ve yeşil kabak püreleri ilave edilerek üretilen sebzeli yoğurtların pH değeri depolama boyunca düşüş göstermiş ve titrasyon asitliği de artmıştır. Depolamada bakteriyel aktivite azalmakta; ancak enzimatik faaliyet devam etmektedir. Yoğurt örneklerinde bakteri faaliyetinin belli ölçüde devam etmesi sonucu pH değerlerindeki azalışa paralel olarak titrasyon asitliği değerlerinde de beklenen artış gözlenmiştir (Özcan, 2016).

Yoğurdun oluşum aşamasında yoğurt bakterilerinin metabolik aktivitesinin çok yüksek olmasıyla birlikte, soğutma aşamasında bu aktivite azalış göstermekte; ancak enzimatik faaliyetler devam etmektedir. Bu sebeple inkübasyondan sonra muhafaza süresince yoğurttaki laktik asidin arttığı yani pH değerlerinin azaldığı görülmektedir (Yaygın, 1999). pH değerlerinin depolama boyunca meydana gelen azalması çeşitli araştırmalarda da belirtilmiştir (Bonczar et al., 2002; Şahan et al., 2007; İşleten & Karagül-Yüceer, 2008).

Analizlerde KRVZ örneğinin içerdiği protein miktarının (%4,37) en düşük, BK örneğinin içerdiği protein miktarının (%4,90) en yüksek olduğu saptanmıştır. Tüm yoğurt örneklerindeki protein değeri, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği uyarınca en az olması gereken %2,7 değerinin üzerinde olduğu için bütün sonuçlar tebliğe uygundur. Yoğurt örneklerindeki protein değerlerinde görülen farklılıkların içerisine püre olarak ilave edilen sebzelerin protein miktarlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan çeşitli çalışmalardan birinde sade yoğurtların protein değeri en düşük %2.91, en yüksek %6.22, ortalama olarak da % 3.87 bulunmuştur (Biberoğlu ve Ceylan, 2013). Gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise sade yoğurt numunelerinin ilk günkü ortalama protein değerinin %2.34 ile %2.98 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tonguç et al., 2013).

Yapılan analizlerde KRVZ en yüksek kül oranına (%0,99) bulunan örnek olurken, BRL en düşük kül oranına (%0,91) sahip örnek olmuştur. Yapılan kül analizleri ile yoğurt örneklerinin kül miktarları birbirlerine çok yakın olduğu görülürken, üretimde kullanılan çiğ sütün kül miktarından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* ekleyerek yapılan soya yoğurtlarındaki kül değerlerinin, sade soya yoğurduna kıyasla daha yüksek olduğu ortaya konmuştur (Sengupta et al., 2018). Farklı bir çalışmada ise çalışmada kivi marmeladı ilaveli yoğurt örneklerinin kül miktarları %0,86 ile 0,90 arasında bulunmuş, kivi marmeladı arttıkça örneklerin kül değerlerinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Tarakçı, 2010). Nar ve vişne konsantresi kullanılarak hazırlanan yoğurtlarla ilgili yapılan bir araştırmada, kullanılan konsantre miktarı arttıkça kül ve de kurumadde miktarının da artış gösterdiği görülmüştür (Açıkgözoğlu, 2008).

Gerçekleştirilen analiz neticesinde, total fenolik bileşik miktarları 1,37-2,23 mg GAE/g değerleri arasındadır (Çizelge 5). Fenolik bileşikler, insan vücudundaki biyolojik rolleri düzenleme ve besleyici özelliklerinin yanısıra sebze ve meyvelerin duyuşal parametrelerinden biri olan tat ve aroma üzerinde de önemli rol üstlenen bileşiklerdir (Köksal, 2008; Güleşci, 2016). Bazı fenolik maddenin içerdiği uçucu fenoller duyuşal özellikleri etkiler (Okcu, 2011). Literatüre bakıldığında sade yoğurt ve çeşitli ilavelerle hazırlanan yoğurtların fenolik maddelerinin incelendiği çeşitli çalışmalar mevcuttur. Havuç suyu ilavesiyle gerçekleştirilen bir üretimde total fenolik bileşik değeri 35.49-37.61 mg GAE/kg değerleri arasında bulunmuştur (Kiros et al., 2016). Değişik oranlarda nar kabuğu ekstraktı ilave edilmiş bir çalışmada ise yoğurt örneklerini total fenolik madde miktarının 3.38-8.23 mg GAE/g değerlerini arasında değiştiği bildirilmiştir (El-Said et al., 2014). Nar ve vişne konsantreleri ile hazırlanan yoğurtların fenolik madde miktarlarının ise sırasıyla; 30.15-70.51 mg GAE/150 g ve 27.55-63.35 mg GAE/150 g arasında değiştiği görülmüştür (Açıkgözoğlu, 2008).

Çizelge 5. Yoğurt örneklerinin total fenolik bileşik değerleri (mg GAE / g)

Table 5. Total phenolic compound values of yogurt samples (mg GAE / g)

Örnekler	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
K	1,37 ± 0,18 ^{aA}	1,51 ± 0,11 ^{aA}	1,48 ± 0,33 ^{aA}	1,61 ± 0,21 ^{aA}	1,58 ± 0,13 ^{aA}
BK	1,99 ± 0,12 ^{cA}	1,99 ± 0,16 ^{bA}	2,09 ± 0,28 ^{aA}	2,09 ± 0,04 ^{bA}	2,09 ± 0,04 ^{bA}
BRL	1,55 ± 0,16 ^{abA}	1,45 ± 0,03 ^{aA}	1,77 ± 0,33 ^{aA}	1,51 ± 0,17 ^{aA}	1,86 ± 0,07 ^{abA}
KRVZ	1,40 ± 0,18 ^{aA}	1,44 ± 0,09 ^{aA}	1,61 ± 0,32 ^{aA}	1,53 ± 0,03 ^{aA}	1,69 ± 0,00 ^{aA}
EN	1,86 ± 0,01 ^{bcA}	1,91 ± 0,07 ^{bA}	2,08 ± 0,26 ^{aA}	2,23 ± 0,27 ^{bA}	2,06 ± 0,23 ^{bA}

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurtu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. ^{a,b,c}: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır (p<0,05). A: Aynı satır içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır (p<0,05).

Fenolik bileşiklerce zengin bir sebze olan enginarın total fenolik madde miktarı yapılan çalışmalar arasında farklılık göstermiştir (Kılıçtaş, 2020). Literatürde ortaya çıkan farklılık; kullanılan sebzenin çeşidi, kısmı (sap, çanak, yaprak, kabuk), ekstraksiyon metodu (süre, sıcaklık, çözgen türü) ve fenolik asit eşdeğerinden (kafeik asit, tannik asit, gallik asit v.b) ileri gelmektedir (Wang et al., 2003; Schütz et al., 2004; Llorach et al., 2005). Gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda taze enginar çanaklarında 0.074 g/100g (Gil-Izquierdo et al., 2001), dış kabuklarında 6.80-9.80 g/100, çanaklarında 1.78-3.10 g/100g (Wang et al., 2003), farklı çeşitlerinde 0.73-1.30 g/100g (Curadi et al., 2005), atıklarında 4.27 g/100g (Peschel et al., 2006) total fenolik bileşik bulunduğu saptanmış; olgun ve genç enginarların etanollü ve sulu ekstraktlarında (tannik asit eşdeğeri cinsinden) total fenolik bileşik değerleri genç enginarın alkollü ekstraktında 5.93, sulu ekstraktında 4.55, olgun enginarın alkollü ekstraktında 5.76, sulu ekstraktında 5.40 mg/100 g fenolik bileşik varlığı ortaya konulmuştur (Lutz et al., 2011).

Kereviz ile ilgili yapılan bir araştırmada mikrodalga ekstraksiyonu uygulanması ile kereviz yapraklarının total fenolik madde değeri 8.7-25.1 mg GAE/g (kurumadde olarak) bulunmuştur (He et al., 2016). Ham ve çimlendirilmiş baklagil ve tahıllardan oluşan örneklerin toplam fenolik madde miktarı 1004-3476 µg GAE/g değer aralığında tespit edilmiştir (Kılınçer, 2019).

Bu projedeki sonuçlar diğer çalışmalar bazında değerlendirildiğinde, sebzelerdeki fenolik bileşiklerin, ilave edildiği yoğurttaki fenolik madde miktarını etkilediği görülmüştür. Bu çalışmamızda enginar ve bakla sebzelerdeki fenolik maddelerin, yoğurdun total fenolik bileşik miktarını artırdığı saptanmıştır.

Örneklerin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları 5,37 ve 6,41 log kob/g arasında değişmiştir (Çizelge 6). Örneklerde farklı zaman periyodunda meydana gelen azalmalara laktik asit artışının sebep olduğu düşünülmektedir. pH, asitlik artışı, inkübasyon sıcaklığı, depolama süresi faktörlerinin bakteri gelişimine etkisi olduğu bilinmektedir. Yoğurt oluşumu aşamasında pH değeri 4,8'den 4,4'e geldiğinde *L. bulgaricus* sayısının asidik ortama, düşük pH konsantrasyonlarına toleransının yüksek olmasından dolayı artış gösterdiği yapılan bir araştırmada belirtilmiştir (Be'al et al., 1989). Sade yoğurtlar üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada, muhafaza sonunda *L. bulgaricus* sayısı da 4.80×10^7 kob/g olarak saptanmıştır (De Noni et al., 2004). Bir başka çalışmada ise depolama süreci sonrası *L. bulgaricus* sayısı 5.50×10^8 kob/g olarak belirlenmiştir (Mutlu ve Akın, 2005).

Çizelge 6. Yoğurt örneklerinin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları

Table 6. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* numbers of yogurt samples

Örnekler	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
Kontrol	5,37 ± 0,52 ^{aA}	6,01 ± 0,07 ^{bA}	5,98 ± 0,29 ^{abA}	6,10 ± 0,21 ^{aA}	5,95 ± 0,06 ^{bcA}
Bakla	6,14 ± 0,23 ^{bB}	5,99 ± 0,05 ^{bAB}	6,03 ± 0,01 ^{abB}	6,07 ± 0,14 ^{aB}	5,66 ± 0,08 ^{aA}
Börülce	5,62 ± 0,21 ^{abA}	5,91 ± 0,01 ^{abAB}	5,89 ± 0,12 ^{abAB}	6,05 ± 0,07 ^{aB}	5,79 ± 0,14 ^{abcAB}
Kereviz	5,69 ± 0,01 ^{abA}	5,89 ± 0,07 ^{bA}	5,80 ± 0,21 ^{aA}	5,73 ± 0,40 ^{aA}	5,71 ± 0,15 ^{abA}
Enginar	6,00 ± 0,00 ^{abB}	5,60 ± 0,01 ^{aA}	6,41 ± 0,26 ^{bc}	6,00 ± 0,00 ^{aB}	5,99 ± 0,06 ^{cB}

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurtu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. ^{a,b,c}: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). ^{A,B,C}: Aynı satır içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$).

28 günlük depolama boyunca bütün değerler 8,72 ile 9,19 log kob/g arasında değişmiştir (Çizelge 7). Süt ve fermente süt ürünlerinde; üretim parametreleri ve uygulanan işlemler, ilave edilen bileşenler, yoğurdun bileşimi ve bileşiminde bulunan öğelerin oranı, oksijen miktarı, inkübasyon ve depolama sıcaklığı, kültür hazırlama ve geliştirme koşulları, faydalanılan bakterilerin türü, asitlik, pH ve ortamdaki inhibitörlerin etkisi laktik asit bakterilerinin canlılığına ve aktivitesi üzerinde etkilidir (Shah, 2000). *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un ortamdaki düşük pH ve asitliğe gösterdiği duyarlılığı sebebiyle gelişiminin, sebze veya

meyve asitliği ile fermentasyon sonucu meydana gelen asitlikten etkilendiği çeşitli araştırmalarda ortaya konulmaktadır (Mortazavian et al., 2006; Martins et al., 2013). Bazı çalışmalarda ise bitkisel ekstraktların bileşiminde bulunan organik asit, fenolik bileşikler ve liflerin, laktik asit bakterilerinin gelişimini ve aktivitesini arttırdığı belirtilmiştir (Yoon et al., 2005; Espirito Santo et al., 2011; Sharma & Mishra, 2013).

Çizelge 7. Yoğurt örneklerinin *Streptococcus thermophilus* sayıları

Table 7. *Streptococcus thermophilus* numbers of yogurt samples

Örnek/ depolama günü	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
K	9,10 ± 0,06 ^{6aA}	9,04 ± 0,08 ^{aA}	9,14 ± 0,11 ^{aA}	9,05 ± 0,13 ^{aA}	9,01 ± 0,01 ^{aA}
BK	9,15 ± 0,17 ^{aA}	8,80 ± 0,27 ^{aA}	9,18 ± 0,09 ^{aA}	9,02 ± 0,01 ^{aA}	9,05 ± 0,08 ^{aA}
BRL	9,05 ± 0,01 ^{aA}	8,72 ± 0,60 ^{aA}	8,84 ± 0,52 ^{aA}	8,99 ± 0,01 ^{aA}	9,09 ± 0,13 ^{aA}
KRVZ	9,13 ± 0,01 ^{aA}	9,10 ± 0,07 ^{aA}	9,11 ± 0,07 ^{aA}	8,99 ± 0,09 ^{aA}	8,91 ± 0,15 ^{aA}
EN	9,11 ± 0,05 ^{aBC}	9,06 ± 0,02 ^{aAB}	9,19 ± 0,01 ^{aC}	9,00 ± 0,02 ^{aA}	9,12 ± 0,05 ^{aBC}

K: Sebze püresi ilave edilmemiş kontrol yoğurdu, BK: %10 oranında bakla püresi eklenmiş yoğurt örneği, BRL: %10 oranında börülce püresi eklenmiş yoğurt örneği, KRVZ: %10 oranında kereviz püresi eklenmiş yoğurt örneği, EN: %10 oranında enginar püresi eklenmiş yoğurt örneği. a: Aynı sütun içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). ^{A,B,C}: Aynı satır içinde farklı harf ile ifade edilen ortalamalar arasındaki önemli farklılıklardır. Aynı harfe sahip gruplar arasında fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$).

SONUÇ

Elde edilen bulgular ışığında mikrobiyolojik analizlerde *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* bakterilerinin sayılarında örnekler arası farklılıklar tespit edilmiştir. *L. bulgaricus* sayısının genel olarak çok düşük olduğu bu çalışmada, depolama boyunca normal yoğurt örneğinin *L. bulgaricus* sayısının azalış, börülce ve enginar pürelili yoğurtta artış, bakla ve kereviz pürelili yoğurtta dalgalanma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Asitliğin yükselmesi, pH değerinin azalması ve inkübasyon koşulları faktörlerinin buradaki değişimlerin sebebi olduğu düşünülebilir. *S. thermophilus* sayılarının diğer yoğurt bakterisine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt içerisine püre vb şekillerde ilave edilen sebzelerin oranlarının yoğurt bakterisi sayısı üzerindeki etkisinin yeni yapılacak çalışmalarda daha detaylı ve farklı yoğurt bakterileri bazında da incelenmesi tavsiye edilmektedir.

Total fenolik bileşik değerleri incelendiğinde normal kontrol yoğurdu, börülce ve kereviz püre ilaveli yoğurt örneklerinin fenolik madde miktarlarında dalgalanma olduğu gözlenmiş; bakla ve enginar pürelili yoğurt örneklerinin çok yüksek değerler fenolik bileşik içerdiği saptanmıştır; enginar pürelili yoğurdun total fenolik madde miktarı artış göstermiştir. Literatürlerde de belirtildiği gibi, enginarın fenolik bileşiklerce zengin bir sebze olması, yoğurttaki fenolik bileşik miktarını arttırabileceğini göstermektedir. Bu sonuçtan hareketle kereviz ve enginar gibi fenolik bileşik değeri yüksek sebze ilavesinin doğal koruyucu olarak yoğurtlarda kullanılabilirliği söylenebilir. Ayrıca bu tarz yoğurtların üretimi sırasında uygulanan bütün işlemlerde dikkatli, titiz ve hassas davranılması önerilebilir.

Elde edilen bütün bulgular ışığında püre haline getirilen sebzelerin yoğurdun özelliklerini etkilediğini belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerce zengin sebzelerin yoğurttaki fenolik bileşik değerlerini arttırdığı saptanmış, yoğurtların fonksiyonel özelliğini arttırabileceği anlaşılmıştır. Fenolik bileşiklerin sağlığa yararlı yönleri ile birlikte yoğurdun aromasına etkileri sayesinde, tıpkı meyvelerin ilave edildiği yoğurtlar gibi tüketicinin ilgisini çekebileceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, tüketicilerin bu tarz ürünleri tüketmeleri konusunda bilinçlendirilmesi hususunda çalışmalar ortaya konulabilir.

Son yıllarda fonksiyonel özelliklere sahip gıdalara olan talebin arttığını göz önüne aldığımızda bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlarla kullanılarak geliştirilecek olan yoğurdun bu pazarda yer alarak ticari açıdan fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Meyveli yoğurtlara alternatif olarak, insan sağlığına faydalı fenolik bileşikler içeren sebzeli fonksiyonel yoğurtlar üzerindeki araştırmaların arttırılması ve geliştirilmesi düşünülebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya 22381 proje numaralı Yüksek Lisans Tez projesi ile maddi destek sağlayan E.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- A.O.A.C., 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition, AOAC, Arlington, VA, USA, 771 pp.
- Açıkgözoğlu, A.B., 2008. Antioksidanca Zengin Nar ve Vişne Konsantreleri Kullanılarak Hazırlanan Meyveli Yoğurtların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Konya, 86 s.
- Amil-Dias, J., S. Kolacek, D. Turner, A. Pærregaard, R. Rintala, N.A. Afzal, K. Karolewska-Bochenek, J. Bronsky, S. Chong, J. Fell, I. Hojsa, J.P. Hugot, S. Koletzko, D. Kumar, I. Lazowska-Przeorek, C. Lillehei, P. Lionetti, J. Martin-de-Carpi, M. Pakarinen, F.M. Ruemmele, R. Shaoul, C. Spray, A. Staiano, I Sugarman, D.C. Wilson, H. Winter, K.L. Kolho, 2017. Surgical management of Crohn disease in children: guidelines from the Paediatric IBD Porto Group of ESPGHAN. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64 (5): 818-835.
- Anonymous, 2000. Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği, Tebliğ No: 2000/6, 14 Şubat 2000, Sayı: 23964 Resmi Gazete Sayfa: 27.
- Atamer, M. & E. Sezgin, 1986. Yoğurtlarda Kurumadde Arttırımının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 11 (6): 327-331.
- Atasever, M., 2009. Yoğurt üretiminde bazı stabilizörlerin kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15 (1-2): 1-4.
- Barnes, D.L., S.J. Harper, F.W. Bodyfelt & M.R. Daniel, 1991. Prediction of consumer acceptability of yogurt by sensory and analytical measures of sweetness and sourness. *Journal of Dairy Science*, 74 (11): 3746-3754.
- Be'al, C., P. Louvet & G. Corrieu, 1989. Influence of controlled pH and temperature on the growth and acidification of pure cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Applied, Microbiology and Biotechnology*, 32 (2): 148-154.
- Biberoğlu Ö. & Z.G. Ceylan, 2013. Geleneksel olarak üretilen yoğurtların bazı kimyasal özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8 (1): 43-51.
- Bird, A.R, I.L. Brown & D.L. Topping, 2000. Starches, resistant starches, the gut microflora and human health. *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 1 (1): 25-37.
- Bonczar, G., M. Wszoleka & A. Sçuta, 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made fuyalrom ewe's milk. *Food Chemistry*, 79 (1): 85-91.
- Cemeroglu, B. & J. Acar, 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Ankara Yayın No:6*, 406 s.
- Curadi, M., P. Picciarelli, R. Lorenzi, A. Graifenberg & N. Ceccarelli, 2005. Antioxidant activity and phenolic compounds in the edible parts of early and late Italian artichoke (*Cynara scolymus* L.) varieties. *Italian Journal of Food Science*, 17 (1): 33-44.
- Dauchet, L., P. Amouyel & J. Dallongeville, 2009. Fruits, vegetables and coronary heart disease. *Nature Reviews Cardiology*, 6 (9): 599-608.
- Demirci, M. & H. Gündüz, 1983, Farklı oranlarda süt tozu katılmış inek sütlerinden değişik maya (starter kültür) kullanılarak elde edilen yoğurtların özellikleri üzerinde bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 8 (6): 281-286.
- El-Said M.M., H.F. Haggag, H.M. Fakhr El-Din, A.S. Gad & A.M. Farahat, 2014. Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59 (2): 207-212.
- Espirito Santo, A.P., P. Perego, A. Converti & M.N. Oliveira, 2011. Influence of food matrices on probiotic viability-a review focusing on the fruity bases. *Trends in Food Science and Technology*, 22 (7): 377-385.
- Fenderya, S. & A.S. Akalın, 2003. Probiyotik yoğurtların bazı kimyasal özellikleri Üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1): 87-94.
- Gil-Izquierdo, A., M.I. Gil, M.A. Conesa & F. Ferreres, 2001. The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2 (3): 199-202.


- Granato, D., G.F. Branco, F. Nazzaro, A.G. Cruz & J.A.F. Faria, 2010. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (3): 292-302.
- Güleşci, N. & İ. Aygül, 2016. Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5 (1): 109-129.
- Hasler, C.M., 2002. Functional foods: benefits, concerns and challenges-a position paper from the American council on Science and Health. *Journal of Nutrition*, 132 (12): 3772-3781.
- He, F.J., C.A. Nowson, M. Lucas & G.A. MacGregor, 2007. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: metaanalysis of cohort studies. *Journal of Human Hypertension*, 21 (9): 717-728.
- He, Q., Y. Li, P. Zhang, A. Zhang & H. Wu, 2016. Optimisation of microwave-assisted extraction of flavonoids and phenolics from celery (*Apium graveolens* L.) leaves by response surface methodology. *Czech Journal of Food Sciences*, 34 (4): 341-349.
- Iqbal, F., M.A. Rehman & M. Ashfaq, 2021. Incorporation of vegetables in yoghurt as a source of dietary fibre: A review. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 2021, 8 (2): 008-013.
- İşleten, M. & Y. Karagül-Yüceer, 2008. Effects of functional dairy based proteins on nonfat yogurt quality. *Journal of Food Quality*, 31 (3): 265-280.
- İşleten, M., 2006. Süt Kaynaklı Toz Bileşenlerin Yağsız Yoğurdun Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 84 s.
- Kerry R.G., J.K. Patra, S. Gouda, Y. Park, H.S. Shin & G. Das, 2018. Benefaction of probiotics for human health: a review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26 (3): 927-939.
- Kiros, E., E. Seifu, G. Bultosa & W.K. Solomon, 2016. Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 69 (1): 191-196.
- Kılıçtaş, Ş., T. Özlü & G. Garipoğlu, 2020. Enginar (*Cynara Scolymus*): Besin Değeri ve Olası Sağlık Etkileri. *USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 3 (5): 6-22.
- Kılınçer, F.N. & M.K. Demir, 2019. Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda Dergisi*, 44 (3): 419-429.
- Köksal, G., 2008. Şeftali Meyvesinde Fenolik Madde Dağılımı ve Pulpa İşleme Sırasında Değişimi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, 156 s.
- Kurman, J.A., J.L. Rasic & M. Kroger, 1992. *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products*. Van Nostrand Reinhold, New York, 368 pp.
- Kurt, A., S. Gülümser & G. Kotancılar, 1989, Süt tozu ve lesitin kullanımının yoğurt kalitesine etkisi. *Gıda Dergisi*, 14 (5): 301-307.
- Liu, S., W.C. Willett, J.E. sManson, F.B. Hu, B. Rosner & G. Colditz, 2003. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78 (5): 920-927.
- Llorach, R., F.A Tomas-Barberan & F. Ferreres, 2005. Functionalisation of commercial chicken soup with enriched polyphenol extract from vegetable by-products. *European Food Research and Technology*, 220 (1): 31-36.
- Lunn, J. & J.L. Buttriss, 2007. Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin*, 32 (1): 21-64.
- Lutz, M., C. Henriquez & M. Escobar, 2011. Chemical composition and antioxidant properties of mature and babyartichokes (*Cynara scolymus* L.), raw and cooked. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (1): 49-54.
- Martins, E.M.F., A.M. Ramos, E.S.L. Vanzela, P.C. Stringheta, C.L. de Oliveira Pinto & J.M. Martins, 2013. Products of vegetable origin: a new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International*, 51 (2): 764-770.
- Mckinley, M. C., 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (1): 1-12.
- Mortazavian, A.M., M.R. Ehsani, S.M. Mousavi, S. Sohrabvandi & J.A. Reinheimer, 2006. Combined effects of temperature-related variables on the viability of probiotic micro-organisms in yogurt. *The Australian Journal of Dairy Science*, 61 (3): 248-252.

- Mutlu, B. & G. Akın, 2005. The effects of different incubation temperatures on the acetaldehyde content and viable bacteria counts of bio-yogurt made from ewe's milk. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (3): 174-179.
- Najgebauer-Lejko D., T. Grega & M. Tabaszewska, 2014. Yoghurts with addition of selected vegetables: acidity, antioxidant properties and sensory quality. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13 (1): 35-42.
- Okcu, G., E.G. Altuntaş & K. Ayhan, 2011. Laktik asit fermentasyonunda fenolik bileşikler ve önemi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1): 51-64.
- Özcan, T. & E. Yıldız, 2016. Determination of textural and sensory properties of yogurt produced with the vegetable puree. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (7): 579-587.
- Ozcan, T. & O. Kurtuldu, 2014. Influence of dietary fiber addition on the properties of probiotic yogurt. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5 (5): 397-401.
- Özcan, T., 2012. Fonksiyonel süt ürünleri ve sağlıklı yaşam. *Tarım Türk Dergisi*, 38 (7): 156-160.
- Özer, B., 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Yayınları, Şanlıurfa, 488 s.
- Pang, G., J. Xie, Q. Chen & Z. Hu, 2012. How functional foods play critical roles in human health. *Food Science and Human Wellness* 1 (1): 26-60.
- Park, Y., D.J. Hunter, D. Spiegelman, L. Bergkvist, F. Berrino, P.A. van den Brandt, J.E. Buring, G.A. Colditz, J.L. Freudenheim, C.S. Fuchs, E. Giovannucci, R.A. Goldbohm, S. Graham, L. Harnack, A.M. Hartman, D.R. Jacobs Jr, I. Kato, V. Krogh, M.F. Leitzmann, M.L. McCullough, A.B. Miller, P. Pietinen, T.E. Rohan, A. Schatzkin, W.C. Willett, A. Wolk, A. Zeleniuch-Jacquotte, S.M. Zhang & S.A. Smith-Warner, 2005. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies. *The Journal of the American Medical Association*, 294 (22): 2849-2857.
- Peschel, W., F. Sanchez-Rabaneda, W. Diekmann, A. Plescher, I. Gartzia, D. Jimenez, R. Lamuela-Raventos, S. Buxaderas & C. Codina, 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97 (1): 137-150.
- Roberfroid, M.B., 2007. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (6): 1660-1664.
- Roe, M., H. Pinchen, S. Church & P. Finglas, 2015. McCance and Widdowson's the composition of foods seventh summary edition and updated composition of foods integrated dataset. *Nutrition bulletin*, 40 (1): 36-39.
- Şahan, N., K. Yasar & A.A. Hayaloglu, 2007. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22 (7): 1291-1297.
- Schieber, A., F.C. Stintzing & R. Carle, 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12 (11): 401-413.
- Schütz, K., D. Kammerer, R. Carle & A. Schieber, 2004. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice, and pomace by HPLC/DAD-ESI/MS, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52 (13): 4090-4096.
- Selçuk, A.R. & Y. Yılmaz, 2009. İşlenmiş üzüm çekirdeği tozu ilavesinin lokum benzeri bir ürünün toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 7 (5): 56-61.
- Sengupta, S., H. Koley, S. Dutta & J. Bhowal, 2018. Hypocholesterolemic effect of *Spirulina platensis* (SP) fortified functional soy yogurts on diet-induced hypercholesterolemia. *Journal of Functional Foods*, 48 (1): 54-64.
- Sezgin, E., M. Atamer & A. Gürsel, 1988. Yerli ve Yabancı Starter Kullanılarak Yapılan Yoğurtların Kaliteleri Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda Dergisi*, 13 (1): 5-11.
- Shah, N.P., 2000. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal Dairy Science*, 83 (4): 894-907.
- Sharma, V. & H.N. Mishra, 2013. Fermentation of vegetable juice mixture by probiotic lactic acid bacteria. *Nutrafoods*, 12 (1): 17-22.
- Slavin, J.L., 2005. Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 21 (3): 411-418.
- Tamime, A.Y. & H.C. Deeth, 1980. Yoghurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43 (12): 939-977.
- Tamime, A.Y. & R.K. Robinson, 1985. *Yoghurt Science and Technology*. Pergamon Press Ltd., Oxford, United Kingdom, 431 pp.

- Tarakçı, Z., & E. Küçüköner, 2003. Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yoghurt. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 10-14.
- Tarakçı, Z., 2010. Influence of kiwi marmalade on the rheology characteristics, color values and sensorial acceptability of fruit yogurt. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 173-178.
- Thamaraj N. & N.P. Shah, 2003. Selective enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *bifidobacteria*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, and *propionibacteria*, *Journal of Dairy Science*, 86 (7): 2288-2296.
- Tonguç, E., Ö. Kinik, H. Kesenkas & M. Açu, 2013. Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of using different probiotic fermented milk. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (6): 549-544.
- Tourila, H., C. Sommarahl, L. Hyvönen, K. Leporanta & P. Merimaa, 1993. Sensory attributes and acceptance of sucrose and fat in strawberry yoghurts. *International Journal of Food Science & Technology*, 28 (4): 359-369.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1994. TS 1018, Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 15 s.
- Uysal, H., Kılıç, S., Kavas, G., Akbulut, N. and Kesenkas, H., 2003. Some properties of set yoghurt made from caprine milk and bovine–caprine milk mixtures fortified by ultrafiltration or the addition of skim milk powder. *Society of Dairy Technology*, 56 (3): 177-181.
- Uysal, H., Ö. Kınık & G. Kavas, 2004. Süt ve Ürünlerinde Uygulanan Duyusal Test Teknikleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:560, 101 s.
- Vahedi, N., M.M. Tehrani & F. Shahidi, F, 2008. Optimizing of fruit yoghurt formulation and evaluating its quality during storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 3 (6): 922-927.
- Wang, M., J.E. Simon, I.F. Aviles, K. He, Q.Y. Zheng & Y. Tadmor, 2003. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51 (3): 601-608.
- Yaygın, H., 1981. Yoğurdun Beslenme Değeri ve Sağlıkla İlgili Özellikleri. *Gıda Dergisi*, 5 (6): 7-22.
- Yaygın, H., 1999. "Yoğurt Yapımında Saf Kültür Kullanımı ve Önemi, 83-94". Türkiye III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, (2-3 Haziran 1994, Ankara), Milli Prodüktivite Basımları Merkezi Yayınları (2. Basım) No: 548, 429 s.
- Yöney, Z., 1967. Yoğurt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, No: 289, Ders Kitabı: 103, 101 s.
- Yoon, K.Y., E.E. Woodams & Y.D. Hang, 2005. Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 38 (1): 73-75.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):291-302
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1248348>

ile YANGI YÜKSEL¹ 

Nural KARAGÖZLÜ^{2*} 

¹ T.C. Gençlik ve Spor Bakanlığı. Gençlik Hizmetleri ve Spor İl Müdürlüğü, 06430 Ankara

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 45140, Yunusemre, Manisa, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

nural.karagozlu@cbu.edu.tr

Anahtar sözcükler: , Ankara, gıda güvenliği, tüketici satın alma alışkanlıkları

Keywords: Ankara, food safety, consumer buying habits,

Tüketicilerin satın alma alışkanlıkları: Ankara, Etimesgut örneği*

Consumers' buying habits: The case of Ankara, Etimesgut

*Bu makale birinci yazarın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir. Tezin bir bölümü Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2022, 59 (4):645-659'da yayınlanmıştır.

Received (Alınış): 08.02.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 03.04.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Ankara ili Etimesgut ilçesinde yaşayan tüketicilerin yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, eğitim seviyesi gibi farklı demografik özelliklerle oluşan bilgi birikimlerinin gıda maddelerini satın alma alışkanlıkları arasındaki ilişkinin saptanmaya çalışılmasıdır.

Materyal ve Yöntem: Farklı demografik özelliklere sahip 517 yetişkin bireyle yapılan anket çalışmasından sağlanan veriler kullanılmış; demografik özellikler ile gıda satın alma alışkanlıkları ve tüketicilerin gıda maddelerini satın aldıkları yerler incelenmiştir. Elde edilen veriler SPSS programı ve ki-kare (χ^2) testi uygulanarak değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları: Çalışma sonunda tüketicilerin eğitim durumu ile alışveriş sırasında ambalajın zarar görüp görmemesine dikkat etme ($p<0,01$) ve cinsiyet ile ürünün etiket bilgileri ve alerjen madde içerip içermeme özellikleri arasındaki ilişkiler anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Tüketicilerin meyve-sebze gibi ürünleri satın alırken semt pazarlarını tercih ettikleri, "sokak satıcısı"nı ise en düşük güvenilirliğe sahip olarak düşündükleri saptanmıştır.

Sonuç: Alışveriş sırasında özellikle son kullanma tarihine, ambalaj materyalinin zarar görüp görmemesine dikkat edilmesi; satın alma alışkanlıklarının en önemli parametrelerini oluşturmaktadır. Tüketicilerin gıdaya ulaşma noktası olarak kendi ürünlerini ve süpermarketleri tercih etmeleri devlet kanalıyla gıda kontrol mekanizmasının doğru ve yeterli olarak işleminin önemini ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to determine the relationship between the purchasing habits of the consumers living in Etimesgut district of Ankara province with different demographic characteristics such as age, gender, income level, education level and their purchasing habits.

Material and Methods: The data obtained from the survey study conducted with 517 adult individuals with different demographic characteristics were used; demographic characteristics, food buying habits and places where consumers buy foodstuffs were examined. The obtained data were evaluated by applying SPSS program and chi-square (χ^2) test.

Results: The relationships between the education status of the consumers and whether the packaging is damaged during shopping and the gender and the label information of the product and whether it contains allergens were found to be significant. It has been determined that consumers prefer neighborhood markets when buying products such as fruits and vegetables, and that they consider the "street vendor" as having the lowest reliability.

Conclusion: During shopping, especially attention should be paid to the expiration date, whether the packaging material is damaged; constitute the most important parameters of purchasing habits. The fact that consumers prefer their own products and supermarkets as the point of access to food reveals the importance of the correct and adequate functioning of the food control mechanism through the state.

GİRİŞ

Gıda piyasalarının hareket ve çeşitliliği, diğer yandan tüketicilerin sağlıklı ve güvenli gıdaya ulaşabilme isteği satınalma alışkanlıklarını önemli şekilde etkilemektedir. Gıda endüstrisinde tüm aşamalarda objektif ve işletme özelinde gıda güvenliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Gıda sanayiinde rol alan tüm aktörlerin pozitif gıda güvenliği kültürü oluşturmasında, uygulamasında ve performansı ile iyileştirilmesinde önemli görevleri vardır (Fujisaki et al., 2019). Bilinçli tüketici, ihtiyaç ve isteklerini doğru analiz edebilen, bunlara yönelik mal veya hizmet satın alacağına ise kalite, fiyat ve sağlamlık konusunda iyi değerlendirebilen ve satın alacağı ürünün doğa ve toplum ile ilişkisini de irdeleyebilen bu tüketimden fayda sağlanmasına önem veren kişidir (Cici Karaboğa, 2022). Günümüzde gıda sanayinde ürün ve hizmet çeşitliliğinin gelişmesi, teknolojik yenilikler, tüketicilerde farklı ihtiyaç ve isteklerini gıda satın alma alışkanlıklarına yansıtmaktadır. Tüketicilerin gıda ihtiyaçlarını satın alırken, seçerken hangi aşamalardan geçtiğini, hangi faktörlerden etkilendiğini ve kararını nelere göre şekillendirdiğini anlamak gıda firmalarının pazarlama stratejilerini oluştururken öne çıkmaktadır. Tüketicilerin satın alma kararı sırasında demografik, sosyo-kültürel, durumsal ve psikolojik özellikler gibi iç ve dış faktörlerin etkisiyle şekillenen birçok faktör yer almaktadır (Baumeister, 2002).

Bu kapsamda Ankara'nın Etimesgut ilçesi örneğinde gerçekleşen çalışmamızın bu bölümünde farklı demografik özelliklere sahip insan grupları üzerinde, tüketicilerin gıda güvenliği bilincini ölçmek amacıyla ambalaj, son kullanma tarihi, etiket bilgisi, alerjen maddeler gibi satın alma davranışları üzerindeki etkilere bakılıp bakılmadığı sorulmuş ve elde edilen veriler irdelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmanın materyalini Ankara'nın Etimesgut ilçesinde farklı demografik özelliklere sahip gönüllü 517 yetişkinle anket çalışmasından sağlanan veriler oluşturmuştur.

Yöntem

Çalışmada tüketicilerin demografik özelliklerini, gıda satın alma alışkanlıklarını ve gıda maddelerini satın aldıkları yerleri saptamak üzere toplam 10-15 dakikada cevaplanabilecek anket soruları hazırlanmıştır. Anket uygulanacak kişi sayısı "Oransal Örnek Hacmi" ile belirlenmiştir, örneklem büyüklüğü;

$$n = \frac{[N \times t^2 \times p \times q]}{[d^2 \times (N - 1) \times + t^2 \times p \times q]}$$

formül ile hesaplanmıştır. N (hedef kitledeki birey sayısı) 566.500'dir (TUİK, 2018), bu hedef kitle içinde t değeri %95 güven aralığında D= 0.05 için 1.96'dır. Çalışmada olayın gerçekleşme (p) ve gerçekleşmeme (q) olasılıkları eşit ve $\frac{1}{2}=0.5$ olarak kabul edilmiştir. Bu değerler kapsamında en az örneklem büyüklüğü 384 kişi olarak hesaplanmıştır. Araştırmada veri toplama 517 kişi ile yüz yüze görüşme tekniğiyle 2 ay içinde tamamlanmıştır.

Yapılan bu çalışma, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörlüğü, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 30.07.2018 tarihli, 2018/04 sayılı belge numarasıyla onaylanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulgular SPSS paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Anket formunda yer alan ortalama, standart sapma veya frekans gibi değişken faktörler için tanımlayıcı

istatistikler kullanılmış ve demografik özellikler ile satın alma alışkanlıkları, gıda güvenliği bilgi, bilinç düzeyi, gıda hazırlama ve tüketim bilgi ve bilinç düzeyinin belirlenmesi arasındaki farklılıkları ve/veya ilişkiyi analiz etmek için ki-kare (χ^2) testi uygulanmış ve istatistiksel açıdan $p < 0,05$ olan bulgular anlamlı olarak kabul edilmiştir.

Sonuçların değerlendirilmesinde değişken parametreler içinde demografik özelliklerden cinsiyet, eğitim seviyesi, yaş ve gelir düzeyi kullanılmıştır. SPSS tabanlı analiz tekniklerinden ki-kare analizi uygulanmıştır. Gıda satın alma alışkanlıkları ile ilgili olan sorular 5'li Likert ölçeğiyle (1= hiç katılmam, 2= katılmam, 3= kararsızım, 4= katılıyorum, 5= tamamen katılıyorum) değerlendirilmiştir (Anonymous, 2018a).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Tüketicilerin demografik özellikleri

Anketin demografik özelliklerin belirlenmesi için hazırlanan ilk kısmında katılımcıların %56,3'ü kadın, %43,7'si ise erkek; %67,1'i evli, %30,2'si bekar, %2,7'si diğer; %7,9'u ilk öğretim, %6,6'sı orta öğretim, %23,2'si lise ve dengi, %8,3'ü ön lisans, %48,0'ı lisans, %6,0'sı lisansüstü mezunu olarak belirlenmiştir. Yaşlara göre gruplandırma yapıldığında %10,1'i 18-25, %43,1'i 26-35, %24,8'i 36-45, %16,1'i 46-55 arasında, %6,0'ı 56 ve üzerinde olup; bunların %16,4'ü ev kadını, %5,6'sı öğrenci, %4,6'sı emekli ve %73,3'ü çalışan olarak sıralanmaktadır. Katılımcıların %9,3'ünün asgari ücret altı (anket dönemi asgari ücret 1600 TL'dir), %24,6'sının 1600-2500 TL arası, %44,9'unun 2500-4000 TL arası, %21,3'ünün 4001 TL ve üzerinde bir gelir durumuna sahip olduğu saptanmıştır.

Tüketicilerin gıda satın alma alışkanlıkları

Anket çalışmasının ikinci bölümünde Çizelge 1'de verildiği üzere tüketicilerin gıda ürünlerini satın alırken dikkat ettikleri özellikler önem sırasıyla şu şekilde belirlenmiştir: Tüketicilerin %58,99'u gıda ürünlerini satın alırken son kullanma tarihine dikkat ettiklerini bildirmiş ve en fazla dikkat edilen özelliğin $\bar{x}=4,43$ ile son kullanma tarihi olduğu saptanmıştır. Bu özelliği sırası ile ambalajın zarar görüp görmediği (%56,87), lezzeti (%49,71), sağlık açısından güvenli oluşu (%47), markası (%33,08), fiyatı (%31,14), etiket bilgileri (%27,27), ürünün ambalaj materyali (%20,89), diğer faktörler (%18,48), ürünün besin değeri (%17,60), ürünün alerjen madde içerip içermeme durumu (%16,63) ve ürünlere verilen promosyonlar (%11,03) izlemiştir.

Bu bağlamda son kullanma tarihinin tüketiciler için gıda ürünü satın alma aşamasında en önemli faktör olması sonucu; Çınar & Özer (1999)'in üniversite öğrencilerinde yaptıkları anket çalışmasıyla, Köksal vd. (2003) ve Albayrak (2000)'in Ankara'da, Topuzoğlu vd. (2007)'nin İstanbul Ümraniye'de, Uzunöz vd. (2008)'nin Tokat ili merkezi ve kırsalında, Yılmaz vd. (2009)'nin Trakya bölgesinde, Kılıç (2008)'in Antalya'da, Alpuğuz vd. (2009)'nin 478 öğrenci ile, Yalçın (2012)'in Samsun'da, Onurlubaş (2011)'in Tokat'da, Ergönül (2013)'ün Manisa'da yaptıkları çalışmalarıyla benzer bulunmuştur. Yurt dışında da benzer çalışma sonuçlarında benzer bulguya varılmıştır (Liu & Niyongira 2017; Anonymous, 2018b). Özgül & Aksulu (2006) İzmir'de hem 1995 yılında hem de 2005 yılında tüketicilerin etiket duyarlılığının değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları anket çalışmasında son kullanım tarihinin her zaman en önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. Tüketicilerin cinsiyetleri ile gıda ürünü alırken ürünün son kullanma tarihine dikkat edilmesi arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($X^2=3,579$; $p=0,466$ $p > 0,05$). Aynı şekilde; son kullanma tarihine dikkat etme durumu ile eğitim durumları arasındaki ilişki de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Sonucumuz Köse & Yaman (2010)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. Tüketicilerin gıda ürünleri satın alırken dikkat ettikleri özelliklere ilişkin bulgular**Table 1.** Findings on the characteristics that consumers pay attention when purchasing food products

Gıda ürünleri alırken dikkat edilen özellikler		Hiç Dikkat Etmem (1)	Dikkat Etmem (2)	Kararsızım (3)	Dikkat Ederim (4)	Tamamen Dikkat Ederim (5)	\bar{X}	s.s.
Ürünün fiyatı	n*	28	20	44	264	161	3,99	1,02
	Oran (%)	5,42	3,87	8,51	51,06	31,14		
Ürünün lezzeti	n	3	5	33	219	257	4,40	0,70
	Oran (%)	0,58	0,97	6,38	42,36	49,71		
Ürünün markası	n	5	13	61	267	171	4,13	0,79
	Oran (%)	0,97	2,51	11,80	51,64	33,08		
Ürünün besin değeri	n	43	59	118	206	91	3,47	1,15
	Oran (%)	8,32	11,41	22,82	39,85	17,60		
Ürünün ambalaj materyali (cam, metal, pvc vb.)	n	25	53	103	228	108	3,66	1,07
	Oran (%)	4,84	10,25	19,92	44,10	20,89		
Ürün ambalajının zarar görüp görmediği	n	9	9	31	174	294	4,42	0,82
	Oran (%)	1,74	1,74	6,00	33,66	56,87		
Ürünün sağlık açısından güvenli oluşu	n	9	11	35	219	243	4,31	0,83
	Oran (%)	1,74	2,13	6,77	42,36	47,00		
Ürünün etiket bilgileri	n	21	43	83	229	141	3,82	1,05
	Oran (%)	4,06	8,32	16,05	44,29	27,27		
Ürünün son kullanma tarihi	n	12	8	37	155	305	4,43	0,87
	Oran (%)	2,32	1,55	7,16	29,98	58,99		
Ürünün alerjen madde içerip içermeme durumu	n	68	118	99	146	86	3,12	1,30
	Oran (%)	13,15	22,82	19,15	28,24	16,63		
Ürünlere verilen promosyonlar	n	76	139	95	150	57	2,95	1,26
	Oran (%)	14,70	26,89	18,38	29,01	11,03		
Diğer	n	15	20	40	75	34	3,51	1,15
	Oran (%)	8,15	10,87	21,74	40,76	18,48		

*n = Tüketici sayısı

Gıda ambalajı, gıdaya fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bulaşmaların engellenmesinde önemli bir bariyer görevi yapmaktadır. Ambalajın zarar görmesi bu tehlikelerin gıdaya bulaşmasına fırsat vermektedir. Çizelge 2'de ürün satın alırken ambalajın zarar görüp görmemesinin cinsiyet ve eğitim durumuyla ilişkilerinin interaksyonu verilmiştir. Cinsiyet ile ambalajın zarar görüp görmemesine dikkat etme durumu arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Buna karşın tüketicilerin eğitim durumu ile arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,01$). Ürünün ambalajının zarar görüp görmediğine tamamen dikkat edenlerin %55,50'sinin lisans ve yüksek lisans mezunu olduğu belirlenmiştir. Bulgularımızla, Çalık (1999), Albayrak (2000), Aygen, (2012), Yalçın (2012)'in sonuçları arasında benzerlik bulunmuştur.

