

jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

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

**Issue: 2
Volume: 19
2022**



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 19

Sayı / Issue 2

Mayıs / May 2022

Owner (On Behalf of Faculty)	Sezen ARAT Tekirdag Namik Kemal University
Editor-in-Chief	Fulya TAN Tekirdag Namik Kemal University
Editorial Management	Ersen OKUR, Tekirdag Namik Kemal University Eray ÖNLER, Tekirdag Namik Kemal University
Section Editors	Fatih KONUKÇU, Tekirdag Namik Kemal University Aydın ADILOĞLU, Tekirdag Namik Kemal University H. Ersin ŞAMLI, Tekirdag Namik Kemal University Gülen ÖZDEMİR, Tekirdag Namik Kemal University Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namik Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namik Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namik Kemal University A. Şükrü DEMİRCİ, Tekirdag Namik Kemal University Nihal KILIÇ, Tekirdag Namik Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namik Kemal University
Editorial Adviser Board	Ayşe GÜL, Ege University Jim HANCOCK, Michigan State University Nasser MAHNA, University of Tabriz Bryan M. JENKIS, California University Peter KISS, Szent Istvan University Ali İhsan ACAR, Ankara University Hristo I. BELOEV, Ruse University Necdet DAĞDELEN, Adnan Menderes University Ünal KIZIL, Çanakkale Onsekiz Mart University Manzoor QADIR, United Nations University Mohammad T. SATTARI, University of Tabriz Erol BAYHAN, Dicle University Mammadova TURANE, Azerbaijan State Agrarian University Mammadova AYTEKİN, Azerbaijan State Agricultural University Gamze SANER, Ege University Mariana IVANOVA, Agribusiness and Rural Development University Alberto POMPO, El Colegio de la Frontera Norte Eugenia BEZIRTZOGLU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Songül ÇAKMAKÇI, Atatürk University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuğrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M. Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GÖKSÖY, Bursa Uludağ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĞAN, Bursa Uludağ University Gürsel DELLAL, Ankara University Horia GROSU, Agr. Sciences and Veterinary Medicine University Türker SAVAŞ, Çanakkale Onsekiz Mart University Ignacy MISZTAL, Breeding and Genetics University Zlatko JANJEČIĆ, Zagreb University
Language Editor	Merve AYDOĞDU ÇELİK, Tekirdag Namik Kemal University
Statistics Editor	Yahya Tuncay TUNA, Tekirdag Namik Kemal University

jotaf



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894



Yayın Tarihi / Publication Date

Mayıs / May 2022

Yayıncı/Publisher

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

Yayın Türü/Type of Publication

Uluslararası Süreli Yayın/International Periodical

Yayın Dili/Type of Language

Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

Yayın Periyodu/Publishing Period

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

Tarandığı İndeksler/Indexed by

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

İletişim/Correspondence

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Telefon

+90 282 250 20 00/22 70

Web

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

Elektronik posta/E-mail

ziraatdergi@nku.edu.tr
ftan@nku.edu.tr

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

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

jotaf

Address: Journal of Tekirdag Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdağ Namık Kemal University, Agricultural Faculty
59030, Değirmenaltı – Tekirdağ / TURKEY



İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- The Prediction of Drying Performance of Banana Rings Dried By Osmo-solar Dehydration Method227-236
Zehra YILDIZ, Veysel ALCAN
- Agricultural Bank Credit Intervention and The Application of Big Push Theory to Beneficiaries: Evidence
From Nigeria237-247
Theophilus Miebi GBIGBI
- Comparison of Bulb Yield, Some Bioactive Compound and Elemental Profile of Taşköprü Garlic (*Allium sativum* L.)
Grown in Greenhouse and Open Field Conditions248-261
Nezahat TURFAN
- Chemical Composition, Antioxidant Capacity And Total Phenolic Content of Hazelnuts Grown In Different
Countries262-270
Sümeyye SAHİN, Tahsin TONKAZ, Tark YARILGAÇ
- A Preliminary Study on The Chemical Structure of *Vicia sativa* L. Accessions Collected From Natural Flora of
European Part of Turkey271-282
İlker NIZAM, Hazım Serkan TENİKECİER, Adnan ORAK, Canan SEN, Necmettin GULER, Hüseyin ERSOY
- Bor ve Çinko İçerikli Yaprak Gübresi Uygulamalarının '0900 Ziraat' Kiraz (*Prunus avium* L.) Çeşidinin Yaprak
Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi283-295
Ali İKİNCİ, Şükran ALDANMAZ
- Yumuşak Ekmeklik Buğday (*T. aestivum* L.) Genotiplerinin Bisküvilik Kalitesinin Belirlenmesi için Solvent Tutma
Kapasitesi Testlerinin Kullanımı296-304
Sultan ERENLER, Oğuz BİLGİN, Alpay BALKAN, İsmet BAŞER
- Determination of Variability in Ambient Conditions During Cold Storage of Aronia Fruits305-317
Serap AKDEMİR
- Vitis labrusca L. Genotiplerinin Fenolik Bileşik ve Antioksidan Kapasite İçerikleri318-331
Hande TAHMAZ, Damla YÜKSEL KÜSKÜ, Gökhan SÖYLEMEZOĞLU, Hüseyin ÇELİK
- Yozgat ve Kırşehir İllerinde Tüketime Sunulmuş Patates Yumrularında Bakteriyel Yumuşak Çürüklük Hastalığı
Etmeni *Pectobacterium* İzolatlarının İzolasyonu ve Tanılanması332-342
Murat ÖZTÜRK, Soner SOYLU
- Harran Ovasında Çiftçi Sulamalarının Bazı Performans Göstergeleri343-353
Barış BAHÇECİ
- Enhancement of Androgenesis and Plant Regeneration From Wheat Anther Culture by Seed Pre-Sowing
Gamma Irradiation354-365
Oğuz BİLGİN, Soner Yiğit SARIER, İsmet BAŞER, Alpay BALKAN
- Multi-criteria Decision-making Technique Approach to Assess the Microbial Quality and Safety of Fresh-cut
Salads Sold at Retail in Istanbul, Turkey366-379
Gulsum UCAK OZKAYA, Umit GECGEL, Muhammed Zeki DURAK
- Kırklareli Koşullarında Farklı Damla Sulama Lateral Derinliklerinin Yalın ve Karışım Halinde Ekilen Yoncanın
Verimi ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi380-389
Ozan ÖZTÜRK, Canan ŞEN
- Parçalama Makinelerinin Tasarımında Kullanılmak Üzere Farklı Budama Artıklarının Bazı Kesme Özelliklerinin
Belirlenmesi390-403
F. Göksel PEKİTKAN, Murad ÇANAKÇI, Abdullah SESSİZ, Reşat ESGİCİ



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894



İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Determination of The Loss Ratio on Some Melon Varieties From The Melon Fly, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae).....404-411
Abdulfatah ALABOUID, Erol BAYHAN
- Factors Affecting Mobile Phone Usage by Farmers As A Source of Agricultural Information In Sharqia Governorate, Egypt412-425
Tamer MANSOUR
- Evaluation of Variation on Myostatin (MSTN) Gene of Turkish Donkey Populations in Thrace Region of Turkey426-434
Raziye IŞIK, Fulya ÖZDİL, Sena MERAL
- Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması435-445
Dinçer AKAL, İlhan UMUT
- Çeşitli Türk Diatom Topraklarının Çeltikte Pirinç Bitine, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği446-455
Veysel ALAGÖZ, Özgür SAĞLAM
- Ekmek Mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) Fabrika Artıklarından Ham İnvertz Enzimi Üretimi456-464
Neşe ÖZDİNÇ, Hasan Murat VELİOĞLU

jotaf

The Prediction of Drying Performance of Banana Rings Dried By Osmo-solar Dehydration Method

Ozmo-solar Dehidrasyon Yöntemi İle Kurutulan Muz Halkalarının Kuruma Performansının Tahmini

Zehra YILDIZ^{1*}, Veysel ALCAN²


Abstract

Solar drying is known as the oldest and most common traditional food preservation method. However, if the product is indirectly contacted with the sun light, there is negative effect in the color and nutrient values of the product. Solar dryers have been developed to utilize the heat effect of the sun to solve these problems. It can be used in combination with osmotic dehydration to increase the efficiency of the solar drying process. Osmotic dehydration is applied as a pretreatment technique in the drying process. The pretreatments to be applied before drying have important effects on the quality and operating cost of the product to be dried. In addition, the osmotic dehydration pretreatment enables to shorten the drying time and increase the drying potential. In this study, bananas with high drying temperature and high moisture content were sliced into 3 mm rings, then osmotic dehydration pre-drying was applied, and then they were dried in a solar tray dryer. Sucrose and citric acid solution in 2.5%, 5%, 7.5% and 10% (w/v) concentrations were used for osmotic dehydration treatment. In addition, samples without osmotic dehydration were dried in a solar dryer to determine the effect of pretreatment. The input variables of the drying process are solution concentration (0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10%), type of solution (sucrose solution and citric acid solution), osmotic dehydration time (10, 30, 60 and 90 min) and sun drying time (60, 120, 180, 240 and 300 min). Output variables were chosen as moisture ratio and shrinkage rate. The results clearly showed that both the moisture ratio and the shrinkage ratio have increased due to increased solar dryer time, solution concentration and immerse time. Osmotic dehydration was found to be effective in dried banana rings in the solar tray dryer. Gradient Boosting Machine (GBM) was used to model the drying conditions and the model was successful. The correlation coefficient (R^2) values of the GBM model were respectively found as 0.94 and 0.83 for the moisture ratio and the shrinkage ratio.