Çizelge 2. Tüketicilerin cinsiyet ve eğitim durumları ile gıda ürünü alırken ürünün ambalajının zarar görüp görmemesi durumları arasındaki interaksyonu

Table 2. The interaction between consumers' gender and whether the packaging of the product is damaged when buying a food product

		Ürün Ambalajının Zarar Görüp Görmediği					χ^2	p	
		Hiç Dikkat Etmem	Dikkat Etmem	Kararsızım	Dikkat Ederim	Tamamen Dikkat Ederim			
Cinsiyet	Kadın	n*	3	3	16	91	178	7,420	0,115* (*p<0,05)
		Oran (%)	1,00	1,00	5,50	31,30	61,20		
	Erkek	n	6	6	15	83	116		
		Oran (%)	2,70	2,70	6,60	36,70	51,30		
Eğitim Düzeyi	İlkokul	n	3	3	5	14	16	51,078	0,000** (**p<0,01)
		Oran (%)	33,30	33,30	16,10	8,00	5,40		
	Ortaokul	n	0	4	2	14	14		
		Oran (%)	0,00	44,40	6,50	8,00	4,80		
	Lise	n	2	0	6	37	75		
		Oran (%)	22,20	0,00	19,40	21,30	25,50		
	Önlisans	n	1	0	2	14	26		
		Oran (%)	11,10	0,00	6,50	8,00	8,80		
	Lisans	n	3	2	15	87	141		
		Oran (%)	33,30	22,20	48,40	50,00	48,00		
	Lisansüstü	n	0	0	1	8	22		
		Oran (%)	0,00	0,00	3,20	4,60	7,50		

* n = Tüketici sayısı

Çizelge 3'deki veriler incelendiğinde gıda ürününün sağlık açısından güvenli olma durumu ile hem cinsiyet hem de eğitim durumu arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Ankara, İzmir ve Tokat'ta yapılan benzer araştırmalarda da tüketicilerin ürünün sağlıklı oluşuna, sağlık açısından güvenli oluşuna önem gösterdikleri belirtilmiş olup çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir (Sağlam vd., 1999; Kızılaslan & Kızılaslan 2008; Onurlubaş, 2011; Oran vd., 2017).

Tüketicilerin eğitim düzeyleri ile gıda ürünü alırken ürünün etiket bilgilerine dikkat etme durumu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Buna karşın tüketicilerin cinsiyetleri ile gıda ürünü alırken ürünün etiket bilgilerini kontrol etme arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Buna göre kadınlarda gıdanın etiketine tamamen dikkat etme oranı %58,90 olup, erkeklerin % 57,10'u hiç dikkat etmemektedir (Çizelge 4).

Hırvatistan'da 2013'de, 200 tüketici ile yapılan bir anket çalışmasında tüketicinin eğitim düzeyi ile gıda ürününün etiket bilgilerine dikkat etme durumu arasında anlamlı bir ilişki kurulduğu; ayrıca üniversite mezunu grubun gıda seçimi yaparken, etiketlerin ve üzerindeki bilgilerin anlaşılır olmasına daha çok dikkat ettikleri belirlenmiştir (Kresic & Mrduljaš, 2016). Özgül & Aksulu (2006) ve Coşkun & Kayışoğlu (2018) çalışmalarının sonuçları da bulgularımızla paralel olup; kadınların erkeklere oranla etiketleri daha fazla incelediği yönündedir.

Çizelge 3. Tüketicilerin cinsiyetleri ve eğitim durumları ile gıda ürünü alırken ürünün sağlık açısından güvenli oluşu arasındaki interaksyonu

Table 3. The interaction between the gender and educational status of consumers and the safety of the product in terms of health when buying a food product

		Ürünün Etiket Bilgileri					X ²	p	
		Hiç Dikkat Etmem	Dikkat Etmem	Kararsızım	Dikkat Ederim	Tamamen Dikkat Ederim			
Cinsiyet	Kadın	n*	1	6	18	126	140	8,127	0,087
		Oran (%)	0,30	2,10	6,20	43,30	48,10		
	Erkek	n	8	5	17	93	103		
		Oran (%)	3,50	2,20	7,50	41,20	45,60		
Eğitim Düzeyi	İlkokul	n	1	2	2	18	18	13,634	0,849
		Oran (%)	11,10	18,20	5,70	8,20	7,40		
	Ortaokul	n	1	2	3	15	13		
		Oran (%)	11,10	18,20	8,60	6,80	5,30		
	Lise	n	1	2	6	48	63		
		Oran (%)	11,10	18,20	17,10	21,90	25,90		
	Önlisans	n	1	0	2	24	16		
		Oran (%)	11,10	0,00	5,70	11,00	6,60		
	Lisans	n	5	5	20	101	117		
		Oran (%)	55,60	45,50	57,10	46,10	48,10		
Lisansüstü	n	0	0	2	13	16			
	Oran (%)	0,00	0,00	5,70	5,90	6,60			

* n = Tüketici sayısı

Çizelge 4. Tüketicilerin eğitim düzeyleri ve cinsiyet farklılığının gıda ürünü alırken ürünün etiket bilgilerine dikkat edilmesi arasındaki interaksyonu

Table 4. The interaction of consumers' education levels and gender differences between paying attention to the label information of the product when buying a food product

		Ürünün Etiket Bilgileri					X ²	p	
		Hiç Dikkat Etmem	Dikkat Etmem	Kararsızım	Dikkat Ederim	Tamamen Dikkat Ederim			
Cinsiyet	Kadın	n*	9	20	36	143	83	12,745	0,013* (*p<0,05)
		Oran (%)	42,90	46,50	43,40	62,40	58,90		
	Erkek	n	12	23	47	86	58		
		Oran (%)	57,10	53,50	56,60	37,60	41,10		
Eğitim Düzeyi	İlkokul	n	3	4	5	20	9	23,841	0,249* (*p<0,05)
		Oran (%)	14,30	9,30	6,00	8,70	6,40		
	Ortaokul	n	0	5	4	19	6		
		Oran (%)	0,00	11,60	4,80	8,30	4,30		
	Lise	n	5	9	16	45	45		
		Oran (%)	23,80	20,90	19,30	19,70	31,90		
	Önlisans	n	2	1	6	23	11		
		Oran (%)	9,50	2,30	7,20	10,00	7,80		
	Lisans	n	11	21	43	112	61		
		Oran (%)	52,40	48,80	51,80	48,90	43,30		
Lisansüstü	n	0	3	9	10	9			
	Oran (%)	0,00	7,00	10,80	4,40	6,40			

* n = Tüketici sayısı

Çizelge 5 incelendiğinde, gıda satın alırken ambalaj materyaline dikkat etme durumu ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi saptamak için yapılan analizde bu ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamış ($p>0,05$); buna karşın eğitim durumları arasındaki interaksyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Anketimize katılan tüketicilerin % 64,99'u cam, metal, pvc gibi ambalaj materyaline dikkat ettiklerini bildirmişlerdir (Çizelge 1). Topuzoğlu vd. (2007) katılımcıların %92,8 oranı ile en fazla ürün ambalaj özelliklerine dikkat ettiklerini; Sağlık (2003) ise kız öğrencilerin (%55,8) erkek öğrencilere (%45,0) kıyasla ambalajlı gıdaları daha çok tercih ettiklerini belirtmişlerdir.

Çizelge 5. Tüketicilerin cinsiyetleri ve eğitim düzeylerine göre gıda ürünü alırken ürünün ambalaj materyaline dikkat etme durumları arasındaki interaksyonu

Table 5. The interaction between the consumers' attention to the packaging material of the product when buying a food product according to their gender and education level

		Ürünün Ambalaj Materyali					χ^2	p	
		Hiç Dikkat Etmem	Dikkat Etmem	Kararsızım	Dikkat Ederim	Tamamen Dikkat Ederim			
Cinsiyet		n*	14	23	58	128	68	5,539	0,236
	Kadın	Oran (%)	56,00	43,40	56,30	56,10	63,00		
		n	11	30	45	100	40		
	Erkek	Oran (%)	44,00	56,60	43,70	43,90	37,00		
n		6	5	6	19	5			
Eğitim Düzeyi	İlkokul	Oran (%)	24,00	9,40	5,80	8,30	4,60	31,925	0,044* (* $p<0,05$)
		n	3	4	9	14	4		
	Ortaokul	Oran (%)	12,00	7,50	8,70	6,10	3,70		
		n	8	12	13	55	32		
	Lise	Oran (%)	32,00	22,60	12,60	24,10	29,60		
		n	1	7	7	21	7		
	Önlisans	Oran (%)	4,00	13,20	6,80	9,20	6,50		
		n	6	22	60	108	52		
	Lisans	Oran (%)	24,00	41,50	58,30	47,40	48,10		
		n	1	3	8	11	8		
	Lisansüstü	Oran (%)	4,00	5,70	7,80	4,80	7,40		
		n							

* n = Tüketici sayısı

Çizelge 6'dan görüldüğü gibi tüketicilerin % 44,87'si ürünün alerjen madde içerip içermediğine dikkat ettiklerini belirtmişlerdir. Tüketicilerin cinsiyeti ile satın alma aşamasında ürünün alerjen madde içerip içermeme durumunu dikkate alma arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kadınlar ürünün alerjen madde içerip içermediğine % 61,60 oranında dikkat ettiklerini belirtirken, buna karşın erkeklerin % 57,40 oranında hiç dikkat etmediklerini belirtmişlerdir. Bu kapsamda tüketicilerin eğitim düzeyleri ile alışveriş aşamasında ürünün alerjen madde içerip içermeme durumu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 6. Tüketicilerin cinsiyetleri ile gıda ürünü alırken ürünün alerjen madde içerip içermeme durumları arasındaki interaksyonu
Table 6. The interaction between the gender of consumers and whether the product contains allergens when buying a food product

		Ürünün Etiket Bilgileri					χ^2	p	
		Hiç Dikkat Etmem	Dikkat Etmem	Kararsızım	Dikkat Ederim	Tamamen Dikkat Ederim			
Cinsiyet	Kadın	n	29	70	49	90	53	10,139	0,038* (*p<0,05)
		Oran (%)	42,60	59,30	49,50	61,60	61,60		
	Erkek	n	39	48	50	56	33		
		Oran (%)	57,40	40,70	50,50	38,40	38,40		
Eğitim Düzeyi	İlkokul	n	4	12	6	12	7	31,009	0,055
		Oran (%)	5,90	10,20	6,10	8,20	8,10		
	Ortaokul	n	4	5	8	10	7		
		Oran (%)	5,90	4,20	8,10	6,80	8,10		
	Lise	n	15	17	16	42	30		
		Oran (%)	22,10	14,40	16,20	28,80	34,90		
	Önlisans	n	5	12	8	12	6		
		Oran (%)	7,40	10,20	8,10	8,20	7,00		
	Lisans	n	34	69	51	60	34		
		Oran (%)	50,00	58,50	51,50	41,10	39,50		
	Lisansüstü	n	6	3	10	10	2		
		Oran (%)	8,80	2,50	10,10	6,80	2,30		

* n = Tüketici sayısı

Tüketicilerin gıda ürünlerini satın aldıkları yerlere ilişkin bulgular

Çalışmanın bu bölümünde tüketicilerin gıda ürünlerini aldıkları yerlere dair sorulara verilen yanıtlar ve sonuçların benzer konulu araştırmalarla karşılaştırılmalarına yer verilmiştir. Çizelge 7'de verildiği üzere, tüketicilerin gıdaları aldıkları yerlere göre dağılımlar incelendiğinde; tavuk ve ürünlerinin %74,08'i, sütün %70,99'u, peynirin %86,46'sı, yoğurdun %72,34'ü, yumurtanın %82,01'i, meyve, sebzenin %53,19'u ve dondurulmuş gıdaların %87,23'ü süpermarketlerden satın alınmaktadır. Bu ürün çeşitlerinde tüketicinin süpermarketlerdeki satış koşullarına daha çok güvendiği söylenebilir. Buna karşın temel gıda maddeleri arasında sayılan kırmızı et, kıyma vb ürünleri ise tüketicilerin %45,07'sinin kasaptan aldıkları saptanmıştır. Araştırmamızda tüketicilerin %49,90'ünün mandırayı, %51,84'ünün kasabı, %45,07'sinin semt pazarlarını güvenli bulduğu ve %34,82'sinin meyve ve sebzeyi, %23,60'ünün balık ve deniz ürünlerini %2,13'ünün yumurtayı semt pazarlarından aldığı belirlenmiştir. Tüketicilerle yapılan benzer çalışmalarda; Onurlubaş (2011) Tokat'ta tüketicilerin %51,1'inin taze kırmızı etin kasaptan alındığını; Nazik ve Şanlıer (2001) Ankara'da %49,6'sının günlük alışverişlerini yaparken bakkal, kasap, manav vb geleneksel yerleri ve %29,9'unun da marketleri tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Ersoy & Ersoy (1999) çalışmasında tüketicilerin %50'sinin evlerinin yakınındaki Pazar yerlerini, %17,5'inin marketleri, %13,8'inin mahalle bakkalını kullandıklarını belirtmiştir. Saracel ve arkadaşları (2002) üst gelir gruplarındaki müşteriler tarafından süpermarketlerin daha fazla tercih edildiğini, Erdem (2016), Liu & Niyongira (2017) ve İncedal-Sonkaya vd. (2018) da yine tüketicilerin gıda alımında en fazla oranda süpermarketleri tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere sonuçlar şehirlere göre farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 7. Tüketicilerin gıda ürünlerini aldıkları yere göre dağılımı

Table 7. Distribution of consumers according to where they buy food products

		Kırmızı et, kıyma vb	Tavuk ve ürünleri	Balık ve deniz ürünleri	Sucuk, sosis vb şarküteri ürünleri	Süt	Peynir	Yoğurt	Yumurta	Meyve, sebze	Dondurulmuş gıdalar
Sokak satıcısı	n					54					
	Oran (%)					10,44					
Semt pazarı	n			122				11		180	
	Oran (%)			23,60				2,13		34,82	
Bakkal	n							8			
	Oran (%)							1,55			
Süpermarket	n	227	383	324	430	367	447	374	424	275	451
	Oran (%)	43,91	74,08	62,67	83,17	70,99	86,46	72,34	82,01	53,19	87,23
Sanal market	n										
	Oran (%)										
Kasap	n	233	96	19	40						
	Oran (%)	45,07	18,57	3,68	7,74						
Mandıra	n					42	26	16	18		
	Oran (%)					8,12	5,03	3,09	3,48		
Kendi ürünümüz	n						19	94	25		21
	Oran (%)						3,68	18,18	4,84		4,06
Diğer	n					51	21	33	29	62	45
	Oran (%)					9,86	4,06	6,38	5,61	11,99	8,70

* n = Tüketici sayısı

Çizelge 8’de görüldüğü gibi ankete katılan tüketicilerin gıda ürünlerini güvenli bir şekilde satın alabilecekleri yerlerin dağılımlarına bakıldığında %73,31 oranla en güvenilir buldukları yer “Kendi ürünümüz” seçeneği olmuştur ($\bar{x}=4,57$). En düşük güvenilirlik ise, “Sokak satıcısı” seçeneği ile saptanmıştır ($\bar{x}=2,03$). Güvenilirlik açısından tüketicilerin %62,86’sının ikinci sırada süpermarketleri güvenilir buldukları saptanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, tüketicilerin meyve-sebze gibi ürünleri daha taze satın alma isteğiyle semt pazarlarından almayı tercih ettikleri söylenebilir. Yine bu tüketicilerin %42,55’si gıda satın alma yerlerine güven açısından $\bar{x}=3,30$ ortalama ile 6. sırada yer alan bakkalın güvenilir olduğunu bildirmiştir. Diğer yandan ankete katılan tüketicilerin %17,60’ının sanal marketi güvenli bulurken, %43,13’ünün ise kararsız olduğu belirlenmiştir. Bulgularımız Knight et al. (2003), Kaptan (2007), Ünüsan (2007), Yalçın (2012), Onurlubaş (2011) ve Sapmaz & Yercan (2015),’nın araştırma sonuçları ile paralellik göstermektedir. Buna karşın Durlu Özkaya & Ayyıldız (2016) çalışmasında tüketicilerin %50,2’sinin semt pazarlarında açıkta satılan markasız gıda ürünlerini satın aldıklarını belirtmiştir.

Çalışmamız Covid-19 pandemisi öncesinde yapıldığından sanal markete olan güven düşük oranda görülmekle beraber, pandemi internet üzerinden market alışverişlerini doğal hayatın bir parçası haline getirmiş ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bu uygulamaların daha yaygın kullanımı için tüketicinin güvenini kazanmasına yol açmıştır. Diğer yandan anketimize katılan tüketicilerin % 67,12’si güven duyularak alışveriş edilen satış noktası olarak sokak satıcılarını güvenli bulmadıklarını bildirmişler ve sonuç olarak sokak satıcıları sıralamada en sonda yer almıştır.

Çizelge 8. Tüketicilerin gıda ürünlerini satın aldıkları yerlerin güvenilirliği ölçüsüne ilişkin bulgular**Table 8.** Findings on the measure of reliability of places where consumers buy food products

Gıda Satın Alınan Yerler		Hiç Güvenilir Değil	Güvenilir Değil	Kararsızım	Güvenilir	Tamamen Güvenilir	\bar{X}	s.s.
Sokak satıcısı	n	201	146	127	39	4	2,03	1,00
	Oran (%)	38,88	28,24	24,56	7,54	0,77		
Semt pazarı	n	17	63	184	233	20	3,34	0,86
	Oran (%)	3,29	12,19	35,59	45,07	3,87		
Bakkal	n	16	52	229	202	18	3,30	0,82
	Oran (%)	3,09	10,06	44,29	39,07	3,48		
Süpermarket	n	8	10	99	325	75	3,87	0,73
	Oran (%)	1,55	1,93	19,15	62,86	14,51		
Kasap	n	7	20	160	268	62	3,69	0,78
	Oran (%)	1,35	3,87	30,95	51,84	11,99		
Mandıra	n	5	17	172	258	65	3,70	0,77
	Oran (%)	0,97	3,29	33,27	49,90	12,57		
Sanal market	n	110	93	223	79	12	2,59	1,06
	Oran (%)	21,28	17,99	43,13	15,28	2,32		
Kendi ürünümüz	n	7	4	54	73	379	4,57	0,81
	Oran (%)	1,35	0,77	10,44	14,12	73,31		

* n = Tüketici sayısı

SONUÇ

Yapılan anket çalışması sonucunda kadınların gıda hazırlama ile tüketim bilgi ve bilinç düzeyi erkeklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Ailelerin gelir düzeyi yükseldikçe gıda güvenliğiyle bağlantılı olarak bilgi düzeyinin de arttığı elde edilen sonuçlar arasındadır. Ayrıca tüketicilerin market ve benzeri yerlerde alışveriş aşamasında gıda ürünlerini alırken dikkate aldıkları özellikler incelendiğinde ilk dört faktörün; ürüne ait son kullanma tarihi, ambalaj malzemesinin zarar görüp görmediği, ürünün lezzeti ve sağlık açısından güvenli oluşu olduğu saptanmıştır. Bu özelliklerden etiket bilgilerini dikkate alma ve alışveriş sırasında ürünün alerjen madde içerip içermemesi cinsiyetle; alışveriş sırasında gıda ambalaj materyaline ve ambalajın zarar görüp görmediğine dikkat etme durumu ise eğitim durumu ile istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Son yıllarda tüketicilerin bilinç düzeyi ve alışveriş alışkanlıkları değişmektedir. Sağlıklı beslenmek için uygun ürün seçimi yapma, doğru bilgiye ulaşma konusunda da bir bilgi açığı vardır. Bu nedenle doğru etiket okumaya, bu konuda alışkanlık kazanmaya özgün, tüketiciye yönelik eğitim programları hazırlanabilir, medyada bu anlamda doğru bilgi veren kişilerden yararlanılabilir. Diğer yandan gıda üreticileri, satıcıları ve perakendeciler de, özellikle satış yerlerinde tüketiciye doğru bilgi vermeleri konusunda bakanlıkça eğitilmelidir. Obezite başta olmak üzere kronik sağlık problemlerinin azaltılmasında etiket okumanın önemini vurgulayan eğitim ve seminerler verilmelidir.

Gıda üretimi ve satışından kaynaklı bulaşıcı hastalıkların kontrolünde, tüketicilerin bilinci önemlidir. Bu konuda denetim ve kontrol yapan kuruluşların tüketiciler tarafından bilinmesi ve daha ulaşılabilir olması sağlanmalıdır, toplumun gıda kaynaklı hastalıklardan korunması amacıyla bilgilendirmeler yapılmalıdır. İlk ve orta öğretim müfredatlarına beslenme dersleri konularak toplumun küçük yaştan itibaren bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak tarım ve gıda ürünlerinin güvenilirliği, sürdürülebilirliği, yerel ve mevsiminde gıda tüketimi, dijitalleşme konularında güvenin artması için yasal düzenleme ve mevzuatların varlığı ile tüketicilerin bilinçlenmesi günümüzün en önemli konularından biri olarak karşımızda olduğu için bunlara yönelik tedbirlerin ivedilikle alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Albayrak, M., 2000. Ankara ilinde gıda maddeleri paketleme ve etiketleme bilgileri hakkında tüketicilerin bilinç düzeyinin ölçülmesi, gıda maddeleri alım yerleri ve ambalaj tercihleri üzerine bir çalışma, Ankara: Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, ISBN 975-93976-4-1, Ankara.
- Alpuğuz, G., F. Erkoç, B. Mutluer & M. Selvi, 2009. Gençlerin (14-24 yaş) gıda hijyeni ve ambalajlı gıdaların tüketimi konusundaki bilgi ve davranışlarının incelenmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 66 (3): 107-115.
- Anonymous, 2018a. Likert Scale: What is it? How do we use it? (<https://www.academicsscope.com/likert-scale-what-is-it-how-do-we-use-it/>) (Erişim Tarihi: 10.10.2018)
- Anonymous, 2018b. What's Your Health Worth? (<https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2015/05/2015-Food-and-Health-Survey-FINAL.pdf>) (Erişim tarihi:10.11.2018).
- Aygen, F.G., 2012. Safe food handling: Knowledge, perceptions, and self-reported practices of Turkish consumers. *International Journal of Business and Management*, 7 (24): 1-11.
- Baumeister, R.F., 2002. Yielding to temptation: Self-control failure, impulsive purchasing, and consumer behavior. *Journal of Consumer Research*, 8 (4): 670-676.
- Cici Karaboğa, E.N., 2022. Bilinçli tüketici kavramına ilişkin algıların değerlendirilmesi; Bir metaforanalizi çalışması. *BMİJ*, 10 (1): 412-428
- Coşkun, F. & S. Kayışoğlu, 2018. Besin etiketi okuma alışkanlıklarına ve etiket okumanın satın alma tercihlerine cinsiyetin etkisi: Tekirdağ ili örneği. *Akademik Gıda*, 16 (4): 422-430.
- Çalık, N., 1999. "Ürün, tüketici ve satış noktası özelliklerinin satın alma yeri ve satın alma şekli üzerindeki etkilerinin araştırılması, gıda maddeleri ile ilgili bir uygulama, 16-25". 4. Ulusal Pazarlama Kongresi (18-20 Kasım 1999, Antakya) Bildirileri, Mustafa Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari, Bilimler Fakültesi Yayını, 358 s.
- Çınar R. & S. Özer, 1999. Gıda ürünlerinde etiketleme üniversite öğrencilerinin tutumları üzerine bir araştırma. *Pazarlama Dünyası*, 74: 13-17.
- Durlu Özkaya, F. & S. Ayyıldız, 2016. "Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma davranışları ve alışkanlıklarını etkilemede markanın önemi Giresun ili örneği, 487-504". Balıkesir Üniversitesi Gastronomi Kongresi (17-19 Kasım 2016, Balıkesir) Bildirileri, Yayın No:3278865.
- Erdem, K., 2016. Tüketicilerin Demografik Özellikleri ile Satın Alma Tarzları Arasındaki İlişki: Aydın İlindeki Tüketiciler Üzerine Bir Araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 85 s.
- Ergönül, B., 2013. Consumer awareness and perception to food safety: A consumer analysis. *Food Control*, 32: 461-471.
- Ersoy, Y. & A.F. Ersoy, 1999. Gecekondu ailelerinde kadınların yiyecek hazırlama ve pişirmeye ilişkin bazı uygulamaları üzerine bir araştırma. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 33 (3) 87-101.
- Fujisaki, K., M. Shimpō, & R. Akamatsu, 2019. Factors related to food safety culture among school food handlers in Tokyo, Japan: A qualitative study. *Journal of Food Service Business Research*, 22 (1): 66-80.
- İncedal-Sonkaya, Z., E. Balcı & A. Ayar, 2018. Üniversite öğrencilerinin gıda okuryazarlığı ve gıda güvenliği konusunda bilgi, tutum ve davranışları "Amasya Üniversitesi Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Örneği". *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75 (1): 53-64.
- Kaptan, M., 2007. Tüketicilerin Gıda Güvenliği Hakkındaki Bilgi Düzeylerinin Tespiti. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, (Basılmamış), Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 80s.
- Kılıç, D., 2008. Tüketicilerin Gıda Güvenliği İle İlgili Bilgi-Tutum ve Davranışları. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Aile Ekonomisi ve Beslenme Eğitimi Ana Bilim Dalı, (Basılmamış), Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kızılaslan, N. & H. Kızılaslan, 2008. Tüketicilerin satın aldıkları gıda maddeleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Tokat ili örneği). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 67-74.

- Knight, P.G., J.C. Jackson, B. Bain & D. Eldemire-Shearer, 2003. Household food safety awareness of selected urban consumers in Jamaica, 54 (4): 309-320.
- Köksal, E., N. Bilgili, & A.A. Topçu, 2003. Ankara ili Gülveren bölgesinde yaşayan ev hanımlarının besin satın alma ve etiket okuma konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi. Sağlık ve Toplum, 13 (2): 77-83.
- Köse, N. & K. Yaman, 2010. Tüketicilerin gıda maddelerinin son kullanma tarihine verdikleri önem üzerine bir araştırma: Kastamonu ili merkez ilçe örneği. Kastamonu Eğitim Dergisi, 18 (1): 233-240.
- Kresic, G. & N. Mrduljaš, 2016. The relationship between knowledge and the use of nutrition information on food package. Acta Alimentaria, 45 (1): 36-44.
- Liu, A. & R. Niyongira, 2017. Chinese consumers food purchasing behaviors and awareness of food safety. Food Control, 79: 185-191.
- Nazik, M. H. & N. Şanlıer, 2001. Ailelerin tüketim davranışlarına reklamların etkisinin tespiti üzerine bir araştırma. Standart dergisi, 36 (432): 80-87.
- Onurlubaş, E., 2011. Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi: Tokat İli Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tokat, 180 s.
- Oran, N.T., H.Toz, T. Küçük & V. Uçar, 2017. Medyanın kadınların beslenme alışkanlıkları, besin seçimi ve tüketimi üzerindeki etkileri. Life Sciences (NWSALS), 12 (1): 1-13.
- Özgül, E. & İ. Aksulu, 2006. Ambalajlı gıda ürünlerinde tüketicilerin etiket duyarlılığındaki değişimler. Ege Akademik Bakış Dergisi, 6 (1): 1-10.
- Sağlam, F., A. Gümüş & B. Dokcan, 1999. Tüketicilerin besin satın alımına ilişkin bilgi, tutum ve davranışları. Beslenme Ve Diyet Dergisi, 28 (1): 39-46.
- Sağlık E., 2003. Perakende Gıda Ürünlerinde Etiketin Önemi, Tüketiciler Üzerindeki Etkileri ve Erzurum Ölçeğinde Bir Alan Çalışması. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans, Erzurum, 100 s.
- Sapmaz, K. & M. Yercan, 2015. Tüketicilerin market markalı ve üretici markalı gıda ürünü tercihlerinin analizi: İzmir ili örneği. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 52 (3): 317-325.
- Saracel, N., B. Özkara, M. Karakaş, Ş. Özdemir, R. Yelken, S. Dünder, & Y. Karaca, 2002. Afyon ili tüketim analizi, tüketici davranışları ve eğilimleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayın No:27.
- Topuzoğlu, A., S. Hıdıroğlu, P. Ay, F. Önsüz, & H. İkişik, 2007. Tüketicilerin gıda ürünleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve sağlık risklerine karşı tutumları. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (4): 253-258.
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. (Web sayfası: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>) (Erişim tarihi: 03.10.2018).
- Uzunöz, M., E. Oruç & G. Bal, 2008. Kırsal kadınların gıda güvenliği konusunda bilinç düzeyleri (Tokat ili örneği). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2): 35-46.
- Ünusan, N., 2007. Consumer food safety knowledge and practices in the home in Turkey. Food Control, 18: 45-51.
- Yalçın, A., 2012. Tüketicilerin Gıda Güvenliği ile İlgili Tutum ve Davranışları (Samsun İli Örneği). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans, Tokat, 128 s.
- Yılmaz, E., Y. Oraman & İ. İnan, 2009. Gıda ürünlerine ilişkin tüketici davranışı dinamiklerinin belirlenmesi: "Trakya örneği". Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, 6 (1): 1-10.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):303-316
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1254860>

Elif Yılmaz PEKÇALIŞKAN¹ 

Can İNAL² 

Oktay YERLİKAYA^{2*} 

Harun KESENKAŞ² 

Harun Raşit UYSAL² 

¹ Naturarge Gıda Ürünleri Kozmetik San. ve Tic. Ltd. Şti., 35433, Urla, İzmir, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

*Sorumlu yazar (Corresponding author):

oktay.yerlikaya@ege.edu.tr

Anahtar sözcükler: *Bifidobacterium* spp., fonksiyonel gıda, inülin, sinbiyotik yoğurt

Keywords: *Bifidobacterium* spp., functional food, inulin, synbiotic yoghurt

İnülin ve *Bifidobacterium* spp. kullanılarak üretilen sinbiyotik yoğurtların bazı özellikleri*

Some properties of synbiotic yoghurts produced by using Inulin and *Bifidobacterium* spp.

* Bu makale TÜBİTAK tarafından 2180831 Numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Received (Alınış): 22.02.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 03.05.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada farklı oranlarda inülin ilave edilerek üretilen ve *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium breve* içeren sinbiyotik yoğurtların bazı kalite kriterleri canlı bakteri sayısı incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem: Probiyotik yoğurtlara %0.5, %0.75, %1 ve %2 oranında inülin ilave edilmiş, kontrol örneği de dahil olmak üzere 5 farklı sinbiyotik yoğurt örneği üretilmiştir. Depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Örneklerdeki *Bifidobacterium* spp. sayıları 6.98 ile 7.27 log kob/g arasında değişim göstermiştir. İnülin kullanımı *Bifidobacterium* spp. gelişimini teşvik etmiş ve raf ömrü boyunca canlı bakteri sayısındaki düşüşü engellemiştir. Duyusal analizler sonucu %0.5 inülin içeren sinbiyotik yoğurt örneği diğerlerine göre daha çok beğenilmiştir.

Sonuç: Farklı oranlarda inülin kullanımının *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Bifidobacterium* spp. canlılığı ile fizikokimyasal ve duyu özellikler üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to investigate some quality criteria and the viable bacteria count of the synbiotic yoghurts which was produced by adding inulin in different amounts and probiotic cultures such as *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium breve*.

Material and Methods: To investigate some quality criteria of synbiotic yoghurts and the number of viable bacteria, five different synbiotic yoghurt samples were produced with the addition of 0.5%, 0.75%, 1% and 2% inulin, including the control sample. Some physical, chemical, microbiological and sensory analyses were performed on the 1st, 7th, 14th and 21st days of storage.

Results: The number of *Bifidobacterium* spp. varied between 6.98 and 7.27 log cfu/g. The use of the inulin was supported the growth of bacteria and prevented the decrease in viable bacteria count throughout storage. The synbiotic yoghurt sample containing 0.5% inulin was found to be more appropriate as compared to the others as a result of sensory analysis.

Conclusion: The use of inulin at different amounts was found statistically significant on the viability of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Bifidobacterium* spp. and on the physicochemical and sensory properties of synbiotic yoghurt ($p<0.05$).

GİRİŞ

Fonksiyonel gıdalar, biyolojik olarak aktif bileşikler içeren, etkili, toksik olmayan miktarlarda optimal sağlığı teşvik eden ve kronik/viral hastalık riskini azaltmak ve yönetmek için klinik olarak kanıtlanmış ve belgelenmiş bir sağlık yararı sağlayan doğal veya işlenmiş gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Martirosyan et al., 2021). Son yıllarda popüler araştırma konusu haline gelen fonksiyonel gıdaların vücudun bağışıklık sistemini güçlendirmeye yardımcı olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak da kanser, tümör, diyabet, yüksek tansiyon gibi sağlıkla ilişkili birçok soruna karşı olumlu etkileri de bilimsel araştırmalar sonucunda kanıtlanmıştır (Banerjee et al., 2019).

Fonksiyonel gıda grubunun önemli bir kısmını oluşturan gıdalarda kullanılan probiyotikler, bağırsak mikrobiyotasını iyileştirdiği bilinen ve yeterli miktarda alındığında konakçı sağlığına yararı olan canlı mikroorganizmalardır (Martirosyan et al., 2019). Bağışıklık sistemi çökmüş veya hasar görmüş, sindirim problemleri yaşayan, obezite ve çeşitli sağlık problemi yaşayan bireyler için probiyotik gıdaların kullanımı aile hekimleri ve pediatristler tarafından önerilmektedir (Altındiş vd., 2018). Hazır olarak satılan probiyotik ürünlerin aktif yararlı bakteri (kültür) içeriği ambalaj üzerinde "koloni oluşturan birim (kob veya cfu)" olarak rapor edilir. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından tavsiye edilen probiyotik miktarın günlük minimum limiti 10^6 kob/ml'dir (Tripathi & Giri, 2014). Fakat raf ömrü boyunca olumsuz depolama koşulları göz önünde bulundurulduğunda bu miktarın terapötik minimum seviyenin üstünde tutulması gerekmektedir (Krasaekoopt et al., 2008). Aynı zamanda sindirim faydalarının ve probiyotik yararın artması için birden fazla probiyotik bakteri türü içeren ve daha aktif probiyotik kültürlerle sahip yoğurtların tüketilmesi önerilmektedir (Mateljan, 2018). Süt, içerisinde bulunan zengin besin içeriği sebebi ile probiyotik mikroorganizmaların gelişimi için en ideal ortamı oluşturmaktadır. Dolayısıyla probiyotik mikroorganizmaların yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde kullanımı tercih edilmektedir (Ranadheera et al., 2010).

Probiyotik süt ürünlerinde raf ömrü boyunca aktif probiyotik kültür sayısını yeterli seviyede tutmak en zorlu şartlardan biridir. Çünkü genel olarak probiyotikler ve özellikle bazı bakteri çeşitleri oksijen, ışık veya sıcaklık gibi çevresel koşullar karşısında düşük bir dirence sahiptir (Martin et al., 2015). Prebiyotikler ise bağırsaklarımızda bulunan sınırlı sayıdaki mikroorganizmaların çoğalmasını veya aktivitesini artırırlar. Prebiyotik ve probiyotik aynı üründe sinbiyotik olarak bulunması her ikisinin de olumlu fonksiyonel etkilerinden faydalanılmasını sağlar (Holzapfel & Schillinger, 2002). Yapılan bir araştırmada prebiyotik ve probiyotikleri birlikte bulduran ürünlerin vücuda alınması halinde probiyotiklerin daha uzun süre canlı kalacağı, aditif ve hatta sinerjistik etki ortaya çıkabileceği açıklanmıştır (Coşkun, 2006).

Laktobasiller ve bifidobakteriler fermente süt ürünlerinde ve diğer ürünlerde probiyotik olarak en çok kullanılan bakteri türü olmakla birlikte, *Bifidobacterium* türleri insan gastrointestinal sistemi ile ilişkilendirilen en önemli probiyotik bakterilerdendir (Lee, 1995; Bhaskar et al., 2017).Yapılan bir araştırmada, bağırsak geçiş süresi yavaş olan bireylerde *Bifidobacterium* içeren ürünlerin düzenli kullanımının 2 haftada bu süreyi kısalttığı ve bağırsak geçişini düzenlediği belirtilerek diyetimizin bir tamamlayıcısı olarak probiyotik içeren yoğurtların tüketilmesi önerilmektedir (Özden, 2006).

Probiyotik bakterilerin en iyi taşınma aracı, süt ürünleri özellikle de yoğurt ve yoğurt benzeri ürünlerdir. Yoğurt bakterileri tarafından üretilen serbest amino asitler zayıf proteolitik aktiviteye sahip bifidobakteriler gibi probiyotik bakterilerin gelişimini teşvik etmektedir. Bunun yanında *S. thermophilus* tarafından oksijen kullanılmakta ve böylece bifidobakteri türlerinin gelişimi ve canlılığın koruması için anaerobik şartlar sağlanmaktadır (Ishibashi & Shimamura, 1993; Dave & Shah, 1997). Fakat tüm bunların yanında bazı çalışmalarda yoğurt bakterileri tarafından üretilen organik asitler ve hidrojen peroksit gibi bazı metabolitlerin bifidobakteri sayısında düşüşe neden olabileceği görüşü savunulmuştur (Shah, 2000; Lourens-Hatting & Viljoen, 2001).

Probiyotik yoğurt üretiminde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren kültür kullanımı, üründe bulunan *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp. canlı hücre sayısının azalmasına neden olabilmektedir (Rybka, 1994). Bu durum *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un yoğurtta fermantasyon boyunca pH değerini düşürmesinden ve depolama sırasında meydana gelen post-asidifikasyondan kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle probiyotik

yoğurt üretiminde starter kültür olarak *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içermeyen ABT kültürlerin (*L. acidophilus*, *B. lactis* ve *S. thermophilus*) kullanılabileceği bildirilmiştir (Kim et al., 1993).

Yapılan bu çalışmada, farklı oranlarda inülin ilavesinin sinbiyotik yoğurtların bazı önemli kalite kriterlerine ve probiyotik yoğurt üretiminde önemli bir parametre olan bakteri canlılığının korunması üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmamızda kullanılan standardize edilmiş pastörize inek sütü SGS Süt ve Gıda San. A.Ş. (Menemen, İzmir) üretim tesislerinden temin edilmiştir. İnülin, Smart Kimya Tic. ve Dan. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Kullanılan inülinin kurumaddesi %95, ortalama polimerizasyon derecesi ise 10'dur. Sinbiyotik yoğurtların üretiminde CSL Centro Sperimentale Del Latte firmasına ait yoğurt kültürü (CSL B500) ve *Bifidobacterium* spp. (*Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium breve*) içeren probiyotik kültür (CSL BIFI) kullanılmıştır. Ambalaj malzemesi olarak ise 100 g kapasitedeki HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) ambalajlar kullanılmıştır.

Yöntem

Sinbiyotik yoğurt üretimi

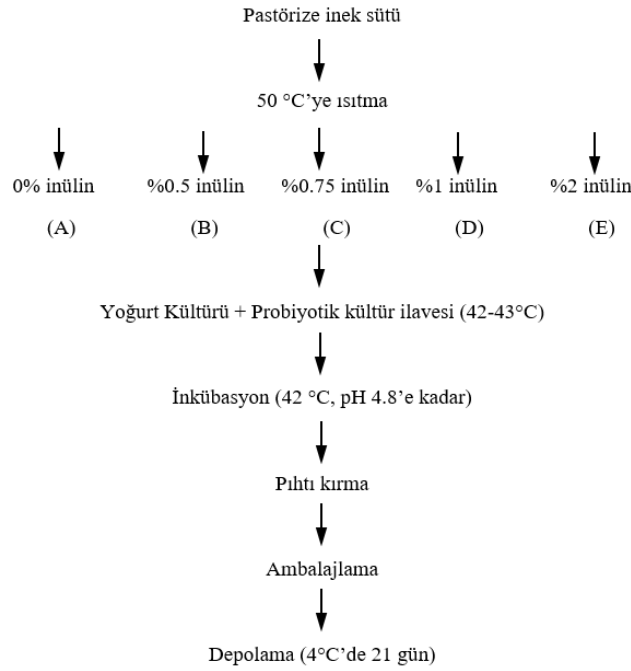
Yoğurt kültürü ve probiyotik kültür üretici firmanın önerisi doğrultusunda (son üründe kaç log 8 Log kob/ml olacak şekilde) ilave edilmiştir steril bir kaba tartılmış, üzerine laktozsuz pastörize süt ilave edilerek 42°C'de yaklaşık 30 dk boyunca ön aktivasyon uygulanmıştır. Sinbiyotik yoğurt üretimi 5 litrelik yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) yoğurt ambalajlarında gerçekleştirilmiştir. Pastörizasyon sonrası sıcaklığı 45°C'ye ayarlanan süt 5 eşit parçaya bölünerek %0.5, %0.75, %1 ve %2 oranlarında inülin ilave edilmiş ve kontrol grubu ile birlikte toplamda 5 farklı sinbiyotik yoğurt sütü elde edilmiştir (Şekil 1). Kültürler 43-44°C'de aşılınmış ve pH 4.8'de inkübasyon sonlandırılmıştır. İnkübasyon sonrası örnekler ortalama 15 dakika oda sıcaklığında tutulmuş, ardından 4±1°C'de 24 saat bekletilmiştir. Ertesi gün pıhtısı kırılarak 200 g'lık polietilen tereftalat (PET) kapaklı plastik kaplara dolum yapılmış ve örnekler 4±1°C'de 21 gün boyunca depolanmıştır. Sinbiyotik yoğurt örneklerinde mikrobiyolojik, kimyasal, reolojik ve duyuşsal analizler depolanmanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde yapılmıştır.

Süt analizleri

Yoğurt üretiminde kullanılan sütün toplam kurumadde miktarı gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir (AOAC, 1997). Yağ oranı Gerber yöntemine göre belirlenmiştir, asitlik tayininde süt örneği 0,5 ml fenolftalein (Merck, Almanya) indikatörü varlığında 0.1 N NaOH (Merck, Almanya) ile hafif pembe renk elde edilinceye kadar titre edilerek tayin edilmiş, sonuçlar % asitlik (%LA) olarak verilmiştir (AOAC, 2000). Yoğurt sütünün pH değeri WTW cam elektrotlu dijital Series pH 720 pH metre ile saptanmıştır. Toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş, bu değer 6.38 faktörü ile çarpılarak sonucu protein değeri hesaplanmıştır (AOAC, 1997). Kül miktarı ise gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (AOAC, 1990). Kül miktarı gravimetrik yöntem kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

Kimyasal analizler

Sinbiyotik yoğurt örneklerinin toplam kurumadde miktarı gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir (AOAC, 1997). Yağ oranları Gerber yöntemi kullanılarak (AOAC, 2000), titrasyon asitliği ise analizi yapılacak örneğin fenolftalein indikatörü varlığında 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilerek laktik asit cinsinden % asitlik değerleri (%LA) hesaplanarak tayin edilmiştir (AOAC, 1995). Örneklerde pH değeri inolab WTW cam elektrotlu dijital Series pH 720 pH metre ile saptanmıştır. Toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiş, bu değer 6.38 katsayısı ile çarpılması sonucu örneklerin protein içeriği hesaplanmıştır (AOAC, 1997).



Şekil 1. Sinbiyotik yoğurt üretim akış şeması.

Figure 1. The flow chart of the synbiotic yoghurt production.

Mikrobiyolojik analizler

Sinbiyotik yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analizinde seyreltme sıvısı olarak Ringer çözeltisi (Merck) kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan *Streptococcus thermophilus* için M17-laktoz Agar (Merck KGaA, Darmstadt, Germany), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* için MRS Agar (Merck KGaA, Darmstadt, Germany), *Bifidobacterium* spp. için TOS Propionate Agar (Sigma-aldrich Chemie GmbH, USA), besiyerlerine yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. *Streptococcus thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Bifidobacterium* spp. için sırasıyla 37 °C'de 48 saat aerobik, 42 °C'de 72 saat anaerobik ve 37 °C'de 72 saat anaerobik inkübasyon uygulanmıştır (Lapierre et al., 1992; Dave & Shah, 1996). Sayım sonuçları ilgili dilüsyon faktörü dikkate alınarak log kob/g şeklinde hesaplanmıştır.

Sertlik, viskozite ve su tutma kapasitesi

Sinbiyotik yoğurt örneklerinin sertlik analizleri Brookfield Teksture Analyser (TA - CT3, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middlebore, MA, USA) ile yapılmıştır (Akalin vd., 2012; Kesenkaş vd., 2013). Analiz, 4500 g'lık bir yük hücresi ile tek kompresyon döngüsü testi kullanılarak, ön test, test hızı 1 ve dönüş hızı mm/s' de sabitlenerek, penetrasyon derinliği 57 mm, 35 mm çapında bir alüminyum silindir ile TA4/1000 test probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test, numuneler 4°C'de buzdolabından çıkarıldıktan hemen sonra gerçekleştirilmiştir. Viskozite değerleri, Brookfield Model DV-II Pro model (Brookfield Engineering Lab Inc., Stoughton, Mass.,USA.) viskozimetre ile gerçekleştirilmiştir (Özer vd., 1997). Yoğurtların viskozitesi, örneklerin 4°C'de buzdolabından çıkarılmasının ardında ortalama 30 saniye karıştırılması sonrasında 12 rpm'de 40-100 tork değerinde 63 numaralı uç (spindle) ile gerçekleştirilmiş, sonuçlar Pa.s olarak verilmiştir. Su tutma kapasitesi (WHC) Bhullar et al. (2002)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 20 g yoğurt örneği bir santrifüj tüpüne tartılarak 4°C'de 4500xg devir hızında 10 dk santrifüjlenmiş, ayrılan serum başka bir kaba alınarak tartılmış ve yoğurdun su tutma kapasitesi hesaplanmıştır. Sonuçlar % olarak verilmiştir. Su tutması kapasitesi değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Analizler, her örnek için iki tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ Su Tutma Kapasitesi} = 100 - \left(\frac{\text{ayrılan serum miktarı}}{\text{örnek miktarı}} \right) \times 100$$

Duyusal analizler

Sinbiyotik yoğurt örneklerinin duysal değerlendirilmesinde puanlama testi kullanılmıştır. Puanlama testi Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi öğretim elemanlarından oluşan 8 kişilik yarı eğitimli panelist grubu ile yürütülmüştür. Örnekler panelistlere farklı harflerle kodlanmış olarak 4°C'de sunulmuştur. Yoğurt örneklerinin duysal özellikleri depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde değerlendirmeye alınmıştır. Duyusal özellikler; renk (1-5), kıvam (kaşıkla), aroma (1-5), tat (1-5), koku (1-5), dış görünüş (1-5) ve tüm izlenim (1-5) açısından değerlendirilmiştir (Zhi et al., 2016).

İstatistiksel değerlendirme

Araştırma 2 tekrarlı, 3 paraleli olarak yürütülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçların ve inülin ilavesinin yoğurt özelliklerine etkisini incelemek amacıyla tek yönlü varyans analizi ile SPSS Versiyon 20.00 (SPSS Inc. Chicago, Illinois) programı kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda önemli olan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre $p<0.05$ düzeyinde gruplandırılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Sinbiyotik yoğurtların üretiminde kullanılan inek sütünün ortalama kurumadde, protein, yağ, kül, titrasyon asitliği (% laktik asit) ve pH değerleri sırasıyla 12.01 ± 0.03 , 3.85 ± 0.02 , 3.00 ± 0.07 , 0.92 ± 0.02 , 0.151 ± 0.00 ve 6.74 ± 0.00 olarak tespit edilmiştir. Konu ile ilgili yayınlanan 06.02.2009 Tarih ve 14 nolu değişiklik kapsamında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi - Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne (Anonymous, 2000) göre araştırmamızda kullanılan sütün; protein, yağ ve % laktik asit değerleri ilgili Tebliğ'e uygunluk sağlamaktadır.

Depolamanın birinci günü yapılan yoğurt örneklerinin kuru madde, protein ve yağ analiz sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, yoğurtların ortalama kurumadde değerleri en düşük 13.86 , en yüksek 15.38 olarak belirlenmiştir. İnülin oranı arttıkça kurumadde oranları artmıştır. Kurumadde oranları arasında oluşan farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 1. Sinbiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın birinci günü kurumadde, protein ve yağ miktarları ($n=2$)

Table 1. Dry matter, protein and fat contents of synbiotic yoghurt samples on the first day of storage ($n=2$)

Örnek no	Kurumadde (%)	Protein (%)	Yağ (%)
A	13.86 ± 0.12^a	4.01 ± 0.04^a	3 ± 0.00
B	14.24 ± 0.04^b	3.91 ± 0.18^a	3 ± 0.00
C	14.48 ± 0.03^c	3.77 ± 0.25^a	3 ± 0.00
D	14.53 ± 0.00^c	4.02 ± 0.05^a	3 ± 0.00
E	15.38 ± 0.04^d	3.79 ± 0.04^a	3 ± 0.00

A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği.^{a,b,c,d}Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Literatür incelemelerimizde benzer sonuçlara rastlanmıştır. Aktaş (2017) farklı oranlarda fındık zarı kullanılarak ürettiği probiyotik yoğurtlarda depolama süresince kurumaddenin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığını bildirmiştir. Sinbiyotik yoğurtların yağ değerleri tüm örneklerde 3.00 bulunmuştur. İnülin oranının artması yağ oranlarını etkilememiştir. Örneklerin protein değerleri en düşük 3.77 en yüksek 4.01 olarak belirlenmiştir. Fakat protein oranları arasında oluşan farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Genel olarak inülin ilavesinin protein değerlerini kontrol (A) yoğurduna kıyasla düşürdüğü gözlenmiştir. En düşük protein değeri %0.75 oranında inülin içeren Cnolu örnekte görülmüştür. Küçükakgöl vd. (2009), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (%1.0 ve 1.5) Litesse®Ultra isimli karbonhidrat kökenli yağ ikame maddesi kullanmış ve yoğurtların protein içeriklerinin kontrol grubuna kıyasla azaldığını belirlemişlerdir. Bu durumun nedeninin

genel olarak inülinin protein içermemesinde kaynaklı olduğu söylenebilir. Ayrıca, 30.11.2022 tarih ve 44 nolu Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğine (Tebliğ No:2022/44) uygun olduğu saptanmıştır.

Yoğurtların pH değerleri 4.64 ile 4.31, titrasyon asitliği sınırları % laktik asit cinsinden %0.6 ile %1.5 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 2). İstatiksel analizler sonrası sinbiyotik yoğurt örneklerinin pH ve laktik asit değerleri üzerine depolama süresinin etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca depolama boyunca örnekler arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmüştür ($p<0.05$). Araştırmamızda tüm sinbiyotik yoğurt örneklerinin % laktik asit değeri açısından Tebliğ'e uygun olduğu saptanmıştır.

Çizelge 2. Sinbiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince pH ve % laktik asitlik değerleri ($n=2$)

Table 2. The pH and % lactic acid values of synbiotic yoghurt samples during storage ($n=2$)

Örnek no	pH			
	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
A	4.62±0.00 ^{aN}	4.48±0.00 ^{abM}	4.28±0.00 ^{aK}	4.34±0.00 ^{bl}
B	4.63±0.01 ^{aN}	4.49±0.01 ^{bM}	4.35±0.00 ^{ck}	4.41±0.00 ^{dl}
C	4.62±0.01 ^{aN}	4.48±0.01 ^{abM}	4.30±0.00 ^{bK}	4.36±0.00 ^{cl}
D	4.65±0.01 ^{bN}	4.49±0.01 ^{bM}	4.28±0.00 ^{aK}	4.31±0.00 ^{al}
E	4.65±0.01 ^{bN}	4.47±0.01 ^{aM}	4.35±0.00 ^{ck}	4.40±0.00 ^{dl}
% LA				
A	0.91±0.02 ^{bK}	0.94±0.00 ^{abL}	0.94±0.00 ^{dl}	0.93±0.00 ^{bckL}
B	0.90±0.01 ^{bK}	0.94±0.00 ^{abL}	0.89±0.00 ^{bK}	0.90±0.01 ^{aK}
C	0.90±0.00 ^{bK}	0.94±0.00 ^{bl}	0.92±0.00 ^{ckL}	0.91±0.01 ^{abK}
D	0.85±0.01 ^{aK}	0.93±0.00 ^{al}	0.94±0.00 ^{dl}	0.94±0.00 ^{cl}
E	0.88±0.00 ^{abK}	0.94±0.00 ^{abL}	0.88±0.00 ^{aK}	0.89±0.00 ^{aK}

A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranda inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği. ^{a,b,c,d}: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$). ^{K,L,M,N}: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 2'de de görüldüğü gibi 21. gün sonunda en yüksek laktik asit değeri %1 oranında inülin içeren D örneğinde görülmüştür. En düşük ise %2 ve %0.5 inülin içeren E ve B örneklerinde belirlenmiştir. Depolamanın son gününde en düşük pH değerinin yine %1 oranında inülin takviyesi içeren D örneğinde görülmüş olması asitlikteki bu artışta desteklemektedir.

Aktaş (2017) farklı oranlarda zengin diyet lifi kaynağı olan fındık zarı kullanılarak ürettiği probiyotik yoğurtlarda depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinde yükselme ve düşüşler olduğunu belirlemiştir. Özellikle %4 lük fındık zarı ilavesinin pH değerinin arttırdığı ve asitliğin düştüğünü vurgulanmıştır. Bu durumun ise örneklerde artan asitliğin yoğurt bakterilerinin gelişimini olumsuz etkilemesinden ve metabolik aktivitelerini azaltmasından kaynaklanabileceği yorumu yapılmıştır.

Hardi & Slacanac (2000), yaptıkları bir çalışmada fermente süte inülin takviyesi ile pH düşüş hızının arttığını fermantasyon sırasındaki ortalama asitlik artış oranının ise önemli ölçüde etkilemediğini belirtmiştir.

Elma, buğday, bambu veya inülin elde edilen ticari lifler kullanılarak üretilen yoğurtların duyuusal ve reolojik özelliklerine etkilerini inceleyen Dello et al. (2004) inülin içeren yoğurtlarda 28 günlük depolama süresince pH değerlerinde bir farklılık gözlenmediğini bildirmiştir.

Kıran (2021) tarafından yapılan bir tez çalışmasında %2 oranında badem ve fındık tozu ilave edilen prebiyotik kaynakların farklı kültür çeşitleri içeren ballı propolisli yoğurtlar üzerine etkilerini incelemiş ve %2 badem tozu + *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve %2 fındık tozu + *Bifidobacterium animalis*

subsp. *lactis* içeren yoğurt örneklerinin asitlik miktarlarının farklı kültür içeren örneklerle oranla düşük çıktığını saptamıştır. Bunun nedeninin ise canlı bakteri sayısı ile bağlantılı olduğunu *B. Lactis*'in diğer kültürlerle göre daha yavaş gelişiyor olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca tüm örneklerde pH değerleri 21 gün boyunca stabil olarak düşmüş, 14. günden sonra ise düşüş hızı yavaşlamıştır.

Sinbiyotik Yoğurtların Mikrobiyolojik Özellikleri

Sinbiyotik yoğurtların depolama süresince *Streptococcus thermophilus* sayıları 8.82 ile 9.22 log kob/g, *L. bulgaricus* sayısı 5.76 ile 7.05 log kob/g, *Bifidobacterium* spp. (*Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium breve*) sayıları 6.98 ile 7.27 log kob/g arasında değişmekte olup bulgular Çizelge 3'de verilmiştir. İnülin oranlarının ve depolama süresinin yapılan varyans analizi ve Duncan testinde spesifik yoğurt ve probiyotik mikroorganizmaların canlılığına etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3. Sinbiyotik yoğurtların depolama boyunca *S.thermophilus*, *L.bulgaricus* ve *Bifidobacterium* spp.sayıları (log kob/g) (n=2)

Table 3. The number (log cfu/g) of *S.thermophilus*, *L.bulgaricus* and *Bifidobacterium* spp. in synbiotic yoghurts during storage (n=2)

Örnek No	Depolama günleri			
	1	7	14	21
<i>S. thermophilus</i>				
A	9.03±0.01 ^{aK}	9.07±0.00 ^{aL}	9.12±0.00 ^{aM}	9.03±0.00 ^{eK}
B	9.14±0.00 ^{cL}	9.17±0.00 ^{cM}	9.22±0.00 ^{dN}	8.92±0.00 ^{bK}
C	9.11±0.00 ^{bL}	9.13±0.00 ^{bM}	9.14±0.00 ^{bM}	8.82±0.00 ^{aK}
D	9.13±0.00 ^{cL}	9.13±0.00 ^{bM}	9.14±0.00 ^{bMN}	8.96±0.01 ^{cK}
E	9.17±0.00 ^{dL}	9.13±0.00 ^{bM}	9.19±0.00 ^{cM}	8.98±0.01 ^{dK}
<i>L. bulgaricus</i>				
A	6.27±0.02 ^{aL}	5.80±0.07 ^{aK}	5.76±0.02 ^{aK}	6.81±0.03 ^{aM}
B	6.60±0.07 ^{bM}	6.23±0.03 ^{cL}	6.00±0.04 ^{bK}	6.96±0.02 ^{cN}
C	6.77±0.03 ^{cM}	6.45±0.01 ^{dL}	6.14±0.00 ^{dLK}	6.86±0.01 ^{bLN}
D	6.88±0.02 ^{dL}	6.28±0.02 ^{cM}	6.20±0.00 ^{eK}	6.93±0.00 ^{cLN}
E	6.84±0.01 ^{cdM}	6.13±0.02 ^{bL}	6.05±0.00 ^{cK}	7.05±0.01 ^{eN}
<i>Bifidobacterium</i> spp.				
A	7.51±0.02 ^{bcM}	7.50±0.02 ^{cM}	7.19±0.10 ^{bcL}	6.98±0.05 ^{acK}
B	7.40±0.00 ^{aM}	7.37±0.01 ^{aM}	7.27±0.00 ^{cL}	7.12±0.03 ^{bK}
C	7.55±0.00 ^{dM}	7.48±0.00 ^{cL}	7.12±0.03 ^{abK}	7.10±0.02 ^{bK}
D	7.48±0.00 ^{bN}	7.44±0.01 ^{bM}	7.06±0.02 ^{aK}	7.23±0.00 ^{cL}
E	7.53±0.02 ^{cdL}	7.50±0.01 ^{cL}	7.22±0.04 ^{cK}	7.27±0.02 ^{cK}

A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği.

^{a,b,c,d}: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

^{K,L,M,N}: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Tüm örneklerin depolama sırasındaki *S. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *Bifidobacterium* spp. sayılarında azalma ve artışlar görülmüştür. Başlangıçta en yüksek *S.thermophilus* sayısı %2 inülin içeren E

nolu örnekte 9.17 log kob/g iken depolama sonunda en düşük 8.82 log kob/g değeri ile Ckodu örnekte olduğu görülmektedir. İnülin içermeyen kontrol (A) örneğinde 21. günde en yüksek sayıda *S. thermophilus* içeren örnek olmuştur. Yine başlangıçta en yüksek *L. bulgaricus* sayısı %1 inülin içeren D nolu örnekte 6.88 iken depolama sonunda en düşük A nolu kontrol grubu yoğurt örneğinde 6.81 olduğu görülmektedir. %2 İnülin içeren E nolu örnekte 21. günde en yüksek sayıda *L. bulgaricus* içeren örnek olmuştur. *Bifidobacterium* spp. sayısı ise başlangıçta %0.75 inülin içeren C örneğinde 7.55 iken depolama sonunda en yüksek E nolu % 2 inülin ilave edilen yoğurt örneğinde 7.27 olduğu görülmektedir. İnülin içermeyen Kontrol örneği (A) ise 21.günde en düşük sayıda *Bifidobacterium* spp. içeren örnek olmuştur. 14. günde %0,5 inülin ilaveli B nolu örneğin ise en yüksek *Bifidobacterium* spp. içerdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde depolamanın 14. gününde en yüksek *S. thermophilus* sayılarının %0.5 inülin ilaveli B nolu örnekte olduğu tespit edilmiştir.

İnülin ilaveli sinbiyotik yoğurtların *S. thermophilus* sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimlerine bakıldığında *S. thermophilus* canlılığının tüm örneklerde depolamanın 21. gününde *L. bulgaricus*' un aksine anlamlı bir şekilde azalmış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca buna paralel olarak depolama boyunca tüm örneklerin pH değeri 14. gün anlamlı bir şekilde azalış gösterirken depolama sonunda tekrar artış göstermesi *S. thermophilus*'un *L. bulgaricus*' un canlılığını etkilemiş olduğunu düşünmemize sebep olmuştur.

Yapılan bir çalışmada, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp. kültürleri içeren probiyotik yoğurtlara %1.0, %2.0 %3.0 oranlarında fruktooligosakkarit, inulin ve dirençli nişasta ilave edilmiş ve 3 hafta boyunca 4°C'de saklanan yoğurtların kontrol örneğine kıyasla fruktooligosakkarit ve inulin ilave edilen örneklerde daha yüksek miktarda bakteri canlılığı gözlenmiş, %1.0 fruktooligosakkarit ilaveli yoğurtların *S. thermophilus*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp. sayıları sırasıyla; 9.0 log kob/g, 7.8 log kob/g ve 7.7 log kob/g bulunmuştur (Gustaw et al., 2011).

Heydari et al. (2011), *L. acidophilus* ve bifidobakteriler içeren yoğurtlarda, farklı oranlarda prebiyotiklerin eklenmesinin, kontrole kıyasla bu bakterilerin canlılığını önemli ölçüde artırdığını gözlemlenmişlerdir. Fakat, prebiyotik konsantrasyonu arttıkça (%1,5'ten %3,0 'e) iki prebiyotik bakterinin canlılığı üzerinde nötr veya azalan bir etkiye neden olduğunu saptamışlardır.

Mazloumi et al. (2011) yaptıkları bir çalışmada ise farklı oranlarda inülin (%1 ve %2) ilavesinin *Lactobacillus acidophilus* içeren probiyotik yoğurtlar üzerine etkisini incelemişler ve inülinin numunelerin titre edilebilir asitliğini ve pH' ını önemli ölçüde etkilemediğini bildirmişlerdir. *L. acidophilus* ve *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*'un ise zamanla azaldığı, ancak süte inülin eklenmesinin, sinbiyotik yoğurdun depolanması sırasında bu bakterilerin canlılığını artırdığını saptamışlardır.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'ne göre fermente sütler için toplam spesifik mikroorganizma sayısı en az 10^7 kob/g belirtilmiştir. Çalışmamızda bu sayının standartlara uyduğu görülmektedir. Yine aynı tebliğe göre yoğurtlar için toplam ilave mikroorganizma sayısının ise en az 10^6 kob/g olması gerektiği tebliğ edilmiştir. Çalışmamızda 10^7 kob/g seviyelerinde yani teröpatik seviyenin 10 kat fazlası probiyotik mikroorganizma sayısı bulunmaktadır.

Sinbiyotik Yoğurtların Sertlik, Viskozite ve Su Tutma Kapasitesi Özellikleri

Yapılan varyans analizi ve Duncan testinde inülin oranlarının depolama süresince sertlik, viskozite ve su tutmaya önemli derecede bir etkisi görülmüştür ($p<0.05$). Yoğurt örneklerinin değişimleri Çizelge 4' de verilmiştir. Depolama süresinde örneklerin sertlik değerleri 72 ile 139 g, viskozite değerleri 7.30 ile 3.70 Pa.s, su tutma kapasiteleri ise %62.88 ile %71.36 arasında değişmiştir.

Sadece %1 inülin ilavesi içeren D örneğinde 21. gün sonunda sertlik değerinde artış göze çarpmaktadır. Depolamanın birinci günü en yüksek sertlik değeri B nolu örnekte 89.50 iken depolama sonunda en yüksek değer D örneğinde 139.50 olduğu görülmektedir.

Depolamanın son gününde en yüksek viskozite değeri kontrol örneğinde 5.15, en düşük viskozite değeri en fazla ilave inülin içeren (%2) E örneğinde 3.70 olarak tespit edilmiştir. A (kontrol) örneği depolamanın birinci ve 21. günü en yüksek değeri alırken 7.ve 14. günde en düşük değeri aldığı gözlemlenmiştir.

Genel olarak inülin ilavelerinin su tutma kapasitesini anlamlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. En önemli artış ise %2 inülin içeren E örneğinde olmuştur.

Yoğurtlarda viskoziteyi etkileyen en önemli faktörler kurumadde, kazein miktarı, serum proteinlerinin denaturasyon derecesi, uygulanan ısıl işlem, homojenizasyon, serum ayrılması, pH ve kültür bakterilerinin metabolik faaliyetleridir (Özer, 2006; Mahdian, 2007).

Turunçgil ilaveli probiyotik yoğurt ile yapılan bir çalışmada, su tutma değerleri kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur (Çevik, 2013). Andız pekmezi içeren set tipi yoğurtların bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ilişkin çalışmada; andız pekmezi katkısının artmasına paralel olarak su tutmanın kontrol (A) yoğurtlarına oranla önemli ($p<0.05$) oranda arttığı bulunmuştur. Bu durum andız pekmezinin su tutma kapasitesi yüksek olan protein ve indirgen şeker içermesine bağlanmıştır (Çelik vd., 2009).

Çizelge 4. Sinbiyotik yoğurtların depolama boyunca sertlik (g), viskozite (Pa.s) ve su tutma kapasitesi değerleri (%) ($n=2$)

Table 4. The hardness (g), viscosity (Pa.s) and the water holding capacity (%) values of synbiotic yoghurts during storage ($n=2$)

Örnek no	Depolama günleri			
	1	7	14	21
Sertlik (g)				
A	82.00±2.12 ^{bK}	90.00±0.70 ^{aL}	104.50±0.70 ^{bcM}	129.00±2.12 ^{bN}
B	89.50±1.41 ^{cL}	82.00±0.00 ^{aK}	88.75±0.35 ^{aL}	90.00±1.41 ^{aL}
C	82.00±2.82 ^{bK}	82.00±2.82 ^{aK}	105.75±1.06 ^{cL}	100.75±0.13 ^{aL}
D	72.25±1.76 ^{aK}	81.75±11.66 ^{aK}	102.50±2.12 ^{bL}	139.50±4.94 ^{bM}
E	76.00±1.41 ^{aK}	89.00±0.00 ^{aL}	103.50±0.70 ^{bcN}	97.00±1.41 ^{aM}
Viskozite (Pa.s)				
A	7.30±0.28 ^{cM}	3.64±0.13 ^{aK}	3.77±0.07 ^{aK}	5.15±0.33 ^{bL}
B	6.09±0.30 ^{bL}	5.70±0.14 ^{bL}	4.36±0.28 ^{abK}	4.21±0.64 ^{abK}
C	5.56±0.08 ^{bL}	3.88±0.95 ^{aK}	4.33±0.47 ^{abKL}	4.18±0.28 ^{abKL}
D	6.04±0.24 ^{bM}	3.80±0.14 ^{aK}	3.83±0.44 ^{aK}	4.93±0.29 ^{cL}
E	4.73±0.14 ^{aK}	5.25±0.92 ^{abK}	5.89±1.25 ^{bK}	3.70±0.50 ^{aK}
Su tutma kapasitesi (%)				
A	66.31±0.04 ^{aL}	67.04±0.69 ^{aL}	64.92±1.05 ^{aKL}	62.88±1.47 ^{aK}
B	66.84±0.6 ^{bL}	67.86±0.23 ^{aM}	65.16±1.25 ^{aKL}	64.01±0.23 ^{abK}
C	66.48±0.4 ^{cK}	71.36±1.48 ^{bL}	65.99±0.77 ^{aK}	66.40±0.60 ^{bcK}
D	67.33±0.4 ^{dK}	68.1±1.07 ^{aK}	68.11±1.68 ^{abK}	68.15±1.88 ^{cK}
E	67.85±0.4 ^{eK}	71.21±0.32 ^{bL}	71.05±1.23 ^{bL}	69.61±1.20 ^{ckL}

A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği.

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen örnekler arasındaki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

K,L,M: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Eroğlu (2019) tarafından yapılan başka bir çalışmada *L. acidophilus* ve *B. lactis* içeren probiyotik yoğurtlara stevia katkısının etkileri incelenmiş ve stevia içeren örneklerde depolama boyunca tekstür değerlerinde düşüş görüldüğü bildirilmiştir.

Kıran (2021) tarafından yapılan, %2 oranında badem ve fındık tozu ilave edilen prebiyotik kaynakların farklı kültür eşitleri içeren ballı propolisli yoğurtlar üzerine etkilerini incelendiği bir tez çalışmasında badem ve fındık tozunun genel olarak viskozite değerlerini düşürdüğü, fakat depolama boyunca ve birbirleri arasındaki etkisinin istatistiksel açıdan önemsiz olduğunu belirtmiştir. Bu durumun nedenini ise toz ilavelerinin proteinin suyu bağlama kapasitesini azaltabileceği ile açıklamıştır.

Abou El Samh et al. (2013), yaptıkları bir çalışmada *B. lactis* BB-12 bakterisi ve farklı oranlarda kabak, ilek ve siyah havuç kullanarak üretilen yoğurdun bazı özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonunda kabak içerisinde bulunan diyet lifinin, suyu bağlama özelliğine sahip olduğunu ve bu sebeple kabak oranı arttıkça viskozite değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Yine farklı bir çalışmada, sebze prelerinden elde edilen diyet liflerinin kullanılarak yoğurtta serum ayrılması incelenmiş çalışma sonucunda yoğurdun viskozite değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu durumun liflerin yoğurttaki suyu bağlayarak ya da protein ağındaki interaksiyonu güçlendirerek sağladığı yorumu yapılmıştır (Yıldız, 2017).

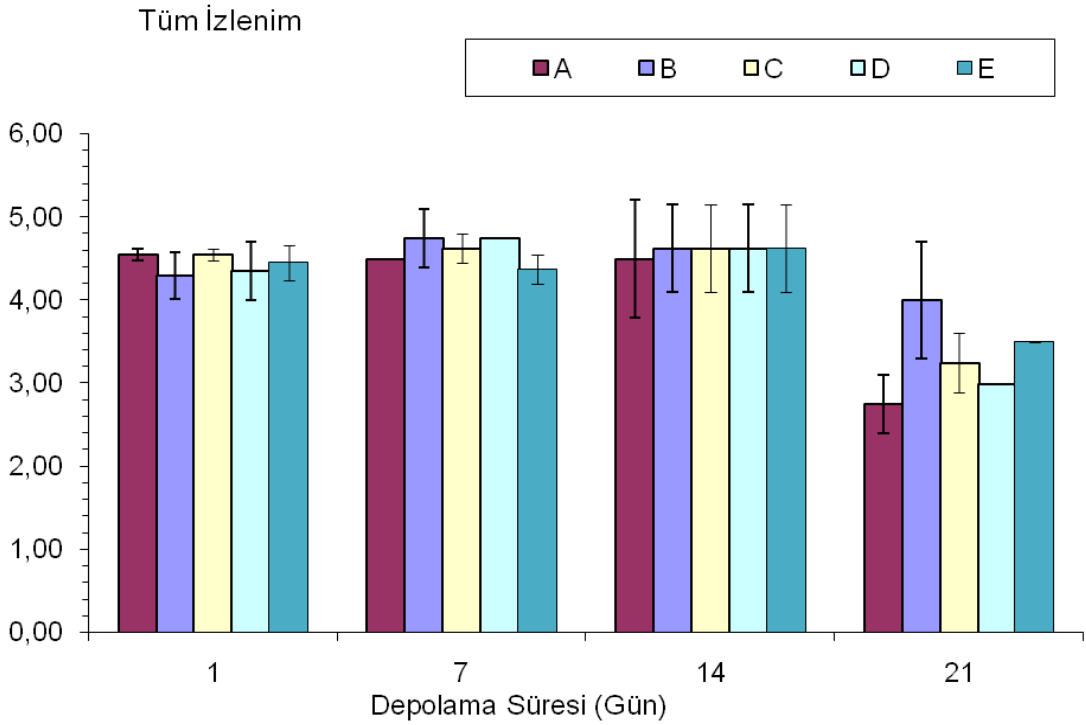
Sinbiyotik Yoğurtların Duyusal Değerlendirilmesi

Tüm örneklerde renk değerleri 14. günden sonra düştüğü görülmektedir. Genel olarak panelistlerce inülin oranının artmasının örneklerin renk puanlarına kontrole göre daha az bir düşüşün olduğu belirtilmiştir. Bu durum inülinin yoğurtlara olumlu anlamda bir renk katmış olduğunu dşndrmştir. Yoğurt rneklerinin kaşıkla kıvam için duyusal değerlendirme düzeyi 3.25 ile 5.0 puan arasında bulunmuştur. E rneğinde depolama sonunda kıvam değerinin azaldığı belirlenmiştir. B ve D rneğinde inülin içermeyen A örneğine göre kıvam yönünden daha yüksek puan almışlardır. Yoğurt rneklerinin aroma için duyusal değerlendirme düzeyi 3.00 ile 4.63 puan arasında bulunmuştur. D rneğinde depolama sonunda aroma değerinin diğer örneklerle göre daha fazla azaldığı belirlenmiştir. B, C ve E rneklerinde A örneğine göre aroma yönünden daha yüksek puan almışlardır. Depolama boyunca yoğurtların aroma puanlarında asitlik artışına bağlı olarak düşüş gözlenirken, 21. gün sonunda %2 inülin içeren E rneğinde aroma bakımından artış saptanmıştır. Yoğurt rneklerinin tat puanları 3.00 ile 4.75 arasında bulunmuştur. Yapılan duyusal değerlendirme sırasında depolama günleri sonlarına doğru inülin oranı yüksek D ve E rnekleri çok tatlı bulunmuştur. Yoğurt rneklerinin koku değerlendirme düzeyi 2.25 ile 5.0 puan arasında bulunmuştur. Yapılan duyusal değerlendirme sırasında depolama günleri sonunda koku puanlarının en yüksek B rneğinde olduğu görülmektedir. 14. günden sonra örneklerin koku değerlerinde genel anlamda gözle görülür bir düşme olduğu tespit edilmiştir. Dış görünüş analizlerinde; 1.gün en yüksek puan C rneği 21. gün B rneğinde grlmştir. Depo boyunca tüm örneklerin dış görünüş puanları düşüş göstermiştir. Tüm rnelere 21. günde diğer günlere göre daha düşük değerler verilmiştir. Tüm izlenim puanları 2.75 ile 4.75 arasında bulunmuştur. Genel olarak, inülin oranlarının artması tüm izlenim değerlendirme puanını düşürdüğü tespit edilmiştir. Özellikle bu durumun raf ömrünün artması ile daha belirgin hale gelmiş olduğu genel izlenim puanlama sonuçlarından görülmektedir. Bu sebeple B rneği panelistler tarafından tketelebilir olarak değerlendirilmiştir. Yoğurt rneklerinin değerlendirme düzeyi izelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Sinbiyotik yoğurtların depolama günleri boyunca değerlendirme puanları ($n=2$)**Table 5.** The sensory evaluation scores of synbiotic yoghurts during storage days ($n=2$)

Örnek no	Depolama Günleri			
	1	7	14	21
Renk				
A	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	3,50±0,70
B	4,80±0,28	5,00±0,00	5,00±0,00	3,50±0,70
C	4,80±0,28	5,00±0,00	5,00±0,00	3,75±0,35
D	4,80±0,28	5,00±0,00	5,00±0,00	4,00±0,00
E	4,80±0,28	5,00±0,00	5,00±0,00	4,00±0,00
Kıvam (Kaşıkla)				
A	4,30±0,00	5,00±0,00	4,12±0,17	3,50±0,70
B	4,30±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	4,00±0,00
C	4,40±0,14	4,62±0,17	5,00±0,00	3,50±0,00
D	4,45±0,21	4,75±0,35	4,75±0,35	4,00±0,00
E	4,45±0,21	4,87±0,17	5,00±0,00	3,25±0,35
Aroma				
A	4,40±0,14	4,25±0,35	3,63±0,53	3,25±0,35
B	4,20±0,14	4,25±0,35	4,50±0,70	3,50±0,00
C	4,40±0,14	4,63±0,17	4,38±0,88	3,50±0,70
D	4,15±0,21	4,00±0,00	3,88±0,17	3,00±0,70
E	4,30±0,00	4,63±0,53	3,88±0,17	4,00±0,70
Tat				
A	4,30±0,00	4,50±0,00	3,62±0,53	3,25±0,35
B	4,15±0,21	4,75±0,35	4,57±0,60	4,00±0,70
C	4,30±0,00	4,25±0,35	4,57±0,60	3,25±1,06
D	4,08±0,011	4,50±0,00	3,45±0,63	3,00±0,70
E	4,30±0,00	4,12±0,53	3,50±0,70	3,00±0,70
Koku				
A	5,00±0,00	4,75±0,35	4,75±0,35	2,50±0,70
B	4,80±0,28	5,00±0,00	4,75±0,35	3,75±0,35
C	4,80±0,28	5,00±0,00	4,75±0,35	2,75±1,06
D	4,80±0,28	5,00±0,00	4,75±0,35	2,25±0,35
E	4,80±0,28	5,00±0,00	4,75±0,35	2,75±0,35
Dış Görünüş				
A	4,80±0,28	4,75±0,35	4,75±0,35	2,50±0,70
B	4,80±0,28	5,00±0,00	4,87±0,17	4,25±0,35
C	5,00±0,00	5,00±0,00	4,87±0,17	3,75±0,35
D	4,80±0,28	5,00±0,00	4,87±0,17	4,00±0,00
E	4,80±0,29	5,00±0,00	4,87±0,17	3,75±0,35
Tüm İzlenim				
A	4,55±0,07	4,50±0,00	4,504±0,70	2,75±0,35
B	4,30±0,28	4,75±0,35	4,624±0,53	4,00±0,70
C	4,55±0,07	4,62±0,17	4,624±0,53	3,25±0,35
D	4,35±0,35	4,75±0,00	4,624±0,53	3,00±0,00
E	4,45±0,21	4,37±0,17	4,624±0,53	3,50±0,00

A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği.



Şekil 2. Sinbiyotik yoğurtların depolama günleri boyunca tüm izlenim değerlendirme puanları ($n=2$). (A: İnülin ilave edilmemiş yoğurt örneği, B: %0.5 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, C: %0.75 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, D: %1 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği, E: %2 oranında inülin ilave edilmiş yoğurt örneği).

Figure 2. All impression evaluation scores of synbiotic yoghurts during storage days ($n=2$).

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı oranlarda inülin kullanımının, *Bifidobacterium* spp. kültürü içeren yoğurtlarda mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özelliklerine istatistiksel olarak önemli etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur ($p<0.05$). Genel olarak inülin *Bifidobacterium* spp. gelişimini teşvik etmiş ve raf ömrü sonunda sayısındaki hızlı düşüşü engellediği görülmüştür. *Bifidobacterium* spp.'nin 14. günde anlamlı olarak azalmış olduğu görülmüş, buna benzer bir azalmanın pH değerlerinde ve *L. bulgaricus* mikrobiyolojik sayımlarında da yaşanmış olduğu belirlenmiştir. Eş zamanlı olarak *S. thermophilus*' un mikrobiyal etkinliğinin artmasının *Bifidobacterium* spp. ve *L. bulgaricus* birbirlerinden etkilendikleri düşüncesini akla getirmiştir. Farklı oranlardaki inülin içeriğinin pH, asitlik, sertlik, viskozite ve su tutmaya istatistiksel açıdan önemli bir etkisi görülmüştür. Üretimlerde yoğurtların karıştırılmış stirred tipi yoğurt olması, her ne kadar aynı sayılarda aynı kuvvette karıştırılmaya çalışılsa dahi insan faktörü etkisi olması sebebi ile örneklerin raf ömrü boyunca reolojik özelliklerini etkilemiş ve örnekler arasında dalgalanmalara yol açmış olabileceği kanısına varılmıştır. İnülin ilave yüzdelerinin artması ile geleneksel yoğurt lezzetinden uzaklaşmış olması özellikle sade yoğurtlarda %0.5 oranında inülinin değerlendirmeye alınabileceğini göstermiştir. Bu seviyede inulin ilavesinin endüstride sinbiyotik yoğurt üretiminde ve bu tarz ürünlerin ticarileşmesi için uygun olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1512 Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı (BİGG) 2180831 nolu proje kapsamında desteklenen "Probiyotik Yapısı Zenginleştirilmiş Glutensiz Meyveli Doğal Yoğurt" başlıklı projesinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abou El Samh, M.M., A.A. Sherein & H.H. Essam, 2013. Properties and antioxidant activity of probiotic yoghurt flavored with black carrot, pumpkin and strawberry. *International Journal of Dairy Science*, 8: 48-57.
- Akalın, A.S., G. Ünal, G.N. Dinkçi & A.A. Hayaloğlu, 2012. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium casein at eor whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95: 3617-3628.
- Aktaş, M., 2017. Fonksiyonel yoğurt üretiminde fındık zarından yararlanma olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Ana Bilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 88s.
- Altındış, M., M.B. İnci, B. Elmas, E.O. Şahin, E.P. Kahraman, R. Karagöz & S. Altındış, 2018. Aile hekimleri, pediatristler ve eczacıların probiyotik kullanımları hakkında bilgi, tutum ve davranışları. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 2 (2): 108-116.
- Anonymous, 2000. 06.02.2009 Tarih ve 14 nolu Türk Gıda Kodeksi-Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'nde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ. Ankara.
- Anonymous, 2003. TS 3810 "Yoğurt- Kısa Ömürlü". Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tebliğ No:2009/25, Ankara.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 16th Edition, AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis of AOAC international. (17th ed.), Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.
- Aportela-Palacios, A., M.E. Sosa-Morales & J.F. VélezRuiz, 2005. Rheological and physicochemical behavior of fortified yoğurt with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies*, 36: 333-349.
- Banerjee, P. & D.P. Ray, 2019. Functional food: A brief overview. *International Journal of Bioresource Science*, 6 (2): 57-60.
- Bhaskar, M.M., S. Sistla & S. Kumaravel, 2017. A case of pyometrocolpos with *Bifidobacterium* species. *Anaerobe*, 44: 48-50.
- Bhullar, Y.S., M.A. Udin & N.P. Shah, 2002. Effect of ingredient ssupplementation on textural characteristics and micro structure of yoghurt. *Milchwissenschaft*, 57 (6): 328-332.
- Bunesova, V., S. Musilova, M. Geigerova, R. Pechar & V. Rada, 2015. Comparison of mupirocin-based media for selective enumeration of bifidobacteria in probiotic supplements. *Journal of Microbiological Methods*, 109: 106-109.
- Coşkun, T., 2006. Pro-, pre-ve sinbiyotikler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 49: 128-148.
- Çelik, Ş., H. Durmaz, İ.G. Şat & G. Şenocak, 2009. Andız Pekmezi İçeren Set Tipi Yoğurtların Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Gıda*, 34 (4): 213-218 s.
- Çevik, G.B., 2013. Peynir Altı Suyu Tozu ve Turunç Ekstresi İlavésinin Probiyotik Yoğurtların Bazı Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniv. Gıda Müh. Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 93 s.
- Dave, R.I. & N.P. Shah, 1996. Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* and *bifidobacteria*. *Journal of DairyScience*, 79: 1529-1536.
- Dave, R.I. & N.P. Shah, 1997. Characteristics of bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* LA-1. *International Dairy Journal*, 7: 707-715.
- Dello Staffolo, M., N. Bertola, M. Martino & A. Bevilacqua, 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14: 263-268.
- Eroğlu, E., 2019. Stevia Katkılı Probiyotik Yoğurtlarda Bakteri Canlılığının Ve Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 135s.
- George, M., 2018. The world's healthiest foods, yogurt, grass-fed. Nov. 26-Dec 2, <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=124>.
- Gilliland, S.E. & M.L. Speck, 1977. Instability of *Lactobacillus acidophilus* in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 60 (9): 1394-1398.
- Hardi, J. & Slacanac, V. 2000. Examination of coagulation kinetics and rheological properties of fermented milk products: The influence of starter culture, milk fat content and addition of inulin. *Mijekarstvo*, 50: 217-226.

- Gustaw W., M. Kordowska-Wiater & J. Koziol, 2011. The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 4: 455-466.
- Heydari, S., A.M. Mortazavian, M.R. Ehsani, M.A. Mohammadifar & H. Ezzatpanah, 2011. Biochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic yogurt containing various prebiotic compounds. *Volume 23 (2): 23: 153.*
- Holzappel, W.H. & U. Schillinger. 2002. Introduction to pre- and probiotics. *Food Research International*, 35: 109-116.
- Ishibashi, N. & S. Shimamura, 1993. Bifidobacteria: Research and development in Japan. *Food Technology*, 47 (6): 126, 129-134.
- Kesenkaş, H., N. Akbulut, O. Yerlikaya, A. Akpınar & M. Açu, 2013. Kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1): 1-12.
- Kıran, M.G., 2021. Farklı kültür çeşidi ve prebiyotik kaynak kullanarak üretilen ballı propolisli yoğurtların özellikleri. *Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa*, 95 s.
- Kim, E. R., K. W. Lee, Y. H. Park & H. S. Kwak, 1993. The study of lactic acid bacteria in yogurt during delivery and storage. *Korean Journal of Dairy Science*, 14 (3): 260-268.
- Krasaekoopt, W., R. Pianjareonlap & K. Kittisuriyanont, 2008. Survival of probiotics in fruit juices during refrigerated storage. *Thai Journal of Biotechnology*, 8 (1):129-133.
- Küçükakgöl, Ö., C. Koçak, F. Sezen & F. Yıldız, 2009. Yağ ikame maddesi kullanılarak (Litesse®Ultra™) kurumadde artırımının yağsız yoğurdun kalitesi üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 34 (5): 271-278.
- Lapierre, L., P. Undeland & L.J. Cox, 1992. Lithium chloride-sodium propionate agar for the enumeration of Bifidobacteria in fermented dairy products. *Journal of Dairy Science*, 75 (5): 1192-1196.
- Lee Y.K. & S. Salminen, 1995. The coming of age of probiotics. *Trends in Food Science & Technology*, 6: 241-245.
- Lourens-Hatting Viljoen, B. C., 2001. Yoghurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11: 1-17.
- Mahdian, F., 2007. Keten Tohumu Yağı ile Zenginleştirilmiş Sütten Yoğurt Üretimi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir*, 100 s.
- Martín, M.J., F. Lara-Villoslada, M.A. Ruiz & M.E. Morales. 2015. Microencapsulation of bacteria: A review of different Technologies and their impact on the probiotic effects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27: 15-25.
- Martirosyan, D., H. Kanya & C. Nadalet, 2021. Can functional foods reduce the risk of disease? Advancement of functional food definition and steps to create functional food products. *Food Health & Diseases*, 11: 213-221.
- Martirosyan, D.M. & C. Leem, 2019. The bioactive compounds of probiotic foods/supplements and their application in managing mental disorders. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2 (10): 206-220.
- Mazlumi, S.M., S.S. Shekarforoush, H. Ebrahimnejad & J. Sajedianfard, 2011. Effect of adding inulin on microbial and physico-chemical properties of low fat probiotic yogurt. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 12: 93-98.
- Özden, A., 2006. Sağlıklı Yaşam İçin Yararlı Dost Bakteriler. *Türk Gastroentoloji Vakfı Yayınları*, Ankara.
- Özer, B., 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. *Sidas Medya LTD. ŞTİ. Şanlıurfa*, 488 s.
- Özer, B., R.K. Robinson, A.S. Grandison & A.E. Bell, 1997. Comparison of Techniques for Measuring the Rheological Properties of Labneh (Concentrated Yoghurt). *International Journal of Dairy Technology*, 50 (4):129-133.
- Ranadheera, R.D.C.S., S.K. Baines & M.C. Adams, 2010. Importance of Food in Probiotic Efficacy. *Food Research International*, 43: 1-7.
- Rybka, S., 1994. The enumeration of *Lactobacillus*, *Streptococcus* and *Bifidobacterium species* in yogurt, University of New South Wales, B.Sc. Dissertation, Sydney.
- Shah, N. P., 2000. Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 83: 894-907.
- Tripathi, M.K. & S.K. Giri, 2014. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of functional Foods*, 9: 225-241.
- Vinderola, C.G. & J.A. Reinheimer, 1999. Culture media for the enumeration of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria. *International Dairy Journal*, 9: 497-505.
- Yıldız, E., 2017. Sebze Püreleri ile Üretilen Yoğurtların Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora Tezi, Bursa*, 89 s.
- Zhi, R., L. Zhao & J. Shi., 2016. Improving the sensory quality of flavored liquid milk by engaging sensory analysis and consumer preference. *Journal of Dairy Science*, 99: 5305-5317.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):317-329
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1232824>

Kadir ERTEN^{1*} 

Levend COŞKUNTUNA¹ 

Fisun KOÇ¹ 

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 59000, Süleymanpaşa, Tekirdağ, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

kerten@nku.edu.tr

Toplam karışım rasyonuna bitki ekstraktları katkısının *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine etkisi

Effect of plant extracts addition to total mixed ration on *in vitro* gas production parameters

Received (Alınış): 12.01.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 12.05.2023

Öz

Amaç: Bu çalışmada, toplam karışım rasyonuna %0.25 ve %0.50 oranlarında adaçayı (*Salvia officinalis*), ıhlamur (*Tilia tomentosa*) ve meyan kökü (*Glycyrrhiza glabra*) ekstrakt ilavesinin *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Denemenin yem materyalini günlük 35 kg süt veriminde sahip sağmal ineklerin besin madde gereksinimini karşılamak üzere oluşturulan toplam karışım rasyonu oluşturulmuştur. Yem materyaline %0.25 ve %0.50 oranlarında adaçayı, ıhlamur ve meyan kökü ekstraktları ilave edilerek *in vitro* gaz üretim miktarı belirlenmiş ve organik madde sindirimi, metabolik enerji, net enerji laktasyon değerleri hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları: İnkübasyonun 24. saatinde oluşan *in vitro* gaz üretimi en yüksek %0.25 adaçayı katkılı grupta tespit edilmiştir. %0.25 oranında adaçayı ve ıhlamur ekstraktı ilave edilmesi sindirilebilirliği, metabolik enerji ve net enerji laktasyon değerlerini artırmıştır. Toplam karışım rasyonuna %0.25 ve %0.50 oranlarında adaçayı ekstraktı katkısı metan miktarını düşürürken, karbondioksit miktarını artırmıştır. Meyan kökü ekstraktının olumsuz bir etkisi bulunmamıştır.

Sonuç: Rasyona adaçayı ekstraktı katılmasının, ruminant hayvanlarda metan oluşumundan kaynaklanan enerji kaybının önüne geçilmesi ve sera gazı emisyonu azaltmak için olumlu etki göstereceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Objective: In this study, the effect of adding 0.25% and 0.50% sage (*Salvia officinalis*), linden (*Tilia tomentosa*), and licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extracts to the total mixture ration on *in vitro* gas production parameters was investigated.

Material and Methods: The feed material of the experiment was the total mixture ration, which was formed to meet the nutrient requirement of dairy cows with a daily milk yield of 35 kg. By adding 0.25% and 0.50% sage, linden, and licorice extracts to the feed material, *in vitro* gas production value was determined and organic matter digestion, metabolic energy, net energy lactation values were calculated.

Results: The highest *in vitro* gas production at the 24th hour of incubation was detected in the group with 0.25% sage added. The addition of 0.25% sage and linden extract increased the digestibility, metabolic energy and net energy lactation values. The addition of 0.25% and 0.50% sage extract to the total mixture ration decreased the amount of methane and increased the amount of carbon dioxide. No adverse effects were found with licorice extract.

Conclusion: Adding that adding sage extract to the ration would have a positive effect on preventing energy loss caused by methane formation and greenhouse gas emission in ruminant animals.

Anahtar sözcükler: Adaçayı, ıhlamur, *in vitro* gaz üretimi, meyan kökü, rumen gazlar

Keywords: Sage, linden, *in vitro* gas production, licorice, rumen gases

GİRİŞ

Günümüzde esansiyel yağ bileşenleri antimikrobiyal, antifungal, antioksidatif aktivitelerinden dolayı gıda ve yemlerin saklanması, dayanıklılığının artırılmasında doğal antimikrobiallerin kaynağı olarak büyük ilgi görmektedirler (Ultee et al., 2000; Periago & Moezelaar, 2001; Uçan, 2008; Erten et al., 2022). Doğal antimikrobiyal bileşiklerin gıda ve yemlerin dayanıklılığının artırılmasında kullanılmasının dışında bitki, hayvan ve insan hastalıklarının kontrolünde de eski zamanlardan beri var olan bir uygulamadır (Tundis et al., 2017). Bitkisel ekstraktların antimikrobiyal aktivitelerin araştırmaları; bitkilerin, yeni anti-enfektif maddelerin potansiyel bir kaynağı olmadıklarını (Uçan, 2008), bununla birlikte asıl öncü bileşimler doğal ürünlerden ilaçların ortaya çıkarılmalarına yardımcı olduklarını göstermektedir (Lawrence, 1999; Ojala et al., 2000).

Çiftlik hayvanlarında antibiyotik kullanımı, 2006 yılından itibaren Avrupa Birliği ülkelerinde ve Türkiye'de kısıtlanması ile birlikte, antibiyotiğe alternatif olacak ürünlerin arayışı içine girilmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkiler bu arayış içinde en doğal olan materyallerdir (Alçıçek et al., 2003; Erdoğan et al., 2010). Hayvan beslemede kekik, nane, biberiye, tarçın, karanfil ve kimyon gibi yaygın olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler hayvanlar üzerinde antienflamatuar, antimikrobiyal, antioksidan, antiseptik ve sindirim uyarıcı gibi etkiler göstermektedir (Kaya & Turgut, 2012; Soycan Önenç & Turgud, 2019).

Öte yandan, sürdürülebilir hayvansal üretim için çevre ayak izini azaltacak besleme stratejilerinde geliştirilmesi gereklidir (Kırkpınar & Atan, 2022). Modern hayvancılık, rasyon hazırlanırken hayvanların besin madde ihtiyaçlarını karşılamak ve ekonomik bir karma yem oluşturma amacı ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda çevre ayak izini de korumaya yönelmiştir (Mackenzie et al., 2016; Garcia-Launay et al., 2018; Meriç & Koç, 2021).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin sağlık üzerine koruyuculuğu yanında aynı zamanda metanojenleri engelleyici etmenleri de vardır (Agarwal et al., 2009). Metanojenik arkealar, rumende besin madde parçalanmaları ile açığa çıkan H²'yi enerji kaynağı olarak kullanarak metan üretirler (Beauchemin et al., 2020). Üretilen metan erüktasyonla atmosfere salınmaktadır. Bu kayıp brüt enerji gereksiniminin 1/3'ünü oluşturur. Bu durum hem ekonomik hem de ekolojik zarara neden olmaktadır (Aksoy et al., 2000).