Keywords: Drying, Osmotic dehydration, Solar tray dryer, Osmosolar dehydration, Gradient boosting machine

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zehra Yıldız, Tarsus University Engineering Faculty Mechanical Engineering Dept. Tarsus, Mersin.

E-mail: zyildiz@tarsus.edu.tr  OrcID: 0000-0003-1304-4857.

² Veysel Alcan, Tarsus University Engineering Faculty Electrical and Electronic Engineering Dept. Tarsus, Mersin. E-mail: alcan@tarsus.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7786-8591.

Atıf/Citation: Yıldız, Z., Alcan V. The Prediction of Drying Performance of Banana Rings Dried by Osmo-solar Dehydration Method. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 227-236.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Güneşte kurutma, en eski ve en yaygın geleneksel gıda koruma yöntemidir. Bununla beraber, eğer ürün doğrudan güneş ışınına maruz bırakılırsa ürün rengi ve besin değerine olumsuz etkisi olur. Bu sorunları çözmek için güneşin ısıtma etkisinden faydalanan güneş enerjili kurutucular geliştirilmiştir. Güneş enerjili kurutma işleminin verimini arttırmak için ozmotik dehidrasyon ile beraber kullanılabilir. Ozmotik dehidrasyon, kurutma işleminde ön işlem tekniği olarak uygulanmaktadır. Kurutulacak ürünün kalitesi ve işletme maliyeti üzerine kurutma öncesi uygulanacak ön işlemlerin önemli etkileri bulunmaktadır. Ayrıca ozmotik dehidrasyon ön işlemi kurutma süresini kısaltmayı ve kurutucu potansiyelini arttırmayı sağlar. Bu çalışmada, yüksek kurutma sıcaklığı ve yüksek nem içeriğine sahip olan muz 3 mm halka şeklinde dilimlendikten sonra ozmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi uygulanmış daha sonra güneş enerjili raflı kurutucuda kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon işlemi için %2.5, %5, %7.5 ve %10 (w/v) derişimlerinde sakkaroz ve sitrik asit çözeltileri kullanılmıştır. Ayrıca ön işlemin etkisini belirlemek için ozmotik dehidrasyon uygulanmamış örnekler de güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Kurutma işleminin giriş değişkenleri çözelti derişimi (%0, %2.5, %5, %7.5 ve %10), çözelti türü (sakkaroz çözeltisi ve sitrik asit çözeltisi), osmotik dehidrasyon süresi (10, 30, 60 ve 90 dk) ve güneşte kurutma süresi (60, 120, 180, 240 ve 300 dk) dir. Çıkış değişkenleri ise su kaybı ve büzülme oranı olarak seçilmiştir. Sonuçlar, hem nem kaybı hem de büzülme oranının güneş enerjili kurutucudaki kurutma süresi, çözelti derişimi ve çözeltide bekleme süresi ile arttığını göstermiştir. Gradyan Artırma Makine (GAM) yöntemi kurutma koşullarının modellemesinde kullanılmış ve model başarılı olmuştur. GAM modeli için korelasyon katsayısı (R^2) su kaybı ve büzülme oranı için sırasıyla 0.94 ve 0.83 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, Ozmotik dehidrasyon, Güneş enerjili raflı kurutucu, Ozmosolar dehidrasyon, Gradyan artırma makine

1. Introduction

It is a significant problem for the food sector to preserve fresh fruits and vegetables for a long time. There are various drying techniques for the food preservation. The drying techniques include hot air drying, vacuum drying, solar drying, microwave drying, and freeze-drying. The oldest and the most common traditional food preservation method known is the direct solar drying. However, it has several drawbacks like lengthy drying time, contamination issues, inability to process large quantities without impairing product quality, manual labor requirements, low energy efficiency, low final dried product quality due to prolonged exposure to high temperatures (Arslan et al., 2021). To solve these problems, many different dryers have been developed. However, the mechanical dryers are not that economical for energy costs. The quality of the foodstuffs such as cost, texture (crispiness, fluffiness and porousness), aroma, color, and taste in solar tray dryers are better than direct drying under the sunlight. In addition, drying time in the solar tray dryer is shorter than the direct solar drying and the drying potential substantially increases (Küçükataş et al., 2021; Aboud, 2013; Prakash and Kumar, 2013; Eren and Ertekin, 2007; İspir and Toğrul, 2009; Ochoa et al., 2006).

Pre-drying treatments such as scalding, blanch and osmotic dehydration were applied for drying efficiency (Şahin et al., 2012). Osmotic processes can be applied to improve the quality in the dried final products. It can be used in combination with osmotic dehydration to increase the efficiency of the solar drying process. It is the hybrid drying technique, also called osmo-solar drying, that removes a part of the moisture in food by the osmotic dehydration and then the rest of the moisture is removed by solar drying. The low-cost, crispy, fluffy, porous, and shelf-stable dried products can be obtained in shorter drying time by the osmo-solar drying. It decreases heat damage such as oxidation and the flavorings change as it takes place at temperatures lower than other drying methods. In addition, the dried products have porous structure whose rehydration capacity is high. Dried product quality and operating costs are significantly affected as the dryer potential is increased by the osmotic dehydration pre-treatment. Recently, the studies related to the implementation of the osmotic dehydration as drying pretreatment technique has become attractive (Lombard et al., 2008; Bórquez et al., 2010; Torringa et al., 2001).

Process parameters of the solar drying treatment should be modeled for the optimum production. For this reason, the local banana rings were dried by solar tray dryer in Mersin where there is the highest solar potential. More than half of the total vegetable and fruit production, especially the banana production, is cultivated in Mersin region.

Advances in machine learning regression algorithms methods are continuing and significant improvements have been observed in group learning algorithms, especially in terms of predictive accuracy. GBM is one of the powerful techniques from the machine learning techniques as it has shown significant success in a wide range of applications. No studies can be found on the food drying application by using GBM model. In this study, we employed GBM method to analyze and model the drying process to improve the prediction accuracy. The GBM was used to determine the optimum operating conditions of the banana drying by the osmo-solar dehydration for both the moisture ratio and the shrinkage ratio.

Osmo-solar drying process of banana is modeled upon the process conditions by GBM. Firstly, the model structure based on input and output data was developed by using GBM. GBM is proposed to be used to transform into a prediction algorithm for changes in the drying conditions. The effects of the parameters such as the immerse time, drying time, solution type and concentration of solution on the moisture ratio and the shrinkage ratio are predicted in this study. The prediction approach could determine the relation between the inputs and outputs. Osmotic dehydration experiments were carried out by using different kinds of the osmo-active solutions and different concentrations and solar drying experiments were performed using the natural convective solar tray dryer.

2. Materials and Methods

2.1. Experimental setup

Drying experiments were carried out with the natural convective (passive) solar tray dryer shown in *Figure 1*. The effect of drying conditions on osmo-solar dehydration drying process was determined by the GBM. Solar tray dryer consisted of solar collector and solar cabinet with stainless steel trays. There were 5 steel perforated trays in the solar cabinet. There was a door on the back of the dryer to allow these trays to be placed in the dryer.

The solar collector was used to supply the hot air to the cabinet. Solar collector consisted of black painted perforated plates placed on top of each other with 10 mm spacing to collect sunlight in the wooden case, and a glass panel that covers the top on the collector. The sun rays were collected at the collector surface, converted to heat, and transferred to the air in the solar cabinet by natural convection. The hot air firstly enters through the solar cabinet, then through the tray where the products are placed, the moist air is purged from the outlet vent, and that is how the drying process is completed.