Türkiye'de yaygın olarak bulunan ve üretilen Adaçayı (*Salvia officinalis*), ihlamur (*Tilia tomentosa*) ve meyan (*Glycyrrhiza glabra*) bitkileri, çeşitli sektörlerde kullanılması ile ticari öneme sahip tıbbi ve aromatik bitkilerdir (Baydar, 2005). Adaçayı özellikle antienflamatuar, antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerine sahip olması ile birlikte yaygın olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkidir. Terapötik özelliği ile çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Şahin-Nadeem et al., 2013). Antioksidan etkiye sahip olan adaçayının yapısındaki en önemli fenolik bileşenler karnosik asit, karnosol ve rosmanolur (Luu & Foo, 2001). Adaçayı uçucu yağları, %1.0 ile %3.8 arasında değişmektedir. Uçucu yağdaki ana bileşen 1,8-cineole olup, bunu camphor, thujone, ve β -caryophyllene izlemektedir (Papageorgiou et al., 2008; Aşkun et al., 2010).

Ihlamur, toksik önleyici ve antioksidan içeriğinin yüksek olması ile birlikte yine yaygın olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bir bitkidir (Peev et al., 2009). Ihlamur bitkisi bünyesinde, müsilaj (%6.5 *T. plathyphyllos*, %6.2 *T. rubra*, %7.2 *T. tomentosa*), flavonlar, %0.5 oranında uçucu yağ, %2 civarında tanen ve lökoantosiyanidin taşımaktadır. Özellikle uçucu yağ içeriğinde bulunan parnesol maddesi, ihlamurun antimetabolik bozukluk, antienflamatuar, antioksidan ve antibiyotik etkileri göstermesini sağlamaktadır (Toker et al., 2001).

Meyan bitkisi, M.Ö 500 yılından beri tıbbi amaçlı olarak kullanılıp, "bitkilerin büyükbabası" olarak tanımlanmaktadır (Ody, 1993). Meyan kökü yaklaşık 300 farklı flavonoid içeriğine sahiptir. Bunlar arasında, glisirizin, licochalconeA, liquiritigenin, 18 β - glisiretinik asit ve glabridin ana aktif bileşenleridir (Wang et al., 2015). Kuru maddede %4-20 oranında bulunan glisirizin sakkarozdan 50 kat daha tatlıdır. Antienflamatuar, antiviral, antialerjik, antioksidan ve gastrosistem koruyucu olarak tanımlanır (Yang et al., 2013). Meyan kökünde bulunan flavonoidlerinin içerdiği antioksidan aktivitesi, E vitamininin içerdiği antioksidan

aktivitesinden 100 kat daha güçlü olup, bilinen en güçlü doğal antioksidanlar olarak bildirilmiştir (Visavadiya et al., 2009).

Tıbbi ve aromatik bitkiler antienflamatuar, antimikrobiyal ve antioksidan içerikleri nedeni ile yaygın olarak kullanılmakta (Elmas, 2021) ve hayvan beslemede kullanılması ile yemden yararlanmayı artırarak, hayvansal ürünlerin kalitesini iyileştirmektedir (Lee et al., 2003; Spornakova et al., 2007). Aynı zamanda, tıbbi ve aromatik bitki ekstraktlarının ruminant hayvanlar için metan üretimini azalttığı yönünde çalışmalar da mevcuttur (Agarwal et al., 2009; Canbolat, 2012; Curabay et al., 2020).

Bu çalışmada, toplam karışım rasyonuna (TKR) farklı oranlarda adaçayı, ıhlamur ve meyan kökü ekstrakt ilavesinin *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Yem materyali

Denemenin yem materyalini oluşturan TKR Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Eğitim Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden temin edilmiştir. TKR, 35 kg/gün süt verimine sahip sağmal ineklerin besin madde gereksinimini NRC (2001) karşılamak üzere hazırlanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toplam karışım rasyonunun (TKR) içeriği ve kompozisyonu

Table 1. Content and composition of the total mixed ration (TMR)

İçerik	% KM
Mısır silajı	24.11
Yüksek nemli dane mısır	18.06
Mısır DDGS	5.36
Arpa	3.37
Ayçiçeği küspesi	1.50
Yonca kuru otu	14.03
Kanola küspesi	5.03
Şeker pancarı posası	0.57
Saman	2.27
Ham dane ayçiçek	0.92
Soya kabuğu	0.93
Çiğit	5.89
Pirinç kepeği	3.68
Razmol	2.43
Melas	0.89
Portakal posası	3.49
Masarasyon suyu	5.12
Mermer tozu	0.62
Vitamin ve mineral premiksi	0.42
Ecomass	0.42
Tamponlayıcı	0.30
Tuz	0.21
Potasyum karbonat	0.20
Omnigen af	0.14
Toksin bağlayıcı	0.04

Bitkisel materyal ve bitki ekstraktların hazırlanması

Denemede kullanılan adaçayı (A), ıhlamur (I) ve meyan kökü (M) Türkiye sınırları içerisinde, doğadan mevsiminde toplanmış ve kurutulmuştur. Bitki ekstraktları Salem (2012)'in bildirdiği yöntemle göre hazırlanmıştır; 10 g bitki materyali 100 ml %10'luk metanol+etanol çözeltisiyle (80 ml saf su, 10 ml

metanol, 10 ml etanol) 3 gün boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elde edilen ham ekstraktlar, süzülüp kullanım zamanına kadar buzdolabında koyu renkli ve sıkıca kapatılmış şişelerde muhafaza edilmiştir.

Bitki ekstraktların fenolik içeriklerinin belirlenmesi

Bitki ekstraktları, likid kromatografi-kütle/kütle spektrometresi (LC-MS/MS) kullanılarak üçlü kuadrupol performansı ile analiz edilmiştir. Analiz işleminde standart bileşikler 5-100 ng/ml konsantrasyonları arasında 5 noktada hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Analiz sonucunda elde edilen piklerin alanı eklenen standardın numunedeki konsantrasyonuna karşı grafiğe geçirilmiştir. Asidik Hidroliz Yöntem'in kullanıldığı çalışmada, 100 µl. numune üzerine 2 M HCl çözeltisinden 200 µl. ilave edilmiş ve 30 sn. vortekslenmiştir. 90 °C'de ultrasonik banyoda 40 dk. Bekletildikten sonra 700 µl. ekstraksiyon solüsyonu (%79 ultra saf su + %20 metanol + %1 formik asit) ilave edilmiştir. Numuneler 9000 rpm'de 5 dk. santrifüj edilmiş ve enjeksiyon için berrak süzüntü cam viallere alınmıştır. Fenolik bileşiklerin analizleri, Agilent 1260 infinity likit kromatografi, Agilent 6460 Triple Quadrupole MS/MS Sistem (Jet Stream Electrospray iyon kaynağı) ile gerçekleştirilmiştir (Kelebek et al., 2018).

Kimyasal analizler

Toplam rasyon karışımının kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), ham selüloz (HS) ve nişasta analizleri AOAC (2005)'da bildirilen yönteme göre yapılmıştır. Hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötral çözücülerde çözünmeyen lif (NDF) ve asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF) içerikleri ise Van Soest et al. (1991) tarafından bildirilen yönteme göre yapılmıştır. Metabolik enerji (ME) değeri Carpenter & Clegg, (1956)'ın bildirdiği formüle göre hesaplanmıştır (Metabolik enerji hesaplanmasında kullanılan HP, HY ve HS değerleri "g/kg, OM" üzerinden alınmıştır). Azotsuz öz madde (NÖM) değeri ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ NÖM} = \% \text{ KM} - (\% \text{ HK} + \% \text{ HP} + \% \text{ HY} + \% \text{ HS})$$

$$\text{ME (kcal/kg, OM)} = 3260 + 0.455 \times \text{HP} + 3.517 \times \text{HY} - 4.037 \times \text{HS}$$

In vitro gaz üretim parametrelerinin belirlenmesi

In vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesinde, Menke & Steingass (1988) tarafından bildirilen Gaz Üretim Tekniği kullanılmıştır. Rumen sıvısı, 2 yaşındaki Holstein ırkı sığırdan kesim sırasında alınmış, yaklaşık 30 dakikada termo-kaplar içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Taze rumen içerikleri laboratuvarında karıştırıldıktan sonra 3 katlı steril gazlı bezden süzülerek sıvı ve katı fraksiyonlarına ayrılmış ve analiz için uygun duruma getirilmiştir. Daha sonra, 100 ml hacimli cam enjektörlere 200 mg yem örneği + %0.25 ve %0.50 oranlarında bitki ekstrakt konulmuş, üzerine 30 ml rumen sıvısı/tampon çözelti (½) eklenmiştir. Cam enjektörler inkübasyon dolabında 39 °C'de 48 saat bekletilmiş ve 3, 6, 12, 24 ve 48. saatlerdeki oluşan gaz değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda *in vitro* organik madde sindirimi (OMS), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) değerleri hesaplanmıştır. İnkübasyonun 24. saatinde oluşan gaz enjektör yardımı ile alınarak metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), amonyak (NH₃), ve hidrojen sülfür (H₂S) gazlarının değerleri MX6 İBRİD Multi-Gaz dedektörü ile ölçülmüştür. Rumen sıvısının pH değeri, dijital pH metre cihazı (WTW Inolab pH 730, marka, USA) ile inkübasyonun 48. saatinde ölçülmüştür.

$$\text{ME (MJ/kg, KM)} = 2.20 + 0.136 \times \text{GÜ} + 0.0057 \times \text{HP} + 0.00029 \times \text{HY}^2$$

$$\text{NE}_L \text{ (MJ/kg, KM)} = 0.101 \times \text{GÜ} + 0.051 \times \text{HP} + 0.112 \times \text{HY}$$

$$\text{OMS (\%)} = 14.88 + 0.889 \times \text{GÜ} + 0.45 \times \text{HP} + 0.0651 \times \text{HK}$$

Burada, GÜ: 24 saatte üretilen gaz üretim miktarı (ml); HP: yem örneklerindeki ham protein (g/kg KM); HY: yem örneklerindeki ham yağ (g/kg KM); HK: yem örneklerindeki ham kül içeriği (g/kg KM)'dir.

İstatistiksel analizler

Çalışma 4 x 3 x 3 deneme desenine göre planlanmıştır. Elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde, gruplar arası farklılığın belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi, grup etkilerinin karşılaştırılmasında ise Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal, 2000). Araştırma verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinde aşağıdaki modelleme kullanılmıştır.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + K_j + (SK)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : i. doz, j. katkı maddesine göre gözlem değeri

μ : Populasyon ortalaması

S_i : i. Dozun etkisi

K_j : j. Katkı maddesinin etkisi

$(SK)_{ij}$: Doz x Katkı maddesinin etkisi

e_{ijk} : Hata

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

TKR'nın besin madde bileşimine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan TKR'nın kimyasal kompozisyonu Çizelge 2'de verilmiştir. Yem materyalinin besin madde içeriği göz önünde bulundurulduğunda; %55.88 KM değerine sahip TKR, %7.27 HK, %17.00 HP, %15.27 HS, %3.86 HY, %55.68 NÖM ve 2824.70 ME (kcal/kg, OM) içeriğine sahiptir. Hücre duvarı bileşenlerini oluşturan ADF ve NDF değerleri sırasıyla %20.16 ve %39.19 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Toplam karışım rasyonun (TKR) besin madde bileşimi, %KM

Table 2. Feed value of the total mixed ration (TMR), DM%

Parametreler	Değer
Kuru madde (DH)	55.88
Ham kül	7.27
Ham protein	17.00
Ham yağ	3.86
Ham selüloz	15.27
NÖM	55.68
Nişasta	23.99
NDF	39.19
ADF	20.16
ME	2824.70

DH: Doğal halde, NDF: Nötral çözücülerde çözünmeyen lif, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lif, NÖM: Nitrojensiz öz madde, ME: Metabolik enerji (kcal/kg, OM).

Bitki ekstraktlarının fenolik bileşiklerine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan adaçayı, ıhlamur ve meyan kökü bitki ekstraktlarının fenolik bileşiklerin ilişkin analiz değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

En yüksek kafeik asit miktarı adaçayı ekstraktında (2.44 mg/lit) görülmüştür. Kafeik asit, antioksidan kapasitesi yüksek fenoliklerden biridir. Serbest radikallerin oluşumunu engellemesini; başka bir molekülle birlikte zincir reaksiyonlarını inhibe ederek ya da metallerle kompleksler oluşturduktan sonra peroksitlerin ayrışmasını inhibe ederek gerçekleştirir (Espíndola et al., 2019). Yine adaçayı ekstraktında yüksek bulunan ferulik asit (5.88 g/lit), iyi bir serbest radikal yakalama mekanizmasına sahip fenolik bileşiktir (Zhao & Moghadasian, 2008).

Çizelge 3. Adaçayı, ıhlamur ve meyan kökü ekstraktlarının fenolik bileşikleri (mg/lt)**Table 3.** Phenolic compounds of sage, linden, and licorice extracts (mg/lt)

Fenolik Bileşikler	A	I	M
Kafeik asit	2.44	1.06	0.88
Gallik asit	0.63	48.05	3.73
p-Kumarik asit	1.66	1.96	9.22
Protokateşik asit	0.42	77.28	11.56
Kuersetin	0.51	14.02	2.11
Trans-Ferulik asit	5.88	0.22	0.43

A: Adaçayı, I: Ihlamur, M: Meyan kökü.

En yüksek gallik asit miktarı ıhlamur ekstraktında (48.05 g/lt) görülmüştür. Gallik asit; antibakteriyel, antiviral, antienflamatuar, antioksidan ve serbest radikal süpürücü olarak güçlü bir fenolik bileşiktir (Asfaram et al., 2017; Dos Santos et al., 2018; You et al., 2018; Zhang et al., 2018).

En yüksek kumarik asit miktarı meyan kökü ekstraktında (9.22 g/lt) görülmüştür. Kumarik asit, lipit peroksidasyonu ve hidrojen peroksit temizleme aktivitesi yüksek, antienflamatuar etkiye sahip bir fenoliktir (Hole et al., 2009).

Ihlamur ekstraktında yüksek miktarda bulunun protokateşik asit (77.28 mg/lt), antibakteriyel, antioksidan, antiviral, antienflamatuar özelliklere sahip fenolik bileşiktir (Wei et al., 2013). Yine ıhlamur ekstraktında yüksek miktarda bulunan kuersetin; antioksidan ve antienflamatuar etkiye sahip olduğu ve serbest radikallerin temizlenmesini sağladığı bildirilmiştir (Nijveldt et al., 2001).

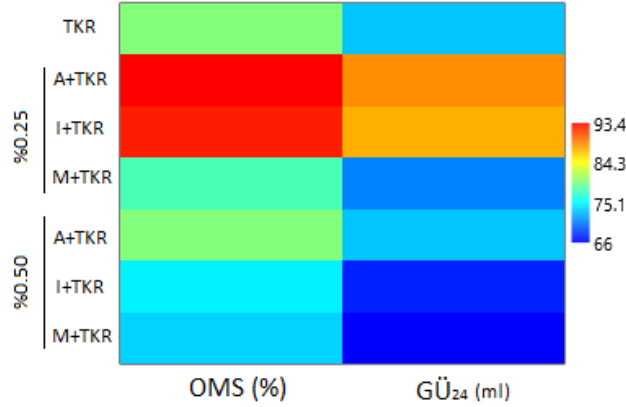
Bitki ekstrakt ve dozlarının *in vitro* gaz üretimi, OMS, ME ve NE_L değerleri üzerine etkisi

TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* gaz üretim miktarlarına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 4. TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* gaz üretim miktarları (ml)**Table 4.** *In vitro* gas production amounts of TMR and plant extracts (ml)

Doz (%)	Katkı	Saat					pH
		3	6	12	24	48	
0.25	A	2.00	3.00	3.50	4.00	6.00	6.87
	I	2.00	3.00	3.50	4.00	5.00	6.91
	M	2.00	3.00	4.00	7.07	9.00	6.92
0.50	A	1.00	2.00	2.50	3.00	11.42	6.88
	I	4.00	4.50	6.00	9.42	9.07	6.96
	M	2.00	3.00	4.00	6.50	8.50	6.91
0	Kontrol	7.00 ^b	16.00 ^{ab}	28.00 ^{ab}	73.03 ^b	77.04 ^{bc}	6.86 ^a
0.25	TKR + A	11.50 ^a	20.50 ^a	32.50 ^a	88.35 ^a	96.35 ^a	6.87 ^a
	TKR + I	10.00 ^{ab}	16.00 ^{ab}	27.00 ^{ab}	87.17 ^a	92.17 ^{ab}	6.85 ^{ab}
	TKR + M	9.00 ^{ab}	15.00 ^{ab}	28.00 ^{ab}	70.68 ^b	76.18 ^c	6.82 ^{bc}
0.50	TKR + A	9.00 ^{ab}	15.00 ^{ab}	27.00 ^{ab}	73.03 ^b	79.04 ^{bc}	6.84 ^{ab}
	TKR + I	6.50 ^b	13.50 ^b	25.50 ^b	67.14 ^b	73.15 ^c	6.85 ^{ab}
	TKR + M	7.00 ^b	13.00 ^b	26.00 ^b	65.96 ^b	70.48 ^c	6.81 ^c
	SEM	0.447	0.566	0.521	1.905	2.075	0.006
P							
Doz		0.003	0.020	0.018	0.000	0.000	0.006
Katkı		0.113	0.064	0.049	0.007	0.005	0.000
Doz*Katkı		0.501	0.258	0.150	0.022	0.031	0.006

^{a-c}: Aynı sütunda farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. TKR: Toplam karışım rasyonu, A: Adaçayı, I: Ihlamur, M: Meyan kökü, SEM: Ortalamalarının standart hatası.



Şekil 1. TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* gaz üretim₂₄ (ml) ve OMS (%) değerleri.

Figure 1. *In vitro* gas production₂₄ and OMD (%) values of TMR and plant extracts.

İnkübasyonun 48. saatine kadar en yüksek *in vitro* gaz üretim miktarları %0.25 TKR+A grubunda ölçülmüştür. İnkübasyonun 12. saatinde ekstraktlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$) ve bu önemlilik düzeyi inkübasyonun 24 ve 48. saatlerinde de tespit edilmiştir ($P<0.01$). İnkübasyon süresinin 24 ve 48. saatlerinde TKR'ya %0.25 oranında adaçayı ve ıhlamur ekstrakt katkısının oluşturduğu gaz üretim miktarı, %0.50 oranında katılan adaçayı ve ıhlamur ekstrakt katkılı gruplardan yüksek olmuş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Bu konuda yapılan bir çalışmada, rasyona katılan adaçayı ekstraktının rumende propiyonat ve valerat oranını yükselttiği, asetat/propiyonat oranı ile bütirat miktarını da düşürdüğü tespit edilmiştir (Castillejos et al., 2008). Meyan kökü ekstraktının her iki dozu da, TKR'nın gaz üretim miktarını olumsuz etkilememiştir ($P>0.05$). Abarghuei & Salem (2021), yaptıkları bir çalışmada ise rasyona farklı oranlarda meyan yaprağı ve meyan posası katkısının *in vitro* gaz üretim ve toplam uçucu yağ asit (TUYA) miktarını düşürdüğü belirlenmiştir.

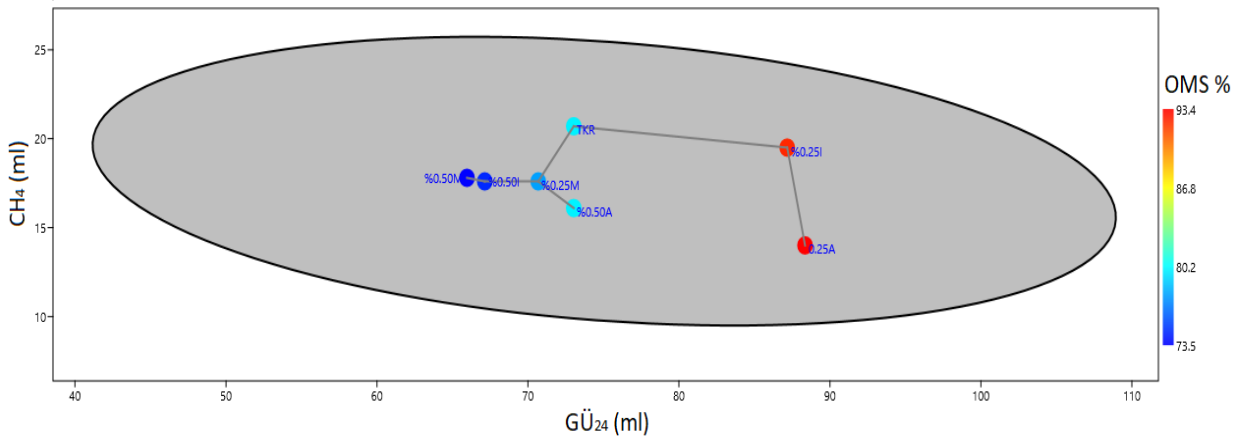
TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* OMS, ME ve NE_L değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 5, ve Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 5. TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* OMS, ME ve NE_L değerlerine ilişkin analiz sonuçları

Table 5. Analysis results of *in vitro* OMD, ME and NE_L values of TMR and plant extracts

Doz (%)	Katkı	OMS	ME	NE _L
0	Kontrol	79.83 ^b	12.13 ^b	8.03 ^{bc}
	TKR + A	93.44 ^a	14.21 ^a	9.97 ^a
0.25	TKR + I	92.40 ^a	14.05 ^a	9.60 ^{ab}
	TKR + M	77.73 ^b	11.81 ^b	7.76 ^c
0.50	TKR + A	79.83 ^b	12.13 ^b	8.48 ^{abc}
	TKR + I	74.59 ^b	11.33 ^b	7.35 ^c
	TKR + M	73.54 ^b	11.17 ^b	7.21 ^c
	SEM	1.694	0.259	0.227
		P		
Doz		0.000	0.000	0.001
Katkı		0.007	0.007	0.003
Doz*Katkı		0.022	0.022	0.019

^{a-c}: Aynı sütunda farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. TKR: Toplam karışım rasyonu, A: Adaçayı, I: Ihlamur, M: Meyan kökü, OMS: Organik madde sindirilebilirlik (%), ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg, KM), SEM: Standart ortalamalarının hatası.



Şekil 2. TKR ve bitki ekstraktlarının *in vitro* gaz üretimi₂₄ (ml), metan üretimi (ml) ve OMS (%) değerleri arasındaki ilişki.

Figure 2. The relationship between *in vitro* gas₂₄, methane production (ml) and OMD (%) values of TMR and plant extracts.

İnkübasyonun 48. saatinde ölçülen rumen sıvısının pH değerleri 6.81-6.96 arasında değişmiştir. En yüksek pH değeri (6.96) rumen sıvısına %0.50 oranında katılan ıhlamur grubunda görülürken, en düşük (6.81) %0.50 TKR+M grubunda tespit edilmiştir. %0.50 TKR+M grubu kontrole göre pH değerini düşürmüş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$). pH değerleri bakımından, %0.25 TKR+A grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak fark olmamıştır ($P > 0.05$).

Yemlerin OMS değerleri %73.54-93.44 arasında değişmiştir. En yüksek OMS değeri (%93.44) %0.25 adaçayı katkılı grupta görülürken, en düşük (%73.54) %0.50 meyan kökü katkılı grupta tespit edilmiştir. TKR'ya adaçayı ve ıhlamurun ilavesi, OMS değerini yükseltmiş ve meyan köküne göre daha yüksek tespit edilmiştir, bu yüzden katkı etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Dozun artması ile birlikte OMS değeri düşmüştür, bitki ekstraktlarında %0.25 katkısı %0.50 katkısına göre etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$).

Yemlerin ME değerleri 11.17-14.21 MJ/kg, KM arasında değişmiştir. En yüksek ME değeri (14.21 MJ/kg, KM) %0.25 adaçayı katkılı grupta görülürken, en düşük (11.27 MJ/kg, KM) %0.50 meyan kökü katkılı grupta tespit edilmiştir. Adaçayı ve ıhlamurun TKR'ya katılması, ME değerini artırmış ve meyan köküne göre değerler daha yüksek tespit edilmiştir, bu nedenle Doz x Katkı etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Dozun artması ile birlikte ME değeri düşmüştür, %0.25 katkısı %0.50 katkısına göre etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$). Ham besin maddeleri üzerinden formül ile hesaplanan TKR'nın ME değerinin, *in vitro* ME değerinden düşük çıkmasının sebebi ise, *in vitro* gaz üretimde kullanılan regrasyon eşitliğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Yemlerin NE_L değerleri 7.21-9.97 (MJ/kg, KM) arasında değişmiştir. En yüksek NE_L değeri (9.97 MJ/kg, KM) %0.25 adaçayı katkılı grupta bulunurken, en düşük (7.21 MJ/kg, KM) %0.50 meyan kökü katkılı grupta tespit edilmiştir. Adaçayının TKR'ya katılması, NE_L değerini artırmıştır. Adaçayı ve ıhlamur ekstraktları meyan köküne göre fazla miktarda etki göstermektedir, bu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Dozun artması özellikle ıhlamur grubunu olumsuz etkilemiş ve NE_L değerini düşürmüştür, bu olumsuz etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$).

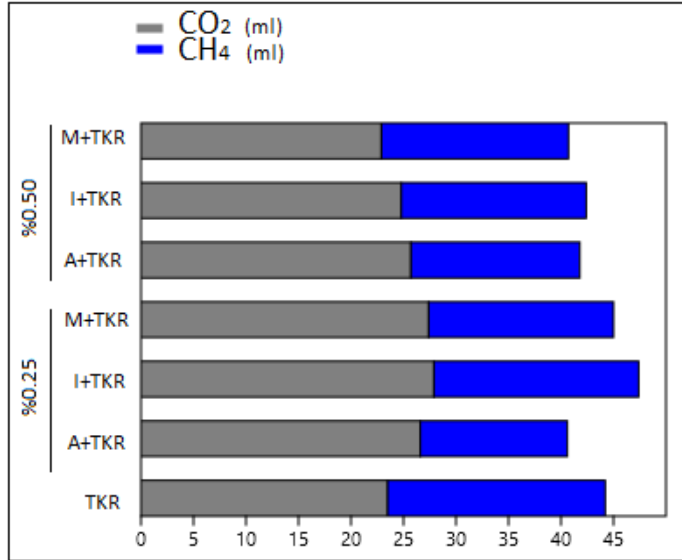
Bitki ekstrakt ve dozlarının rumen gaz parametreleri üzerine etkisi

TKR ve bitki ekstraktlarının rumen gaz parametreleri üzerine etkileri Çizelge 6, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 6. TKR ve bitki ekstraktlarının rumen gaz parametrelerine ilişkin analiz sonuçları**Table 6.** Analysis results of rumen gas parameters of TMR and plant extracts

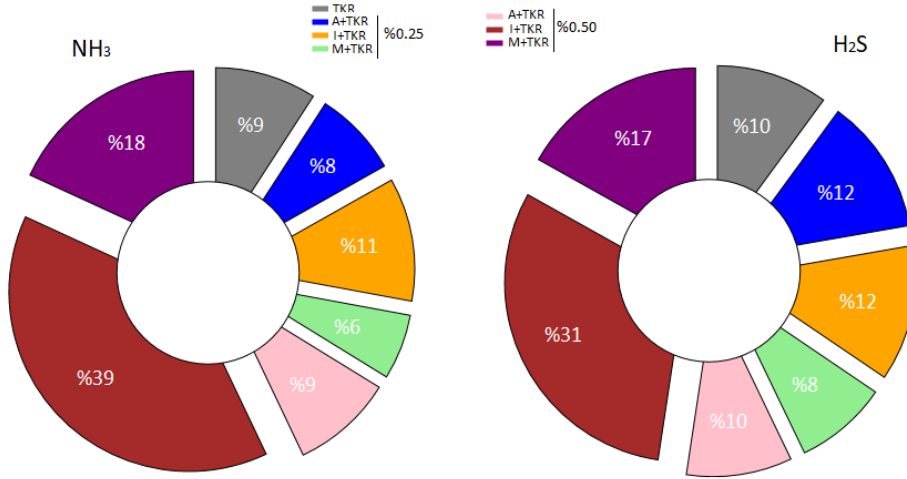
Doz (%)	Katkı	CH ₄	CO ₂	NH ₃	H ₂ S
0.25	A	0.49	7.98	2.60	48.80
	I	1.22	11.39	2.60	34.50
	M	1.32	12.48	3.00	40.00
0.50	A	0.52	7.85	2.60	22.80
	I	1.47	13.12	6.40	50.76
	M	1.09	9.83	2.60	29.56
0	Kontrol	20.70 ^a	23.55 ^{de}	64.40 ^c	697.66 ^b
0.25	TKR + A	14.00 ^c	26.60 ^{ab}	54.30 ^c	850.50 ^b
	TKR + I	19.50 ^{ab}	27.96 ^a	78.60 ^c	854.50 ^b
	TKR + M	17.60 ^{abc}	27.47 ^a	41.60 ^c	583.00 ^b
0.50	TKR + A	16.10 ^{bc}	25.70 ^{bc}	64.60 ^c	660.48 ^b
	TKR + I	17.60 ^{abc}	24.85 ^{cd}	275.40 ^a	2142.50 ^a
	TKR + M	17.80 ^{ab}	22.97 ^e	128.00 ^b	1173.80 ^b
	SEM	0.553	0.434	16.688	111.981
P					
Doz		0.000	0.000	0.000	0.000
Katkı		0.003	0.007	0.000	0.000
Doz*Katkı		0.016	0.000	0.000	0.000

^{a-e}: Aynı sütunda farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. TKR: Toplam karışım rasyonu, A: Adaçayı, I: Ihlamur, M: Meyan kökü, CH₄: Metan (ml), CO₂: Karbondioksit (ml), NH₃: Amonyak (ppm), H₂S: Hidrojen sülfür (ppm), SEM: Standart ortalamalarının hatası.

**Şekil 3.** TKR ve bitki ekstraktlarının CH₄ ve CO₂ değerleri (ml).**Figure 3.** CH₄ and CO₂ values of TMR and plant extracts (ml).

İnkübasyonun 24. saatinde oluşan CH₄ miktarları 0.49-20.70 ml arasında değişmiştir. En yüksek CH₄ miktarı (20.70 ml) kontrol grubunda görülürken, en düşük (0.49 ml) adaçayı ekstraktında görülmüştür.

TKR'ya eklen adaçayı ekstraktının her iki dozu da CH₄ miktarını düşürmüştür. %0.25 TKR+A katkısı, %0.25 TKR+I katkısına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Ayrıca 0.25 TKR+A katkısı %0.50 TKR+M katkısına göre CH₄ miktarını önemi derecede azaltmıştır (P<0.001).



Şekil 4. TKR ve bitki ekstraktlarının NH₃ ve H₂S değerleri (%).

Figure 4. NH₃ and H₂S values of TMR and plant extracts (%).

İnkübasyonun 24. saatinde oluşan CO₂ miktarları 7.85-27.96 ml arasında değişmiştir. En yüksek CO₂ miktarı (27.96 ml) %0.25 TKR+I katkılı grupta görülürken, en düşük (7.85 ml) %0.50 A grubunda görülmüştür. Kontrol grubuna göre TKR'ya %0.25 oranında adaçayı, ıhlamur ve meyan kökü ekstraktı eklenmesinin CO₂ miktarını artırdığı tespit edilmiştir (P<0.01). %0.50 oranındaki doz kullanımını %0.25 oranındaki doz kullanımına göre CO₂ miktarını istatistiksel olarak düşürmektedir (P<0.001). Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada meyan yaprağı ve posasının CH₄, CO₂ ve NH₃-N miktarlarını düşürdüğü belirlenmiştir (Abarghuei & Salem, 2021).

İnkübasyonun 24. saatinde oluşan NH₃ miktarları 2.60-275.40 ppm arasında değişmiştir. Ekstraktlar arasında en yüksek NH₃ miktarı (6.40 ppm) %0.50 ıhlamur ekstraktında görülmüştür. ıhlamur ve meyan kökü ekstraktlarının TKR'ya katılması ile NH₃ miktarı artmıştır. En yüksek NH₃ değeri %0.50 TKR+I katkılı grupta (275.40 ppm) tespit edilmiştir. Doz ve katkı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Castillejos et al. (2008), yaptıkları benzer bir çalışmada adaçayı ekstraktının rumende NH₃ değerini artırdığını bildirmiştir.

İnkübasyonun 24. saatinde oluşan H₂S miktarları 22.80-2142.50 ppm arasında değişmiştir. Ekstraktlar arasında en yüksek H₂S miktarları (50.76 ppm) %0.50 ıhlamur ekstraktında, en düşük (22.80 ppm) %0.50 adaçayı ekstraktında görülmüştür. ıhlamur ve meyan kökü ekstraktlarının TKR'ya katılması ile H₂S miktarı yükselmiştir, en yüksek H₂S değeri (2142.50 ppm) %0.50 TKR+I katkılı grupta tespit edilmiştir. Doz ve katkı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001).

İnkübasyon boyunca en yüksek gaz üretimi₂₄ (88.35 ml) %0.25 TKR+A grubunda, daha sonra %0.25 TKR+I grubunda (87.17 ml) tespit edilmiştir (P<0.01). Aynı zamanda TKR'ya %0.25 oranında adaçayı ve ıhlamur ekstraktı ilave edilmesi ile birlikte OMS, ME ve NE_L değerlerinde artış görülmüştür, en yüksek OMS, ME ve NE_L değerleri TKR+A gruplarında görülürken, en düşük %0.50 TKR+M grubunda görülmüştür ve gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01).

TKR'ya hem %0.25 hem de %0.50 oranlarında adaçayı ekstraktı katkısı CH₄ miktarını düşürürken, CO₂ miktarını artırmıştır (P<0.01). Araştırmacılar bunun sebebinin, rumende besin madde parçalanması

ile CO₂ ve H₂ açığa çıkması ve metanojenik arkealar H₂'yi enerji olarak kullanıp, CH₄ oluşumunu sağlamasına bağlanmaktadır (Beauchemin et al., 2020). Araştırmada, adaçayı TKR'nın sindirilebilirliğini artırarak ortamda CO₂'in artışına neden olurken diğer taraftan içerdiği yüksek antioksidan kapasitesi ile CH₄ oluşumunu engellemiştir. En yüksek NH₃ ve H₂S değerleri TKR+I katkılı gruplarda görülürken, en düşük %0.50 TKR+M grubunda görülmüştür (P<0.001). TKR'ya meyan kökü ekstraktı katkısının ise olumsuz bir etkisi olmamıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, TKR'ya farklı oranlarda adaçayı, ihlamur ve meyan kökü ekstraktı ilavesinin *in vitro* gaz üretim parametreleri incelenmiştir. TKR'ya %0.25 ve %0.50 oranlarında adaçayı ekstraktı ilavesi sindirilebilirliği artırırken, sera gazı oluşumunu sağlayan CH₄ gazı seviyesini düşürmüştür. Elde edilen veriler ışığında TKR'ya adaçayı ekstraktı katılmasının olumlu etkileri olacağı söylenebilir. Ancak rasyonlara eklenecek adaçayı ekstraktının hayvansal üretim ve yem tüketimi üzerine etkisinin bütünüyle ortaya konulabilmesi için *in vivo* çalışmalar ile desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Abarghuei, M. J. & A. Z. M. Salem, 2021. Sustainable impact of pulp and leaves of *Glycyrrhiza glabra* to enhance ruminal biofermentability, protozoa population, and biogas production in sheep. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (25): 33371-33381.
- Agarwal, N., C. Shekhar, R. Kumar, L. C. Chaudhary & D. N. Kamra, 2009. Effect of peppermint (*Mentha piperita*) oil on *in vitro* methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. *Animal Feed Science and Technology*, 148 (2-4): 321-327.
- Aksoy, A., M. Macit & M. Karaoğlu, 2000. Hayvan Besleme Ders Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Erzurum, 179-199.
- Alcicek, A., M. Bozkurt & M. Çabuk, 2003. The effect of an essential oil combination derived from selected herbs growing wild in Turkey on broiler performance. *South African Journal of Animal Science*, 33 (2): 89-94.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis for protein. Association of Official Analytical, Chemists. 18th Ed. Arlington VA 2209, USA, (13): 984.
- Asfaram, A., M. Ghaedi & K. Dashtian, 2017. Rapid ultrasound-assisted magnetic microextraction of gallic acid from urine, plasma and water samples by HKUST-1-MOF-Fe₃O₄-GA-MIP-NPs: UV-vis detection and optimization study. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34: 561-570.
- Aşkun, T., K. Başer, G. Tümen & M. Kürkçüoğlu, 2010. Characterization of essential oils of some *Salvia species* and their antimicrobial activities. *Turkish Journal of Biology*, 34 (1): 89-95.
- Baydar, H., 2005. Tıbbi aromatik ve keyf bitkileri bilim ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın, 51: 135-143.
- Beauchemin, K. A., E. M. Ungerfeld, R. J. Eckard & M. Wang, 2020. Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal*, 14 (S1): s2-s16.
- Canbolat, Ö., 2012. Bazı esansiyel yağların *in vitro* sindirim, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. *Iğdır University Journal of the Institute of Science & Technology*, 2 (1): 91-98.
- Carpenter, K. J. & K. M. Clegg, 1956. The metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7 (1): 45-51.
- Castillejos, L., S. Calsamiglia, J. Martín-Tereso & H. Ter Wijlen, 2008. *In vitro* evaluation of effects of ten essential oils at three doses on ruminal fermentation of high concentrate feedlot-type diets. *Animal Feed Science and Technology*, 145 (1-4): 259-270.
- Curabay, B., İ. Filya & Ö. Canbolat, 2020. Bazı esansiyel yağların yonca kuru otunun *in vitro* sindirilebilirliği, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 34 (1): 19-35.
- Dos Santos, J. F., S. R. Tintino, T. S. de Freitas, F. F. Campina, R. D. A. Irwin, J. P. Siqueira-Júnior & F. A. Cunha, 2018. *In vitro* e *in silico* evaluation of the inhibition of *Staphylococcus aureus* efflux pumps by caffeic and gallic acid. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 57: 22-28.

- Elmas, S., 2021. Türkiye'de adaçayı yetiştiriciliği ve ticari önemi. Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3 (1): 298-332.
- Erdoğan, Z., S. Erdoğan, Ö. Aslantaş & S. Çelik, 2010. Effects of dietary supplementation of synbiotics and phytobiotics on performance, caecal coliform population and some oxidant/antioxidant parameters of broilers. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 94 (5): e40-e48.
- Erten, K., H.E. Samlı & F. Koç, 2022. Evaluation of antifungal activity of essential oils against potentially mycotoxigenic *Aspergillus Parasiticus* and *Aspergillus flavus* in corn and wheat grain. 4th International Symposium for Agriculture and Food, 12.10.2022 - 14.10.2022.
- Espíndola, K. M. M., R. G. Ferreira, L. E. M. Narvaez, A. C. R. Silva Rosario, A. H. M., A. G. B. Da Silva & M. C. Monteiro, 2019. Chemical and pharmacological aspects of caffeic acid and its activity in hepatocarcinoma. Frontiers in Oncology, 541.
- Garcia-Launay, F., L. Dusart, S. Espagnol, S. Laisse-Redoux, D. Gaudré, B. Méda & A. Wilfart, 2018. Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. British Journal of Nutrition, 120 (11): 1298-1309.
- Hole, A. S., S. Grimmer, K. Naterstad, M. R. Jensen, I. Paur, S. G. Johansen & S. Sahlstrøm, 2009. Activation and inhibition of nuclear factor kappa B activity by cereal extracts: role of dietary phenolic acids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57 (20): 9481-9488.
- Kaya, A. & L. Turgut, 2012. Yumurtacı tavuk rasyonlarına değişik oranlarda katılan adaçayı (*Salvia officinalis*), kekik (*Thymbra spicata*), nane (*menthae piperitae*) ekstraktları ile vitamin E'nin performans, yumurta kalitesi ve yumurta sarısı TBARS değerleri üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43 (1): 49-58.
- Kelebek, H., S. Diblan, P. Kadiroğlu, O. Kola & S. Selli, 2018. Kurutma işlemlerinin incirlerin (*Ficus carica* L.) fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve diğer önemli bazı kalite kriterleri üzerine etkileri. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 33 (2): 127-136.
- Kırkpınar, F. & H. Atan, 2022. Kanatlı hayvanların beslenmesinde sürdürülebilirlik stratejileri. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 59 (4): 733-744.
- Lawrance, R. N., 1999. Rediscovering Natural Product Biodiversity. Drug Discovery Today, 4: 449-451.
- Lee, K. W., H. Everts, H. J. Kappert, M. Frehner, R. Losa & A. C. Beynen, 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. British Poultry Science, 44 (3): 450-457.
- Lu, Y. & L. Y. Foo, 2001. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). Food Chemistry, 75 (2): 197-202.
- Mackenzie, S. G., I. Leinonen, N. Ferguson & I. Kyriazakis, 2016. Towards a methodology to formulate sustainable diets for livestock: accounting for environmental impact in diet formulation. British Journal of Nutrition, 115 (10): 1860-1874.
- Menke, K. H. & H. Steingass, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Develop., (28): 7-55.
- Meriç, Ş. & F. Koç, 2021. Mısırdan elde edilmiş kurutulmuş damıtma tane ve çözümlerinin (DDGS) bazı kalite ve risk kriterleri yönünden incelenmesi. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, 4 (1): 96-109.
- National Research Council, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC, 319 pp.
- Nijveldt, R. J., E.L.S. Van Nood, D.E. Van Hoorn, P.G. Boelens, K. Van Norren, & P.A. Van Leeuwen, 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. The American Journal of Clinical Nutrition, 74 (4): 418-425.
- Ody, P., 1993. The Complete Medicinal Herbal. New York, Dorling Kindersley Limited, 70: 138-139.
- Ojala, T., S. Remes, P. Haansuu, H. Vuorela, R. Hiltunen, K.V. Haahtela & P. Vuorela, 2000. Antimicrobial activity of some coumarin containing herbal plants growing in Finland. Journal of Ethnopharmacology, 73: 299-305.
- Önenç, S., S. & F.K. Turgud, 2019. Effect of Oregano, Cumin and Cinnamon Essential Oils on Fermentation Quality in Alfalfa Silages, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 56 (3): 367-373.
- Papageorgiou, V., C. Gardeli, A. Mallouchos, M. Papaioannou & M. Komaitis, 2008. Variation of the chemical profile and antioxidant behavior of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia fruticosa* Miller grown in Greece. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 (16): 7254-7264.

- Peev, C., C. Dehelean, D. Antal, S. Feflea, L. Olariu & C. Toma, 2009. *Tilia tomentosa* foliar bud extract: phytochemical analysis and dermatological testing. *Studia Universitatis Vasile Goldis, Seria Stiintele Vietii*, 19: 163-165.
- Periago, P. M. & R. Moezelaar, 2001. Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the viability of different strains of *B. cereus*. *International Journal of Food Microbiology*, 68: 141-148.
- Salem, A. Z. M., S. López & P. H. Robinson, 2012. Plant bioactive compounds in ruminant agriculture—Impacts and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*, 176 (1-4): 1-4.
- Soysal, İ., 2000. Biometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları). T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayınları, Yayın, 95 s.
- Spernakova, D., D. Mate, H. Rozanska & G. Kovac, 2007. Effects of dietary rosemary extract and alpha-tocopherol on the performance of chickens, meat quality, and lipid oxidation in meat stored under chilling conditions. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 51 (4).
- Şahin-Nadeem, H., C. Dinçer, M. Torun, A. Topuz & F. Özdemir, 2013. Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa* Miller) by spray drying. *LWT-Food Science and Technology*, 52 (1): 31-38.
- Toker, G., M. Aslan, E. Yeşilada, M. Memişoğlu & S. Ito, 2001. Comparative evaluation of the flavonoid content in officinal *Tiliae flos* and Turkish lime species for quality assessment. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 26 (1): 111-121.
- Tundis, R., D. Iacopetta, M. S. Sinicropi, M. Bonesi, M. Leporini, N. G. Passalacqua, J. Ceramella, F. Menichinia & M. R. Loizzo, 2017. Assessment of antioxidant, antitumor and pro-apoptotic effects of *Salvia fruticosa* Mill. subsp. *thomasi* (Lacaita) Brullo, Guglielmo, Pavone & Terrasi (Lamiaceae). *Food and Chemical Toxicology*, (106): 155-164.
- Uçan, F., 2008. DL-Limonenin Mayalar Üzerine Antifungal Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- Ultee, A. & E.J. Smid, 2001. Influence of carvacrol on growth and toxin production by *B. cereus*. *International Journal of Food Microbiology*, 64: 373-378.
- Van Soest, P. V., J. B. Robertson & B. A. Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583-3597.
- Visavadiya, N. P., B. Soni & N. Dalwadi, 2009. Evaluation of antioxidant and anti-atherogenic properties of *Glycyrrhiza glabra* root using in vitro models. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (sup2): 135-149.
- Wang, L., R. Yang, B. Yuan, Y. Liu & C. Liu, 2015. The antiviral and antimicrobial activities of licorice, a widely-used Chinese herb. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 5 (4): 310-315.
- Wei, M., X. Chu, M. Guan, X. Yang, F. Liu, C. Chen, & X. Deng, 2013. Protocatechuic acid suppresses ovalbumin-induced airway inflammation in a mouse allergic asthma model. *International Immunopharmacology*, 15 (4): 780-788.
- Yang, L., L. L. Li, T. T. Liu, Y. G. Zu, F. J. Yang, C. J. Zhao, L. Zhang, X. Q. Chen & Z. H. Zhang, 2013. Development of sample preparation method for isoliquiritigenin, liquiritin, and glycyrrhizic acid analysis in licorice by ionic liquids-ultrasound based extraction and high-performance liquid chromatography detection. *Food Chemistry*, 138 (1): 173-179.
- You, H. L., C.C. Huang, C.J. Chen, C.C. Chang, P.L. Liao, & S.T. Huang, 2018. Anti-pandemic influenza A (H1N1) virus potential of catechin and gallic acid. *Journal of the Chinese Medical Association*, 81 (5): 458-468.
- Zhang, J., B. Li, H. Yue, J. Wang & Y. Zheng, 2018. Highly selective and efficient imprinted polymers based on carboxyl-functionalized magnetic nanoparticles for the extraction of gallic acid from pomegranate rind. *Journal of Separation Science*, 41 (2): 540-547.
- Zhao, Z. & M.H. Moghadasian, 2008. Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chemistry*, 109 (4): 691-702.



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):331-342
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1233187>

Revna ERGÜN UZUNOĞULLARI¹

Nur OKUR^{2*}

¹ Günel Biyolojik Tarım, Huzur Sokak, Kargı Mahallesi, No: 1/2, 48300, Fethiye, Muğla, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

nur.okur@ege.edu.tr

Sıvı vermicompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı kimyasal ve biyolojik özellikleri ile marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) verimi üzerine etkileri*

The effects of biofertilizer and liquid vermicompost on the chemical and biological properties of the soil and the yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L.)