Figure 1. Solar tray dryer

Most of domestic banana production (73%) is carried out in Mersin. The average moisture content of the samples used was found to be 88.2% on a wet basis. Bananas are considerably cultivated in Anamur (Subaşı et al. 2016; Akkova and Güven, 2018). The fresh organic Anamur banana was dried by using solar tray dryer in Mersin. Banana samples were peeled, and sliced to a ring shape of the thickness (3 mm) and then immersed in different solutions; then each sample was placed on the tray. Banana rings were firstly immersed in one of the osmo-active solutions such as sucrose and citric acid solution, and then dried in a solar dryer. Immerse time (10, 30, 60 and 90 min), the solution concentration (0, 2.5, 5, 7.5 and 10 %w/v) and solar drying time (60, 120, 180, 240 and 300 min) were chosen as independent variables. In addition, banana rings without pretreatment as control samples that were not immersed in any solutions were only dried in a solar dryer. The moisture ratio and the shrinkage ratio were determined at the end of the drying period. The measurements were replicated five times to obtain an average. The moisture ratio and the shrinkage ratio were calculated according to the following equations (1) and (2) (Pandya and Yadav, 2014; Askari et al., 2008).

$$\text{Moisture ratio} = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \tag{Eq.1}$$

$$\text{Shrinkage Ratio} = \frac{D_0 - D_t}{D_0} \tag{Eq.2}$$

Where, M_0 and M_t are the sample mass (g), D_0 and D_t are the sample diameter (mm) at the beginning and at time t , respectively.

2.2. Gradient boosting machines (GBM)

Ensemble learning methods are techniques that provide more accurate results than a single model as they combine multiple models. Boosting method is one of the popular ensemble learning algorithms that has constructive iterative strategy (Hastie et al., 2009). The term boosting is used to describe a family of algorithms that weak models can convert into strong models. The method forms a model by training several relatively base models (also known as weak learners) and then combines them to form a more predictive model. Friedman introduced the GBM method by extending the boosting to the regression (Friedman, 2001; Natekin and Knoll, 2013). The fundamentals of GBM are based on the gradient-descent formulation of boosting method. Note that

fitting criterion that estimates given x could in principle be used to estimate the negative gradient at line 4 of the following GBM algorithm using steepest-descent. The true functional dependence $f(x)$ and the form of the function estimate $\hat{f}(x_i) = \arg \min_{\rho} \sum_{i=1}^N \Psi(y_i, \rho)$ estimate such that some specified loss function $\Psi(y, \rho)$ is minimized.

1. It is computed the negative gradient as the working response

$$z_i = -\frac{\partial}{\partial f(x_i)} \Psi(y_i, f(x_i)) \Big|_{f(x_i)=f(\hat{x}_i)}$$

2. It is fit a regression model $g(x)$ for predicting z_i from the covariates x_i .

3. It is chosen a gradient descent step size as $\rho = \arg \min_{\rho} \sum_{i=1}^N \Psi(y_i, \hat{f}(x_i) + \rho g(x_i))$.

4. It is updated the estimate of $f(x)$ as $\hat{f}(x) \leftarrow \hat{f}(x) + \rho g$ (Friedman, 2001).

GBM involves combining an ensemble of weak learners as a weighted sum in order to reduce both the bias and the variance by adding new models to the ensemble sequentially. The main idea is to create new basic models that will show maximum correlation with the negative gradient of the loss function (Friedman, 2000). The loss functions can be applied to give a better intuition that would be resulted in consecutive error-fitting by the error function in the learning procedure. Due to fact that the response variables are continuous (y, R), specific loss functional $\Psi(y, f)$ commonly used for continuous response is shown in *Table 1* (Friedman, 2001).

Table 1. Specific loss functions for continuous response

Name	Equations	Explanation
The Laplace L1	$\Psi(y, f)_{L_1} = y - f $	The Laplace L1 loss function corresponds to the median of the conditional distribution
The Gaussian L2	$\Psi(y, f)_{L_2} = \frac{1}{2}(y - f)^2$	The Gaussian L2 loss function penalizes large deviations from the target outputs while neglecting small residuals. The GBM algorithm performs residual refitting.
The Huber	$\Psi(y, f)_{\text{Huber}, \delta} = \begin{cases} \frac{1}{2}(y - f)^2 & y - f \leq \delta \\ \delta(y - f - \delta/2) & y - f > \delta \end{cases}$	The maximum value of error is specified in the Huber loss function after Laplace L1 loss function is applied. The parameter δ specifies enhancing the effect of the loss function.
The Quantile	$\Psi(y, f)_{\alpha} = \begin{cases} (1 - \alpha) y - f & y - f \leq 0 \\ \alpha y - f & y - f > 0 \end{cases}$	The quantile loss function predicts a conditional quantile of the response variable. The parameter α specifies the desired quantile of the conditional distribution.

In this study, the data set was obtained from experimental measurements which were identified with actual variables and estimated variables. Actual variables refer to the immerse time, the solution concentration, the solution type, and drying time as inputs of the model. Estimated variables refer to the corresponding labels of the response variable as the moisture ratio and the shrinkage ratio. The GBM model is developed using the scikit-learn library in the Python Programming language by tuning three key hyper parameters such as number of the base model, learning rate and loss function. The default values in the program were used for the rest hyper parameters. *Figure 2* shows schematic diagram of the GBM model.

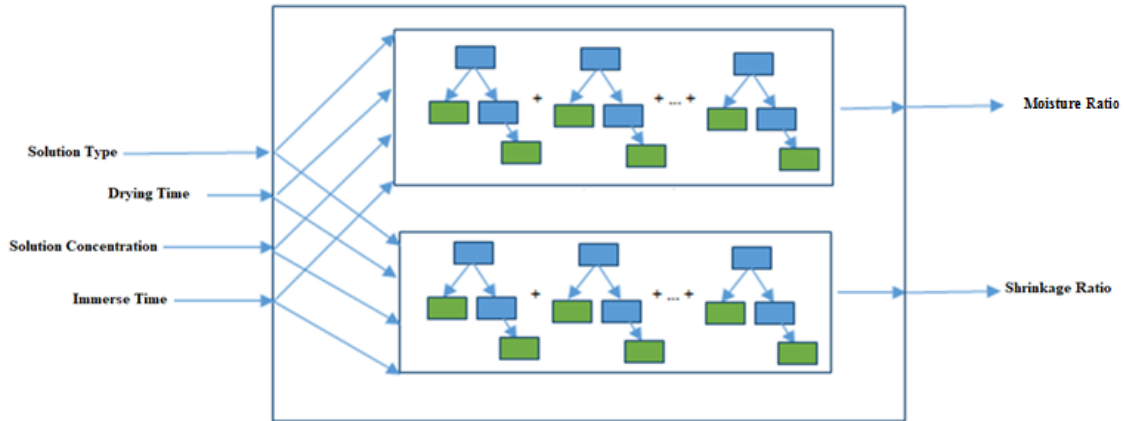


Figure 2. Schematic diagram of GBM model

Loss functions that have a significant effect on the properties of the GBM model are separately tested. The number of base models (M) refers to the number of decision trees in the ensemble. It is considered that enough trees are included to the model because of the complexity of the data. On the other hand, too many trees are avoided because of over-fitting problem. Therefore, the base model values are set between 10-500 by increasing 10. We set the learning rate, which is another parameter for the GBM Model, from 0 to 0.5 by increasing 0.1.

In machine learning regression applications, performance metrics are used to compare the trained model predictions with the measured (actual) data from the estimated (testing) data in order to evaluate performance of the regression model. Numerous performance metrics have been presented in the literature (Botchkarev, 2018). In this study, R-squared (R^2) and The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metrics were used as an indicator of predicted accuracy i.g measurement of error. R^2 accuracy metric is the coefficient of the determination. MAPE is one of the top most common metrics that represents the error as % of the measured value.

3. Results and Discussion

The performance of the GBM model is largely influenced by the parameters, including the number of trees, learning rate and tree complexity (variable interactions). Therefore, the GBM model needs to test the optimal combination of variables. To optimize the model, error rate tests were performed for all combinations and then the combination using hyper parameters that achieve a lower prediction error for the highest model performance was selected.

Figure 3 and Figure 4 show the influence of different parameters (number of trees (M), learning rate (lr), and type of loss function on the value of MAPE as prediction errors respectively for the moisture ratio and the shrinkage ratio.