* Birinci yazarın Yüksek Lisans tezinden özetlenen bu makale E.Ü. BAP Koordinatörlüğü tarafından FYL-2019-20449 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Received (Alınış): 13.01.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.06.2023

ÖZ

Amaç: Bitki gelişimini uyarayan rizobakterileri (PGPR) içeren bir mikrobiyal gübre ile sıvı vermicompost ve kimyasal gübre uygulamalarının marul bitkisinin kök gelişimi, verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Deneme konuları: 1) NPK%100, 2) Sıvı Vermikompost, 3) Mikrobiyal Gübre+ Sıvı Vermikompost 4) Mikrobiyal Gübre, 5) NPK (%50) + Sıvı Vermikompost, 6) NPK (%50) + Mikrobiyal Gübre, 7) NPK (%50) + Mikrobiyal Gübre+ Sıvı Vermikompost. Bitkilerin 10 hafta sonra hasatları yapılarak pazarlanabilir baş ağırlıkları ve kök gelişimleri belirlenmiş ve toprak örneklerinde bazı mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Uygulamaların toprağın kimyasal (pH, toplam tuz, organik madde, toplam N, alınabilir P ve K) ve mikrobiyolojik özellikleri (toplam genel bakteri sayısı ve toprak solunumu) ile marul bitkisinin kök gelişimi, verimi ve azot alımı üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli bulunmuştur.

Sonuç: Mikrobiyal gübre ve sıvı vermicompost ile kombine edilen kimyasal gübrelerde %50 azalmanın verimde bir kayba neden olmadığı ve bu uygulamaların kimyasal gübre uygulamasına oranla verimi yaklaşık %26 oranında artırdığı saptanmıştır.

ABSTRACT

Objective: It was aimed to examine the effects of a biofertilizer containing rhizobacteria promoting plant growth (PGPR), liquid vermicompost, and chemical fertilizer applications on root growth, yield of lettuce and some soil properties.

Material and Methods: The subjects: 1) NPK 100%, 2) Liquid Vermicompost, 3) Microbial Fertilizer+Liquid Vermicompost 4) Microbial Fertilizer, 5) NPK (50%)+ Liquid Vermicompost, 6) NPK (50%)+Microbial Fertilizer, 7) NPK (50%) Microbial Fertilizer+Liquid Vermicompost. After 10 weeks, the plants were harvested, marketable head weights and root growth were determined, and some microbiological and chemical properties of soils were determined.

Results: The chemical and microbiological properties of the soil and root growth, yield and N uptake of the lettuce plant significantly changed depending on the applications.

Conclusion: It was determined that 50% reduction in chemical fertilizers combined with microbial fertilizer and liquid vermicompost did not cause a loss in yield and that these applications increased the yield by approximately 26% compared to the application of chemical fertilizers.

Anahtar sözcükler: Kimyasal gübre, PGPR, sıvı organik gübre, toplam bakteri, toprak solunumu

Keywords: Chemical fertilizer, PGPR, liquid organic fertilizer, total bacteria, soil respiration

GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO STAT)'nin verilerine göre 2019 yılında dünya marul üretiminin % 56'sını Çin üretmiş ve bu ülkeyi sırasıyla ABD ve Hindistan izlemiştir. Türkiye marul üretiminde 2019 yılında dünya sıralamasında 10. sırada yer almıştır (Shatilov et al., 2019). Genellikle taze olarak tüketilen marul, minerallerce zengin bir sebzedir. Bununla beraber yüksek verim ve koyu yeşil yaprak renginin sağlanması için sebzelerde özellikle azotlu gübreleme yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Marul, yapraklarda nitrat birikiminin en yüksek olduğu sebzelerden biridir (Santamaria, 2006). Nitrat, nitrat redüktaz aktivitesi ile zararlı nitrit iyonlarına dönüşmektedir. Nitrit ise hemoglobin ile etkileşime girerek methemoglobin oluşumuna neden olmaktadır. Nitrit ayrıca sekonder aminlerle tepkimeye girerek potansiyel kanserojen, mutajen ve teratojen bir madde olan nitrozaminlerin oluşumuna neden olabilmektedir (Roberts & Dainty, 1991; Connolly & Paul, 2001). Bu nedenle konvansiyonel üretiminde yapraklarında nitrat/nitrit birikimi riski taşıyan salata-marul grubu sebzelerin sürdürülebilir tarım sistemlerinde üretimi insan ve hayvan sağlığı açısından önemlidir.

Sürdürülebilir tarım sistemleri, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren, sentetik kimyasal tarım ilaçları, hormonlar ve mineral gübrelerin kullanımını yasaklayan/kısıtlayan, organik ve yeşil gübreleme, ekim nöbeti, doğayı koruma ve bitkilerin direncini artırma uygulamalarını esas alan, doğal düşmanlardan faydalanmayı gerektiren, bütün bu uygulamaların kapalı bir sistemde oluşturulmasını zorunlu kılan, üretimde sadece miktar artışını değil aynı zamanda da ürün kalitesinin yükselmesini amaçlayan üretim şekilleridir. Bu üretim şekillerinde alternatif oluşturan önemli girdilerden birisi de mikrobiyal gübreler ve vermikomposttur. Mikrobiyal gübreler; bitki için gerekli olan bitki besin elementlerinin topraktan alınmasında rol oynayan canlı mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanan ticari formülasyonlarıdır (Özbay et al., 2015). Bu gübreler genellikle çok yönlü bir etki göstermesi için atmosferik azot fikse edici bakteriler, fosfor ve potasyumun eriyebilir formlarını artıran *Bacillus* cinsine ait bakteriler ile bitkinin artan kök absortif yüzeyi ile daha fazla su ve hareketsiz besin maddelerinden (P, Zn ve Cu gibi) yararlanmasını sağlayan çeşitli mikroorganizmaları içerirler (Okur, 2018). Mikrobiyal gübrelerin bitki gelişimini artırarak farklı oranlarda verim artışlarına neden oldukları yapılan çeşitli araştırmalar sonucu belirlenmiştir (Berger et al., 2013; Altuhaish et al., 2014; Şen vd., 2016; Deng et al., 2019; Bonani et al., 2020; Çınar ve Ünay, 2021). Tohum veya toprağa uygulanan mikrobiyal gübreler, topraktaki mikrobiyal süreçleri hızlandırarak bitkiler tarafından asimile edilen besin maddelerinin yarayışlı miktarlarını artırmaktadırlar (Kumar et al., 2020). Mikrobiyal gübreler içinde bulunan bitki gelişimini uyaran rizobakteriler (PGPR), fitohormonlar üreterek doğrudan ya da azot fiksasyonu yolu ile veya topraktan kaynaklı hastalıklara karşı biyokontrol ajanları üretimi yolu ile dolaylı yoldan bitki gelişimini etkilemektedirler (Glick, 2003). PGPR'nin etki mekanizması 5 şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar; 1) Biyolojik N₂ fiksasyonu, 2) Rizosferdeki besin maddelerinin yarayışlılığının artırılması, 3) Kök yüzey alanının artırılması, 4) Konukçunun diğer yararlı sembiyozlarının artırılması ve 5) Diğer 4 etki şeklinin kombinasyonu ile bitki gelişiminin artırılmasıdır (Okur, 2014).

Sürdürülebilir tarım sistemlerinde toprağın organik madde miktarını ve mikrobiyal aktiviteyi artırmak için yapılan uygulamalardan birisi de vermikomposttur. Ürün miktarında artış sağlayabilmesi ve çevreye zararlı kimyasalların kullanımına gerek bırakmaması sebepleri ile alternatif organik kaynaklı bir gübredir (Joshi et al., 2015). Vermikompost oluşum sürecinde; organik artık/atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermantasyona uğratılır ve daha sonrasında vermikompostlamada kullanılan özel solucanların sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulur (Edwards & Bohlen, 1996). Vermikompost içerisinde bitkinin ihtiyacı olan besin maddeleri (azot, fosfor, kalsiyum, potasyum vb) yeterli miktarlarda bulunabildiği için (Orozco et al., 1996) bitki gelişimini ve verimini olumlu yönde etkilediğine dair bilimsel çalışmalar bulunmaktadır (Arancon et al., 2005; Doan et al., 2013; Sheela & Khimiya, 2013; van Groenigen et al., 2014; Durukan vd., 2019; Bloin et al., 2019).

Vermikompostlama süreci sırasında ortaya çıkan sızıntıyı ve olası çevresel kontaminasyonu azaltmak için bir drenaj ve toplama sistemi bulunmaktadır. Vermikompost çayı, ekstraktı, sızıntı suyu veya sıvı vermikompost olarak adlandırılan solucan gübresinden elde edilen bu sıvı, büyük miktarda bitki besin maddesi içermektedir (Warburton & Pillai-McGarry, 2002). Vermikompost sızıntı suyu, yüksek besin içeriğinin yanı sıra bitki büyümesini arttırdığı bilinen hümik asitleri de içerir (Arancon et al., 2003). Hümik asitler, birçok makro ve mikro bitki besin maddelerini içermekte ve bu nedenle bitki gelişimi üzerinde etkili organik moleküllerdir (Atiyeh et al., 2002). Katı vermikompost taban gübresi şeklinde kullanılırken sıvı vermikompost ise damla sulama ya da yaprak gübresi olarak değerlendirilebilmektedir. Hem vermikompost hem de mikrobiyal gübreler, 29.03.2014 tarihli, 28956 Resmî Gazete sayılı 'Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik' kapsamında değerlendirilmektedirler.

Mikrobiyolojik faaliyetin toprağın diğer kısımlarına oranla daha fazla olduğu rizosfer bölgesine yapılacak olan mikrobiyal gübre ve vermikompost uygulamaları toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde iyileşme sağlamaktadır. Bu çalışmanın hipotezini de toprak koşullarındaki bu iyileşme ile marul bitkisinin besin madde ihtiyacının, kimyasal gübrelere alternatif olarak PGPR aktivitesi ve sıvı vermikompost uygulamaları ile belli oranlarda azaltılıp azaltılamayacağı sorusu oluşturmuştur. Bir saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada PGPR ve sıvı vermikompost tek başlarına, birlikte ve çeşitli oranlarda azaltılmış kimyasal gübre ile birlikte uygulanmış ve hasat sonunda alınan bitki ve toprak örneklerinde uygulamaların marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) verim ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada materyal olarak E.Ü. Menemen Araştırma-Uygulama Çiftliği'nden alınan toprak örneği ile ticari bir mikrobiyal gübre ve sıvı vermikompost kullanılmıştır. Denemede bitki materyali olarak ise kıvrıkcık marul çeşidi (*Lactuca sativa* L.) kullanılmıştır.

Denemede kullanılan toprak örneğinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı kimyasal özellikleri

Table 1. Some chemical characteristics of the experiment soil

Parametreler	Kimyasal analiz sonuçları
pH _{satüre}	7.36
Toplam Tuz, %	0.045
Kireç, %	4.59
Kum, %	59.07
Mil, %	28.00
Kil, %	12.93
Bünye	Kumlu tın
Organik Madde, %	1.62
Toplam N, %	0.123
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	7.00
Alınabilir K, mg kg ⁻¹	441.3

Nötr reaksiyona sahip deneme toprağının tuzluluk sorunu yoktur. Organik madde miktarı düşük, kireçli ve kumlu tın bir bünyeye sahiptir. Toplam N içeriği iyi, alınabilir P miktarı orta ve alınabilir K içeriği ise çok yüksek seviyededir.

Çalışmada bitki materyali olarak kullanılan kıvırcık marul (*Lactuca sativa* L.) fideleri Antalya'da bulunan Fide Deposu firmasından temin edilmiştir. Marul bitkisi (*Lactuca sativa*), Asteraceae (Papatyagiller) ailesinin bir üyesi olup, geniş yapraklı, tek yıllık, serin iklim sebzesidir. Yetiştirme süresi iki üç ay olan salata ve marul tiplerinde açıkta ve örtü altında değişik mevsimlere uygun olarak ıslah edilmiş çeşitlerle arka arkaya yılın 12 ayı üretim yapmak mümkündür (Denli, 2015).

Çalışmada kullanılan ticari mikrobiyal gübrenin aktif içeriği Çizelge 2'de verilmiştir. Mikrobiyal gübrenin içerisinde *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp.*, *Azospirillum spp.* yer almaktadır. Bu mikroorganizmaların birçoğu bitki gelişimini uyarıcı etkiye sahip olmalarının yanında patojenlere karşı antagonistik özellikleri sayesinde biyolojik mücadelede önemli ajanlar arasında yer almaktadırlar.

Çizelge 2. Mikrobiyal gübrenin (MG) aktif bileşenleri ve oranları

Table 2. Active components and proportions of microbial fertilizer (MG)

Aktif Bileşenler	Oran (KOB/ml)
<i>Azospirillum brasilense</i>	1x 10 ⁷ KOB/ml
<i>Bacillus altitudinis</i>	1x10 ⁸ KOB/ml
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1x 10 ⁷ KOB/ml
<i>Bacillus licheniformis</i>	1x 10 ⁷ KOB/ml
<i>Cellulomonas cellasea</i>	1x 10 ⁷ KOB/ml
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1x 10 ⁷ KOB/ml
<i>Pseudomonas putida</i>	1x10 ⁸ KOB/ml
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	1x10 ⁸ KOB/ml
<i>Streptomyces albidoflavus</i>	1x10 ⁵ KOB/ml

Çalışmada kullanılan sıvı vermikompost ise 'Solisera® Gübre Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'den elde edilmiştir. Sıvı vermikompostun kimyasal içeriği Çizelge 3'de verilmiştir.

Yöntem

Deneme 4 Ekim 2018-14 Aralık 2018 tarihleri arasında E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü serasında saksı denemesi olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme saksıları 20x16x15 cm ölçülerinde olup her birine 2.3 kg toprak örneği, 2 mm elekten geçirilerek koyulmuştur. Fideler her saksıda iki adet olacak şekilde dikilmiş, daha sonra saksılarda birer fide bırakılmıştır. Haftada üç kez çeşme suyu ile sulama ve bir kez de yabancı otların temizlenmesi yapılmıştır.

Çizelge 3. Sıvı vermikompostun (SV) bazı kimyasal özellikleri

Table 3. Some chemical properties of liquid vermicompost (SV)

Parametreler	Kimyasal analiz sonuçları
pH	7.80
Toplam N, %	0.112
Toplam P, mg l ⁻¹	110.5
Toplam K, mg l ⁻¹	98.10
Toplam Ca, %	0.24
Toplam Mg, mg l ⁻¹	869.5
Toplam Na, mg l ⁻¹	213.4
Toplam Fe, mg l ⁻¹	360.3
Toplam Zn, mg l ⁻¹	10.02
Toplam Cu, mg l ⁻¹	iz
Toplam Mn, mg l ⁻¹	12.40
Fulvik asit, %	1.50
Humik asit, %	2.40

Deneme düzeni, tesadüf blokları şeklinde üç tekerrürlü yapılmış olup deneme konuları ve uygulama dozları Çizelge 4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4. Deneme konuları ve uygulama dozları

Table 4. The experiment subjects and application doses

Deneme Konuları		Uygulama Dozları
KG	NPK (15: 15: 15)	10 kg/da
SV	Sıvı Vermikompost	10 ml/l/da
MG	Mikrobiyal Gübre	30 ml/l/da
MG+SV	Mikrobiyal Gübre+Sıvı Vermikompost	30 ml/l/da + 10 ml/l/da
%50 KG+SV	NPK (%50)+Sıvı Vermikompost	5 kg /da + 10 ml/l/da
%50 KG+MG	NPK (%50)+Mikrobiyal Gübre	5 kg /da + 30 ml/l/da
%50 KG+SV+MG	NPK (%50)+Sıvı Vermikompost + Mikrobiyal Gübre	5 kg /da + 10 ml/l/da + 30 ml/l/da

Kimyasal gübre saksılara fide dikiminden önce homojen şekilde verilmiştir. Mikrobiyal gübre ve sıvı vermikompost materyalleri ise; ekimden bir hafta sonra toprak üzerinden marul fidelerinin rizosfer bölgesine gelecek şekilde uygulanmıştır. 10 hafta sonra hasat yapılmış ve marul bitkileri saf su ile yıkanıp daha sonra da kese kağıtlarına koyularak ağız açık olacak şekilde 65 °C' ye ayarlı kurutma dolabında son tartım sabit kalıncaya kadar kurutulduktan sonra öğütülerek kimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir. Yine hasat döneminde mikrobiyolojik analizler için saksılardan alınan toprak örnekleri kilitli poşetlere koyularak +4°C'de buzdolabına kaldırılmıştır. Kalan toprak örnekleri ise kimyasal analizler için kurutma kutularına koyularak iki hafta oda sıcaklığında kurutmaya bırakılmıştır.

Hasat edilen bitkilerde ortalama kök yaş ağırlığı, ortalama kök uzunluğu ve ortalama baş ağırlığı saptanmıştır. Toprak örneklerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler ve kullanılan yöntemler aşağıda belirtilmektedir.

Toprakların dane büyüklüğü dağılımı hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1962), toprak reaksiyonu saf su ile sature hale getirilmiş toprak macununda cam elektrotlu pH-metre ile (Jackson, 1967), suda çözünebilir toplam tuz saf su ile doygun hale getirilen örneklerde elektriksel geçirgenliğin ölçülmesi ile (US Soil Survey Staff, 1951), kireç Scheibler kalsimetresi ile (Schlichting & Blume, 1966) ve organik madde potasyum dikromat ile yaş yakılan örneklerde Rauterberg & Kremkus (1951) ve Black (1965)'e göre tespit edilmiştir. Deneme topraklarının toplam azot içeriği modifiye Makrokjeldahl yöntemine göre (Bremner, 1965) ve alınabilir fosfor miktarı sodyum bikarbonat ekstraksiyonu ile mavi renk yöntemiyle (Olsen & Sommers, 1982) saptanmıştır. Toprakların alınabilir K miktarı, 1 N NH₄OAc (Amonyum Asetat) (pH 7) ile çalkalanarak elde edilen süzüklerde alev fotometrede tayin edilmiştir (Pratt, 1965). Toprakların mikrobiyolojik analizlerinden CO₂-Oluşumu (toprak solunumu), 0.1 N KOH kullanılarak 25°C'de 7 günlük inkübasyondan sonra mineralize olan CO₂-C' unun miktarı ile belirlenmiştir (Isermeyer, 1952). Toprakta toplam bakteri sayımı ise dökme plak yöntemine göre Plate Count Agar kullanılarak yapılmıştır (Trolldenier, 1995). Marul yapraklarında toplam azot makro Kjeldahl yöntemiyle; toplam P ve K analizleri de yaş yakma (4 kısım HNO₃ + 1 kısım HClO₄) yöntemi uygulanarak elde edilen ekstraktlarda; toplam P Vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemi ile kolorimetrik olarak; toplam K ise alev fotometresi ile belirlenmiştir (Kacar, 1972; Kacar & İnal, 2008).

Araştırma sonuçları üç tekerrürün ortalaması şeklinde verilmiştir. Tüm veriler SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılarak ANOVA analizine tabii tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir ($P<0.05$).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Sıvı vermikompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Uygulamaların toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi istatistikî anlamda ($P<0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Deneme öncesi yapılan ölçümlerde toprağın pH değeri 7.36 olarak saptanmıştır

(Çizelge 1). KG uygulaması ile deneme toprağının pH düzeyi 0.4 birim düşmüştür. %50 KG uygulanmış topraklarda da 0.15 ve 0.25 arasında pH düşüşleri saptanmıştır. SV ve MG uygulamaları ise deneme toprağının pH düzeyini 0.28 ve 0.04 birim artırmıştır. Toprağın pH düzeyindeki bu değişimler 6.5-7.5 nötr toprak reaksiyon dereceleri arasında kalmış sadece SV ve MG+SV uygulamaları toprakların reaksiyonunu hafif alkali düzeye getirmiştir. SV'un yüksek pH düzeyi (7.8), 15: 15: 15 kompoze gübrenin ise asit karakterde olması nedeni ile toprakların pH düzeylerinde hafif değişimlerin meydana geldiği düşünülmektedir.

KG, SV ve MG uygulamaları toprakların toplam tuz değerleri üzerinde de değişimlere neden olmuştur. En yüksek toplam tuz içeriği KG uygulamasında (%0.130) ortaya çıkarken en düşük toplam tuz içeriği ise %0.021 ile MG+SV uygulamasında belirlenmiştir. Deneme öncesi topraktaki toplam tuz miktarı %0.045 olarak saptanmıştır (Çizelge 1). KG uygulamaları toprağın toplam tuz içeriğini artırırken, mikrobiyal gübre ve sıvı vermikompost uygulamaları ise düşürmüştür. Bu tür uygulamalardan sonra toprakların pH ve EC değerlerinde görülen dalgalanmalar diğer çalışmalarda da saptanmıştır (Yadav et al., 2002; Ullah et al., 2008; Çıtak & Sönmez, 2011; Li et al., 2012).

Çizelge 5. Kimyasal gübre (KG), mikrobiyal gübre (MG) ve sıvı vermikompost (SV) uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Table 5. The effects of chemical fertilizer (KG), microbial fertilizer (MG) and liquid vermicompost (SV) applications on the chemical properties of the soil

Uygulamalar	pH	Toplam Tuz, %	Organik Madde, %	Toplam N, %	Alınabilir P, mg/kg	Alınabilir K, mg/kg
KG	6.96 c*	0.130 a	1.60 b	0.100 b	7.07 b	451.3 a
SV	7.64 a	0.024 cd	1.87 a	0.170 a	11.23 a	245.0 b
MG	7.45 a	0.040 cd	1.73 ab	0.163 ab	8.36 ab	232.0 b
MG+SV	7.64 a	0.021 d	1.82 a	0.174 a	10.15 a	259.3 b
%50 KG+SV	7.13 bc	0.063 bc	1.86 a	0.169 ab	9.30 a	301.6 b
%50 KG+MG	7.11 bc	0.085 b	1.70 ab	0.165 ab	8.21 ab	290.3 b
%50 KG+SV+MG	7.21 b	0.056 bcd	1.81 a	0.175 a	8.03 ab	274.6 b

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($P < 0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

KG, SV ve MG uygulamaları ile toprağın organik madde, toplam azot ile alınabilir fosfor ve potasyum içeriklerinde değişimler meydana gelmiştir. KG uygulanan topraklarda organik madde, toplam N ve alınabilir P miktarları en düşük, alınabilir K miktarları ise en yüksek düzeyde belirlenmiştir. İçeriğindeki humik ve fulvik asitlerden dolayı SV içeren uygulamalarda diğerlerine oranla daha yüksek organik madde, toplam azot ve alınabilir P miktarları saptanmıştır. Organik maddenin bir bileşeni olan humik maddeler (humik+fulvik asitler) aynı zamanda bitki besin maddelerini adsorbe eden bir havuzdur. Toprağın asit-baz tamponlama kapasitesini artırır ve toprak yapısının iyileşmesine katkı verirler (MacCarthy, 2001). Söz konusu parametrelerdeki artışların sadece humik asitlerin varlığından dolayı değil MG içerisinde bulunan mikroorganizmaların SV'deki ve topraktaki P mineralizasyon hızlarını artırarak ve biyolojik azot fiksasyonu yaparak toprağa KG'den daha fazla miktarda fosfor ve azot sağladığı düşünülmektedir. Uygulanan mikrobiyal gübre içerisinde bulunan *Azospirillum* sp. azot fiksasyonunu ve bitki büyüme hormonlarının biyosentezini artırabilen bir PGRP bakterisidir (Steenhoudt & Vanderleyden, 2000). Aynı şekilde *Bacillus* ve *Pseudomonas* türleri de topraktaki fosfatları çözebilen PSB (Fosfat Çözebilen Bakteri)'lerdir (Widawati % Suliasih, 2006). Fitriatin et al. (2008) biyogübre olarak PSB uyguladıkları çalışmalarında, topraktaki artan fosfotaz aktivitesine bağlı olarak toprağın toplam P miktarında artışlar kaydetmişlerdir. SV ve MG uygulamalarının bu etkileri toprağın alınabilir K miktarları üzerinde ortaya çıkmamış ve en yüksek alınabilir K miktarı KG uygulamasında saptanmıştır. Bu durum mikrobiyal gübre içinde bulunan mikroorganizmaların topraktaki K ile ilgili herhangi bir ilişkisi/işlevi olmayan organizmalar olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sıvı vermicompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının toprak solunumu ve toplam bakteri sayısı üzerine etkisi

KG, SV ve MG uygulamalarının toprakta mikrobiyal yolla oluşan CO₂ miktarı (toprak solunumu) ve toplam bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiki anlamda ($P<0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 6). En yüksek toplam bakteri sayısı MG+SV uygulamasında belirlenmiştir. Aynı uygulamaya %50 oranında azaltılmış KG gübresi verildiğinde topraktaki toplam bakteri sayısı biraz düşmüş ve MG uygulaması ile birlikte topraktaki bakteri sayısını artıran diğer iki uygulamayı oluşturmuştur. Toprak solunumunu en fazla artıran uygulama ise MG olarak belirlenmiş ve MG+SV ile %50 KG+SV uygulamaları da toprak solunumunu artıran diğer iki uygulama olmuştur. En düşük bakteri sayısı ve toprak solunumu miktarları ise KG uygulamasında saptanmıştır. Bakteri sayıları ile CO₂ oluşum miktarları büyük ölçüde birbirini teyit etmiştir.

Çizelge 6. Kimyasal gübre (KG), mikrobiyal gübre (MG) ve sıvı vermicompost (SV) uygulamalarının toprak solunumu ve toplam bakteri sayısı üzerine etkisi

Table 6. The effects of chemical fertilizer (KG), microbial fertilizer (MG), and liquid vermicompost (SV) applications on soil respiration and total bacterial number

Uygulamalar	Toplam Bakteri Sayısı (kob/g)	Toprak Solunumu (mg CO ₂ /100g)
KG	63.02x10 ⁶ e*	37.00 c
SV	74.3x10 ⁶ cde	51.00 bc
MG	98.16x10 ⁶ ab	68.66 a
MG+SV	118.54x10 ⁶ a	57.66 ab
%50 KG+SV	91.17x10 ⁶ bcd	47.33 bc
%50 KG+MG	69.82x10 ⁶ de	47.00 bc
%50 KG+SV+MG	106.9x10 ⁶ ab	55.33 ab

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($P\leq 0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

Toplam bakteri sayım sonuçlarına göre, MG yoluyla aşıl原因an bakteri türlerinin toprakta kolonize olarak popülasyonlarını artırdıkları anlaşılmaktadır. MG+SV uygulamasında en yüksek bakteri sayısının belirlenmesi, büyük olasılıkla bu uygulama ile toprağa giren humik maddelerin bakteri popülasyonunu artırmış olabileceğini göstermektedir. Genel bakteri sayısındaki artış toprak solunumuna da yansımış ve toprakta mikrobiyal yolla oluşan CO₂ miktarı bu uygulamalarda artmıştır. Bu artışta büyük ihtimalle topraktaki labil C-kaynaklarının (çözünmüş organik C ve mikrobiyel biyokütle C'u) artışının etkisi olmuştur. Toprak solunum aktivitesi, toprakta bulunan labil C-kaynaklarına ve mikrobiyal biyokütle aktivitesine bağlı olarak değişen bir mikrobiyal aktivite parametresidir (Hofman et al., 2004). Toprak mikroorganizmalarının kullandığı labil C kaynaklarındaki önemli artışlar, toprak solunumunun uyarılmasına neden olmaktadır (Sayer et al., 2007; Sulzman et al., 2005; Zhang et al., 2014). Gerek toplam bakteri sayısının ve gerekse de toprak solunumunun KG uygulamasında en düşük düzeylerde saptanması, kimyasal gübre uygulanan topraklarda mikrobiyal aktivitenin uyarılması için gerekli koşulların oluşmadığını göstermektedir. Yapılan çeşitli araştırmalar sonucu, gerek kimyasal ve gerekse organik gübrelerin, besin maddesi sağlamak suretiyle spesifik mikrobiyal popülasyonları doğrudan uyarabildiği (Mandic et al., 2011), toplam mikrobiyal sayılarda artışlar sağlayabildiği (Chu et al., 2007; Joergensen et al., 2007; Murugan et al., 2013; Tao et al., 2015), mikrobiyal aktiviteyi yükseltebildiği ve mikrobiyal çeşitlilikte değişimlere neden olabildiği ortaya çıkarılmıştır (Li et al., 2008). Bazı çalışmalarda da kimyasal gübrelerin mikrobiyal çeşitliliği azalttığı saptanmıştır (Francioli et al., 2016). Bizim çalışmamızda ise SV ve MG uygulamalarının kimyasal gübrelere oranla topraktaki genel mikrobiyal aktiviteyi artırdığı belirlenmiştir.

Sıvı vermicompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının marul bitkisinin kök gelişimi ve verimi üzerine etkisi

Uygulamaların marul bitkisinin ortalama kök ağırlığı, uzunluğu ve baş ağırlığı üzerine etkisi istatistiki anlamda ($P<0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 7). En yüksek kök ağırlığı ve uzunluğu MG+SV

uygulamasında, en düşük kök ağırlığı ve uzunluğu ise KG uygulamasında saptanmıştır. Kök ağırlığı ve uzunluğuna ait sonuçlar marul verimine yansımamış ve en yüksek baş ağırlığı %50 KG+MG ve %50 KG+SV+MG uygulamalarında, en düşük baş ağırlığı ise MG uygulamasında belirlenmiştir. Bir başka anlatımla, marul bitkisinin kök ağırlığı ve uzunluğu üzerinde MG+SV uygulamasının, marul bitkisinin verimi üzerinde ise bu karışıma %50 oranında azaltılmış kimyasal gübre ilavesinin etkisi daha belirleyici olmuştur. Gerek %50 KG+MG ve gerekse %50 KG+SV+MG uygulamaları KG uygulamasına oranla verimi yaklaşık %26 oranında artırmıştır. Sadece %50 KG+MG ile de bu artış oranının sağlanması, SV'a oranla MG'nin (%50 KG ile birlikte) marul verimi üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7. Kimyasal gübre (KG), mikrobiyal gübre (MG) ve sıvı vermikompost (SV) uygulamalarının marul bitkisinin kök gelişimi ve verimi üzerine etkisi

Table 7. The effects of chemical fertilizer (KG), microbial fertilizer (MG), and liquid vermicompost (SV) applications on root development and yield of lettuce plant

Uygulamalar	Ort. Kök Ağırlığı (g)	Ort. Kök Uzunluğu (cm)	Ort. Baş Ağırlığı (Verim) (g)
KG	1.53 d*	5.20 c	39.35 b
SV	1.73 c	8.16 bc	41.47 b
MG	1.79 c	9.83 b	25.74 c
MG+SV	2.55 a	14.00 a	39.73 b
%50 KG+SV	1.87 b	10.70 b	36.3 bc
%50 KG+MG	1.91 b	9.30 b	53.61 a
%50 KG+SV+MG	2.04 b	9.30 b	53.71 a

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($P<0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

Pseudomonas koreensis MU2 (Kang et al., 2021), *Bacillus subtilis* strain L1 (Lee et al., 2020), *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* (Rostaminia et al., 2020), *Pseudomonas mendocina* ve *Glomus intraradices* (Köhler et al., 2006) uygulamalarının marul bitkisinin kök uzunluğu ve ağırlığını kontrole oranla artırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Bu çalışmada da kullanılan mikrobiyal gübre içinde bulunan *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas putida* ile *Bacillus altitudinis*, *Bacillus amyloliquefaciens* ve *Bacillus licheniformis* türlerinin marul bitkisinin kök gelişimi üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. *Bacillus* türlerinin Giberellin, *Pseudomonas* türlerinin ise sitokin ve ACC deaminaz fitohormonlarının salgılanmasını sağlayarak bitkilerin kök gelişimi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Cattelan et al, 1999; Mayak et al., 1999; Belimov et al., 2001; Gutierrez-Manero et al., 2001). Organik ve inorganik gübrelerin kombinasyonu mikrobiyal gelişimi hızlandırmakta, mikrobiyal topluluk yapısını değiştirmekte ve enzim aktivitesini uyarmaktadır (Lazcano et al., 2013). Jin ve ark (2022) da bizim araştırma sonuçlarımıza benzer şekilde %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre+9 kg ha⁻¹ biyo-organik gübre uygulamasının marul verimini iki yılda sırasıyla %19 ve %16 arasında artırdığını saptamışlardır.

Sıvı vermikompost ve mikrobiyal gübre uygulamalarının marul bitkisinin toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği üzerine etkisi

KG, SV ve MG uygulamalarının marul bitkisinin toplam azot miktarı üzerine etkisi istatistiki anlamda ($P<0.05$) önemli çıkarken, toplam fosfor ve potasyum miktarları üzerine ise istatistiki anlamda bir etkisi saptanamamıştır (Çizelge 8). En yüksek toplam azot miktarları KG, %50 KG + SV ve %50 KG+SV+MG uygulamalarında saptanırken diğer uygulamaların hepsi aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. KG uygulamasında marul bitkisinin toplam N miktarının fazla (>%5), MG+SV uygulamasında noksan (<% 4) ve diğer uygulamaların hepsinde ise yeterli düzeyde (%4-5) olduğu belirlenmiştir (Jones et al., 1991). KG ile toprağa uygulanan mineral azot formlarının bitki tarafından kolaylıkla alınması nedeni ile marul bitkisi en yüksek azot alınımını bu uygulama konusunda gerçekleştirmiştir. Aynı istatistiki grup içerisinde yer alan %50 KG + SV uygulamasında da marulun topraktan KG uygulamasına yakın miktarda azotu dokularına aldığı belirlenmiştir. Sonuçlar marul verimi ile ilgili sonuçları teyit etmektedir. Marul bitkisinin mikrobiyal gübre içinde

bulunan *Azospirillum* sp. ile birlikteliğe girerek fikse edilen azottan yararlandığı ve/veya söz konusu bakteri tarafından salgılanan fitohormonların bitkinin kök gelişiminde etkili olduğu düşünülmektedir. *Azospirillum*'un bitkilerin kök morfolojisi ve fizyolojisinde değişikliklere neden olarak bitkinin su ve mineral madde alınımını artırdığı bilinmektedir (Okon & Kapulnik, 1986; Fallik et al., 1994). Okon (1985) N, P ve K ile orta derecede gübrelenmiş topraklarda *Azospirillum*'un etkisinin daha fazla ortaya çıktığını, *Azospirillum* ile aşılamanın azot gübresinin yerini almadığını fakat bitkinin azot kullanımını iyileştirdiğini ve daha düşük gübre düzeylerinde aynı verim miktarlarına ulaşıldığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da %50 azaltılmış KG uygulamalarında mikrobiyal gübrelerin etkisi benzer sonuçlara neden olmuştur.

SV ve MG uygulamaların yapıldığı topraklarda yetişen marul bitkisinin toplam fosfor içerikleri yeterli düzeyde (%0,4-0,6) iken diğer tüm uygulamalardaki marul bitkilerinin toplam fosfor düzeyleri noksan olarak (<%0,4) belirlenmiştir. Deneme toprağının yüksek P düzeyinden dolayı tüm uygulamalardaki marul bitkisinin toplam P düzeylerinin de fazla olduğu (>%7) saptanmıştır (Jones et al., 1991).

Çizelge 8. Kimyasal gübre (KG), mikrobiyal gübre (MG) ve sıvı vermikompost (SV) uygulamalarının marul bitkisinin toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği üzerine etkisi

Table 8. The effects of chemical fertilizer (KG), microbial fertilizer (MG), and liquid vermicompost (SV) applications on the content of total nitrogen, phosphorus and potassium of lettuce plant

Uygulamalar	Toplam Azot (%)	Toplam Fosfor (%)	Toplam Potasyum (%)
KG	6.12 a*	0.38 **	9.21 **
SV	4.19 b	0.43	10.14
MG	4.36 b	0.44	9.90
MG+SV	3.94 b	0.38	10.25
%50 KG+SV	4.41 b	0.34	11.07
L%50 KG+MG	5.57 a	0.33	10.39
%50 KG+SV+MG	4.95 ab	0.39	11.61

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($P<0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** : Uygulamaların etkisi istatistiki açıdan önemli çıkmamıştır.

SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; KG, SV ve MG uygulamalarının toprağın kimyasal ve bazı mikrobiyal özellikleri ile marul bitkisinin kök gelişimi, verimi ve azot alınımı üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. KG uygulamaları toprağın pH değerini düşürüp, toplam tuz içeriğini artırırken, SV ve MG uygulamaları tam tersi bir etki göstermiştir. SV ve MG içeren uygulamaların yapıldığı topraklarda, KG uygulamasına oranla daha yüksek organik madde, toplam N ve alınabilir P miktarları saptanmıştır. Bu olumlu etkiler topraktaki toplam bakteri sayısı ve toprak solunumunda da ortaya çıkmış ve MG yoluyla aşılamanın bakteriyel türlerinin toprakta kolonize olarak popülasyonlarını artırdıkları belirlenmiştir. Marul bitkisinin kök ağırlığı ve uzunluğu üzerinde MG+SV uygulamasının, marul bitkisinin verimi üzerinde ise bu karışıma %50 oranında azaltılmış KG ilavesinin etkisi daha belirleyici olmuştur. Gerek %50 KG+MG ve gerekse %50 KG+SV+MG uygulamaları KG uygulamasına oranla verimi yaklaşık %26 oranında artırmıştır.

Sonuç olarak sebze tarımında yoğun bir şekilde kullanılan kimyasal gübrelere alternatif olarak mikrobiyal gübrelerin kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır. Mikrobiyal gübreler, verim kaybına neden olmadan azotlu gübrelerin %23-52'sinin yerini alabilmektedirler (Rose et al., 2014). Bu çalışmada da, MG ve SV ile kombine edilen kimyasal gübrelerde %50 oranında yapılan azaltmanın verimde bir kayba neden olmaması ve hatta artmasının saptanması, mikrobiyal gübrelerin topraktaki kimyasal gübre yükünü azaltmadaki potansiyel rolünü ortaya koyması açısından önemlidir. Bununla beraber ülkemizde yerli PGRB izolatları ile farklı bölge ve bitkilerle yürütülecek çalışmalara hala şiddetle ihtiyaç bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

FYL-2019-20449 no'lu proje sonuçlarının bir kısmını kapsayan bu çalışmanın yürütülmesinde verdiği destek için Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Belimov, A. A., V. Safronova, I. Sergeyeva, T.A. Egorova, T.N. Matveyeva, V. E. Tsyganov & V. V. Stepanok, 2001. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. *Canadian Journal of Microbiology*, 47 (7): 642-652. <https://doi.org/10.1139/w01-062>.
- Cattelan, A. J., P.G. Hartel & J.J. Fuhrmann, 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Science Society of America Journal*, 63 (6): 1670-1680. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6361670x>
- Chu, H., X. Lin, T. Fujii, S. Morimoto, K. Yagi, J. Hu, J. Zhang, 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. *Soil Biology & Biochemistry*. 39: 2971-2976. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.05.031>
- Citak, S. & S. Sonmez, 2011. Effects of chemical fertilizer and different organic manure application on soil pH, EC and organic matter content. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9: 739-741.
- Çınar, V. M. & Ü.N.A.Y. Aydın, 2021. The effects of some biofertilizers on yield, chlorophyll index and sugar content in sugar beet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (2): 163-170. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.714633>
- Fallik, E., S. Sarig & Y. Okon. 1994. Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In: *Azospirillum/Plant Associations*, (Ed. Y. Okon). CRC, Boca Raton, Fla. 275 pp.
- Fitriatin, B.N., R. Hindersah & P. Suryatmana, 2008. Aktivitas Enzim Fosfatase dan Ketersediaan Fosfat Tanah pada Sistem Tumpangsari Tanaman Pangan dan Jati (*Tectona grandis* L.f.) setelah Aplikasi Pupuk Hayati. *Agrikultura*, 19 (3): 161-166.
- Francioli, D., E. Schulz, G. Lentendu, T. Wubet, F. Buscot & T. Reitz, 2016. Mineral vs. Organic Amendments: Microbial Community Structure, Activity and Abundance of Agriculturally Relevant Microbes Are Driven by Long-Term Fertilization Strategies. *Frontiers in Microbiology*, 7: 1446. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01446>
- Gutiérrez-Mañero, F. J., B. Ramos-Solano, A.N. Probanza, J. Mehouchi, R. Tadeo, & M. Talon, 2001. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111 (2): 206-211. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110211.x>
- Hofman, J., L. Dusek, J. Klanova, J. Bezchlebova & I. Holoubek, 2004. Monitoring microbial biomass and respiration in different soils from Czech republic-a summary of results. *Environment International*, 30: 19-30. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00142-9](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00142-9)
- Joergensen, R.G., P. Mäder & A. Fließbach, 2010. A. Long-term effects of organic farming on fungal and bacterial residues in relation to microbial energy metabolism. *Biology and Fertility of Soils*, 46: 303-307. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0433-4>
- Jones., J.R., B. Wolf & H.A. Mills, 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, IncKacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 453, Ankara, 129 s.
- Kacar, B. & A. İnal, 2008. Bitki analizleri, Nobel Yayınevi, Yayın No: 1241, Ankara, 912 s.
- Kang, S. M., A. Adhikari, K.E. Lee, Y.G. Park, R. Shahzad & I.J. Lee, 2021. Gibberellin producing rhizobacteria *Pseudomonas koreensis* mu2 enhance growth of lettuce (*Lactuca sativa*) and Chinese cabbage (*Brassica rapa, chinensis*). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9 (2): 166-170. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.166-170>
- Kohler, J., F. Caravaca, L. Carrasco & A. Roldan, 2006. Contribution of *Pseudomonas mendocina* and *Glomus intraradices* to aggregate stabilization and promotion of biological fertility in rhizosphere soil of lettuce plants under field conditions. *Soil Use and Management*, 22 (3): 298-304. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00041.x>

- Lazcano, C., M. Gómez-Brandón, P. Revilla & J. Domínguez, 2013. Shortterm effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biol. Fert. Soils*, 49: 723-733. doi: 10.1007/s00374-012-0761-7
- Lee, S., C.S. Trjnh, W.J. Lee, C.Y. Jeong, H.A. Truong, N. Chung, C.S. Kang & H. Lee, 2020. *Bacillus subtilis* strain L1 promotes nitrate reductase activity in Arabidopsis and elicits enhanced growth performance in Arabidopsis, lettuce, and wheat. *Journal of Plant Research*, 133 (2): 231-244. <https://doi.org/10.1007/s10265-019-01160-4>
- Li, J., B. Zhao, X. Li, R. Jiang & S.H. Bing, 2008. Effects of Long-Term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Microbial Biomass, Soil Enzyme Activities and Soil Fertility. *Agricultural Science in China*, 7: 336-343. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60074-7](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60074-7)
- Li, X. H., X.Z. Han, H.B. Li, C. Song, J. Yan & Y. Liang 2012. Soil chemical and biological properties affected by 21-year application of composted manure with chemical fertilizers in a Chinese Mollisol. *Canadian Journal of Soil Science*, 92 (3): 419-428. <https://doi.org/10.4141/cjss2010-046>
- MacCarthy, P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Science*, 166 (11): 738-751.
- Mandic, L., D. Djukić, I. Beatovic, Z. Jovovic, M. Pesakovic & V. Stevovic, 2011. Effect of different fertilizers on the microbial activity and productivity of soil under potato cultivation. *African Journal of Biotechnology*. 10: 6954-6960. DOI: 10.5897/AJB11.947
- Mayak, S., T. Tirosh & B.R. Glick, 1999. Effect of wild-type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cuttings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 18 (2): 49-53. <http://dx.doi.org/10.1007/PL00007047>
- Murugan, R. & S. Kumar, 2013. Influence of long-term fertilisation and crop rotation on changes in fungal and bacterial residues in a tropical rice-field soil. *Biology and Fertility of Soils*, 49: 847-856. DOI 10.1007/s00374-013-0779-5
- Naeem, M., J. Iqbal & M. Bakhsh, 2006. Comparative study of inorganic fertilizers and organic manures on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Agricultural and Social Sciences*, 2: 227-229.
- Okon, Y. & Y. Kapulnik, 1986. Development and function of Azospirillum-inoculated roots. *Plant Soil*, 90: 3-16.
- Okon, Y., 1985. Azospirillum as a potential inoculant for agriculture. *Trends in Biotechnology*, 3: 223-228. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(85\)90012-5](https://doi.org/10.1016/0167-7799(85)90012-5)
- Özbay, N., A.R. Demirkıran & M. Ergun, 2015. Mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*, KUEN 1585) uygulamasının marulda çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi. Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, 6-9 Ekim 2015, Rize.
- Rose, M. T., T. L., Phuong, D.K. Nhan, P.T. Cong, N.T. Hien & I.R. Kennedy, 2014. Up to 52% N fertilizer replaced by biofertilizer in lowland rice via farmer participatory research. *Agronomy for Sustainable Development*, 34: 857-868. doi: 10.1007/s13593-014-0210-0.
- Rostaminia, M., S.S. Habibi, B. Sani & A.R. Pazoki, 2020. Research Article Effect of three commercial bio-fertilizers prepared with *Pseudomonas* on yield and morphophysiological traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Iran Agricultural Research*, 39 (2): 99-107. <https://doi.org/10.22099/iar.2021.38685.1413>
- Sarkar, D. & A. Rakshit, 2021. Bio-priming in combination with mineral fertilizer improves nutritional quality and yield of red cabbage under Middle Gangetic Plains India. *Scientia Horticulturae*, 283: 110075. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110075>.
- Sayer, E. J., J.S. Powers & E.V.J. Tanner, 2007. Increased litterfall in tropical forests boosts the transfer of soil CO₂ to the atmosphere. *PLoSOne*, 2 (12): e1299. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001299>
- Shatilov, M. V., A.F. Razin & M.I. Ivanova, 2019. Analysis of the world lettuce market. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 395 (1): 012053, IOP Publishing.
- Steenhoudt, O. & J. Vanderleyden. 2000. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *Microbiology Review*, 24: 487-506. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2000.tb00552.x>
- Sulzman, E. W., J.B. Brant, R.D. Bowden & K. Lajtha, 2005. Contribution of aboveground litter, belowground litter, and rhi-zosphere respiration to total soil CO₂ efflux in an old growth coniferous forest. *Biogeochemistry*, 73 (1): 231-256. DOI 10.1007/s10533-004-7314-6
- Tao, R. Y. Liang, S.A. Wakelin & G. Chu, 2015. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality. *Applied Soil Ecology*, 96: 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.07.009>

- Ullah, M. S., M.S. Islam, M.A. Islam & T. Haque, 2008. Effects of organic manures and chemical fertilizers on the yield of brinjal and soil properties. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 6 (2): 271-276. DOI: 10.3329/jbau.v6i2.4821
- Widawati, S.R.I. & S. Suliasih, 2006. The population of phosphate solubilizing bacteria (PSB) from Cikaniki, Botol Mountain and Ciptarasa Area and the ability of PSB to solubilize insoluble P in solid Pikovskaya medium. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 7 (2): 109-113. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070203>
- Wu, Y., C. Zhao, J. Farmer & J. Sun, 2015. Effects of bio-organic fertilizer on pepper growth and *Fusarium* wilt biocontrol. *Scientia Horticulturae*, 193: 114-120. doi: 10.1016/j.scienta.2015.06.039.
- Yadav, A.C., S.K. Sharma & B.R. Batra, 2002. Effect of sodic water, FYM and *Gypsum* on the soil, growth and yield of brinjal. *Annals of Agriculture and Biological Research*, 7 (1): 73-77.
- Ye, L., X. Zhao, E. Bao, J. Li, Z. Zou & K. Cao, 2020. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*, 10: 177. doi: 10.1038/s41598-019-56954-2.
- Zhang, Y. J., S.L. Guo, Q.F. Liu & J.S. Jiang, 2014. Influence of soil moisture on litter respiration in the semiarid loess plateau. *PLoS One*, 9 (12): e114558. doi: 10.1371/journal.pone.0114558
- Zhao, J., J. Liu, H. Liang, J. Huang, Z. Chen, Y. Nie, Y., C. Wang & Y. Wang, 2018. Manipulation of the rhizosphere microbial community through application of a new bio-organic fertilizer improves watermelon quality and health. *PLoS One* 13: e0192967. doi: 10.1371/journal.pone.0192967.



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):343-352
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1249758>

Ahmad QABATTY¹

Fazilet Nezahat ALAYUNT^{2*}

¹Damascus University, Faculty of Agriculture, Dept. Of Rural Engineering, SY, Tfes, Daraa, Syria

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
fazilet.alayunt@ege.edu.tr

'Domat' sofralık zeytin çeşidinde farklı hasat yöntemlerinin ve kısa süreli depolamanın meyve kalitesine etkileri*

Effects of different harvesting methods and short term storage on fruit quality of table olive variety 'Domat'

* Bu makale, bazı güncel literatür bilgilerinin eklenmesi ile birlikte, yazarın doktora tezinin belirli bir bölümünden özetlenmiştir. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 08-ZRF-19 Numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Received (Alınış): 11.02.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 22.06.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, sofralık çeşit olan 'Domat' zeytin çeşidinin makinelili hasadına temel teşkil edebilecek fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek ve farklı olgunlaşma dönemlerinde farklı hasat yöntemlerinin meyve kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktır.

Materyal ve Metot: Çalışma laboratuvarında ve bahçe ortamında yapılmıştır. Bahçe denemelerinde; elle, sırtkla, dal sarsıcıyla, mekanik tarakla ve elektrikli çırpıcıyla olmak üzere beş farklı hasat yöntemi kullanılmış ve iki farklı dönemde hasat yapılmıştır. Denemeler sırasında alınan örnekler normal iklim koşullarında muhafaza edilmiş ve meyve kalitesindeki değişimler gözlemlenmiştir.

Araştırma Bulguları: Hasat dönemine bağlı olarak "zeytin çeşidinin fiziko-mekanik özelliklerinde değişim görülmüştür. Sırtkla ve elektrikli çırpıcı ile hasat sırasında meyve eti sertliğinin, meyve rengi açıklığının, parlaklık ve yeşil renginin azaldığı, ağaç ve meyve zararının arttığı, meyvede kalitesinde değer kaybına yol açtığı anlaşılmıştır. Elle, mekanik dal sarsıcı ve mekanik tarak ile hasatta meyve eti sertliği korunmakta, meyve renginin açıklığı, parlaklığı ve rengi aynı kalmakta, ağaç ve meyve zararı düşük düzeyde bulunmaktadır.

Sonuç: 'Domat' zeytinlerin mekanik dal sarsıcı ile hasadının yapılması diğer hasat yöntemlerine göre daha başarılı bulunmuştur.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to determine the physico-mechanical properties of table olive variety 'Domat' that can be the basis for machine harvesting and to comparatively reveal the effects of different harvesting methods on fruit quality in different ripening periods.

Material and Methods: Experiments were conducted in the laboratory and in orchard. Five different harvesting methods namely hand, pole method, hand held mechanical combs, hook type limb shaker electric beater was considered in the experiments conducted in orchard. Harvesting was carried out in two different periods. The samples taken during the experiments were retained under normal climate conditions and changes in fruit quality were observed.

Results: Physico-mechanical properties of 'Domat' cultivar changed depending on the harvest period. Harvesting of the 'Domat' variety olive with pole and electric beater resulted in fruit quality losses.

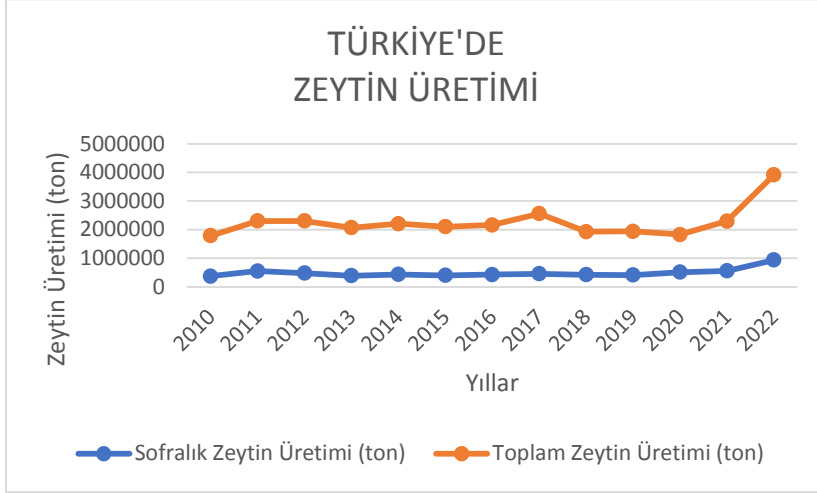
Conclusion: The harvesting of olives with a mechanical limb shaker was found to be more successful than other harvesting methods.

Anahtar sözcükler: Hasat yöntemi, iş başarısı, kalite, zeytin

Keywords: Harvesting method, performance, quality, olive

GİRİŞ

Dünyada sofralık zeytin üretimi 2015-2020 itibarı ile ortalama 2.77 milyon ton düzeyinde olup, önde gelen üretici ülkeler içerisinde İspanya, Mısır, Türkiye, Cezayir yer almaktadır (internationaloliveoil, 2022; Gemlik Ticaret Borsası, 2020). Yıllık iklim değişiklikleri ve periyodisiteye bağlı olarak sofralık zeytin üretimi Şekil 1'de görüldüğü gibi yıllara bağlı olarak az çok değişim göstermektedir.



Şekil 1. Türkiye'de zeytin üretim miktarı, 2010- 2021 (tons) (TÜİK, 2022).

Figure 1. Olive Production in Türkiye, 2010- 2021 (tons) (TÜİK, 2022).

Zeytin tarımının en yorucu ve masraflı aşaması hasattır. Sofralık zeytin hasadının genel olarak meyve sebze hasadında olduğu gibi elle yapılmasının gerekliliği, hasadın toplam üretim maliyeti içindeki payını da artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, zeytin üretiminde toplam masraf içerisindeki hasadın payının yaklaşık %50-60 oranında olduğunu göstermiştir. Ürünün önerilen hasat döneminde toplanma zorluğu, hasat için gerekli işgücü gereksiniminin kısa sürede yükselmesine neden olmaktadır. Bu durumda, işçi bulma zorluğu ve yüksek hasat masrafları zeytin hasat mekanizasyonunu zorunlu hale getirmektedir (Tsatsarelis, 1987; Caran, 1998). Uygulamada; sofralık zeytin yetiştiriciliği yapılan özellikle küçük aile işletmelerinde hasat; zeytinin tek tek elle toplanması, sılıkla çırpma ya da sıyrığı ve tırmıktan oluşan basit el aletleri veya mekanik tarak ile sergilere düşürülmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu işlemler sırasında ağaç dalları ve gelecek yıl ürün verecek sürgünlerin kırılmasına neden olmaktadır (Öksüz, 1998). Elde-sırtta taşınan zeytin hasat makineleri son yıllarda yaygın olarak kullanılabilir. Yapılan araştırmalara göre, bu tip makinelerin işveriminin elle toplamaya göre en az iki misli daha fazla olduğunu göstermiştir (Okursoy vd., 2000). Traktörden tahrik edilen ya da kendi yürür gövde sarsıcılar ile birim zamanda çok daha fazla ürün hasat edilmesine rağmen alan büyüklüğü, makine varlığı ve arazi eğimi, ağacın yapısı gibi faktörler kullanım ve edinimde karar verilmesinde önemli rol oynamaktadır. Yalçın vd. (2020), gövde sarsıcıların kullanılmadığı meyilli arazilerde çok genç ağaçlar ile yapısal olarak uygun olmayan zeytin ağaçlarında özellikle elde, sırtta, omuzda taşınan dal sarsıcıların kullanılabileceğini belirtmiştir. Hafezalkotoba vd. (2018) zeytin hasat makinelerinin seçiminde karar destek sistemleri üzerinde çalışmışlar, maliyet, titreşim, ergonomi, hasat etkinliği, uygulanabilirlik, iş kapasitesi, güvenlik ve otomasyonun hasat makinelerinin seçiminde önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Hasat etkinliği, iş başarısı, zararlanma gibi performans kriterlerine ilişkin birçok araştırma yapılmakta, makinelerin tasarımlarında değişikliklere gidilmektedir. Özarslan vd. (2000), yaptıkları çalışmalarında; elle taşınan pnömatik bir zeytin çırpıcısında farklı parmak sayısı ve tipi ile 9,5, 8,5 ve 7,5 Hz olmak üzere 3 farklı frekans, 75, 60, 50 ve 30 mm olmak üzere 4 farklı genlik değerlerinde denemelerini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri verilere göre; en uygun frekans değerinin 9,5 Hz olduğunu belirtmişlerdir. Frekans arttıkça hasatta iş başarısının arttığı anlaşılmaktadır.

Hasat öncesi işlemler kaliteli ürün eldesinde ne kadar etkili ise, hasat ve hasat sonrası uygulamalar en az o kadar öneme sahiptir. İrmak vd. (2022) sofralık zeytinin ticari değerini meyve boyutları, et/çekirdek oranı raf ömrü ve yumuşamaya karşı direncin belirlediğini vurgulamışlardır.

Bu çalışmanın amacı; sofralık 'Domat' zeytin çeşidinin kalite değerlendirilmesinde önemli kriterleri, zeytinin makinalı hasatta önem taşıyan fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek, farklı olgunlaşma dönemlerindeki, farklı hasat yöntemlerinin performans ve kalite üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmek, bu yöntemler içerisinde üründe en az kalite kaybına yol açan yöntem ve hasat zamanını belirleyerek hasat sırasında ya da makinalı hasatta gereken önerileri de ortaya koymaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmalar, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait Menemen Araştırma Uygulama ve Üretim çiftliğinde, düz bir alan üzerine kurulu genelde yeşil sofralık olarak değerlendirilen 'Domat' zeytin çeşidi bahçelerinde gerçekleştirilmiş olup araştırmada ağaçların genel olarak aynı yaşta ve taç yapısında birbirine benzer olmasına dikkat edilmiştir.

Zeytin bahçelerinde yapılan denemelerde, Çizelge 1'de teknik özellikleri verilen mekanik dal sarsıcı, elektrikli çırpıcı ile sert plastikten yapılmış 12 cm iş genişliğinde, parmaklar arası 1 cm mesafeli, 13 cm parmak uzunluğuna ve 9 adet parmağa sahip mekanik tarak kullanılmıştır(Şekil 2).



Şekil 2. Denemelerde kullanılan mekanik tarak, dal sarsıcı ile yapılan hasat.

Figure 2. Harvesting with limb shaker, mechanical comb used in experiments in orchard.

Çizelge1. Mekanik dal sarsıcı ve elektrikli çırpıcının teknik özellikleri

Table 1. Technical properties of hook type limb shaker and electric beater

Hasat Makinası	Ağırlık (kg) Yakıt deposu dolu	Maksimum uzunluk (m)	Frekans (Hz)	Parmak uzunluğu (mm)/çapı /sayısı	Genlik (mm)	Motor gücü (kW)
Mekanik Dal Sarsıcı	14,9	6,5	23	-	60	2,4
Elektrikli çırpıcı	2,2	3,0	11,6	170 /14/10	-	0,5

Zeytin meyvesinin renk analizinde, Minolta Chroma Meter CR 300 marka renk ölçer, hassas terazi (0,05 g hassasiyet), petri kabı, paslanmaz çelik bıçak, Gallenkamb OV-160 (65±1°C) marka etüv ve zeytinleri ezme için havan, meyvenin kopma kuvvetinin ölçülmesinde çeki ve basıyla çalışan 0,1 N hassasiyetli Chatillon® GAUGE dijital bir kuvvet ölçer kullanılmıştır. Meyve eti sertliği ölçümü; kabuğu alınan üç bölgeden el penetrometresi (FT 011, Effegi) ile 1,5 mm'lik (1/16 inç) uç kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca hasat için 2 m uzunluğunda ve 30 mm çapında sırık, yüksekteki meyveleri elle alabilmek için merdivenden yararlanılmıştır.

Yapılan çalışmalarda; hasat öncesi meyve olgunluk düzeyi belirlenmiş, hasat denemeleri sırasında, hasat sonrası ve kısa süreli depolama sonrası ürün kalitesindeki değişimler ortaya konmuştur.

Meyve olgunluk düzeyinin belirlenmesi: En uygun hasat zamanının belirlenmesi için hasattan önce periyodik olarak 4 ayrı zamanda (26 Ağustos -12 Kasım tarihleri arasında) 20 ağacın 4 farklı bölgesinden 30'ar tane olmak üzere her ağaçtan 120 adet meyve alınarak meyve et/çekirdek oranı, renk, meyve eti sertliği, meyvede kopma kuvveti/kütle oranı gibi temel parametreler ölçülmüştür (Kaşka vd., 1986). Hasat zamanı için genellikle üretici tarafından uygulanan hasat başlangıç dönemi (renk dönüşünün başladığı dönem) ve hasadın bitmesine yakın dönem göz önüne alınmıştır. Her iki hasat döneminde de, hasat başlangıcından itibaren birer ay aralıklarla örnekler alınmış ve fiziksel özellikleri incelenmiştir (Alayunt, 2000). Olgunluğu belirlemek için aynı zamanda Minolta CR-300 renk ölçer (kromometre) cihaz ile 50 ölçüm yapılmıştır. L^* , a^* , b^* , Hue^0 ve Kroma (C^*) değerleri belirlenmiştir. Bu C^* ve Hue^0 değerleri a^* ve b^* değerlerinden hesap yoluyla elde edilmiş olup, sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

$$C^* = \frac{a^* + b^*}{2} \quad (1)$$

$$Hue^0 = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

Meyve eti sertliğinin ölçümünde her denemede tesadüfi olarak seçilen 10 meyvenin sertlik değerleri ($N \text{ mm}^{-2}$) ölçülmüştür.

Hasat denemeleri ve hasat sonrası ürün kalitesinin değerlendirilmesi: Denemelerde, elle hasat, mekanik tarak, sıırık, mekanik dal sarsıcı ve elektrikli çirpıcı kullanımı olmak üzere 5 farklı yöntemle hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası laboratuvarda fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile meyveler incelemeye alınmıştır. Araştırmada 2 hasat zamanı, 5 hasat yönteminin kalite üzerine etkisi incelenmiştir. Denemeler dörder yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Elle hasat edilen ve şahit olarak değerlendirilmiş meyvelerin yaş baza göre nem içeriği (%), 100 tane kütlesi (g), renk ölçümü ($L^* a^* b^*$), sertlik ($N \text{ mm}^{-2}$) vb. özellikleri belirlenmiştir.

Meyve Kopma Direnci ile Meyve Kütleli Arası Oran : Hasat edilen her ağaçtan meyve kopma dirençleri (N) ve koparılan meyvelerin kütleleri(g) ölçülmüş, F /m oranı saptanmıştır (Yalçın vd., 2020).

Kalite Özellikleri: Zeytinde kusur olarak belirtilen (zararsız yabancı madde, sap kusuru, kabuk kusurları, tane eti kusurları, gevşeklik, uygun olmayan renk, böcek yeniği, dacus zararı) göz önünde tutularak genel anlamda kalite incelenmesi yapılmıştır.

Meyve Kalite İndeksi: Araştırmada meyve kalitesi Ekstra, I. kalite, II. kalite ve Iskarta olmak üzere dört grupta incelenmiştir (Singh vd., 2003).

A= Bozulma yok (Ekstra), B= Hafif çürüme (beş lekeden az) (I. Kalite), C= Orta çürüme (beş lekeden fazla) (II. Kalite), D= Yarılma tamamen bozulma (Iskarta)

$$\text{Meyve Kalite İndeksi (FQI)} = (4 \times A \text{ Derece}\%) + (3 \times B \text{ Derece}\%) + (2 \times C \text{ Derece}\%) + (1 \times D \text{ Derece}\%) \quad (3)$$

Meyve Zararı : Meyve zararı altı grupta incelenmiştir, (A-F) skalası kullanılmıştır. A= Çok iyi meyveler, (B-C-D)= Pazarlanabilir meyveler, (E-F)= Pazarlanamaz meyve

A derece = Bozulma yok, B derece = Bir leke, C derece = İki leke, D derece = Üç leke, E derece = Dört leke, F derece = Beş lekeden fazla

Yüz adet zeytin tanesindeki kabul edilebilir leke sayısı "meyve zarar indeksi"ni vermektedir.

$$\text{Meyve zarar indeksi} = (0 \times A \text{ Derece} \%) + (1 \times B \text{ Derece} \%) + (2 \times C \text{ Derece} \%) + (3 \times D \text{ Derece} \%) + (4 \times E \text{ Derece} \%) + (5 \times F \text{ Derece} \%) \quad (4)$$

Depolama Süresince Ürün Kalitesinin Değerlendirilmesi: Elle hasat edilen 100 adet zeytin kontrol grubu olarak hasattan hemen sonra kalite değerleri yönü ile değerlendirilmiştir. Hasattan pazara götürülünceye kadar üründe oluşabilecek kalite kayıplarını belirleyebilmek için elle hasat edilen örnekler 15 gün normal oda koşullarında bırakılmış, 15. günde renk ve meyve sertliğindeki değişimler incelenmiştir. Bu verilere dayanılarak hasat yöntemlerinin iki farklı hasat zamanı için ve depolama süresince zeytin kalitesindeki etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Hasat makinelerinin performansını değerlendirmek amacı ile kütle iş başarıları, hasat etkinliği (%), zeytin ağacındaki zararlanmayı ortaya koyan denemeler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Hasat Etkinliğinin Belirlenmesi: Hasat etkinliği her bir ağaç için tek tek belirlenmiştir (Özarslan vd., 2000).

$$HE = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad (5)$$

HE: Hasat etkinliği(%)

K1 : Mekanik yolla hasat edilen ürün miktarı (kg/ağaç).

K2 : Ağaçta kalan ürün miktarı (kg/ağaç)'dır.

Kütle İş Başarısının Belirlenmesi: Çalışmada incelenen hasat kriterleri için kütle iş başarısı ağaç başına ayrı ayrı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Özarslan vd. 2000);

$$KİB \left(\frac{kg}{h} \right) = \frac{K_1 \times 60}{t} \quad (6)$$

t: Hasat süresi (min)

Zeytin Ağacında Zarar Düzeyinin Belirlenmesi: Her bir ağaç için hasat sonunda elde edilen toplam materyal (ürün+yaprak+dal+filiz) içerisindeki yaprak+dal+filiz miktarının yüzdesi belirlenmiştir.

Çalışmalardan elde edilen verilerin analizinde SPSS® paket programı (IBM, NY, ABD) kullanılmıştır. Varyans analizi (Anova), F testi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. İnteraksiyonların önem seviyeleri incelenmiş (p<0.05) ve faktör seviyelerinin ortalamalarına ait farklılıklar Duncan düzeltme faktörü dikkate alınarak karşılaştırılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Hasat zamanının belirlenmesi, hem hasat edilen ürünün kalitesi, hem de makinalı hasadın başarısı yönüyle önem taşımaktadır. Hasat döneminin tayininde Berk(2019), meyve ağırlığının sofralık kullanım için önemli bir kalite kriteri olduğunu, sofralık meyve ağırlıklarının yüksek olduğu dönemlerde hasat edilmesinin gerekliliğini belirtmektedir. Olgunlaşma süresince Domat zeytin çeşidinde nemin (%52.3 - %69.9 arasında değişim gösterdiği, bu değişimin iklim ve meyvenin biyolojik aktivitesinin tamamlanmasına bağlı olduğu belirtilmiştir (Gümüšoğlu vd., 2006). Kutlu vd. (2011), Gemlik zeytin çeşidinde meyvenin aranan kalite kriterlerinden meyve iriliği ve et/çekirdek oranının olgunlaşma ile birlikte arttığını belirtmişlerdir. Et /Çekirdek oranı meyvenin yenebilen bölümünün artışı anlamına gelmekte ve olgunluğun belirtisi olarak da değerlendirilebilmektedir (Şen vd, 2021). Yapılan çalışmada; hasat dönemine ulaşıncaya kadar belirli dönemlerde alınan örneklerin nem (%), et/çekirdek oranları, Hue° ve C* değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Olgunlaşma ile birlikte kuru madde birikimine bağlı olarak zeytinlerde nemin oransal olarak azaldığı, et/çekirdek oranında artış olduğu ölçümlerle belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, zeytinde olgunlaşma ilerledikçe meyvelerin renklerinin daha parlak olduğu C* değeri artışından da anlaşılmaktadır Hue° değerinden sarı rengin daha baskın olduğu anlaşılmaktadır (Türker vd, 2019). Bu verilerin ışığında 'Domat' sofralık zeytin çeşidi için araştırmanın gerçekleştirildiği yerdeki uygun ilk hasat dönemi, ekim ayı olarak belirlenmiştir.

Meyve kopma kuvveti / Meyve kütlesi (F/m) oranı 'Domat' çeşidi zeytinlerde hasada yakın dönemde olgunlaşma ile paralel olarak azalma göstermiş ortalama meyve eti sertliği değerleri de benzer şekilde azalma göstermiştir. Farinelli vd. (2012), makinalı hasattaki başarının %85 ya da daha yukarı düzeyde olabilmesi için F/m oranının 2,3 den daha az ya da eşit olması gerektiğini vurgulamıştır. Bu oran ürünün kütlesindeki artışın, tutunma kuvvetindeki azalışın hasattaki başarı üzerine etkisini ortaya koymaktadır. Ölçülen değerler de belirtilen değerlerde olup, hasat olgunluğuna ulaşıldığının bir göstergesidir.

Çizelge 2. Olgunlaşma süresince değişkenlerin Duncan testi ile analizi.

Tablo 2. Analysis of variables during maturation using Duncan's test.

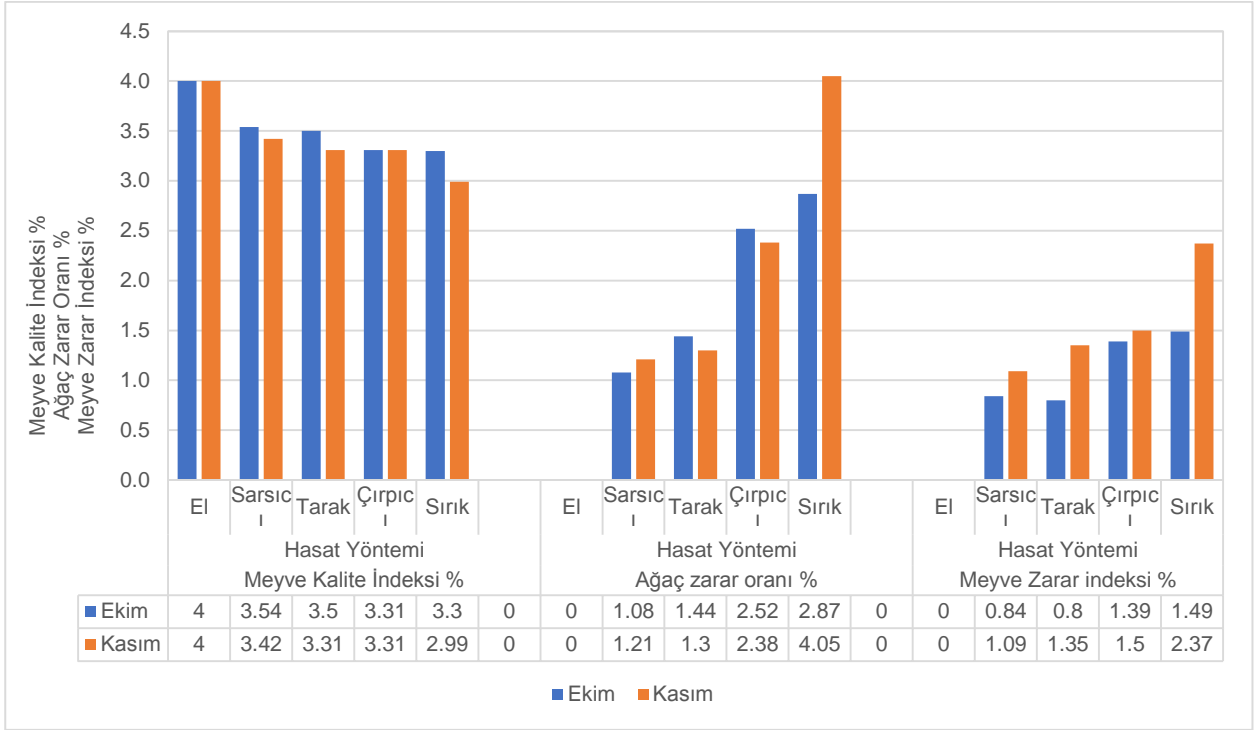
Ölçüm Tarihleri	Nem %	Kütle (g)	Et/Çekirdek (%)	C*	L*	Hue°	F/m (N/g)	Meyve Eti Sertliği (Nmm ⁻²)
26 Ağustos	66,80 ^c (1,09)	4,26 ^a (0,75)	3,49 ^a (0,21)	37,40 ^a (2,68)	58,9 ^a (1,93)	116,8 ^d (1,99)	2,08 ^d (0,34)	8,53 ^c (0,3)
12 Eylül	64,59 ^b (2,13)	4,56 ^a (0,72)	3,82 ^b (0,35)	40,07 ^b (1,38)	61,4 ^b (1,78)	116,1 ^c (1,18)	1,95 ^c (0,32)	9,31 ^d (0,3)
12 Ekim	65,19 ^{ab} (1,14)	5,71 ^b (0,76)	4,29 ^c (0,32)	41,35 ^c (1,66)	62,8 ^c (2,12)	115,2 ^b (1,40)	1,58 ^b (0,18)	8,13 ^b (0,4)
12 Kasım	63,47 ^a (1,43)	6,16 ^c (0,73)	4,84 ^d (0,51)	41,71 ^c (1,40)	64,5 ^d (2,13)	114,2 ^a (1,12)	1,42 ^a (0,21)	6,47 ^a (0,7)
Hasat Zamanı	17,027**	66,86**	102,22**	46,86**	75,5**	32,60**	50,07**	29,6**

**; p<0.05

Aynı harfle gösterilenler arasında istatistiki fark bulunmamaktadır. a,b,c harfleri sütündeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. Olgunlaşma süresinde meyvenin fiziko mekanik özelliklerinde oluşan değişimler (ort. Standart sapma), standart sapma değerleri parantez içinde verilmiştir.

Meyve kalite indeksi bakımından Ekim ve Kasım olmak üzere iki hasat zamanının ortalaması dikkate alındığında, elle hasat dışındaki uygulamalarda ortalama olarak en yüksek değer mekanik dal sarsıcı ile hasatta (%3.48), en düşük değer ise sırtla hasat yönteminde (%3.15) elde edildiği görülmektedir. Ortalama meyve kalite indeksi değerlerinin Ekim ayı hasat zamanına göre Kasım ayı hasat zamanında azaldığı anlaşılmaktadır. Hasat sonrası ağaçta oluşan zarar düzeyi ise; Ekim ve Kasım olmak üzere iki hasat zamanı ortalaması dikkate alındığında en yüksek değer sırtla hasat yönteminden (%3.46) elde edilirken, en düşük değer, el ile hasat dışındaki mekanik dal sarsıcı hasat (%1.15) yönteminden elde edilmiştir. Ortalama ağaç zararları değerleri Ekim ayı hasat zamanında %1.58 iken yaklaşık bir aylık süre içerisinde Kasım ayın hasat zamanında %1.79'a artarak %12 dolayında bir değişim göstermiştir (Şekil 3).

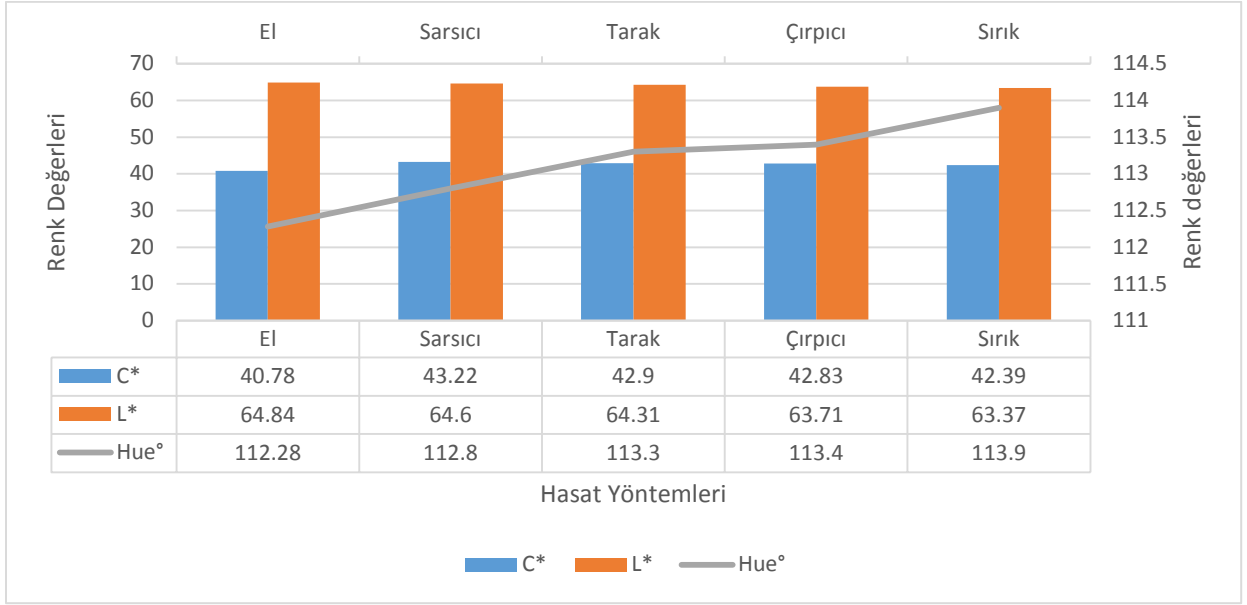
Hasat yöntemleri içerisinde meyve zarar oranı bakımından iki hasat zamanının ortalaması dikkate alındığında en yüksek değer sırtla hasat yönteminden (%1.93) elde edilirken, en düşük değer, el ile hasat dışındaki mekanik dal sarsıcı ile hasat (%0.96) yönteminden elde edilmiştir. Ölçümlerde elle hasat zararı 0 kabul edilerek yapılan hesaplamalarda ortalama meyve zararları değerleri, ekim ayı hasat zamanında %0.9'iken yaklaşık bir aylık süre içerisinde kasım ayı hasat zamanında %1,26'a çıkarak (%40) dolayında bir değişim göstermiştir (Şekil 3). Şen vd. (2021), *Olea europea* L.cv. Ayvalık yağlık zeytin çeşidinde meyve zarar indeksinin dal sarsıcı makine ile hasadının çırpıcı ve geleneksel yöntem sırtla hasata göre daha düşük olduğunu, bunun da dal sarsıcıda meyve ile doğrudan temasın olmamasına bağlı olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda mekanik hasarın etkisi benzerlik göstermekte, hasat yöntemi seçiminin önemini ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Hasat Yöntemlerine göre iki farklı hasat döneminde Meyve kalite indeksi, Ağaç zarar oranı ve Meyve zarar indeksi ortalamalarındaki değişim.

Figure 3. Variation in the Means of Fruit Quality Index, Tree Damage Rate and Fruit Damage Rate in Two Different Harvest Periods According to Harvest Methods.

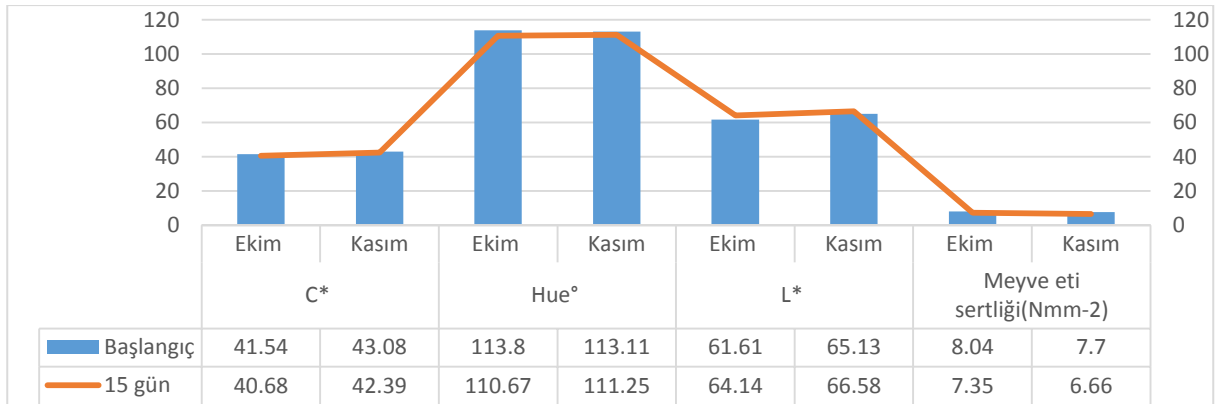
Coseteng vd. (1987), meyve ve sebzelerde hasat veya taşıma sırasında oluşan mekanik zedelenmelerin ya da ürün işleme sırasında ezme vb işlemler sırasında renkte esmerleşme ve bozulmaların meydana geldiğini, bu olayın polifenol oksidaz enziminden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Polifenol oksidazlar, gıda endüstrisinde genellikle istenmeyen enzimlerdir. Enzimatik esmerleşme ürünün duyu özelliklerini bozmakta, pazarlama değerini düşürmekte ve aynı zamanda besin değerinde azalmaya neden olmaktadır. Meyve renk özellikleri incelendiğinde; sırıkla ve elektrikli çırpıcı ile hasatta ortalama L* ve ortalama C* değerlerinden anlaşıldığı gibi, ürünlerin daha koyu renkli ve mat oldukları anlaşılmaktadır. Kutlu vd. (2011) renk parametrelerinde değişim (L* ve b* değerinde azalış, a* değerinde artış) ile meyve kabuk rengi koyulaştığını hasat dönemine ilişkin çalışmasında da belirtmiştir. Sırıkla ve elektrikli çırpıcı ile hasat sırasında zedelenmeler nedeni ile zeytinlerde kahverengi lekelerin oluştuğu anlaşılmaktadır. Hue° değerinde ise; elle hasat yöntemi dışındaki hasat zamanı göre ortalamalara bakıldığında en yüksek değeri sırıkla hasat yöntemi 113.9, en düşük değeri mekanik dal sarsıcı ile hasat yöntemi 112.8 almıştır. Bu durumda mekanik dal sarsıcı ile hasat edilen 'Domat' zeytininde meyve renginin sarıya yaklaştığı, düşürülen meyvelerin sadece olgunlaşan zeytinler olduğunu belirtmek mümkündür. Ancak, mekanik tarak, sırık ve elektrikli çırpıcı ile hasat yöntemlerinde zeytin meyvelerinin daha yeşil olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Hasat sonrası zeytin meyvelerinin renk değerleri.

Figure 4. Post harvest color values of olive fruits.

Depolama Süresince Ürün Kalitesinin Değerlendirilmesi: Normal koşullarda 15 günlük depolama sonrası zeytin meyvelerinin rengi başlangıca göre değişim gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 5). Hasat zamanlarına ve depolama süresine göre L* değerindeki değişim değerlendirildiğinde hasattan hemen sonra meyve renginin daha koyu olduğu ve depolama süresine bağlı olarak renginin açıldığı söylenebilir. C* değerleri 15 günlük depolama sonunda başlangıca göre bir azalma göstermiş, mat bir görünüm almış aynı zamanda Hue° değerlerinden depolama ile birlikte sarı rengin hakim olduğu anlaşılmaktadır. Zeytin meyvelerinin sertliği de depolama zamanına bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Depolama zamanına bağlı olarak zeytinde renk değişimi.

Figure 5. Changes in colour of olive fruit during storage.

Hasat etkinliği ile ilgili sonuçlar: Yapılan denemelerden elde edilen sonuçlara göre; el, mekanik dal sarsıcı, mekanik tarak, elektrikli çırpıcı ve sılıkla hasat yöntemlerinin hasat etkinliği sırasıyla %99.5, %83.04, %98.6, %93.02, %96.4 olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucunda; hasat yöntemleri arası farkın %5 seviyesinde önemli olduğu, görülmüştür. Hasat etkinliği değeri bakımından en yüksek değer elle hasat yönteminde (%99.5) en düşük değer mekanik dal sarsıcı ile hasat yönteminde (%83.04) elde edilmiştir. Olgunlaşma arttırınca meyve kütlesi artmakta, F/m değerleri azalmakta, nem

miktari azalmakta ve et/çekirdek oranı artmaktadır. Bu durumda zeytinde hasat etkinliği artmaktadır. Mekanik dal sarsıcı, oluşturduğu titreşim hareketini makinanın ağaca bağlandığı yerden meyvenin bağlı bulunduğu noktaya iletme prensibine göre çalışmaktadır. Bu tip makinalarla çalışmada, meyve olgunluğu arttıkça hasat etkinliği yükselmektedir. Bu tip makinalar doğrudan meyveye temas etmedikleri, vurma etkileri bulunmadığı için hasat etkinlikleri daha düşük düzeyde kalmaktadır.

Kütle iş başarısına ilişkin sonuçlar: El, mekanik dal sarsıcı, mekanik tarak, elektrikli çırpıcı, sıırıkla hasat yöntemlerinin kütle iş başarısı sırasıyla 23,85; 159,92; 42,5; 69,08; 39,6 (kg/h) olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler incelendiğinde; istatistiksel açıdan hasat yöntemleri arası farkın %5 seviyesinde önemli olduğu görülmüştür. Kütle iş başarısı değeri bakımından en yüksek değer mekanik dal sarsıcı ile hasat yönteminden (159.92 kg/h), en düşük değer el ile hasat yönteminden (23.85 kg/h) elde edilmiştir.

Hem hasat etkinliği hem de kütle iş başarısı yönü ile elde edilen sonuçlar Saraçoğlu vd (2003), araştırmalarında da benzerlik göstermektedir. Çalışmalarında; geleneksel hasat yöntemi olan sıırık, makineli hasat için mekanik dal sarsıcı ve elektrikli tarak kullanılmıştır. Mekanik dal sarsıcı ile hasatta en az hasat zararı ve yüksek iş veriminin meydana geldiği belirtilmiştir.

SONUÇ

'Domat' zeytin çeşidinde zamana, olgunlaşmaya bağlı olarak meyve kütlelerinde et/çekirdek oranında artış, F/m oranında, nem değerleri ve meyve sertliği değerlerinde, azalma görülmüş, meyve renginde yeşilden sarıya dönme, parlaklığın artması, renginin açılması, ağaç ve meyve zararında artışın olduğu anlaşılmıştır. Sırııkla hasat yöntemi dışındaki uygulamalarda meyve kalitesi değerlerinde belirgin bir azalma bulunmamıştır. 'Domat' zeytinin sıırıkla ve elektrikli çırpıcı ile hasadı sırasında doğrudan meyveye temas ve vurma nedeni ile zedelenmeler, dolayısı ile zeytinlerde kahverengi lekeler oluşmakta, elle, mekanik dal sarsıcı ve mekanik tarak ile hasadı sırasında meyve eti sertliği korunmakta, meyve renginin açıklığı, parlaklığı ve yeşilliği aynı kalmakta, ağaç ve meyve zararı düşük düzeyde gerçekleşmektedir. 'Domat' zeytinin Ekim ayında toplanan meyveleri, Kasım ayında toplanan meyvelere göre zedelenmeye daha az duyarlıdır. Bu durum, meyve sertliğindeki azalma ile açıklanabilir.

Makina ile hasatta beklenen, hasat etkinliğinin (%) ve kütle iş başarısının (kg/h) yüksek olması, ağaç ve meyve zararının olmaması ya da olabildiğince düşük düzeyde kalmasıdır. Makina ile hasattaki kapasite değerinin elle hasada göre yaklaşık 6.7 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Makina kullanımı zorunluluk haline gelmekle birlikte hasadın işi bilen kişiler tarafından dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Mekanik kancalı dal sarsıcı ile yapılan hasat sırasında makinanın yanlış kullanımı sonucu ağaç üzerinde ciddi kabuk soyulmaları hatta dal kırılmaları meydana gelebilmektedir. Bu ise ağaçta bulunan kanserli bölgelerde kanserin yayılmasına neden olabilmektedir (Caran, 1998). Mekanik dal sarsıcının hasat etkinliği diğer yöntemlere göre daha az olmasına rağmen diğer performans değerlerinin yüksekliği bu yöntemin daha uygun olduğu sonucuna götürmektedir. Makinalı hasat zorunluluk haline geldiğine göre hasatta özellikle sofralık çeşitler için doğrudan meyveye temas eden makinalardan kaçınılması gerekir. Yapılan araştırma sonuçlarından da anlaşıldığı gibi kalitenin korunması isteniyorsa elle hasat dışında hasat etkinliği diğerlerine göre daha düşük olsa bile dal sarsıcı tercih edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya 08-ZRF-19 No'lu proje çerçevesinde finansal destek sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alayunt, F., 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi (I. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 541, 132 s.
- Berk, G., 2019. Bazı zeytin çeşitlerinde hasat dönemlerinin zeytin ve zeytinyağı kalitesine etkileri. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 139 s.
- Caran, D., 1998. Zeytinde Hasat. Zeytin Yetiştiriciliği Kursu Kitabı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, 221 s.
- Coseteng, M.Y. & C.Y. Lee, 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning, Journal of Food Science, 4: 985-989.
- Farinelli D., S. Tombesi, F. Famiani & A.Tombesi, 2012. The fruit detachment force/fruit weight ratio can be used to predict the harvesting yield and the efficiency of trunk shakers on mechanical harvested olive. Act Horticulture 965: 61-64.
- Gemlik Ticaret Borsası, 2020. Dünyada Sofralık Zeytin Üretimi Ve Coğrafi İşaret Raporu, (Web page: <https://www.gemliktb.org.tr/wp-content/uploads/2021/09/SOFRALIK-ZEYTIN-ARASTIRMA-RAPORU-YENI.pdf>) (Erişim tarihi: Ocak 2023).
- Gümüšoğlu, G., A. İnce & E. Güzel, 2006. Domat ve Gemlik zeytin çeşitlerinde bazı fiziksel özellikleri olgunlaşma periyodu süresince değişimi. Tarım Makinaları Bilimi dergisi, 2(3),239-244.
- Hafezalkotoba, A., A. Hami-Dindar, N. Rabie & A. Hafezalkotoba, 2018. A decision support system for agricultural machines and equipment selection: A case study on olive harvester machines. Computers and Electronics in Agriculture, 148: 207-216.
- International Olive Council, 2022. The world of table olives, table olives – Provisional figures for the 2020/21 crop year and estimates for 2021/22 (Web page: <https://www.internationaloliveoil.org/the-world-of-table-olives/>) (Date accessed: Mart 2023).
- İrmak, Ş., F. Sefer, F.Ö. Güngör, E. Susamcı, U. Güloğlu, A. Yıldırım & G. Tusu, 2022. Determination of table olive characteristics of new olive varieties obtained by crossbreeding of Gemlik and Memecik variety. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 59 (2): 195-208.
- Kaşka, N., A.I. Yıldız, S. Paydaş, M. Biçici, N. Türemiş, & A. Küden, 1986. Türkiye için yeni bazı çilek çeşitlerinin Adana'da yaz ve kış dikim sistemleriyle örtü altında yetiştiriciliğinin verim, kalite ve erkencilik üzerine etkileri. Doğa Bilim Dergisi, Seri D2, 10 (1): 84-102.
- Kutlu, E. & F. Şen, 2011. Farklı hasat zamanlarının gemlik zeytin (olea europea l.) Çeşidinde meyve ve zeytinyağı kalitesine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48 (2): 85-93.
- Okursoy R., A. Darga & C. Tunçkal, 2000, "Zeytin Hasadında Mekanizasyon Uygulamaları, 267-274" Türkiye 1. Zeytincilik Sempozyumu (6-9. Haziran 2000, Bursa), Bildirileri, Uludağ Üniversitesi Yayınları, 502 s.
- Öksüz, E., 1998. Türkiye'de Zeytin Hasat Mekanizasyon Düzeyi, Hasat Edilebilirlik Kriterleri Ve Maliyetinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 45 s.
- Özarslan, C., T. Saraçoğlu & T. Akbaş, 2000. Elle Taşınan Pnömatik Bir Zeytin Çırpıcısı Prototipinin Geliştirilmesi TÜBİTAK TOGTAG. Proje No. 2466: 1-15.
- Saraçoğlu, T. & C. Özarslan, 2003. Elle Taşınan Bazı Zeytin Hasat Makinalarının Performanslarının Belirlenmesi. 302-309, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi (3-5 Eylül 2003, Konya) Bildiri Kitabı, 400 s.
- Singh, L., R. Varahamurti, L. Ferguson & J. D. Arthur, 2003. Economical and mechanical performance evaluation of olive harvesters. Final Research Report California State University Agricultural Research Initiative (ARI).
- Şen, F. & A.E. Koşaran, 2021. The effects of different harvest maturity and methods on fruit and oil quality of olive (Olea europea L.cv. Ayvalık yağlık). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58 (4):1503-512.
- Tsatsarelis, C.A., 1987. Vibratory olive harvesting: the response of the fruit stem system to fruit removing action, Journal of Agricultural Engineering Research, 38: 77-90.
- TÜİK, 2021. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>) (Erişim tarihi: Kasım 2022)
- Türker, S. & A.A. Polat, 2019. Bazı Nar Çeşit ve Tiplerinin Meyve Büyüme Dinamiği ile Renk Özellikleri. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 22 (5): 708-716.
- Yalçın, M., F.N. Alayunt & B. Çakmak, 2020. Evaluation of different mechanical harvesting systems of table olive (Olea europaea cv. Gemlik). Mediterranean Agricultural Sciences, 33 (1): 93-99.



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):353-362
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1287089>

Eylül Elif METİNER^{1*}

Seda ERSUS²

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040,
Bornova, İzmir, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040,
Bornova, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eemetiner162@gmail.com

Anahtar sözcükler: Antosiyaninler, *Aronia melanocarpa*, fenolik bileşikler, kurutma

Keywords: Anthocyanins, *Aronia melanocarpa*, phenolic compounds, drying

Farklı kurutma tekniklerinin kuru Aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi

The effects of different drying methods on the quality of Aronia (*Aronia melanocarpa*) fruit and its dried powder

Received (Alınış): 26.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 01.07.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı kurutma teknikleriyle kurutulan aronya meyvesinin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinin incelenmesidir.

Materyal ve Yöntem: Dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma işlemine tabi tutulan aronya meyvesinin özelliklerini belirlemek için toplam kuru madde, kül, su aktivitesi, renk, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam antosiyanin miktarı ve toz ürün kalite analizleri yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda hammaddeye göre kuru örneklerin toplam fenolik madde, gallik gave toplam antosiyanin içeriğinde azalma tespit edilmekle birlikte en yüksek besinsel içerik ve parlaklık (L^*) değeri dondurarak kurutulan örneklerde elde edilmiştir.