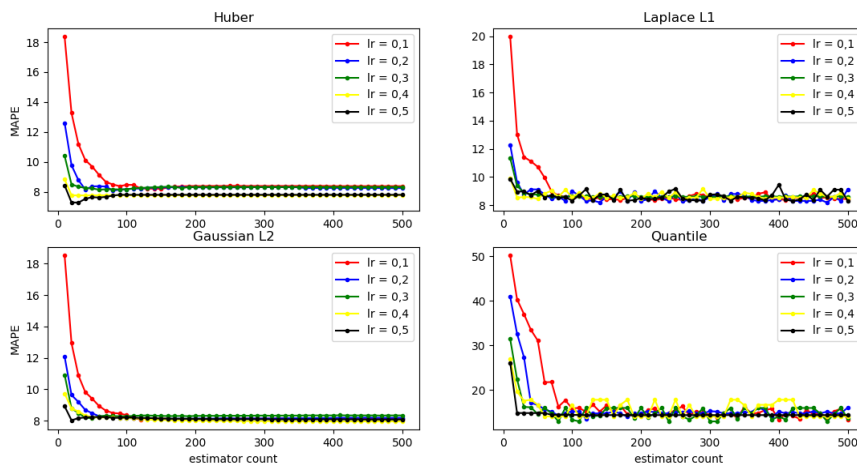


Figure 3. MAPE, M , lr and loss functions for the moisture ratio

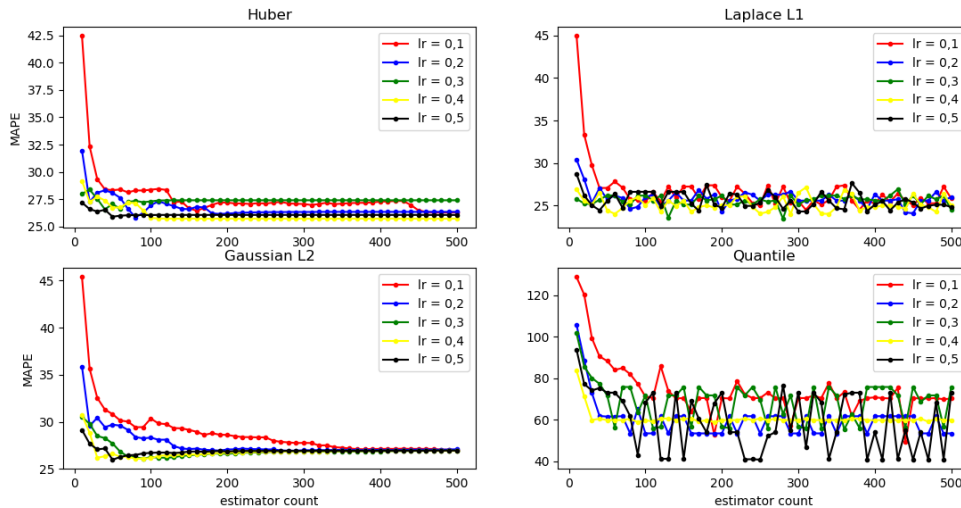


Figure 4. MAPE, M, lr and loss functions for the shrinkage ratio

As seen in Figure 3 and Figure 4, MAPE values decreases until a certain value while M increases. Different slopes of lines indicate the effect of different learning rate on MAPE value. The minimum point reached by the learning rates shows the lowest error value. Figure 3 shows that higher learning rates (lr=0.3, lr=0.4, lr=0.5) reach generally their lowest error value with smaller numbers of trees (M<100). Over-fitting problem that could lead to poor prediction performance could be seen in case of more increased M values (M>100). Table 2 shows that the performance varies with the hyper parameters (M, lr, type of loss function).

Table 2. The results of the combination tested for the determination of hyper parameters

Response Variable	Loss Function	Number of Trees	Learning Rate	MAPE Value	R ²
Moisture ratio	Laplace L1	470	0,2	8,19	0.93
	Gaussian L2	370	0,4	7,96	0.93
	Huber	30	0,5	7,28	0.94
	Quantile	300	0,3	12,89	0.82
	Laplace L1	280	0,3	23,46	0.77
Shrinkage Ratio	Gaussian L2	50	0,5	25,99	0.83
	Huber	40	0,3	26,58	0.80
	Quantile	470	0,5	40,76	0.68

As seen in Table 2, for the moisture ratio, learning rate of 0.5 value reached its minimum error with number of trees of 30 for Huber loss function. For the shrinkage ratio, learning rate of 0.3 value reached minimum error with number of trees of 280 for Laplace 1 loss function. Furthermore, R² value of 0.94 showed the same optimal combination like MAPE for moisture ratio. But, it showed different combination variables such as Gaussian L2 loss function, number of trees of 50 and learning rate of 0.5 for the shrinkage ratio. It is clearly seen that the type of loss function also affected the selection of hyper parameters.

Consequently, different combinations of variables for the GBM model were tested and hyper parameters according to MAPE values for each response were selected. In this sense, the Huber loss function was considered for moisture ratio and the Laplace L1 loss function was considered for shrinkage ratio.

The graphs of training and testing with the hyper parameters are shown in Figure 5 and Figure 6 for the moisture ratio and the shrinkage ratio, respectively.

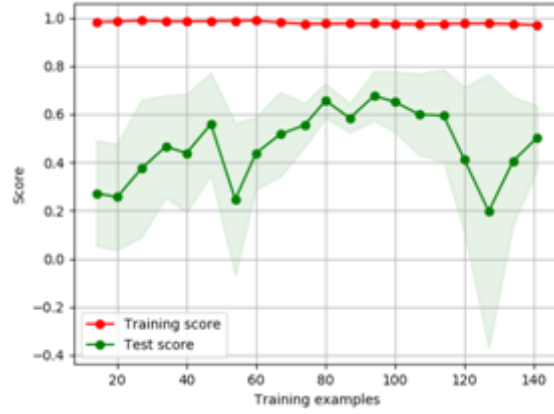


Figure 5. GBM training and testing results for the moisture ratio

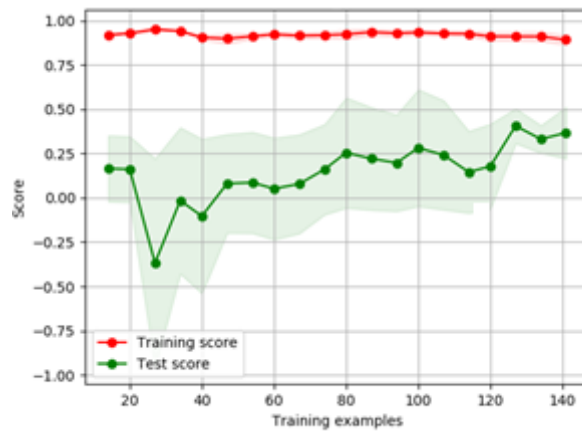


Figure 6. GBM training and testing results for the shrinkage ratio

Figure 7 shows the predicted results of the moisture ratio and the shrinkage ratio provided by the GBM model. The predicted value is suitable to the actual value.

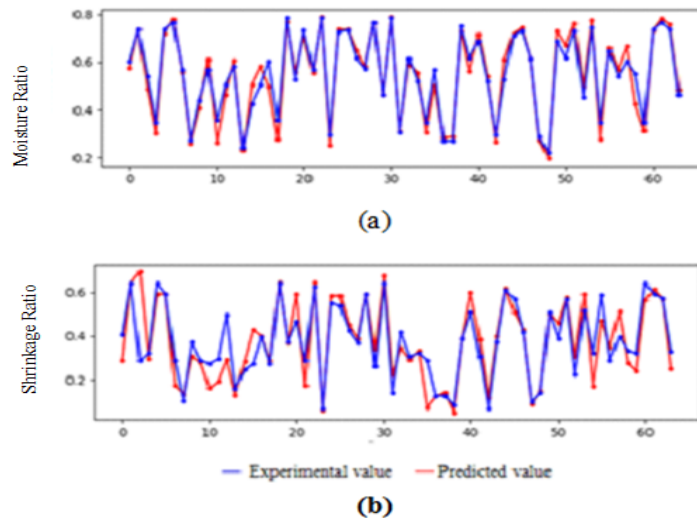


Figure 7 Comparison between experimental and predicted value
a) The moisture ratio b) The shrinkage ratio

Figure 7 shows that the inputs of the model had different influences on the moisture ratio and the shrinkage ratio as outputs. GBM method provided more accurate prediction for the moisture ratio than the shrinkage ratio.

A higher value of the correlation coefficient and the smaller values of MAPE and R^2 show better performance of the model. The results suggest better performances by the artificial neural network (ANN) as well as other two approaches (Table 3) (Yıldız et al., 2021).