Sonuç: Tüm kuru ürünlerin su aktivitesi değeri 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, taze meyveye en yakın kalitede kuru ürünün sublimleşme ile suyun buharlaştırılmasını sağlayan dondurarak kurutma yöntemi uygulanması ile elde edildiği belirlenmiştir.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to investigate the physical, chemical and powder product properties of aronia fruit dried by different drying techniques.

Material and Methods: Total dry matter, ash, water activity (a_w), color, total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin amount and powder product analyses were performed to determine the characteristics of aronia fruit subjected to three different drying processes namely freeze drying, vacuum drying and tray drying.

Results: As a result of all the applied drying methods, a decrease in the total phenolic matter, total flavonoid matter and total anthocyanin content of the dry samples according to the raw material was detected, but the highest nutritional content and brightness (L^*) value were obtained in the freeze-dried samples.

Conclusion: Since the water activity value of all dry products is below 0.6, it has been considered microbiologically safe, and it has been determined that the dry product with the closest quality to fresh fruit is obtained by applying the freeze-drying method, which allows the evaporation of water by sublimation.

GİRİŞ

Aronya (*Aronia melanocarpa*), Rosaceae familyasına ait olan ve ılıman iklime sahip bölgelerde yetiştirilen üzüksü bir meyve türüdür. Küçük ve koyu renkli bir meyve olan aronya sert, acı ve mayhoş bir tada sahiptir. Gıda endüstrisinde taze tüketiminin yanı sıra ekşi ve buruk bir tada sahip olmasından dolayı kuru meyve, sirke, dondurma, yoğurt, kek gibi ürünlere işlenmektedir. Ayrıca yüksek antosiyanin içeriği sayesinde fonksiyonel meyve suları ile çaylarda ve yüksek pektin içeriği nedeniyle reçel, sos ve marmelat üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte gıdaların tatlarını, renklerini ve antioksidan özelliklerini iyileştirmek için gıda takviyesi olarak değerlendirilmektedir (Scott & Skirvin, 2007; Wolski et al., 2007; Hao et al., 2015; Zhang et al., 2021).

Aronya meyveleri yüksek antioksidan kapasitesine sahip, polifenol bileşikler bakımından zengin meyveler arasında bulunmaktadır. Özellikle fenolik asitler, antosiyaninler, flavonoller ve diğer polifenoller dâhil olmak üzere yüksek miktarda biyoaktif bileşikler içermektedir (Skapska, 2017). Bu nedenle, kardiyovasküler sistem ve sindirim sistemi hastalıklarının tedavisinde, mide rahatsızlıkları, soğuk algınlığı ve gıda zehirlenmelerinde bitkisel ilaç olarak da tercih edilmekte ve yüksek diyet lifi sayesinde sağlıklı beslenme programlarında yer almaktadır. Birçok hastalığa çare olarak önerilen bu meyvenin kimyasal bileşimi, sağlığa yararları ve klinik etkinlikleri, son zamanlarda ülke ve dünya çapındaki popülerliğini arttırmakta ve endüstriyel işlenmesine yönelik çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır (Samotica et al., 2016; Denev et al., 2019).

Taze aronya meyvesi kısa depolama ve tüketim süresine sahip gıdalardan biridir. Aronya dahil olmak üzere taze meyvelerin raf ömrünü uzatmak, depolama sırasında besin değerleri ve kalite özelliklerini korumak, dayanıklılıklarını arttırmak için farklı işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerden biri olan kurutma tekniği, en eski ve en sık kullanılan meyve koruma yöntemidir. Bir dehidrasyon tekniği olan kurutma işlemi nemin ısı ve kütle aktarımı yoluyla üründen uzaklaştırılarak kurutulmuş meyvelerin uzun süre fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak bozulmadan saklanması için uygulanmaktadır. Bu yöntem ile su aktivitesi değeri düşürülerek mikroorganizmaların büyümesi durdurulmakta, enzim aktivitesi azaltılarak kimyasal bozulma engellenmektedir. Bunun yanında, meyvelerin hacminin azaltılmasıyla ürünlerin yeni pazarlara dağıtımında, taşınmasında ve depolamasında verimlilik sağlanmaktadır (Horszwald et al., 2013; Calín-Sánchez et al., 2014).

Gıda endüstrisinde yapay kurutma yöntemleri arasında konvansiyonel hava ile kurutma dışında en çok kullanılan yöntemler arasında vakum kurutma gelmektedir. Dondurarak kurutma ise gıda endüstrisinde son yıllarda giderek yaygınlaşan bir kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma yöntemi, donmuş gıdalardaki suyun süblimleşmesi ve dehidrasyonu yoluyla uzaklaştırıldığı bir işlemdir. Gıda endüstrisinde kullanılan kurutma teknikleri arasında, yüksek işlem maliyetine rağmen yüksek kalite özelliklerine sahip kurutulmuş ürünler elde edilmesinden dolayı tercih edilmektedir (Marques et al., 2009). Genellikle tokoferoller, karotenoidler ve fenolikler gibi ısıya duyarlı bileşenler içeren gıdaların kurutulması için kullanılan bu teknikle taze gıdalarla aynı özelliklere sahip ürünler elde edilmektedir. Böylece ürünlerin şekil, tat, görünüm, renk, doku ve gözenekli yapıları ile besin içerikleri korunarak depolanmaktadır (Shofian et al., 2011). Bununla birlikte, geleneksel kurutma yöntemleriyle kıyaslandığında dondurarak kurutma yöntemi düşük buhar basıncı gerektirdiğinden uzun kuruma süresi ve yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu durum işletim maliyetlerini arttırmakta ve kurutma süresinin uzun sürmesi nedeniyle gıdaların yapısında bulunan antioksidan bileşiklerin içeriklerinde azalmaya yol açmaktadır (Horszwald et al., 2013; Akyıldız vd., 2017).

Vakum kurutma yöntemi, alternatif bir kurutma metodu olup, özellikle meyve ve sebzelerde kullanılan önemli bir yöntemdir. Bu yöntemde vakum yardımı ile gıdalarda bulunan suyun daha düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullar altında daha kolay buharlaşması sağlanmaktadır. Ayrıca, kurutma ortamında hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonlarını azaltarak ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini korumaktadır. Yapılan çalışmalarda, vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma

gibi özelliklerin daha iyi korunduğu tespit edilmiş; geleneksel kurutma ile karşılaştırıldığında ürünlerin üstün kalite özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Jaya & Das, 2003; Zhong & Lima, 2003; Motevali et al., 2011).

Konveksiyonel havayla kurutma tekniği ise yüksek sıcaklık ve uzun süreli performans gerektiren gıdaların kurutulmasında kullanılan, kurutma süresinin uzun olmasına rağmen gıda endüstrisinde ekonomik olduğu için yaygın olarak uygulanan bir tekniktir. Konveksiyonel havayla kurutmada işlem kontrolünün kolaylıkla sağlanabilmesi, ekipman bakımı ve temizliğinin kolay olması bu sistemin tercih edilmesinde önemli etkenlerdir. Ancak, bu yöntemin kurutma sırasında üründe büzülmelerin ve şekil bozukluklarının meydana gelmesi gibi dezavantajlarda bulunmaktadır (Çağdaş vd., 2011; Karam et al., 2016). Bu nedenle kurutulmuş ürünlerde genel olarak düşük gözeneklilik ve düşük kalite görülmektedir.

Literatür araştırmaları sonucunda gıda endüstrisinde aronya meyvesinin kullanılması ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan kurutma çalışmaları olmakla birlikte farklı yöntemlerle kurutulmuş aronya meyvesinden toz ürün eldesi ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Bu nedenle, yapılan bu çalışmanın amacı, farklı kurutma yöntemlerinin aronya meyvesinin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Kurutma denemelerinde kullanılan aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi Bursa, İnegöl'de yerel bir satıcıdan temin edilmiştir. Meyveler, kurutma denemelerinde kullanılabilecek kadar fizyolojik ve kimyasal değişime uğramaması için -25°C'de muhafaza edilmiştir.

Kurutma işlemleri

Kurutma işleminde kullanılmak üzere hazırlanan aronya meyveleri tek plaka üzerine yayılarak dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Dondurarak kurutma yönteminde meyveler, dondurucu ortam sıcaklığı -25°C ve raf sıcaklığı 50°C olmak üzere liyofilizatörde (Liyolife, 253.3.6/22/194, Manisa) kurutulmuştur. Vakum kurutma yönteminde meyveler, 10 psia basınç altında 65°C'de vakumlu etüvde (Nüve, Ev018, İstanbul) kurutulmuştur. Konvektif kurutma yönteminde ise meyveler, 1.5 m/s hava hızında 65°C'de laboratuvar ölçekli döner tepsili kabin kurutucuda (Weintek, 253.3.2/15/20210, Tayvan) kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma sistemlerinde kullanılan parametreler literatürde yapılan çalışmalar ve ön denemeler dikkate alınarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi belirli zaman aralıklarında örneklerdeki ağırlık kaybı ölçülerek meyvelerin ağırlığı sabit tartıma gelene kadar devam etmiştir. Kurutulan meyveler öğütücü (Sinbo, SCM-2934) kullanılarak öğütülmüş ve meyve tozları elde edilmiştir. Elde edilen tozlar cam kavanozlara konularak analizlere kadar desikatör içerisinde muhafaza edilmiştir.

Kurutulmuş örnekler üzerine uygulanan analizler

Toplam kuru madde tayini

Kurutulmuş olan örnekler yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılarak 65°C'de vakumlu etüvde (Nüve, Ev018, İstanbul) sabit tartıma ulaşınca bekletilmiş, akabinde desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır.

Toplam kül tayini

Kurutulmuş olan örnekler darası alınan krozelere yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılarak 550°C'de 5 saat yakılmış, sonrasında desikatörde soğutulularak toplam kül miktarı belirlenmiştir (Rannou et al., 2015).

Su aktivitesi tayini

Örneklerin su aktivitesi değerleri 20±1°C sıcaklıkta Testo marka cihaz kullanılarak belirlenmiştir. Su aktivitesi değerindeki farklılığın 0.001'den az olduğu koşulda su aktivitesi değerleri kaydedilmiştir.

Renk tayini

Meyve dış yüzeyi ve toz ürünlerin renk değerleri Hunter-Lab Colorflex renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler CIE renk skalası kullanılarak altı paralel olacak şekilde yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır. Kroma ve Hue açısı değerleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır (Ersus et al., 2021).

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocalteu reaktifi ile spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. 5 g örnek 50 mL %80'lik etanol ile homojenize edilmiş ve santrifüjlenerek ekstrakt elde edilmiştir. 0.5 mL ekstrakt üzerine 2.5 mL Folin Ciocalteu reaktifi (%10 h/h) eklenerek 4 dk boyunca karanlıkta inkübe edilmiş, daha sonra üzerine 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Örnek tüpleri 50°C su banyosunda 5 dk bekletilip soğutulduktan sonra 760 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla 10-50 mg/L aralığındaki gallik asit çözeltileri hazırlanıp aynı işlemler bu çözeltiler için de yapılarak gallik asit standart eğrisi çizilmiştir (Bilek, 2010). İşlemler aynı koşullarda üç kez tekrarlanmış, sonuçlar kuru madde üzerinden mg gallik asit eşdeğer/100 g olarak verilmiştir.

Toplam flavonoid miktarı tayini

Toplam flavonoid miktarı tayini Kim vd.'nin (2003) yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek 50 mL %80'lik etanol ile homojenize edilmiş ve santrifüjlenerek ekstrakt elde edilmiştir. 1 mL ekstrakt üzerine 0.3 mL %5'lik NaNO₂ ilave edilmiş ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Sonrasında 0.3 mL %10'luk AlCl₃.6H₂O eklenerek 5 dakika daha karanlıkta bekletildikten sonra ekstrakt karışımı üzerine 2 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Hemen ardından karışım 10 mL'lik balonjode saf su ile tamamlanarak örneklerin 510 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart eğriyi hazırlamak için etanolde çözdürülmüş 100-400 ppm aralığındaki kateşin çözeltileri kullanılmıştır. Aynı koşullarda işlemler üç kez tekrarlanmış, sonuçlar kuru madde üzerinden mg kateşin eşdeğer/100 g olarak ifade edilmiştir.

Toplam antosiyanin miktarı tayini

Toplam antosiyanin miktarı tayini pH diferansiyel yöntemine göre yapılmıştır. Bu yönteme göre pH değeri 1 olan 0.025 M KCl ve pH değeri 4.5 olan 0.4 M CH₃COONa çözeltileri hazırlanmıştır. Ekstraksiyon solventi olarak %96'lık etanol ve 1.5 N HCl kullanılmış, kimyasallar 85: 15 hacim/hacim oranında karıştırılmıştır. 1 g örnek 50 mL ekstraksiyon solventi ile homojenize edilmiş ve bir gece 4°C 'de bekletildikten sonra berrak çözelti elde edilinceye kadar santrifüj edilmiştir. Sonrasında elde edilen ekstrakttan 1 mL alınarak üzerine 9 mL pH değeri 1 ve 4.5 olan çözeltiler eklenmiştir. 20 dk karanlıkta bekletildikten sonra 528 nm ve 700 nm dalga boyunda çözeltilerin absorbans değerleri ölçülünerek toplam antosiyanin miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg siyanidin-3-glikozit eşdeğer/100 g olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

$$A \text{ (absorbans farkı)} = (A_{528} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{528} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$\text{Antosiyanin miktarı (mg siyanidin - 3 - glikozit/100 g)} = \frac{A \cdot Sf \cdot 1000 \cdot Mw}{\epsilon \cdot l} \quad (3)$$

Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğunun belirlenmesi

Öğütülerek toz haline getirilmiş örneklerin yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu analizi Kaur vd.'nin (2015) yöntemine göre yapılmıştır. Toz ürünlerin yapışkanlık ve akabilirlik değerleri Carr İndeks (CI) ve Hausner Ratio (HR) değerlerine göre belirlenmiştir. CI ve HR değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki

denklemler kullanılmıştır. Çizelge 1 ise sırasıyla Carr Endeksi ve Hausner Oranına göre toz ürünün akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırmasını göstermektedir.

$$CI = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}} - \rho_{\text{yiğın}}}{\rho_{\text{yiğın}}} * 100 \quad (4)$$

$$HR = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}}}{\rho_{\text{yiğın}}} \quad (5)$$

Çizelge 1. CI ve HR'ye göre toz ürünün akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırılması (Jinapong ve ark., 2008)

Table 1. Classification of fluidity and adhesiveness of powder product according to CI and HR (Jinapong et al., 2008)

CI (%)	Akışkanlık	HR	Yapışkanlık
<15	Çok İyi	<1.2	Düşük
15 - 20	İyi	1.2 - 1.4	Orta
20 - 35	Orta	>1.4	Yüksek
35 - 40	Kötü		
>45	Çok Kötü		

Büzülme oranı

Büzülme, kurutma esnasında gıdanın yüzeyinde meydana gelen değişimin bir göstergesidir. Büzülme oranı (%), kurutma öncesi ve sonrası meyvelerin çaplarının bir kumpas yardımıyla ölçülmesiyle hesaplanmıştır. Meyvelerin büzülme oranlarının hesaplanması için aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Aksoy, 2019).

$$\text{Büzülme Oranı (\%)} = \frac{\text{Kurutma öncesi çap} - \text{Kurutma sonrası çap}}{\text{Kurutma öncesi çap}} * 100 \quad (6)$$

İstatistiksel analiz

Tüm analizler üç tekerrür şeklinde yapılmıştır. Deneysel sonuçlar SPSS Statistics 25.0 programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD), Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak test edilmiş, ortalama ve standart sapma olarak kaydedilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada kurutma işleminde kullanılan aronya meyveleri dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Taze ve farklı kurutma teknikleriyle kurutulmuş meyvelerin kimyasal içeriğini belirlemek için toplam kuru madde, kül, su aktivitesi analizleri yapılmış, meyvelerin büzülme oranları belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait analiz sonuçları

Table 2. Analysis results of fresh and dried aronia fruits

	Toplam kuru madde (%)	Kül (g/100 g KM)	Su aktivitesi (aw)	Büzülme oranı (%)
Taze Aronya Meyvesi	22.69±0.5 ^d	5.42±0.1 ^a	0.996±0.01 ^a	
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	98.05±0.2 ^a	3.24±0.1 ^b	0.172±0.1 ^d	14.32±2.37 ^b
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	92.77±0.1 ^c	2.94±0.3 ^b	0.327±0.1 ^b	20.45±0.64 ^a
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	94.57±0.2 ^b	3.10±0.2 ^b	0.239±0.1 ^c	21.03±0.94 ^a

^{a-d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerinin fiziksel analiz sonuçlarına bakıldığında taze ve kurutulmuş meyvelerin nem içeriğinin kurutma yöntemlerine ve seçilen parametrelere büyük ölçüde bağlı olduğu tespit edilmiş, bu nedenle ürünlerin değişen su içeriğine bağlı olarak sonuçlar kuru madde (KM)

bazında hesaplanmıştır. Buna göre taze meyvenin toplam kuru madde içeriği %22.69±0.5 olarak bulunurken, dondurarak kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %98.05±0.2, vakum altında kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %92.77±0.1 ve konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %94.57±0.2 olarak tespit edilmiştir. Meyvelerin kül tayini ile saptanan mineral madde içeriği ise kuru madde bazında taze meyvede %5.42±0.1 olarak, kurutulmuş örneklerde ise sırasıyla %3.24±0.1, %2.94±0.3 ve %3.10±0.2 olarak belirlenmiştir. Taze ve kurutulan meyvelerin toplam kuru madde ve kül değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Meyvelerin su aktivitesi değerleri incelendiğinde taze meyvede su aktivitesi değeri çok yüksek bulunmuş, kurutma işlemi uygulanan örneklerde ise değerler 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, uzun süre zarar görmeden muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır. Uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak kurutulmuş meyvelerin su aktivitesi değerlerinin 0.172 ile 0.327 arasında değiştiği belirlenmiş, en düşük su aktivitesi dondurarak kurutma uygulanan aronya meyvesinde saptanmıştır ($P<0.05$). Samoticha et al. (2016) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş, en düşük su aktivitesi değeri dondurarak kurutma yönteminde (0.126) bulunurken, en yüksek su aktivitesi değeri vakum altında kurutulan meyvelerde (0.548) tespit edilmiştir.

Kurutulmuş meyvelerin büzülme oranları değerlendirildiğinde sıcaklığın artmasıyla birlikte büzülme oranının arttığı tespit edilmiş, dondurarak kurutulmuş örneklerin büzülme oranı, vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin büzülme oranlarına göre daha düşük çıkmıştır. Aynı sıcaklıkta vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin büzülme oranı ise birbirine yakın bulunmuştur. Bu sonuç dondurarak kurutma yönteminin meyvelerin yapısını ve şeklini daha iyi koruduğunu ortaya koymuştur ($P<0.05$).

Taze ve kurutma işlemi uygulanan meyvelerin kalitesini ve duyu özelliklerini belirlemek için yapılan renk analizinde, meyvelerin L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik), b^* (sarılık-mavilik), Hue açısı ve Kroma değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Ayrıca farklı yöntemlerle kurutulan aronya meyvesi ve tozlarının görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

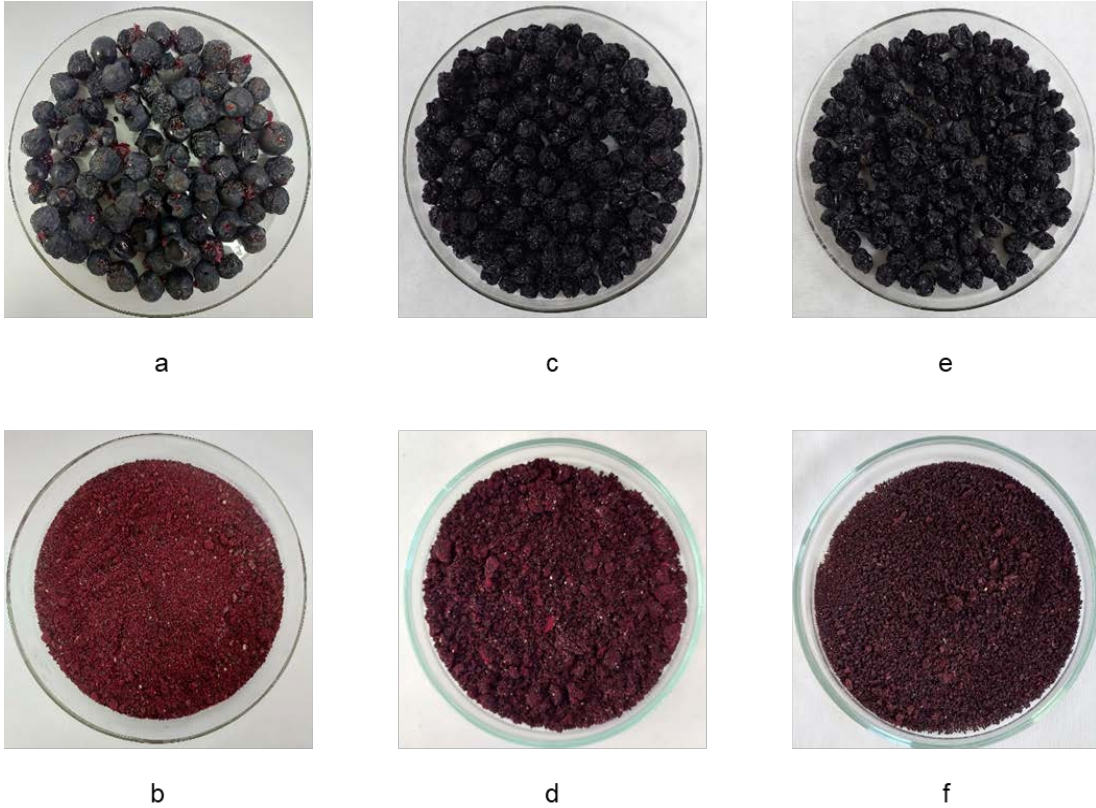
Meyvelerin renk analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek parlaklık (L^*) değeri dondurarak kurutma yönteminde (20.80±0.13) bulunmuş, en yüksek yüzdesel artış %33 olarak hesaplanmıştır. Meyvelerin a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri incelendiğinde ise en yüksek değerler dondurarak kurutulan meyvelerde (3.11±0.08 ve 3.78±0.08) tespit edilmiş, kırmızılık değerindeki en yüksek yüzdesel artış %76, sarılık değerindeki en yüksek yüzdesel artış %92 olarak hesaplanmıştır. Renk değerlerindeki bu farklılıklar, dondurarak kurutulan meyvelerin vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan meyvelere göre daha yüksek oranda kırmızılık ve sarılık içerdiğini göstermiştir. Meyvelerin Hue açısı ve Kroma değerlerine bakıldığında en yüksek Hue açısı (1.14±0.05) ve Kroma değeri (4.89±0.08) örneklerin kırmızılık ve sarılık değerlerine paralel olarak dondurarak kurutma yönteminde saptanmıştır. Aronya meyvelerinin renk değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 3. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait renk değerleri sonuçları

Table 3. Results of colour values of fresh and dried aronia fruits

	L^*	a^*	b^*	Hue Açısı	Kroma
Taze Aronya Meyvesi	13.87±0.07 ^d	0.72±0.13 ^c	0.30±0.11 ^d	0.04±0.03 ^c	0.78±0.15 ^d
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	20.80±0.13 ^a	3.11±0.08 ^a	3.78±0.08 ^a	1.14±0.05 ^a	4.89±0.08 ^a
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	15.18±0.13 ^c	2.85±0.09 ^b	1.54±0.16 ^c	0.09±0.04 ^c	3.24±0.09 ^c
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	17.69±0.05 ^b	2.93±0.09 ^b	2.56±0.31 ^b	0.54±0.21 ^b	3.90±0.20 ^b

^{a-d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).



Şekil 1. Farklı yöntemlerle kurutulan aronya meyvesi ve tozları (a) dondurarak kurutulan aronya meyvesi; (b) dondurarak kurutulan aronya meyvesi tozu; (c) konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesi; (d) konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesi tozu; (e) vakum altında kurutulan aronya meyvesi; (f) vakum altında kurutulan aronya meyvesi tozu.

Figure 1. Aronia fruit and powders dried by different methods (a) freeze-dried aronia fruit; (b) freeze-dried aronia fruit powder; (c) aronia fruit dried in a tray dryer; (d) aronia fruit powder dried in a tray dryer; (e) aronia fruit dried under vacuum; (f) aronia fruit powder dried under vacuum.

Aronya (*Aronia melanocarpa*), çok zengin polifenol, flavonol ve antosiyanin kaynağı olarak bilinen bir meyvedir. Bu nedenle yapılan çalışmada taze ve kurutulmuş meyvelerdeki toplam fenolik, flavonoid ve antosiyanin içeriği belirlenmiştir, sonuçlar Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çalışma bulgularına göre ham maddedeki toplam fenolik madde içeriği kuru madde bazında 8147.53 mg gallik asit eşdeğer/100 g, toplam flavonoid içeriği kuru madde bazında 7972.99 mg kateşin eşdeğer/100 g ve toplam antosiyanin içeriği kuru madde bazında 6695.15 mg siyanidin-3-glikozit eşdeğer/kg olarak bulgulanmıştır. Bu değerler, Horszwald et al. (2013), Oszmiański & Wojdyło (2005) ile Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara benzer bulunmuştur.

Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda fenolik madde içeriğinde %28-60'lık bir azalma meydana gelmiş, bu da nihai içeriklerinin kuru madde bazında 3261.08-5875.74 mg gallik asit eşdeğer/100 g aralığında değiştiğini göstermiştir. Dondurarak kurutma yöntemi aronya meyvesindeki fenolik madde içeriğini en yüksek düzeyde korurken (%28'lik kayıp), vakum altında kurutma yöntemi en düşük düzeyde (%60'lık kayıp) korumuştur ($P < 0.05$). Bu sonuçlar Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara yakın bulunurken, Horszwald et al. (2013) tarafından bildirilen sonuçlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma işlemi sonucunda meyvelerdeki toplam flavonoid içeriği değerlendirildiğinde, kurutma işleminin büyük ölçüde flavonoidlerin bozulmasına yol açtığı ve bunun sonucunda flavonol içeriğinde %65-86'lık bir azalma meydana geldiği saptanmıştır. En yüksek toplam flavonoid içeriği kuru madde bazında 2822.90 mg kateşin eşdeğer/100 g bulunurken, en düşük toplam flavonoid içeriği kuru madde

bazında 1104.64 mg kateşin eşdeğer/100 g olarak ölçülmüştür. Kurutma tekniği, kuruma sıcaklığı ve kuruma süresine bağlı olarak meyvelerdeki toplam flavonoid içeriğinin önemli düzeyde değiştiği tespit edilmiş, kurutma tekniğinin flavonoid içeriği üzerinde güçlü bir etkisi olduğu görülmüştür ($P<0.05$).

Farklı kurutma işlemleri uygulanan meyvelerin antosiyanin içerikleri incelendiğinde antosiyanin miktarlarında azalma olduğu tespit edilmiş, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriklerine benzer sonuçlar kaydedilmiştir. Sonuçlara göre meyvelerin antosiyanin içerikleri 4057.72-5811.79 mg siyanidin-3-glukozit eşdeğer/kg aralığında hesaplanmıştır. En yüksek antosiyanin madde içeriği dondurarak kurutma yönteminde tespit edilirken (%13'lük kayıp), en düşük antosiyanin içeriği vakum altında kurutulan meyvelerde tespit edilmiş ve meyvelerin antosiyanin içeriğinde %39'luk kayıp meydana gelmiştir. Kurutma yöntemleriyle birlikte, kuruma süresi ve kuruma sıcaklığının antosiyanin içeriğini etkilebileceği sonucuna ulaşılmıştır ($P<0.05$). Yapılan çalışma sonuçları literatürdeki çalışmalar ile kıyaslandığında Horszwald et al. (2013) ve Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara göre yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait kimyasal analiz sonuçları

Table 4. Chemical analysis results of fresh and dried aronia fruits

	Toplam fenolik madde içeriği (mg gallik asit/100 g KM)	Toplam flavonoid içeriği (mg kateşin/100 g KM)	Toplam antosiyanin içeriği (mg siyanidin-3-glukozit/kg KM)
Taze Aronya Meyvesi	8147.53±27.15 ^a	7972.99±31.21 ^a	6695.15±35.33 ^a
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	5875.74±19.77 ^b	2822.90±8.73 ^b	5811.79±58.29 ^b
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	3261.08±20.90 ^d	1104.64±9.23 ^d	4057.72±24.79 ^d
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	4585.41±16.96 ^c	1670.99±9.05 ^c	5183.04±47.37 ^c

^{a-d}Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Toz ürünlerin stabilitesi hakkında bilgi edinmek için yapılan yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizi öğütülen meyve tozlarına uygulanmış, bulgular Çizelge 5'te gösterilmiştir. Meyve tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu özellikleri değerlendirildiğinde vakum altında kurutulan aronya meyvesi tozunun, diğer kurutma yöntemleriyle kurutulan aronya meyvesi tozlarına göre daha yüksek yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerine sahip olduğu bulunmuştur. En yüksek yığın yoğunluğu değeri 431.92±0.01 kg/m³, en düşük yığın yoğunluğu değeri 340.71±0.01 kg/m³ olarak ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri ise 517.49±0.01 kg/m³ ve 376.69±0.01 kg/m³ olarak belirlenmiştir ($P<0.05$). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde yüksek sıcaklık ve uzun kuruma sürelerinin gıda ürünlerinin büzülme oranını etkilediği için kütle yoğunluğunu arttırdığı ve daha fazla iç hücre tahribatına neden olduğu sonucu ulaşılmıştır (Yemmireddy et al., 2013). Bu ifade yığın yoğunluğu değerleri arasındaki farklılığı açıklamaktadır. Yemmireddy et al. (2013) yaptığı çalışmada en yüksek yığın yoğunluğu değerini sıcak basınçlı hava ile kurutulan örneklerde bulurken; Calín-Sánchez et al. (2014) yaptığı çalışmada ise en yüksek yığın yoğunluğu değerini konvektif kurutma yönteminde tespit etmiştir.

Toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık davranışlarının belirlenmesi için hesaplanan Carr Endeksi ve Hausner Oranı sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiş, dondurarak ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin çok iyi düzeyde akabilirlik ve düşük düzeyde yapışkanlık davranışı sergilediği belirlenmiştir. Vakum altında kurutulan örneklerin ise iyi düzeyde akabilirlik ve orta düzeyde yapışkanlık gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak toz ürünlerin akabilirlik değerleri 9.55±0.16 ile 16.54±0.09 aralığında bulunurken, yapışkanlık değerleri 1.11± 0.01 ile 1.20 ± 0.01 aralığında saptanmıştır ($P<0.05$).

Çizelge 5. Kurutulmuş aronya meyvelerine ait yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, Carr Endeksi ve Hausner Oranı sonuçları

Table 5. Results of bulk density, compressed bulk density, Carr Index and Hausner Ratio of dried aronia fruits

	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Carr Endeksi (CI) (%)	Hausner Oranı (HR)
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	340.71±0.01 ^b	376.69±0.01 ^c	9.55±0.16 ^c (Çok İyi)	1.11±0.01 ^c (Düşük)
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	431.92±0.01 ^a	517.49±0.01 ^a	16.54±0.09 ^a (İyi)	1.20±0.01 ^a (Orta)
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	359.27±0.02 ^b	404.45±0.02 ^b	13.39±0.08 ^b (Çok İyi)	1.15±0.01 ^b (Düşük)

^{a-c} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

SONUÇ

Farklı tekniklerle kurutulan aronya meyvelerinin fiziksel kimyasal ve toz ürün analiz sonuçları değerlendirildiğinde kurutulmuş örneklerin toplam kuru madde içeriklerinin %92-98 arasında, kül tayini ile belirlenen mineral içeriklerinin %2-3 arasında, kurutma sonrası büzülme oranlarının ise %14-21 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. En yüksek parlaklık (L^*), kırmızılık-yeşillik (a^*) ve sarılık-mavilik (b^*) değerleri dondurarak kurutma yönteminde saptanmıştır. Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda örneklerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve toplam antosiyanin içeriğinde azalma tespit edilmiş, taze meyveye en yakın değerler dondurarak kurutma yönteminde bulunmuştur. Örneklerin su aktivitesi değeri 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, dondurarak ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin çok iyi düzeyde akabilirlik ve düşük düzeyde yapışkanlık davranışı sergilediği için ambalajlama ve depolama gibi işlemlerde kolaylık sağlayabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak taze örneklere en yakın besinsel değerler dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilmiş ve bu yöntemde meyvelerin büzülme oranı daha düşük olduğu için tazeye en yakın hacimsel boyutlarda ürün elde edilmesi mümkün olmuştur. Yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen son 5 yılda dondurarak meyve kurutulması ülkemizde oldukça yaygın hale gelmiştir, hali hazırda kurulu büyük kapasitede 7 farklı firma üretimlerini sürdürürken, 150 kg'lık taze ürün kapasiteli kurutucularda üretim yapan firmaların sayısı giderek artmaktadır.

TEŞEKKÜR

Araştırmamız kapsamında bize hammadde temini sağlayarak destek olan By Aronia Gıda Ltd. Şti.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aksoy, A., 2019. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kıymanın Kurutma Kinetiği, Mikroyapısı, Rengi Ve Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi, (Basılmamış) Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 115 s.
- Akyıldız, A., S. Polat & E. Ağçam, 2017. Konveksiyonel ve dondurarak kurutma yöntemlerinin karpuzun bazı kalite özelliklerine etkisi. *Gıda*, 42 (2): 169-176.
- Calín-Sánchez, A., A. Kharaghani, K. Lech, A. Figiel, A.A. Carbonell-Barrachina & E. Tsotsas, 2014. Drying kinetics and microstructural and sensory properties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as Affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, 8: 63-74.
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi: Ankara, 480 s.
- Çağdas, E., S. Kumcuğlu & Ş. Tavman, 2011. Mikroalga destekli vakum kurutma tekniği ve gıdaların kurutulmasında kullanımı. *Akademik Gıda*, 9 (1): 40-48.
- Denev, P., M. Číž, M. Kratchanova & D. Blazheva, 2019. Black chokeberry (*Aronia Melanocarpa*) polyphenols reveal different antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities. *Food Chemistry*, 284: 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.108>

- Ersus Bilek, S., 2010. The effects of time, temperature, solvent: solid ratio and solvent composition on extraction of total phenolic compound from dried olive (*Olea europaea L.*) leaves. *Gıda/The Journal of Food*, 35: 411-416.
- Ersus, S., M. Çetiner., N. Hayatioğlu & A.Z. Hepçimen, 2021. Production of pomegranate snacks as affected by different pre-treatments. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 58 (1): 17-24. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.723460>
- Hao, M.L., N. Pan, Q.H. Zhang & X.H. Wang, 2015. Therapeutic efficacy of chlorogenic acid on cadmium-induced oxidative neuropathy in a murine model. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 9: 1887-94. <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/etm.2015.2367>
- Horszwald, A., H. Julien & W. Andlauer, 2013. Characterisation of Aronia Powders Obtained by Different Drying Processes. *Food Chemistry*, 141 (3): 2858-2863. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.103>
- Jaya, S. & H. Das, 2003. A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21: 1215-1234. <https://doi.org/10.1081/DRT-120023177>
- Jinapong, N., M. Suphantharika & P. Jamnong, 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration. spray drying and fluidized bed agglomeratio. *Journal of Food Engineering*, 84: 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Karam, M.C., J. Petit, D. Zimmer, E.B. Djantou & J. Scher, 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review. *Journal of Food Engineering*, 188: 32-49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
- Kaur, P., S.K. Singh, V. Garg, N. Gulati & Y. Vaidya, 2015. Optimization of spray drying process for formulation of solid dispersion containing polypeptide-k powder through quality by design approach. *Powder Technology*, 284: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.06.034>
- Kim, D.O., S.W. Jeong & C.Y. Lee, 2003. Antioxidant capacity of phenolic phyto chemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81 (3): 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
- Marques, L.G., M.M. Prado & J.T. Freire, 2009. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 42 (7): 1232-1237. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.012>
- Motevali, A., S. Minaei & M.H. Khoshtagaza, 2011. Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 52: 1192-1199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.014>
- Rannou, C., D. Queveau, V. Beaumal, E. David-Briand, C. Le Borgne, A. Meynier, M. Anton, C. Prost, P. Schuck & C. Loisel, 2015. Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n3 enriched egg yolk powders. *Journal of Food Engineering*, 154: 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.002>
- Samoticha, J., A. Wojdyło & K. Lech, 2016. The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT-Food Science and Technology*, 66: 484-489. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073>
- Scott, R.W. & R.M. Skirvin, 2007. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Michx.): A semi-edible fruit with no pests. *Journal of the American Pomological Society*, 61 (3): 135.
- Shofian, N.M., A.A. Hamid, A. Osman, N. Saari , F. Anwar, M.S. Pak Dek & M.R. Hairuddin, 2011. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12 (7): 4678-4692. <https://www.mdpi.com/1422-0067/12/7/4678>
- Skapska, S., K. Marszalek, L. Wozniak & Z. Katarzyna, 2017. Aronia dietary drinks fortified with selected herbal extracts preserved by thermal pasteurization and high pressure carbon dioxide. *LWT - Food Science and Technology*, 85: 423-426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.001>
- Wolski, T., O. Kalisz, M. Prasał & A. Rolski. 2007. Black chokeberry- *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot- The rich source of antioxidants. *Post. Fitoter*, 3: 145-154. DOI: [10.1155/2018/9574587](https://doi.org/10.1155/2018/9574587)
- Yemmireddy, V.K., M.S. Chinnan, W.L. Kerr & Y.C. Hung, 2013. Effect of drying method on drying time and physico-chemical properties of dried rabbiteye blueberries. *LWT--Gıda Bilimi ve Teknolojisi*, 50: 739-745. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.011>
- Zhang, Y., Y. Zhao, X. Liu, X. Chen, C. Ding, L. Dong, J. Zhang, S. Sun, Q. Ding, S. Khatoon, Z. Cheng, W. Liu, L. Shen & F. Xiao, 2021. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as a new functional food relationship with health: an overview. *Journal of Future Foods*, 1-2: 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.006>
- Zhong, T. & M. Lima, 2003. The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*, 87: 215-220. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00253-5)

Derleme (Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2): 363-374
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1126540>

Mesut Yüce YILDIZ^{1*} 

Ela ATIŞ¹ 

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

mesut.yuce.yildiz@gmail.com

Yaşam döngüsü analizi: teorik çerçeve ve tarıma uygulanması*

Life cycle assessment: theoretical framework and its application to agriculture

Received (Alınış): 08.06.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 07.09.2023

ÖZ

Yaşam Döngüsü Analizi son yıllarda sıklıkla kullanılan bir araştırma yöntemidir. İlk olarak çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılan bu yöntem, sosyal ve ekonomik etkileri de kapsamına almıştır. Bu sayede Yaşam Döngüsü Analizi, bir ürüne dair kapsamlı bir sosyal, ekonomik ve çevresel analizi, yani bir ürünün üretiminden tüketilip geri dönüşümüne kadar bütün yönlerini içeren bir analizi olanaklı kılmaktadır. Yaşam Döngüsü Analizinin tarımsal araştırmalarda kullanımı ile klasik Yaşam Döngüsü Analizi arasında farklılıklar bulunmaktadır. Tarımsal üretim doğa koşullarına göre belirlenmekte, ürüne ve döneme göre farklılaşmaktadır. Bu yüzden tarıma yönelik yapılan bir YDA araştırmasının etki kategorilerinin ve işlevsel biriminin tarımsal koşullara uyarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada Yaşam Döngüsü Analizinin ortak kavramsal çerçevesi ve tarıma uygulanışı ele alınmıştır. Yaşam Döngüsü Analizinin yöntemsel çerçevesi, çalışmalarda ortak bulunan yönleri ile incelenmiştir. Sosyal Yaşam Döngüsü Analizi de Çevresel Yaşam Döngüsü Analizinden yöntemsel farklılıkları ile araştırmaya dahil edilmiştir. Yöntem, tarımsal ürünlerde sürdürülebilir üretim ve tüketim stratejilerinin uygulanmasına katkıda bulunabilir. Bu yönüyle hem çevresel hem de sosyal boyutu içeren Yaşam Döngüsü Analizi çalışmalarının tarıma uygulanması, ilgili üretim sistemi ve/veya ürüne ilişkin karar vericilere ve politika yapıcılara, üretici ve tüketicilere çevresel etkileri hakkında geri bildirim sağlayacaktır.

ABSTRACT

Life Cycle Assessment is a research method that has been used frequently in recent years. This method, which was first used to assess environmental impacts, has expanded its scope in social and economic impacts. In this way, Life Cycle Assessment enables a comprehensive social, economic, and environmental analysis of a product, that is, an analysis that includes all aspects of a product from its production to consumption and recycling. Life Cycle Assessment in agricultural research has differences as compared to the classical Life Cycle Assessment. Agricultural production is determined according to natural conditions and differs according to the product and the period. Therefore, the impact categories and functional unit of a Life Cycle Assessment research on agriculture should be adapted to agricultural conditions. In this research, the common conceptual framework of Life Cycle Assessment and its application to agricultural production were examined. The methodological framework of Life Cycle Assessment was also included in the study with its methodological differences from Environmental Life Cycle Assessment. The method can contribute to the implementation of sustainable production and consumption strategies in agricultural products. In this respect, the application of Life Cycle Assessment studies to agriculture, which includes both environmental and social dimensions, will provide feedback on the environmental impacts of the relevant production system and/or product to decision makers and policy makers, producers and consumers.

Anahtar sözcükler: Çevresel yaşam döngüsü analizi, sosyal yaşam döngüsü analizi, tarımsal yaşam döngüsü analizi

Keywords: Agricultural life cycle assessment, environmental life cycle assessment, social life cycle assessment

GİRİŞ

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) ya da Çevresel Yaşam Döngüsü Analizi (ÇYDA) endüstriyel sistemleri “beşikten mezara” değerlendirmek için kullanılan bir yaklaşımdır. “Beşikten mezara” söylemi, bir ürünü oluşturmak için hammadde toplanması ile başlamakta ve tüm materyallerin toprağa döndüğü noktada bitmekte olduğunu ifade etmektedir. YDA, 1960'larda ve 70'lerde enerji analiziyle başlamış ve ürün veya sistemlerin çevre üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılan geniş kapsamlı bir araca dönüşmüştür. İlk zamanlarda yöntemsel olarak belirli bir standart bulunmamaktadır. Birbirinden çok farklı yaklaşım ve terminolojiyi içeren 1970-90 döneminde YDA araştırmaları, farklı yöntemler kullanılarak ve ortak bir teorik çerçeve olmadan gerçekleştirilmiştir. YDA, firmalar tarafından defalarca uygulanmış, elde edilen sonuçlar çalışmanın nesnelere aynı olduğunda bile büyük ölçüde farklılık göstermiştir. Bu durum, YDA'nın genel kabul gören ve uygulanan analitik bir araç olmasını engellemiştir.

YDA uygulamalarının sayısı 1990-2000 yılları arasında artmıştır. Bu artış, YDA metodolojisine dair belirli standartları gerektirmiştir. Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (Block et al., 2000), Kuzey Amerika ve Avrupa şubeleri aracılığıyla, YDA terminolojisinin ve metodolojisinin sürekli iyileştirilmesi ve uyumlaştırılması için çabalamıştır (Guinée et al., 2011). Bu çaba, YDA uygulayıcılarını, kullanıcılarını ve bilim insanlarını bir araya getirmede lider ve koordine edici bir rol oynamaya başlamıştır. SETAC'ın yanında, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 1994'te YDA'ya dahil olmuştur. SETAC, çalışma grupları yöntemlerinin geliştirilmesi ve uyumlaştırılmasına odaklanırken, ISO yöntemlerin ve prosedürlerin standartlaştırılması görevini benimsemiştir. Şu anda YDA için iki uluslararası standart bulunmaktadır (ISO, 2006). İlki, ISO 14040, Yaşam döngüsü Analizi (YDA) için ilkeleri ve çerçeveyi açıklamakta; ikincisi ISO 14044 ise Yaşam döngüsü Analizi (YDA) için gereksinimleri ve yönergeleri sağlamaktadır.

ISO, YDA için belirlediği standartlara rağmen yönetime dair belirli bir standardizasyon geliştirilmediğini, YDA'nın tek bir yöntemle ilişkili olamayacağını açıkça belirtmiştir (ISO, 2006). Bununla beraber, YDA metodolojisinin aşamaları araştırmalara göre farklılaşsa da metodolojik olarak daha belirgin hale gelmiştir. 2000'li yılların başından günümüze YDA metodolojisi, sadece çevresel etkileri ve ürün yaşam döngüsünü değerlendiren bir analiz olmaktan çıkmıştır. YDA kapsamına, Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi (YDMA) ve Sosyal Yaşam Döngüsü Analizi (SYDA) eklenmiştir. Kısacası; daha bütüncül şekilde, Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi (YDSA) olarak ele alınmaya başlamıştır (Heijungs et al., 2010):

Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi (YDSA)= Çevresel YDA+YDMA+SYDA

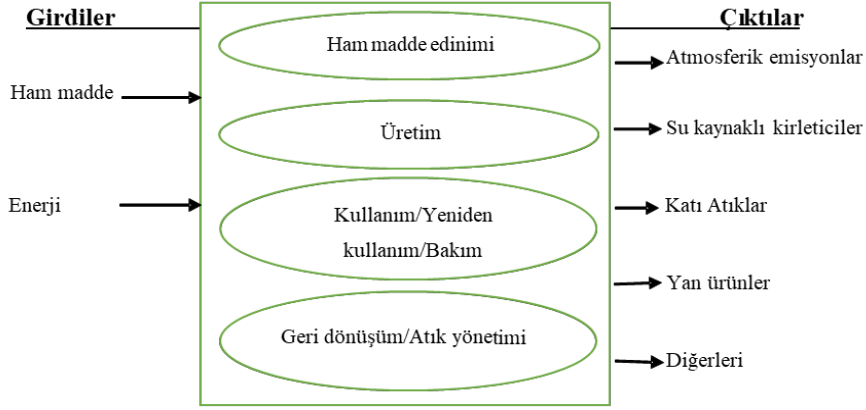
YDA yeni bir yöntem olmasına karşılık kısa sürede yöntemsel çerçevesi belirginleşmiş birçok araştırmada kullanılmıştır. Tarımda kullanımı yeni metodolojik gelişmeleri gerektirmesine rağmen, son 25 yılda çevresel etkileri ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için YDA'nın uygulanmasına ilgi giderek artmıştır (Cowell & Clift, 1996; Mohamad et al., 2014). Avrupa Birliği (AB)'nin 2019'da, çevre ve sürdürülebilirlik konusunda önemli adımlar atacağını ifade eden yeni büyüme stratejisi Avrupa Yeşil Mutabakatının tarım için önemli unsurlarından birisi olan Tarladan Sofraya Stratejisi de AB'nin YDA yaklaşımına artan ilgisini ifade etmektedir.