Table 3. Performance indexes achieved using ANN and GBM

Model	Moisture Ratio		Shrinkage Ratio	
	R^2	MAPE (%)	R^2	MAPE (%)
ANN	0.88	10.71	0.52	29.7
GBM	0.93	8.14	0.81	28.37

4. Conclusions

This study presents the drying conditions of osmo-solar drying methods of banana rings which were modeled and analyzed by the GBM. The influence of process parameters on the moisture ratio and the shrinkage ratio has been investigated. Estimation results showed that a good modeling design was made by using GBM. In addition, the results of error revealed that GBM was successfully performed. The effect of the hyper parameters such as number of the base model, learning rate and loss function on the value of MAPE and R^2 were determined. The loss function particularly affected the hyper parameters. Loss function was considered to Huber for moisture ratio and the loss function was considered to Laplace L1 for shrinkage ratio. The proposed GBM-based banana drying prediction method showed very good performance in terms of prediction accuracy with reached minimum error.

References

- Aboud, A. (2013). Drying characteristic of banana rings undertaken the effect of passive shelf solar dryer and open sun drying. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (3):250-254.
- Akova S.B, Güven Ş (2018) Mersin meyveciliğinde muzun yeri ve önemi. *Marmara Coğrafya*, 37: 271-289.
- Arslan, A., Soysal, Y., Keskin, M.(2021). Infrared drying kinetics and color qualities of organic and conventional sweet red peppers. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2):260-272.
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. (2008). Investigation of the effects of microwave treatment on the optical properties of apple rings during drying. *Drying Technology*, 26: 1362–1368
- Bórquez, R.M., Canales, E.R., Redon, J.P. (2010). Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 99 (2):121-127.
- Botchkarev, A. (2018). *Performance Metrics (Error Measures) in Machine Learning Regression, Forecasting and Prognostics: Properties and Typology*.
- Eren, İ., Ertekin, F. K. (2007). Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology, *Journal of Food Engineering* 79: 344-352
- Friedman, B.J., Hastie, T., Tibshirani, R. (2000). Special invited paper, 28:337-407.
- Friedman, J., (2001). Greedy boosting approximation: gradient boosting machine. *Ann. Stat.* 29:1189–1232.
- Hastie, T.J., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning*. New York: Springer
- İspir, A., Toğrul, İ. T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: kinetics and the effect of process parameters, *Chemical Engineering Research and Design*, 87(2):166-180
- Küçükataç, O., Köse, E., Yıldız, Z. (2021). PLC kontrollü kurutucu konveyör tasarımı, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(1): 249-260.
- Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andrés, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*, 85(2):277-284
- Natekin, A., Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, A tutorial, 7.
- Ochoa-Martínez, L. A., García-Quintero, M., Morales-Castro, J., Gallegos-Infante, J., Martínez-Sánchez, C.E., Herman-Lara, E. (2006). Effect of CaCl₂ and convective osmotic drying on texture and preference of banana. *Journal of Food Quality*. 29: 583–595
- Pandya, R., Yadav, K.C. (2014). Study on effect of pretreatments and microwave drying on banana chips. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science IOSR-JAVS*, 7(7): 04-10
- Prakash, O., Kumar, A. (2013). Historical review and recent trends in solar drying systems, *International Journal of Green Energy*, 10(7):690-738
- Subaşı, O.S., Seçer, A., Yaşar, B., Emeksiz, F., Uysal, O. (2016). Production cost and profitability of banana in Turkey. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 292: 73-78.
- Şahin, F.H., Ülger, P., Aktaş, T., Orak, H.H. (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristiklerine kalite kriterleri üzerine etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1):15-25.
- Torrina, E., Esveld, E., Scheewe, I., Berg, R., Bartels, P. (2001). Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms, *Journal of Food Engineering*, 49 (2-3): 185-191
- Yıldız, Z, Gökayaz L., Köse, E., Mühürücü, A. (2021). Adaptive neural network based fuzzy inference system for the determination of performance in the solar tray dryer, *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 5(1):41-49.


Agricultural Bank Credit Intervention and The Application of Big Push Theory to Beneficiaries: Evidence From Nigeria

Theophilus Miebi GBIGBI

Abstract

Up till now there is shortage of empirical evidence on volume of loan received that generates big push for the farmers and the bank to curtail abuse of fund and its determinants. The purpose of this study is to examine the agricultural bank credit intervention and the application of big push theory among beneficiaries in Nigeria so as to make advocacy for a bailout intervention. A total of 295 beneficiaries were randomly selected. A questionnaire was developed, and data collection was undertaken by means of a multistage sampling technique. Descriptive statistics, regression model and t-test analysis were used to analyze the data. The mean age of beneficiaries was 46 years old. The respondents had an average household size of 6 persons with 79.3% of the beneficiaries being literate with one form of formal education or the other. About 65.4% of the beneficiaries did not subscribe to membership of farmers groups. The beneficiaries had 13 years' experience in arable crop farming. The average farm size was 1.57 ha. This tells us that the beneficiaries were small scale farmers. The result reveals that the region of big push was between \$244.34-\$977.37 The variables that had positive and substantial relationship with big push in the model were age of respondent, years spent in farming, education, farm size, cooperative membership, household size, collateral requirement and marital status. The outcome of the t-test indicated that there was much impact after benefiting from agricultural bank credit loan scheme in the area. The foremost constraints were collateral requirement and high interest rate. Loan acquisition procedure by agricultural bank credit should be made easier as well as the threshold of farmers financial management ability should be considered during disbursement of loan to farmers for effective utilization.

Keywords: Loan, Arable crop farmers, Agricultural bank credit, Big push, Loan threshold

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Theophilus Miebi GBIGBI, Department of Agricultural Economics and Extension Delta State University Asaba Campus, Asaba. E-mail: gbigbi@theophilusmiebi@yahoo.com  OrcID: 0000-0002-1335-7231

Atif/Citation: Gbigbi T.M. Agricultural Bank of Credit Intervention and The Application of Big Push Theory To Beneficiaries From Farmers: Evidence From Nigeria. . *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 237-247.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

1. Introduction

Measures on food security and poverty alleviation have a very significant impact on the performance of farmers as most farming activities are undertaken by resource-poor farmers. Agricultural loan financing has been identified as a means of transforming the agricultural sector and revamping the Nigeria economy. According to Agbo et al. (2015) the availability of loans helps farmers to purchase non-accessible farm inputs to increase production. Having access to loan will improve grass root development by increasing their output that will improve their standard of living, enhance their use of modern technologies and enhance ways of improving their output and pay back the borrowed fund. The expansion of credit facilities is believed to have a significant positive impact on the agricultural output of farmers and income because loans would boost the acquisition of costly inputs and the adoption of alternative crops (Sarker, 2016). The availability of loans can enable the farmers to use and implement state-of-the-art technology and provide inputs for farm use so as to increase productivity and revenue (Abdallah, 2016). As such, household income growth is extremely important to ensure food security and will eventually be achieved through improved technology and increased outputs from productivity in agriculture. Access to financial markets for farmers thus influences farm productivity and income significantly (Akudugu, 2016). This led to the formation of Agricultural bank credit (ABC) to address the challenges of loan supply. ABC has been identified by making available appropriate financial intermediation to the people, who are mostly unable to provide essential collateral for access to loans from the mainstream finance market. Their aim is to influence the rural economy directly by contributing to poverty eradication.

Agricultural credit can contribute to economic development by intensifying agricultural output and its associated occupations. Credit has been a prominent feature of the strategies that have been put in place in recent years for developing world agricultural sector growth. In most strategies, credit was incorporated among the necessary constituents. Such constituents include technical support, land reform and market supply of inputs and outputs.

Small-scale farmers are often the main food producers in Nigeria. Efforts to increase the agricultural output level and boost farmers' well-being have led to ever greater loans for the agrarian sector. Hence, Semerci and Celik (2017) considering the beneficiaries status, studied the impact of agricultural subsidy to boost production of dairy cattle enterprises, reduce milk production cost, and increase farmer income in Turkey. The rural sector is comprised mainly of small-scale farmers with a low level of production. These farmers have to compete for any financial resources available with the big farmers. Any effort to increase agricultural production must first focus on the smallholder farmers who earn a limited proportion of institutional credit. In spite of this uniqueness, credit accessibility has been limited. The difficulty of smallholder farmers who produce more than 85% of domestic food supply to participate in agricultural loans has remained a fundamental problem. They usually operate subsistence agriculture, small farm sizes, with limited resources and capital as a result of which their farming business is managed from personal savings (Sadiq et al., 2015). Adequate financing for technological adoption and agricultural growth is required for small farmers.

Observations showed that sometimes farmers had difficulties of benefiting from available loan due to certain socioeconomic constraints such as level of education, accessibility to financial institution, farm size, membership of associations, contact with extension agents, and so on (Akinwale et al., 2016; Agbo et al., 2015). The unforeseen circumstances surrounding agriculture have made it an uphill task for farmers to obtain loan from financial institutions. Most financial institutions scare away the farmers with high interest rates and tedious procedures in obtaining loans. This has discouraged farmers from seeking financial help from financial institutions and arable crop farmers are no exception.

Smallholder farmers have limited access to loan facilities thereby complain of inadequate production resources. The focus on financial aid is not surprising since limited finance and loans are some of the major problems faced by the agricultural sector (Food and Agriculture Organization (FAO), 2016). Because of the restricted financial situation and inability to obtain formal loans, farmers often borrow from informal sources to pay an exorbitant interest rate, which ensures that at the end of the production season, they are left with an unreasonable net farm income. The meagre income generated by farmers is generally used for smoothing consumption, and there is nothing left to invest in agricultural resources (Sadiq et al., 2015). This makes the farmer unable to switch from peasant farming to large-scale agriculture so as to increase food self-sufficiency and diversify the economy from

its mono-component status. This research work was centered on the theory of big push which advocates investment to break the vicious circle of poverty. According to the theory of big push by Rosenstein-Rodan (1961 as cited in Currie, 2016) emphasized that countries have to move faster from one point to another to promote their own economies because moving slowly does not lead them effectively and adequately to the path of development. The theory implies that big push will enable the crop industry to move faster. The concept behind big push theory is that a large-scale investment package could help bring financial growth. In other words, for a given loan to be meaningful to a farmer, a certain minimum amount of loan should be allocated for development. This idea is that no farmer can advance along the path of economic development by "Bit by Bit" fund allocation. To constantly decrease poverty, the performance of the loans given by financial institutions to the beneficiaries is a crucial factor of success (Sofayo, 2017). Promoting principles in the raising and delivery of funds and questioning the absorptive capacity of beneficiaries will balance the effective flow of fund efficiency. A balanced growth is necessary to break the vicious circles of capital supply and demand. As such, to push the farmers out of a stagnation trap a clear statistical link between the extent of the needed push and the amount required must be established. In giving out loan the absorptive capacity of the farmers is crucial because high amount of loan beyond a certain threshold, could cause serious problem for growth. Loan volatility means the danger of a rapid loan increase beyond the management control of the farmers and financial institutions disbursing the loan (D'Espallier et al., 2016). Loan, if volatile, might be a source of macro-economic instability showing that the loan level is high beyond the control of the farmer. This can be a way by which absorptive capacity is revealed. The resultant outcome is a decreasing marginal impact of loan on growth. In order to avoid the risk of Dutch Disease affecting the fund absorptive capacity of the farmers on the loan accessed, development strategies should be tailored on loan management.

The past authors (Agbo et al 2015; Akudugu, 2016) based their research on accessibility to credit without examining how much the bank would actually give the farmers in order to maintain their sustainability. Analysis of the farmer's financial potential using big push as the basis line is strategically important. Financial intervention program needs information on the absorptive ability of the farmers to address the long-standing loan default issue. This would be a basic mechanism for achieving financial sustainability in the field of research in the crop industry.

Although the theory of big push is old but it has not been applied to the agricultural sector financing before now. Econometric data that account for structural defects, policy limitations, and inadequacies, including the quality and quantity of the loans paid out by financial institutions is lacking. Different studies to estimate the impact of agricultural loans have been carried out, but in the context of Delta State, studies have not determined the level of loans to create a big push for farmers from the ABC fund. This study was therefore designed to fill this important information gap.

The broad objective was to evaluate the big push status on agricultural bank credit beneficiaries in Delta, Edo and Bayelsa States, Nigeria. The specific objectives of the study were to;

- i. identify the socioeconomic characteristics of the beneficiaries
- ii. determine the impact level of ABC loan
- iii. determine the big push financial baseline
- iv. estimate the determinants of big push status on ABC beneficiaries
- v. ascertain the constraints affecting loan access by respondents

The hypotheses tested in the study were:

H₀₁: There is no significant difference between income level of farmers before and after ABC loan intervention

H₀₂: There is no significant difference between output level of farmers before and after ABC loan intervention

H₀₃: There is no significant difference between farm size of farmers before and after ABC loan intervention

2. Materials and Methods

2.1. Study area

The study covered agricultural bank credit involved in agricultural loan delivery in Delta, Edo and Bayelsa states of Nigeria. This area was chosen for the study because the major economic activities of the people is farming; with inadequate finance as one of their challenges. A multistage sampling technique was adopted in the selection of banks and small-scale arable farmers. Firstly, there was a visit to the agricultural bank credit branches in each

state to obtain the list of all the registered beneficiaries. In stage 2, two BOA branches were randomly selected from each state giving a total of six BOA branches. These were Asaba, Ughelli, Benin, Irrua, Yenagoa and Sagbama. In stage three, Ten percent (10%) of the identified loan beneficiaries were randomly selected. This gave a total of 295 respondents who were involved in the selection as presented in *Table 1*. The data for this study were obtained from primary data. Primary data were collected using structured questionnaire. Descriptive statistics, t-test and multiple regression analysis were used to analyze the data. The study used income level, output level and farm size before and after the credit intervention as proxy for big push

Table 1. Distribution of selected beneficiaries

Branches	Number of registered beneficiaries	10% of loan beneficiaries
Asaba	850	85
Ughelli	400	40
Benin	620	62
Irrua	450	45
Yenagoa	380	38
Sagbama	250	25
Total	2950	295

2.2. Model Specification

The regression model (Eq.1) was employed to achieve objective (iii) and it is explicitly stated as:

$$ALOA = \beta_0 + \beta_1 \text{Age} + \beta_2 \text{Gen} + \beta_3 \text{Hhs} + \beta_4 \text{Edu} + \beta_5 \text{Fexp} + \beta_6 \text{Collreq} + \beta_7 \text{Msta} + \beta_8 \text{Cosoc} + \beta_9 \text{Fmsz} \quad (\text{Eq.1})$$

Where,

ALOA = amount of loan accessed (\$) (proxy for big push)

Age = age of farmers (years)

Gen = gender (1 = male, 0 = female)

Hhs = household size (number)

Edu = educational attainment (schooling years)

Fexp = farming experience (years)

Collreq = collateral requirement (1=yes, 0=No)

Msta = marital status (1 = married, 0 = single)

Cosoc = cooperative society (1 = member, 0 = non-member)

Fmsz = farm size (hectares)

b_0 = constant intercept

$b_1 \dots b_9$ = the coefficient corresponding to $x_1 \dots x_9$

The t-test was used to achieve the impact as represented below (Eq.2):

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{SD_1^2}{N_1} + \frac{SD_2^2}{N_2}}} \quad (\text{Eq.2})$$

For income, where;

M_1 = mean income of farmers before ABC loan \$

M_2 = mean income of farmers after ABC loan (₦)

SD_1^2 = variance of income of farmers before ABC loan \$

SD_2^2 = variance of income of farmers after ABC loan \$

N_1 = number of farmers before ABC loan

N_2 = number of farmers after ABC loan

For output, where;

M_1 = mean output of farmers before ABC loan (tons)

M_2 = mean output of farmers after ABC loan (tons)

SD_1^2 = variance of output of farmers before ABC loan (tons)

SD_2^2 =variance of output of farmers after ABC loan (tons)

N_1 = number of farmers before ABC loan

N_2 = number of farmers after ABC loan

For farm size, where;

M_1 = mean farm size of farmers before ABC loan (ha)

M_2 = mean farm size of farmers after ABC loan (ha)

SD_1^2 = variance of farm size of farmers before ABC loan (ha)

SD_2^2 =variance of farm size of farmers after ABC loan (ha)

N_1 = number of farmers before ABC loan

N_2 = number of farmers after ABC loan

3. Results and Discussion

3.1. Socio-economic characteristics of beneficiaries

Most (45.8%) of the beneficiaries were in the age bracket of 46-55 years with a mean age of 46 years (Table 2).