Tarımsal üretim ve tarımsal hammadde sanayiine yönelik yapılan YDA araştırmaları üretimden tüketime kadar çevresel dışsallık oluşturan bütün süreçlerin etkilerinin hesaplanmasını sağlamıştır. Bunun yanında tarımsal üretimde sosyal süreçlerin ve insan etkinliğinin fazla olması SYDA'nın da kullanılmasına yol açmıştır.

Bu çalışmada YDA'nın teorik çerçevesi, tarıma uygulanışı ve uygulamadaki farklılıklar ele alınmıştır. YDA yöntemsel kapsamının çok geniş olması bu çalışmanın boyutlarını aşacağından, teorik olarak sadece araştırmalarda sıkça kullanılan ortak boyutları dikkate alınmıştır. YDA'nın teorik çerçevesi ÇYDA üzerinden değerlendirilmiş ve SYDA'yı kapsayan kısmı, ÇYDA ile ortaklaştığı ve farklılaştığı başlıklarda ele alınmıştır.

Yaşam Döngüsü Analizi: Teorik Çerçeve

ÇYDA'nın temel fikri, bir ürün veya hizmetle bağlantılı tüm çevresel yüklerin değerlendirilmesidir (Klöppfer, 1997). ÇYDA, geleneksel analizlerde (örneğin hammadde çıkarma, lojistik, ürünün yok olması vb.) dikkate alınmayan etkiler dahil olmak üzere, ürün yaşam döngüsünün tüm evrelerinden kaynaklanan kümülatif çevresel etkilerin tahminini sağlamaktadır. Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca oluşan çevresel etkileri dahil ederek, ürünün veya sürecin çevresel yönleriyle ilgili kapsamlı bir görünüm sunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yaşam döngüsü analizinin evreleri (Curran, 2006).

Figure 1. Level of life cycle assessment.

YDA aslında araştırmalarda ÇYDA yerine ya da tam tersi şekilde kullanılabilir. Ancak bazı araştırmalarda YDA'nın kapsamı sosyal (SYDA), ekonomik (YDMA) ve çevresel (ÇYDA) olarak ayrılabilir. Bu makalede YDA metodolojisinin daha anlaşılır olmasını sağlayabilmek için YDA'yı hepsini kapsayacak şekilde tanımlama ihtiyacı duyulmuştur. ÇYDA'nın evrelerini daha detaylı şekilde tanımlayacak olursak; hammadde edinimi, doğadan bir hammadde elde etmek için gereken tüm faaliyetleri içerir. Üretim, enerji ve hammaddeleri ürüne dönüştürme faaliyetlerini kapsamaktadır. Kullanım/Yeniden Kullanım/Bakım, uygulanan teknolojinin işleyişi sırasında gerçekleştirilen tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Son olarak, geri dönüşüm/atık yönetimi ise işlem sürecinden çıkan ekipman ve malzemenin son halini tanımlamaktadır (Curran, 2006).

Spesifik olarak, ÇYDA, bir ürün, süreç veya hizmetle ilgili çevresel yönleri ve potansiyel etkileri değerlendiren bir tekniktir (Curran, 2006). Bir ürün, süreç veya hizmetle ilgili enerji, materyal girdilerinin ve çevre emisyonlarının bir envanterinin çıkarılması, tanımlanan girdiler ve çevresel emisyonlar ile ilişkili olası çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve karar vericilerin daha bilinçli bir karar vermelerine yardımcı olmak için sonuçların yorumlanmasıdır.

ÇYDA metodolojisi aşağıdaki aşamaları içermektedir (Curran, 2006; Demirer, 2011);

- Amaç ve Kapsam: Bu aşamada ÇYDA çalışmasının amacı, kapsamı, sınırları ve detaylandırma düzeyi tanımlanır.
- Envanter Analizi: Çalışılan sistemin kapsamı dahilinde gerçekleşecek enerji, su, ham madde kullanımı ve bunlara bağlı çevresel emisyonlar belirlenir.
- Etki Analizi: Envanter analizi aşamasında belirlenen enerji, su, ham madde kullanımı ile çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki olası etkileri değerlendirilir.
- Yorumlama: Envanter ve etki analizi aşamalarının sonuçları değerlendirilerek, tercih edilecek ürün, süreç ya da hizmet seçilir. Bu seçim esnasında yapılan tahminler ve var olan belirsizlikler ÇYDA kapsamında açık bir şekilde belirtilir.

Bu aşamalar, çalışma süresince oluşan yeni değişkenler ile birbirlerini sürekli olarak etkileyip tekrarlayabilmektedir.

YDA'nın uygulanabilmesi ve sisteme ait sınırların anlaşılabilmesi için kapsamlı bir akış şeması çıkarılmalıdır. YDA'da üç ana tip sistem sınırı kabul edilmektedir. Bunlar: teknik sistem ve çevre arasında, önemli ve önemsiz süreçler arasında ve araştırmaya dahil olan teknolojik sistem ile diğer teknolojik sistemler arasındadır (Finnveden et al., 2009). Sistem akış şemasının çıkarılması, tam bir süreç analizinin gerekliliği, ürün veya kullanılan malzemenin temeli, ürünleri oluşturma, paketlenme veya sürecin yürütmesi için hangi yardımcı malzemeler veya kimyasalların kullanılacağı, karşılaştırmalı bir analizde bir ürünün diğerine eşdeğer veya benzer performans sunmasını sağlamak için herhangi bir ekstra ürün gerekip gerekmediği vb. durumların analize dahil edilip edilmemesinin anlaşılmasını sağlamaktadır (Curran, 2006).

Sistem sınırlarını tanımlarken, analizin genel yorumunu veya var olan sorunları ele alma kabiliyetini etkileyebilecek her adımı dahil etmek önemlidir. Hammadde alımı veya atık yönetimi gibi yaşam döngüsü unsurları yalnızca belirli iyi tanımlanmış durumlarda hariç tutulabilir. Genel olarak, bir adımın süreç, malzeme ve miktar olarak dikkate alınan tüm alternatiflerde tamamen aynı olması durumunda, o adım sistemden çıkarılabilir (Curran, 2006). Sistem sınırlarını belirlerken analist, analizin nerede sınırlı olacağına karar vermeli ve kararın nedenleri konusunda çok net olmalıdır. 'Analizin ürünün tüm yaşam döngüsünü kapsamaması gerekiyor mu?', 'ürünün kullanım amacı ne olacak?', 'ürünler oluşturulurken, paketlenirken veya süreç esnasında hangi yardımcı malzemeler veya kimyasallar kullanılıyor?' vb. sisteme dair soruların sorulması, o sisteme dair koyulan sınırların netleşmesini sağlamaktadır.

Sistem akış şeması ne kadar karmaşıkça, sonuçların doğruluğu ve faydası o kadar fazladır (Curran, 2006). Artan karmaşıklık, veri toplama ve analiz etme adımlarının yanı sıra bu adıma daha fazla zaman ve kaynak ayrılması gerektiği anlamına gelmektedir. Akış diyagramları, incelenen tüm alternatifleri modellemek için kullanılır (hem temel sistem hem de alternatif sistemler). Temel ve alternatif sistemlerin aynı sistem sınırlarını kullanması ve aynı ayrıntı düzeyinde modellenmesi karşılaştırmalı bir çalışma için önemlidir. Aksi takdirde, sonuçların doğruluğu çarpık olabilmektedir.

Geliştirilen sistem akış şeması ilk olarak toplanacak veriler için yol haritası sağlamaktadır. Veri toplama aşamasında veriler, saha ziyaretleri ve uzmanlarla doğrudan iletişim sonucu elde edilen verilerin birleşiminden oluşmaktadır (Curran, 2006). Bu akış şeması gerekli verilerin kaynağını, türünü, kalitesini, doğruluğunu ve toplama yöntemini belirtmektedir. Akış şemasını oluşturmak ve çalışmaya dair sayısal verileri bulmak önemlidir. Verileri bulmak kolay olmayabilir, hatta bazı verilerin elde edilmesi zor veya imkânsız olabilir. Bunun ötesinde mevcut verilerin ihtiyaç duyulan işlevsel birime dönüştürülmesinde güçlüklerle karşılaşılabilir. Bu nedenle, çalışmanın sistem sınırlarının veya veri kalitesi hedeflerinin, veri kullanılabilirliğine dayalı olarak sadeleştirilmesi gerekebilir. Bu süreç çoğu YDA çalışması için geçerlidir.

Bir ürüne dair çevresel etki değerlendirmesi yapmak için, o ürünün üretim sürecinde kullanılan envanter verilerinin (enerji, hammadde, hava emisyonları, su emisyonları katı atık, lojistik vs.) analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Envanter analizi, ürüne dair sürecin çıktıları, girdileri, sınırları ve sisteme dahil edilen bütün varsayımları açıkça gösteren bir rapor olmalıdır. Detaylı bir envanter verisi analiz raporu, ilgili süreç boyunca oluşan olası etkilerin (çevresel salınımlar, doğal kaynakların tüketimi ve insan sağlığına etkisi) değerlendirilmesini ve doğruluğunu sağlamaktadır (Demirer, 2011).

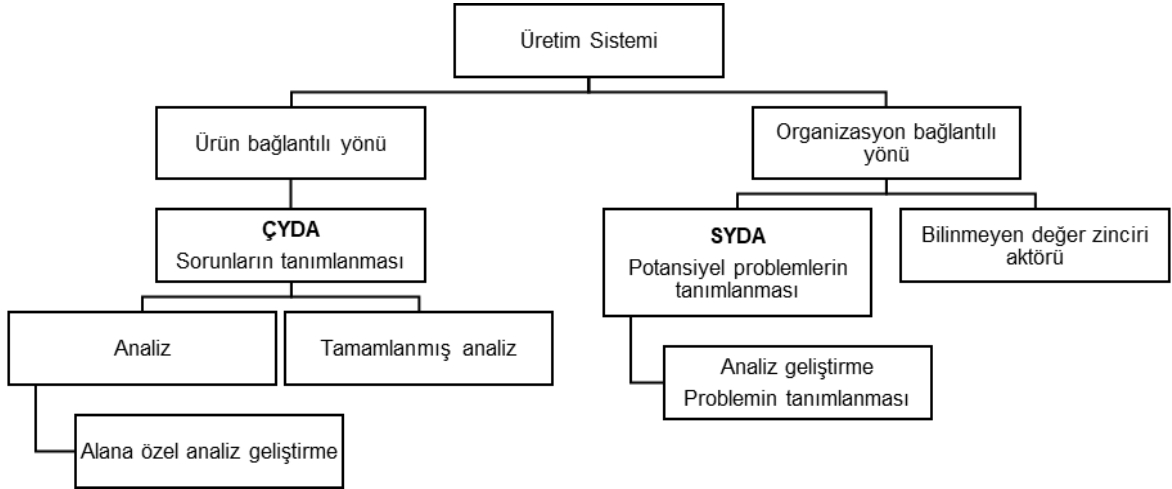
Bir sonraki safha Yaşam Döngüsü Etki Analizidir (YDEA). YDEA birçok önemli aşamadan oluşmaktadır; etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması, sınıflandırma, karakterizasyon, normalizasyon, gruplandırma, ağırlıklandırma ve son olarak sonuçların değerlendirilip raporlanmasıdır (Curran, 2006). Yaşam döngüsü envanter verileri dikkate alınarak bir süreç hakkında çok şey öğrenilebilse de YDEA karşılaştırma yapmak için anlamlı bir temel sağlamaktadır. Örneğin, atmosfere salınan 9.000 ton karbondioksit ve 5.000 ton metanın her ikisinin de zararlı olduğunu bildiğimiz halde, hangisinin daha büyük bir potansiyel etkiye sahip olabileceğini bir YDEA ile belirleyebiliriz. Bir YDEA ile bilimsel karakterizasyon faktörlerini kullanarak, bir sürecin çevresel salınım veya küresel ısınma gibi sorunlar üzerindeki etkileri hesaplanabilir (Curran, 2006; Demirer, 2011).

Son aşama, YDE (Yaşam Döngüsü Etki Analizi) ve YDEA aşamalarında elde edilen sonuçların yorumlanmasıdır. YDA sonuçları ISO standartlarına uygun şekilde yorumlanmaktadır. Yorumlamalar envanter ve etki analizi ile bağlantılı olarak yapılmaktadır. Yapılan çalışmanın eksiksiz olarak gerçekleştirilmesi, hipotezler ile sonuçların tutarlı olması, sonuçların açık bir dille anlatılması ve her aşamada genel değerlendirme yapılması yorumlamanın doğru olmasını sağlayacaktır (Curran, 2006; Demirer, 2011).

YDA'nın çevresel metodolojisine sosyal ve ekonomik analizin entegre edilmesi bir yaşam döngüsünün potansiyel etkilerinin daha kapsamlı ve anlaşılır olmasını sağlamaktadır (O'Brien et al., 1996). Sosyal yaşam döngüsü analizi (SYDA), ürünlerin sosyo-ekonomik yönlerini ve bunların yaşam döngüsünü kapsayan potansiyel olumlu ve olumsuz etkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir sosyal etki değerlendirme tekniğidir (hammadelerin çıkarılması ve işlenmesi, imalatı, dağıtımı, kullanımı, yeniden kullanımı, bakımı, geri dönüşüm vb.). SYDA, ÇYDA'yı sosyo-ekonomik yönüyle tamamlamaktadır (Jørgensen et al., 2008). SYDA, kendi başına veya ÇYDA ile birlikte uygulanabilmektedir.

SYDA ve ÇYDA'da yöntemsel olarak birçok ortak nokta bulunmaktadır. ÇYDA'nın metodolojisini oluşturan evreler (amaç, kapsam, envanter analizi ve etki analizi) farklılıklar olmasına rağmen SYDA için de aynıdır (Falque et al., 2013). İki yöntemin de uygulanabilmesi için veriye büyük ihtiyaç duyulmaktadır. SYDA'da metodolojiyi oluşturan aşamalar ÇYDA'da olduğu gibi tekrarlanan bir prosedür izlemektedir. İki yöntem de bir ürünün üretiminin gerekli olup olmadığı hakkında bilgi sağlama amacına sahip değildir. Veri kalitesinin değerlendirilmesi iki yöntem için de önemlidir. Genelde etkiler yarı kantitatif veya kalitatif veriler kullanılarak ifade edilir.

ÇYDA ve SYDA arasındaki en belirgin fark odak noktasıdır. İki çevresel etkilerin değerlendirilmesiyle ilgilenirken, ikincisi sosyal ve sosyo-ekonomik etkileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. ÇYDA temel olarak ürünle ilgili fiziksel miktarlar hakkında bilgi toplamaya (üretim, kullanım ve imha) odaklanırken, SYDA değer zinciri boyunca organizasyonla ilgili konular hakkında ek bilgiler toplamaktadır (Şekil 2.).



Şekil 2. Üretim sisteminin çift yönlü analizi (Andrews, 2009).

Figure 2. Two-way analysis of the production system.

ÇYDA ve SYDA aynı metodolojik aşamalara sahip olmasına rağmen, araştırma yöntemleri açısından farklı tanımlara sahiptir.

Amaç ve Kapsam: Ürün programının hem ÇYDA'da hem de SYDA'da işlevsel terimlerle tarif edilmesi gerekir. SYDA, ürün kullanım aşaması ve işlevinin sosyal etkilerini de göz önünde bulundurmaktadır. SYDA'da bir kategori çalışmaya dahil edilmediğinde gerekçenin sunulması gerekmektedir. Kategoriler hem

paydaş kategorilerine (işçiler, yerel topluluk, toplum, tüketiciler, değer zinciri aktörleri) hem de SYDA etki kategorilerine (insan hakları, çalışma koşulları, sağlık ve güvenlik vs.) göre sınıflandırılır. ÇYDA'da bu bir gereklilik değildir. ÇYDA'da yalnızca etki kategorilerine göre sınıflandırılır. Hem ÇYDA hem de SYDA'da etki değerlendirme yöntemleri bölgeye duyarlı olmasına rağmen, hiçbir ÇYDA yöntemi doğrudan olarak sahaya özgü değildir. ÇYDA yöntemleri genellikle coğrafya gibi fiziksel faktörlere bağlı konum veya nüfus yoğunluğu kategorilerini tanımlar ve kullanır. SYDA ise bazı durumlarda sahaya özel uygulanabilir, ayrıca ülke yasaları gibi politik konular hakkında da bilgiye ihtiyaç duyabilmektedir.

Envanter analizi: Faaliyet verileri SYDA' da ÇYDA' da olduğundan daha sık toplanır ve kullanılır (örneğin, her birim işlemin ürün sistemindeki payını tahmin etmek için çalışma saatleri). ÇYDA' da etkilerle ilgili veriler mevcut olmadığında faaliyet verileri kullanılmaktadır. Özne veriler (paydaşlardan alınan veriler vb.) bazen SYDA' da kullanılacak en uygun bilgidir. Özne verileri daha “nesnel” veriler lehine atlamak, SYDA sonuçlarında daha fazla belirsizlik oluşturmaktadır. Kısacası, iki yöntemin nicel, nitel ve yarı nicel verileri arasındaki denge, genellikle farklıdır. SYDA'da araştırmaya katılan paydaşlardan veri toplanmaktadır. ÇYDA etki kategorileri için farklı araştırmalardan gerekli ortak verileri kullanabilir. ÇYDA kendi başına işletme düzeyinde verilerle çalışmaz, ancak işletmeler belirli emisyon faktörleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. ÇYDA, belirlenmiş verilerle ve işlemlerle çalışmaktadır. Bu bilgiyi bir sisteme, yani ürün yaşam döngüsüne göre raporlamaktadır. ÇYDA 'nın aksine, SYDA işgücü uygulamaları gibi işletme düzeyinde rapor edilen verileri kullanabilmektedir.

Etki analizi: SYDA ve ÇYDA'nın etki tanımlama modelleri birbirinden farklıdır. SYDA'da, ürün yaşam döngüsünün hem olumlu hem de olumsuz etkileri bulunmaktadır. ÇYDA'da nadiren olumlu etkiler ile karşılaşılmaktadır.

Yorumlama: ÇYDA'da belli çevresel standartlar üzerinden yorumlama gerçekleştirilirken, SYDA' da benzer olarak sosyal indeksler yardımıyla yorumlama yapılır. Ancak SYDA'da ek olarak paydaşların katılım düzeyi hakkında bilgi eklenmesi gerekmektedir.

Görüldüğü gibi ÇYDA ve SYDA arasında benzerlikler olsa da veri toplama, analiz ve yorumlamada önemli farklılıkları da söz konusudur. Ancak bu iki analizin birbirini tamamladığı ve birlikte kullanıldığında Yaşam Döngüsü Analizi'nin çok daha somut sonuçlar vereceği belirtilmelidir.

Yaşam Döngüsü Analizinin Tarıma Uygulanması

Tarımın rekabetçi olması, yeterli miktarda yüksek kaliteli gıda üretmesi ve çevreye duyarlı olması beklenmektedir. Ancak, tarımsal üretim sistemleri çok çeşitli çevresel etkilere katkıda bulunur. Tarımdan beklenen, sınırlı kaynakların sınırları içinde artan gıda, lif, yem ve biyoyakıt ürünlerini üretmesi ve buna bağlı çevresel etkileri azaltmasıdır. Tarımsal üretim sistemlerinin çevresel etkisini değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden birisi YDA'dır.

Başlangıçta endüstriyel işlemler için geliştirilen YDA metodolojisi, daha sonra tarım da dahil olmak üzere daha geniş bir alana yayılmıştır. YDA, tarım ürünlerinin üretiminin neden olduğu kaynak tükenmesi sorunlarını ve çevresel ve sağlık etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. YDA'nın temel ilkesi, bir ürünü yaşam döngüsü boyunca takip ederek ürün sistemi ile çevresi arasında bir sınır tanımlamaktır. Bu sınırı aşan enerji ve malzeme akışları, sistemin girdileri (örneğin kaynaklar) ve çıktıları (örneğin su ve havaya emisyonlar) ile ilgilidir.

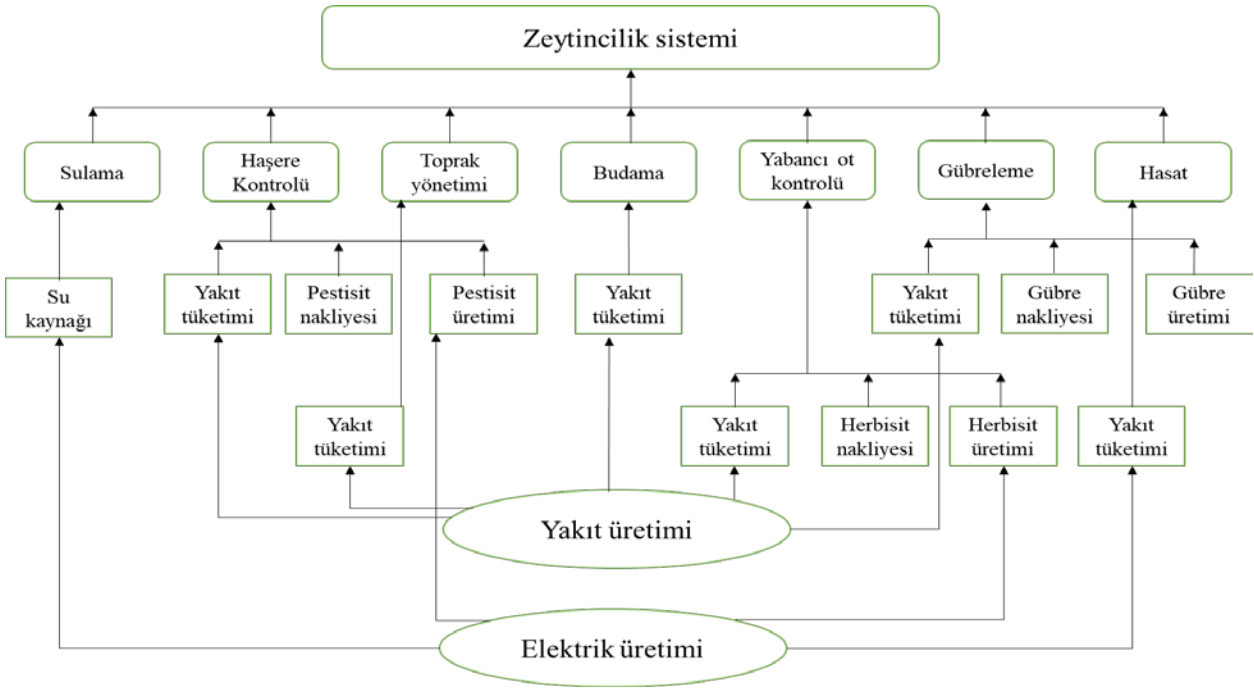
Tarım sistemlerinin değerlendirilmesinde YDA'yı kullanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu metodoloji, tek bir tarımsal ürün için kullanılabilirliği gibi, organik ve konvansiyonel tarım gibi alternatif sistemlerin çevresel etkilerini karşılaştırmak için kullanımına da çok rastlanmaktadır (Linderholm et al., 2012; Ruviano et al., 2012; Torrellas et al., 2012; Hayashi, 2013; Kulak et al., 2013; Mohammad et al.,

2014; Keyes et al., 2015; Meier et al., 2015; Foteinis & Chatzisyneon, 2018; Tricase et al., 2018; Alam et al., 2019; Boone et al., 2019; Habibi et al., 2019; Pishgar-Komleh et al., 2019; Colley et al., 2020; Ghasemi-Mobtaker et al., 2020; Trinh et al., 2020; Tsangas et al., 2020; Lyu et al., 2021; Varela-Ortega et al., 2021; Borghesi et al., 2022; Del Borghi et al., 2022). Bununla beraber son yıllarda tarımsal ürünlerin sosyal (Macombe et al., 2013; Hosseinijou et al., 2014; Yıldırım, 2014; Prasara-A & Gheewala, 2019; Senthil Kumar & Yaashikaa, 2019; Zira et al., 2020) ve ekonomik yönünü kapsayan (Baquero et al., 2011; Martínez-Blanco et al., 2014; Ren et al., 2015; Florindo et al., 2017; Lips, 2017; Bosona et al., 2019; Holka & Bieńkowski, 2020; Canaj et al., 2021) YDA çalışmalarının sayısı da giderek artmaktadır.

Bu çalışmalardan da anlaşıldığı gibi, etki kategorileri ve klasik YDA'ların işlevsel birimi, tarımsal üretim sürecine uyarlanmalı ve dönüştürülmelidir (Haas et al., 2000). Tarımsal YDA klasik YDA'da olduğu gibi açık şekilde beşikten mezara süreci değildir. Çünkü herhangi bir tarım sistemindeki yaşam döngüsü yenilenebilir kaynaklara dayalı olarak doğanın süreçlerini kullanmaktadır. Kısacası sanayi üretiminin tersine, girdilerin ve çıktılarının etkisi tarımsal üretimde büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Bu da etki kategorilerinin farklılaşmasını sağlayabilmektedir. Klasik YDA'larda, arazi kullanımı, atık ve foto-oksijenler esas olarak kabul edilen etki kategorileridir (Klöpffer & Renner, 1994), ancak bunlar genellikle tarımsal YDA'lar için uygun değildir (Haas et al., 2000). Çünkü bu kategoriler tarımın çevresel etkileri olarak işlev görmeyebilir. Tarımsal ekosistemlerdeki yaban hayatı, peyzaj ve biyolojik çeşitlilik, tarımsal üretim sürecinin türüne ve yoğunluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Bu durum, tarımsal YDA'larda seçilen işlevsel birime göre farklılaşan etki kategorileri ile temsil edilmelidir. Örnek olarak; sadece organik tarım üretimini kapsayan bir YDA araştırmasında, üretimde pestisit kullanımının küresel ısınma ve insan sağlığı etki kategorisi üzerinden belirlenmesi anlamsız olacaktır (Meier et al., 2015). Ya da farklı iki işletmede aynı ürünün verimleri arasında oluşan farklılık sistem akış şemasının ve çevresel etki kategorilerinin ciddi ölçüde farklılaşmasına neden olabilecektir.

Benzer şekilde tarımsal üretim için SYDA açısından da farklılıklar olmaktadır. SYDA analizlerinde paydaşlar ve onlardan alınan veriler önemli yer tutmaktadır. Klasik bir SYDA analizinde paydaşlar işçiler, yerel topluluk, toplum, tüketiciler ve değer zinciri aktörlerini kapsamaktadır. Oysa tarımsal bir SYDA, çiftlik sahipleri, lojistik firmalar, yerel halk, mevsimlik işçiler gibi birçok farklı paydaştan oluşabilmektedir (Yıldırım, 2014). Aslında SYDA'nın yönetsel çerçevesi tarıma uygulanması açısından yeterli esnekliği sağlamaktadır. Ancak tarımsal üretime uyarlamak kimi zaman zorluklara neden olabilmektedir. Örneğin çalışan kategorisi çoğunlukla aile üyelerinden ve mevsimlik işçilerden oluşabilmekte, ya da sosyal göstergeler, görüşülen paydaşlar için o kadar net olmayabilmektedir (çalışma saatleri gibi). Bu yüzden sosyal etki kategorilerini yeniden tarıma uyarlamak gerekebilmektedir. Bunun dışında SYDA'da sistem akış şeması ve bu süreçlerin içerisinde farklılaşmalar meydana gelebilir. Toprak işleme, sulama, gübreleme, hasat vs. gibi süreçlerde çalışma saatleri veya ücret farklılıkları oluşabilmektedir (Prasara-A & Gheewala, 2019). Bu nedenle süreçlerin bireylere göre farklı sosyal etki kategorilerine ihtiyaç duyulabilir. Kısacası tarımsal SYDA'ya dair paydaşlar ve etki kategorileri belirlenirken ürüne dair bir ön çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır. Yine de oluşabilecek sorunlar için paydaşların ya da etki kategorilerinin değişimi gerekebilir.

Tarımsal YDA'da üretime dair oluşturulan akış şeması ve sistem sınırlarını belirlemek hem sosyal hem de çevresel analiz için önemli rol oynamaktadır. Çevresel analiz için sistem akış şemasında belirlenen tarımsal uygulamalar, ürün sürecindeki çevresel yüklere dair toplanması gereken verileri ve sistem sınırlarını göstermektedir. Örneğin, organik ve konvansiyonel zeytin üretim sistemleri arasındaki çevresel etki ve ekonomik performansı karşılaştırmayı amaçlayan bir çalışmada (Mohamad et al., 2014), YDA veri tabanları Şekil 3'teki tarımsal işlemlere uygun olarak ele alınmıştır.



Şekil 3. Zeytin üretimi sistem akış şeması (Mohamad et al., 2014).

Figure 3. Olive production system flow chart.

Sistem akış şeması, bir ürünün üretimi için gereken girdi miktarlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Kullanılan girdi miktarları, her bir tarımsal uygulama için ayrıca hesaplanmalıdır. Örnek olarak yakıt tüketimi girdi olarak sulamada farklı bir değer oluştururken, toprak yönetimi için farklı olabilir. Bunun dışında üretimde farklılaşan dönemler veya evreler söz konusuysa girdi değerlerinin belirlenen dönemlere veya evrelere göre alınması gerekmektedir. Daha yeni ekilen bir fidan ya da meyve vermekte olan bir ağaç için gübreleme, sulama, haşere kontrolü vb. tarımsal uygulamalar birbirinden büyük ölçüde farklılık gösterecektir (Mohamad et al., 2014).

Sistem akış şeması çerçevesinde toplanan veriler, birim ürün başına (kg, adet, litre vb.) dönüştürülmelidir. Tarımsal uygulama girdi verileri, YDA veri tabanında (Simapro) bulunan etki kategorilerine göre sınıflandırılmalıdır (Goedkoop et al., 2014). Verilerin çevresel kategorilere olan etkisi, tarımsal araştırmanın hipotezini karşılayacak şekilde seçilmelidir. Gübreleme, budama hasat vb. süreçlerin insan sağlığı, çevre ya da ekosistem üzerindeki etkisi YDA'nın sunduğu veri tabanı ile hesaplanabilmektedir. Ancak tarımsal uygulamalarda kimi zaman veri tabanında olmayan girdiler olabilmektedir. Eğer toprak bozulması ya da su kirliliği gibi çevresel dışsallıkların verilerine ulaşılamıyorsa, buna dair analizlerin bir laboratuvarda yapılması ve verinin el ile veri tabanına girişi gerekebilecektir (Mohamad et al., 2014).

Benzer şekilde SYDA'da sistem akış şeması, tarımsal üretimde seçilen paydaşların verilerine ulaşmada ve analizin yapılabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Veriler çoğunlukla seçilen paydaşlardan anket yardımı ile yüz yüze alınmaktadır (Andrews, 2009). Alınan veriler sistem akış şemasında tarımsal üretimin farklı evrelerine (budama, hasat, sulama vs.) göre değerlendirilebilir. Ancak üretime dair kapsamlı bir sonuç sunabilmek için sosyal etki kategorileri (insan hakları, sağlık, güvenlik vb.) ve alt kategoriler (şeffaflık, kültürel miras, adil maaş vb.) için uygun verilerin alınması gerekmektedir.

Tarımsal SYDA'nın sonuçları, paydaş verileri ile ulusal ya da uluslararası indekslerin karşılaştırılmasının beraber yorumlanması ile ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak yerelde çalışanların ya da

mevsimlik işçilerin adil ücret alıp almadığı, o bölgenin işçi ücretleri indeksleri ve paydaşlardan alınan veriler ile mukayese edilerek bulunabilir (Falque et al., 2013). Bu aynı zamanda farklı sosyal etki kategorilerinin yorumlanması için de kullanılabilir. Kadınların erkekler ile aynı ücreti almadığı ya da çalışma yaşının altında çocuk işçilerin varlığı ortaya çıkabilir (Falque et al., 2013). Bunun dışında değer zincirini oluşturan aktörler arasında tarımsal ürün açısından ciddi fiyat farklılıklarının oluştuğunu gösterebilir. Sadece ekonomik yönden değil, sosyal yönden de oluşan etkilerin sonuçlarını ortaya çıkarabilir.

SONUÇ

Tarım ürünlerine yönelik bir YDA çalışması yapmanın zorluklarından birisi yönetim uygulamalarında küresel, bölgesel ve yerel olarak farklılıkların olmasıdır. Bir ülkeden diğerine, bir toprak tipinden başkasına, bir iklim koşulundan diğerine hiçbir şeyin aynı olmadığı ve her şeyden önce, geri dönüşüm sürecine çok az ilgi duyulan alanlardaki tarım ürünleri için uygulama daha da zordur. YDA'nın sosyal ve çevresel analiz olarak tarıma uygulanışı çeşitli farklılıklar barındırır da yöntemin esnekliği sayesinde başarılı bir şekilde tarımda kullanılabilir. Tarımsal üretimi içeren YDA araştırmalarının giderek artması da bunu ispatlamaktadır.

YDA, sadece çevresel analiz olma sürecinden çıkmış, bir ürüne ve sürece dair sosyo-ekonomik boyutu da içeren bütüncül bir analiz süreci olmuştur. YDA'nın bütüncül perspektifi, bir ürüne dair kapsamlı bir araştırma yapılabilmesinin yanında, tarımsal araştırmalarda disiplinler arası bir bağın da bütüncül şekilde ele alınmasını sağlamıştır. Bir tarımsal ürünün beşikten mezara tarımsal uygulamaları, ticareti, sosyal ilişkileri gibi süreçlerde çevresel, sosyal ve ekonomik kategorilerinin belirlenmesi, tarıma dair geliştirilen bir politika için kapsamlı bir öngörü sunacaktır. YDA araştırmaları, değer zincirinin bütün paydaşlarını içinde barındırmakta, mevcut durum, sorunlar ve yapılabilecekler için geniş bir bakış açısı sunmaktadır. Yöntemsel olarak değişken olması uygulama açısından belli dezavantajlar yaratsa da aynı zamanda yöntemin kapsayıcılığını artırma ve sınırları genişletmede avantajlar sağlamaktadır.

Tarım sektörünün bir yandan ürün verim ve kalitesini artırması, diğer yandan ise sektörde maliyetlerin düşmesi ve piyasa değişikliklerine cevap vermesi beklenmektedir. Yaşam Döngüsü Analizi, tarımsal ürünlerin tedarik zinciri boyunca enerji ve çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan, çevresel ve sosyo-ekonomik sürdürülebilirliği sağlayan çalışmaların geliştirilmesini destekleyebilir ve sürdürülebilir üretim ve tüketim stratejilerinin uygulanmasına katkıda bulunabilir. Bu yönüyle, hem çevresel hem de sosyal boyutu içeren YDA çalışmalarının tarımsal üretim sisteminde daha yoğun kullanılması, ilgili üretim sistemi ve/veya ürüne ilişkin karar vericilere ve politika yapıcılara, üretici ve tüketicilere çevresel etkileri hakkında geri bildirim sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alam, M. K., R. W. Bell & W. K. Biswas, 2019. Increases in soil sequestered carbon under conservation agriculture cropping decrease the estimated greenhouse gas emissions of wetland rice using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 224: 72-87. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.215>
- Andrews, E. S., 2009. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products: Social and Socio-Economic LCA Guidelines Complementing Environmental LCA and Life Cycle Costing. Contributing to the Full Assessment of Goods and Services within the Context of Sustainable Development. UNEP/Earthprint, 47 pp.
- Baquero, G., B. Esteban, J. R. Riba, A. Rius & R. Puig, 2011. An evaluation of the life cycle cost of rapeseed oil as a straight vegetable oil fuel to replace petroleum diesel in agriculture. *Biomass and Bioenergy*, 35 (8): 3687-3697. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2011.05.028>
- Block, D. S., M. Slattery, W. H. Benson & J. C. Allgood, 2000. "Environmental sciences in the 21st Century: paradigms, opportunities, and challenges, 72-80". SETAC 21st Annual Meeting (12-16 November 2000), Nashville, Tennessee. Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 180 pp.
- Boone, L., I. Roldán-Ruiz, V. Van Linden, H. Muylle & J. Dewulf, 2019. Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of The Total Environment*, 695: 1-10. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.133841>

- Borghesi, G., R. Stefanini & G. Vignali, 2022. Life cycle assessment of packaged organic dairy product: A comparison of different methods for the environmental assessment of alternative scenarios. *Journal of Food Engineering*, 318: 1-10. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2021.110902>
- Borzęcka, M., K. Żyłowska, G. Russo, A. Pisanelli & F. Freire, 2018. "Life cycle assessment of olive cultivation in Italy: comparison of three management systems, 1-7". 167th EAAE Seminar; European Agriculture and the Transition to Bioeconomy, 7 pp. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.281566>
- Bosona, T., G. Gebresenbet & A. Dyjakon, 2019. Implementing life cycle cost analysis methodology for evaluating agricultural pruning to energy initiatives. *Bioresource Technology Reports*, 6: 54-62. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2019.02.006>
- Canaj, K., D. Morrone, R. Roma, F. Boari, V. Cantore & M. Todorovic, 2021. Reclaimed water for vineyard irrigation in a mediterranean context: Life cycle environmental impacts, life cycle costs, and eco-efficiency. *Water* 2021, 13 (16): 22-42. <https://doi.org/10.3390/W13162242>
- Colley, T. A., S. I. Olsen, M. Birkved & M. Z. Hauschild, 2020. Delta life cycle assessment of regenerative agriculture in a sheep farming system. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16 (2): 282-290. <https://doi.org/10.1002/IEAM.4238>
- Curran, M. A., 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development: U.S. Environmental Protection Agency, 80 pp.
- Del Borghi, A., V. Tacchino, L. Moreschi, A. Matarazzo, M. Gallo & D. Arellano Vazquez, 2022. Environmental assessment of vegetable crops towards the water-energy-food nexus: A combination of precision agriculture and life cycle assessment. *Ecological Indicators*, 140: 1-15. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2022.109015>
- Demirer, G., 2011. Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) Ve Uygulama Örnekleri Çevre Alanında Kapasite Geliştirme Projesi Entegre Ürün Politikaları ve Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye REW, İstanbul 2011, 40 s.
- Falque, A., P. Feschet, M. Garrabé, C. Gillet, V. Lagarde, D. Loeillet & C. Macombe, 2013. Social LCAs; Socio-Economic Effects in Value Chains (Ed. Catherine Macombe), The Market News Service of CIRAD, Paris, 171 pp.
- Finnveden, G., M. Z. Hauschild, T. Ekvall, J. Guinée, R. Heijungs, S. Hellweg, A. Koehler, D. Pennington & S. Suh, 2009. Recent developments in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 91 (1): 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>
- Florindo, T. J., G. I. B. de Medeiros Florindo, E. Talamini, J. S. da Costa & C. F. Ruviaro, 2017. Carbon footprint and life cycle costing of beef cattle in the Brazilian midwest. *Journal of Cleaner Production*, 147: 119-129. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.01.021>
- Foteinis, S. & E. Chatzisyneon, 2015. Life cycle assessment of organic versus conventional agriculture. A case study of lettuce cultivation in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 112 (2016): 2462-2471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.075>
- Ghasemi-Mobtaker, H., A. Kaab & S. Rafiee, 2020. Application of life cycle analysis to assess environmental sustainability of wheat cultivation in the west of Iran. *Energy*, 193: 1-10. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2019.116768>
- Goedkoop, M., M. Oele, M. Vieira, J. Leijting, T. Ponsioen & E. Meijer, 2014. SimaPro Tutorial Title: SimaPro Tutorial. (Web sayfası: <https://pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8Tutorial.pdf>) (Erişim tarihi: Nisan 2022)
- Guinée, J. B., R. Heijungs, G. Huppes, A. Zamagni, P. Masoni, R. Buonamici, T. Ekvall & T. Rydberg, 2011. Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science and Technology*, 45 (1): 90-96. <https://doi.org/10.1021/es101316v>
- Haas, G., F. Wetterich & U. Geier, 2000. Life cycle assessment framework in agriculture on the farm level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5 (6): 345-348. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2000.11.038>
- Habibi, E., Y. Niknejad, H. Fallah, S. Dastan & D. B. Tari, 2019. Life cycle assessment of rice production systems in different paddy field size levels in north of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (4): 1-23. <https://doi.org/10.1007/S10661-019-7344-0/FIGURES/6>
- Hayashi, K., 2013. Practical recommendations for supporting agricultural decisions through life cycle assessment based on two alternative views of crop production: The example of organic conversion. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18 (2): 331-339. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0493-9>

- Heijungs, R., G. Huppes & J. B. Guinée, 2010. Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies: Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. *Polymer Degradation and Stability*, 95 (3): 422-428. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.11.010>
- Holka, M. & J. Bieńkowski, 2020. Carbon footprint and life-cycle costs of maize production in conventional and non-inversion tillage systems. *Agronomy*, 10 (1877): 1-13. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10121877>
- Hosseinijou, S. A., S. Mansour & M. A. Shirazi, 2014. Social life cycle assessment for material selection: A case study of building materials. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19 (3): 620-645. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0658-1>
- ISO, 2006. Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. (Web sayfası: <https://www.iso.org/standard/37456.html>) (Erişim tarihi: Nisan 2022)
- Jørgensen, A., A. le Bocq, L. Nazarkina & M. Hauschild, 2008. Methodologies for social life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (2): 96-103. <https://doi.org/10.1065/lca2007.11.367>
- Keyes, S., P. Tyedmers & K. Beazley, 2015. Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canada, through life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 104: 40-51. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.05.037>
- Klöpffer, W. & I. Renner, 1994. Methodology of Impact Assessment within the Framework of Life-Cycle-Assessment Taking into Account Environmental Categories which cannot (or Only with Difficulty) Be Quantified. *Texte*, 80 pp.
- Klöpffer, W., 1997. Life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 4: 223-228. <https://doi.org/10.1007/BF02986351>
- Kulak, M., A. Graves & J. Chatterton, 2013. Reducing greenhouse gas emissions with urban agriculture: A Life Cycle Assessment perspective. *Landscape and Urban Planning*, 111 (1): 68-78. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2012.11.007>
- Linderholm, K., A. M. Tillman & J. E. Mattsson, 2012. Life cycle assessment of phosphorus alternatives for Swedish agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 66: 27-39. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2012.04.006>
- Lips, M., 2017. Length of operational life and its impact on life-cycle costs of a tractor in Switzerland. *Agriculture*, 7 (8): 1-9. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE7080068>
- Longo, S., M. Mistretta, F. Guarino & M. Cellura, 2017. Life cycle assessment of organic and conventional apple supply chains in the North of Italy. *Journal of Cleaner Production*, 140: 654-663. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.02.049>
- Lyu, Y., M. Raugei, X. Zhang, S. Mellino & S. Ulgiati, 2021. Environmental cost and impacts of chemicals used in agriculture: An integration of energy and life cycle assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151 (2021): 1-12. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111604>
- Macombe, C., P. Leskinen, P. Feschet & R. Antikainen, 2013. Social life cycle assessment of biodiesel production at three levels: a literature review and development needs. *Journal of Cleaner Production*, 52: 205-216. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.03.026>
- Martínez-Blanco, J., A. Lehmann, P. Muñoz, A. Antón, M. Traverso, J. Rieradevall & M. Finkbeiner, 2014. Application challenges for the social life cycle assessment of fertilizers within life cycle sustainability assessment. *Journal of Cleaner Production*, 69: 34-48. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.01.044>
- Meier, M. S., F. Stoessel, N. Jungbluth, R. Juraske, C. Schader & M. Stolze, 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management*, 149: 193-208. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>
- Mohamad, R. S., V. Verrastro, G. Cardone, M. R. Bteich, M. Favia, M. Moretti & R. Roma, 2014. Optimization of organic and conventional olive agricultural practices from a Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 70: 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.033>
- O'Brien, M., A. Doig & R. Clift, 1996. Social and environmental life cycle (SELCA): Approach and methodological development. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1 (4): 231-237.
- Pergola, M., A. Persiani, V. Pastore, A. M. Palese, A. Arous & G. Celano, 2017. A comprehensive life cycle assessment (LCA) of three apricot orchard systems located in Metapontino area (Southern Italy). *Journal of Cleaner Production*, 142: 4059-4071. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.030>

- Pishgar-Komleh H. S., P. Sefeedpari, N. Pelletier & M. Brandão, 2019. "Life Cycle Assessment Methodology for Agriculture: Some Considerations for Best Practices, 3-48". *Assessing the Environmental Impact of Agriculture*. 1st Ed. (Ed. B. P. Weidema), Burleigh Dodds Science Publishing, 300 pp. <https://doi.org/10.1201/9780429275425>
- Prasara, J. & S. H. Gheewala, 2015. "Social Life Cycle Assessment of Agricultural Products: Experiences on Rice, Sugarcane and Cassava in Thailand, 1-38". In *Social Life Cycle Assessment Case Studies from Agri and Food Sectors*. (Eds. S. S. Muthu), Hong Kong, 76 pp.
- Ren, J., L. Dong, L. Sun, M. E. Goodsite, S. Tan & L. Dong, 2015. Life cycle cost optimization of biofuel supply chains under uncertainties based on interval linear programming. *Bioresource Technology*, 187: 6-13. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2015.03.083>
- Ruviaro, C. F., M. Gianezini, F. S. Brandão, C. A. Winck & H. Dewes, 2012. Life cycle assessment in Brazilian: Agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production*, 28: 9-24. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.10.015>
- Senthil Kumar, P. & P. R. Yaashikaa, 2019. "Case Study on Social Life Cycle Assessment of the Dairy Industry, 59-76". *Social Life Cycle Assessment Case Studies from Agri and Food Sectors* (Eds. S. S. Muthu). Hong Kong, 76 pp.
- Torrellas, M., A. Antón, J. C. López, E. J. Baeza, E. J., J. P. Parra, P. Muñoz & J. I. Montero, 2012. LCA of a tomato crop in a multi-Tunnel greenhouse in Almería. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17 (7): 863-875. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0409-8>
- Tricase, C., E. Lamomaca, C. Ingrao, J. Bacenetti & A. lo Giudice, 2018. A comparative life cycle assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways. *Journal of Cleaner Production*, 172: 3747-3759. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.008>
- Trinh, L. T. K., A. H. Hu, Y. C. Lan & Z. H. Chen, 2020. Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17 (3): 1307-1324. <https://doi.org/10.1007/S13762-019-02539-5/FIGURES/14>
- Tsangas, M., I. Gavriel, M. Doula, F. Xenii & A. A. Zorpas, 2020. Life cycle analysis in the framework of agricultural strategic development planning in the Balkan Region. *Sustainability* 2020, 12 (5): 1-15. <https://doi.org/10.3390/SU12051813>
- Varela-Ortega, C., I. Blanco-Gutiérrez, R. Manners & A. Detzel, 2021. Life cycle assessment of animal-based foods and plant-based protein-rich alternatives: A socio-economic perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021: 1-10. <https://doi.org/10.1002/JSFA.11655>
- Yıldırım, H., 2014. İzmir ve Manisa'da işlenen domatesin sosyal yaşam döngüsü analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 20 (2): 89-100.
- Zhu, Z., Z. Jia, L. Peng, Q. Chen, L. He, Y. Jiang & S. Ge, 2018. Life cycle assessment of conventional and organic apple production systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 201: 156-168. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.032>
- Zira, S., E. Rööös, E. Ivarsson, R. Hoffmann & L. Rydhmer, 2020. Social life cycle assessment of Swedish organic and conventional pork production. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25 (10): 1957-1975. <https://doi.org/10.1007/S11367-020-01811-Y/TABLES/9>