Table 2. Socio-economic characteristics of ABC beneficiaries (N= 295)

Variables	Frequency	Percentage	Mean/Mode
Age distribution (years)			
25-35	32	10.8	
36-45	98	33.2	
46-55	135	45.8	
56-65	30	10.2	46 years
Household size			
1-3	48	16.3	
4-6	149	50.5	
7-9	87	29.5	6 persons
10-12	11	3.7	
Educational status			
No formal education	61	20.7	
Primary education	73	24.7	
Secondary education	126	42.7	Secondary education
Tertiary education	35	11.9	
Group membership			
Yes	102	34.6	
No	193	65.4	Non- members
Farming experience			
1-5	15	5.1	
6-10	69	23.4	13 years
11-15	110	37.3	
Above 15	101	34.2	
Farm size (ha)			
Less than 1	27	9.2	
1	124	42.0	1.57 ha
2	106	35.9	
3 and above	38	12.9	

Source: (Field survey, 2020)

This suggests that they were middle aged and still active. Therefore, has the potential to be involved adequately for loan scheme. This is consistent with Gbigbi (2021) who reported farmers age between 40-59 years in Delta State. The beneficiaries had mean family size of 6 persons, indicating large household sizes among the arable crop beneficiaries. Majority (42.7%) of them having acquired secondary education, as 24.7% had primary schooling and 11.9% had tertiary education while 20.7% had no formal education. This suggest that the beneficiaries in the area are literate. This situation could have a positive impact on the productivity of the beneficiaries as most of them could possibly read and write. Educational attainment enables them to know sources of credit and ascertain

business potentials to improve the monetary base of the farm. The result concurs with Ibitoye (2010) who made similar observation in Kogi State.

Many (65.4%) of the respondents did not subscribe to membership of farmers groups. This has implications for access to loan. This could have the tendency to hinder them from accessing loan easily for farming activities in the study area. The respondents had an average of 13 years' experience in arable crop farming. This implies that crop farming is an age-long venture for the respondents. The result infers that number of years spent on farming would have built a relationship between the farmer and the bank to easily access credit for increase production. The more years of farming spent could increase the capital accumulation of the farm for easy credit access.

Finally, it was revealed that most (42.0%) had between 1 hectare while 35.9% of the respondents had 2 hectares and also 12.9% cultivated 3 hectares plus and 9.2% had less than 1 hectare. The average farm size of the respondents was 1.57 ha. This tells us that the respondents were small scale farmers since the size of farmland was affected by land tenure system.

3.2. Income status of respondents before and after agricultural bank credit loan

The result in *Table 3* showed that the mean income of the beneficiaries before receiving ABC loan of between \$244.34-\$977.37 was \$334.13 but after participation in the loan scheme, the income increased to \$590.54. There was an income rise with a difference of \$256.41. The result indicates a 76.74% big push among the surveyed beneficiaries. It was expected that when the beneficiaries adequately used the loan obtained to make purchases of farm inputs such as planting materials, implements, fertilizer and pay labour for sustainable production, the income will improve. This is the amount of income needed to bail-out the farmers. This results support Gbigbi (2021) finding that farmers with more access tend to have higher competency level. The result showed that the average income earned by the farmers before ABC loan of less than \$244.34 was \$142.52 but after benefiting from the scheme there was a positive shift of income to \$204.42 giving 43.43% impact. The farmers who received income of between \$977.37-\$1710.39 before ABC loan had income of \$834.38 but after the loan had higher income of \$1291.75 or 54.82%. Similarly, the beneficiaries of \$1710.40-\$2443.42 before and after ABC loan experienced an increase of \$1758.89 to \$2130.54 with difference of \$371.65 or 21.13%. Income class of above \$2443.42 shows a shift from \$3395.45 before accessing ABC loan and \$4050.21 after benefiting the loan with increase of 19.28%. It implies that the beneficiaries of the selected ABC experienced an improvement in income after accessing the loan facilities than before participation thus justifying Lu and Hassan (2011) study on the effect of micro-loan programme on rural poverty alleviation in Monirampur Upazila in Bangladesh that loan programmes are performing well enough to bring better quality of life for the borrowers in the area by increasing their income, food consumption and living standard. The result suggests that the safe region for loan disbursement is the big push for both the farmers and the financial institution.

Table 3. Income status of respondents before and after agricultural bank credit loan

Loan threshold ratio (\$)	Average Income before(\$)	Average income after(\$)	Income difference	% increase (impact)	Remark
< \$244.34	142.52 (25.4%)	204.42 (9.5%)	61.90	43.43	
\$244.34-\$977.37	334.13 (50.5%)	590.54 (38.3%)	256.41	76.74**	Big push
\$977.37-\$1710.39	834.38 (18.6%)	1291.75 (36.9%)	457.37	54.82	
\$1710.40-\$2443.42	1758.89 (4.1%)	2130.54 (9.2%)	371.65	21.13	
>\$2443.42	3395.45 (1.4%)	\$4050.21 (6.1%)	654.76	19.28	

Source: (Field survey, 2020)

3.3. Contributing factors of big push

The result in *Table 4* showed that the linear regression model was chosen as lead equation based on the level of R² value of 0.5830 and number of significant explanatory variables implying that 58.3% variability in amount of loan accessed was explained by the independent variables included in the model. The coefficient of age was positively significant at 5% probability. This indicates that a unit increase of the age of respondents will lead to a corresponding decrease in the amount of loan accessed from agricultural bank credit. This was because farmers that were older by age were considered to be ineffective. This result is in agreement with Asogwa et al. (2014) findings that inverse relationship exists between age and loan accessibility in Nigeria.

The variable household size was positive and statistically significant at 5% level. This implies that an increase in household size of the respondent will lead to a corresponding increase in the volume of loan accessed. This is because as the numbers of the members of the farmers' household increases, the farmer has a cheap source of labour which paves way for increased productivity and the possibility of the farmer to pay back the loan borrowed. Also, if the members of the household are gainfully employed, it will increase the ease of repayment as the household members might contribute to that effect. The result is consistent with Edet et al. (2017) earlier findings that an increase in the number of household members tends to increase farmers' household spending which increases the farmers' likelihood of demanding credit facilities for agricultural production.

Table 4. Contributing factors of big push

<i>Variable</i>	<i>Parameters</i>	<i>Linear</i>	<i>Semi-log</i>	<i>Exponential</i>	<i>Double-log</i>
Age(years)	X ₁	0.3256457 (2.12)**	51995.15 (-3.35)***	-6.89e-07 (-0.68)	0.0771409 (-3.29)**
Gender	X ₂	33540.47 (1.27)	4298.599 (1.58)	0.0578525 (0.91)	0.007523 (1.70)
Household size	X ₃	0.1835633 (2.06)**	-60546.74 (-0.75)**	-0.0000112 (-0.82)	-0.0831077 (-0.37)
Education	X ₄	8466.472 (5.02)***	250861 (1.59)	0.0132236 (4.88)***	0.4192702 (4.20)***
Farming experien	X ₅	49892.55 (5.06)***	91346.54 (0.89)	0.0901201 (2.70)**	0.1686359 (4.52)***
Collateral demand	X ₆	23822.06 (4.32)***	60825.13 (2.62)**	0.0315788 (3.57)***	0.0839502 (1.28)
Marital status	X ₇	94391.04 (3.43)**	197355.5 (2.82)**	0.1663004 (1.67)	0.3388996 (2.21)**
Cooperative membership	X ₈	16888.89 (4.30)***	128348.1 (3.21)**	0.0228168 (3.42)**	0.185657 (4.74)***
Farm size	X ₉	163776.4 (7.29)***	230909.3 (7.22)***	0.345894 (9.60)***	0.4881234 (-0.61)***
Intercept	b ₀	630287.7 (8.54)***	2404006 (6.80)***	13.37907 (13.02)***	16.24467 (28.93)***
R ²		0.5830	0.5523	0.5540	0.5301
F-ratio		44.23	39.02	48.02	35.68

Source: (Field survey, 2020) *, ** and *** is significant at 10%, 5% and 1% level of probability

The coefficient of education was positive and significant at 1% probability level, this conforms to a priori expectation. The implication is that an increase in educational status will leads to an increase in the farmer's ability to access loan. This might be as a result the exposure that comes with education. Farmers who are educated make better decisions in choosing loan options and the requirements that comes with it. Adegbite and Adeleye (2011) found out that higher educational qualification of the farmer increases his chances of accessing loans.

The coefficient of farming experience was positive and significant at 1% level of probability, which agrees with a priori expectation. This implies that any increase in farming experience will lead to a corresponding increase in loan accessibility. The findings from Nouman et al. (2013) show a positive connection between access to agricultural credit and farming experience. In addition, Yehuala (2008) has noticed that farmers with a greater agricultural background have much stronger ties to cooperatives and other established credit sources such as established banks and NGOs. As a result, experienced farmers would be more likely than unexperienced farmers to receive loan from financial institutions. This result is in line with other research results (Akudugu et al., 2012).

The variable collateral requirement was positive and significant at 1% level. This means that the higher the ability to secure collateral, the higher the possibility of the farmer acquiring the required loan. This is because most of the financial institutions usually demand collaterals before given out loan to farmers due to high default rate. The variable marital status had a positive coefficient and has significant effect on loan access at 1% level. The positive relationship between the marital status of the farmers and their ability to access loan is because married farmers are perceived to be responsible and far-sighted with finance than unmarried individuals; as a result, the loan facilitators rely on their strength of financial responsibility and through that can liberally give them loan. The result concurs with Ololade and Olagunju (2013) that married loan applicant stood a better chance to obtain loans than those who were single. The coefficient of cooperative membership was positive and significant at 1%.

This means that membership of cooperative society is a strong determinant of loan accessibility and concurs with a priori expectation. This is because cooperative societies usually aide their members when they want to access loan facilities. They also act as trustees or agents of the farmers. The findings are congruent with Beck's (2007) that establishment of farmers' groups empowers them to develop their agricultural techniques and managerial skills, thus reducing transaction costs and making collective action more advantageous. Group participation and commitment, control and improve credit access as they collectively guarantee members' loans (Akudugu, 2012).

The variable farm size bore positive relationship with the amount of loan accessed by the farmer. This means that a unit increase in farm size of the farmer the more likelihood of equivalent increase in the amount of loan access. Elias et al. (2015) opined that large land holdings increased the probability of the farmer accessing loans from financial institutions as the farmer can cultivate in large quantities with improved technology to offset his debts.

3.4. Constraints affecting loan access by respondents

The result in *Table 5* showed that majority 60.3% of the respondents agreed that collateral requirement needed by financial institutions limits their access to loan in the study area. Most farmers in the study area are poor and do not have the needed collateral to access loans that would influence big push. Often times, financial institutions scare away the farmers with high collateral requirements.

Table 5. Constraints affecting loan access for big push by respondents

Constraints	Frequency	Percentage	Rank
Collateral requirement	178	60.3	1 st
Interest rate	162	54.9	2 nd
Distance	156	52.9	3 rd
Loan rationing	144	48.8	4 th
Repayment rate	139	47.1	5 th
Loan default	138	46.8	5 th
Awareness level	133	45.1	7 th
Bureaucratic process	124	42.0	8 th

Source: (Field survey, 2020) *Multiple responses*

The result concurs with Okojie et al. (2010) study on access to financial services by rural women in Edo state. About 54.9% of the farmers complained of high interest rate which dissuade them loan access. The interest rate charged by financial institutions is on the high side for the farmers. This has affected farmers patronage of formal financial institutions. Hence the government established loan scheme with low interest rate to ensure farmers access to agricultural loan (Mgbenka and Mbah, 2016). Distance was identified by 52.9% of the respondent as a factor affecting access to loan. Most farmers complained that the distance travel from resident to locations of financial institution increase their transaction cost beyond control. Loan rationing was also a limiting factor to farmers' access to loan as opined by 48.8%. When the actual amount needed for a production is not obtained then room for further agricultural expansion cannot be guaranteed.

3.5. Testing of Hypotheses

3.5.1. Effects of big push on beneficiaries income, output and farm size

The result in *Table 6* indicated the mean income of the beneficiaries of the ABC loan before and after participation. Before participation the mean farm income of the beneficiaries was \$1430.42 while after the participation the mean income was \$ 4229.17. This result signified that after the participation the farm income of the beneficiaries had considerably increased. This is because there was increase in the average farm income of the beneficiaries by \$2798.76. This also implies that after the participation of ABC loan scheme, the living standard of the beneficiaries has gone far above the poverty line (i.e above \$1 dollar per day). This is an indication that ABC has contributed positively to the mean income of the beneficiaries. The result of t-test analysis on income in *Table 7* showed the value of ($t=15.07 < P 0.05$) level. This means there was a significant difference in the mean income of the beneficiaries after accessibility of ABC loan. This means the loan accessed has enable them to purchase inputs for increased production and adoption of new technologies applicable to the vocation. The participation of farmers in the ABC scheme had tremendously brought empowerment, improved their skills and

investment power in farm and non-farm activities. This suggests that participation in ABC loan scheme has brought about remarkable increase in beneficiaries' income compared to when they did not participate in the scheme.

The result in *Table 6* further revealed the mean output of the beneficiaries before and after participation in ABC loan scheme. Before ABC loan the beneficiaries' mean farm was 1.73 tons while after the benefiting, the output was 3.21 tons. This showed that the mean farm output of the beneficiaries increased positively by 1.48 tons. The increase in farm output could be attributed to the ABC scheme through funding of projects and training the beneficiaries received which helped them in effective utilization of borrowed loan for economic activities. This indicates that there was a positive change in the economic activities of the beneficiaries for improved production. The result indicate further that the participation in ABC intervention has brought a significant difference between output before and output after ($t= 13.60 < p 0.05$). This is an indication that the ABC has significantly increased the farm output of respondents. This could be because they would engage in sustainable farming, which would increase their output for income generation. The findings showed that the big push is the best amount for both ABC and the farmers in loan disbursement. This is agreement with Ani (2014) that Fadama III significantly increase the income of participants in Nigeria.

Table 6. T-test on selected variables before and after big push

Paired	Variables	Mean	Mean difference	Std. Deviation	T	Df	Sig(2-tailed)	Remark
Pair 1	Income before ABC (\$)	1430.42		17.67	15.07	294	0.000	Significant impact
	Income after ABC (\$)	4229.17						
Pair 2	Output before ABC (tons)	1.73	1.48	1.683	13.60	294	0.000	Significant impact
	Output after ABC (tons)	3.21						
Pair 3	Farm size before ABC (ha)	1.12	1.56	0.83	11.28	294	0.000	Significant impact
	Farm size after ABC (ha)	2.68						

Source: (Field survey, 2020)

The impact of ABC on beneficiaries was determined by comparing their farm size before and after they became beneficiaries. The mean farm size before ABC was 1.12ha which increased to 2.68ha after benefiting. The result revealed that there is a mean difference of 1.56ha in the farm size of beneficiaries after becoming participants of ABC scheme. The difference in farm size was significant at ($t= 11.28 < p 0.05$) level of significance. This is an indication that ABC has significantly increased the farm size of respondents. This could be because they would engage in sustainable production to increase their output and income. It implies that the beneficiaries of the selected ABC experienced an improvement in farm size after accessing the loan facilities than before participation. This concurs with Abdullah et al. (2016) study on women participation in credit programme in Malaysia. Similarly, this study agrees with Gbigbi (2020) on the impact of an intervention on farmers output, income and farm size in Nigeria

4. Conclusions

The big push intervention from agricultural bank credit scheme on farmers beneficiaries in Nigeria was investigated in this study. Results show that the region of big push was between \$244.34-\$977.37. The result reveals that there was substantial improvement as a result of the big push. Big push of the farmers was influenced by age, household size, education, farming experience, collateral requirement, marital status, cooperative membership and farm size. The outcome of the t-test also shows that agricultural bank credit loan had positive effect on smallholder farmers' income, output and farm size. The major constraints of the beneficiaries were loan access, high interest rate, collateral, low level of awareness, loan rationing, repayment rate, loan default and high level of illiteracy. The beneficiaries should be encouraged to subscribe to membership of cooperative society. This will enable them to easily access micro finance loan because most of these groups dispense loan to their needy members. Loan acquisition procedure by agricultural bank credit should be made easier as well as the threshold of farmers financial management ability should be considered during disbursement of loan to farmers for effective utilization.

References

- Abdallah, A. (2016). Agricultural credit and technical efficiency in Ghana: is there a nexus? *Agricultural Finance Review*, 76(2),309-324.
- Abdullah, A.I.M., Muniady, R., Yukthamarani, P.P., Zainol, N.R.B., Mohamad, M.R (2016). Micro-enterprise development initiatives and entrepreneurial competencies, innovativeness, and social capital in Malaysia. *Development in Practice*, 26(8),1094-1110.
- Adegbite, D. A., Adeleye, O. A. (2011). Determinants of farmers' access to micro-loan in Oyo State, Nigeria. *Journal of Agricultural Research and Development*, 10 (1)
- Agbo, F. U., Iroh, I. I., Ihemezie, E. J. (2015). Access to loan by vegetable farmers in Nigeria: A case study of Owerri agricultural zone of Imo State, Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Research*, 9, 155-165.
- Akinwale, J.A., Ladele, A.A., Olajide, B.R. (2016). Yield differentials among participating and non-participating rice farmers in public/private partnership in Benue and Ogun States, Nigeria. *Agrosearch* 16(1),23-37.
- Akudugu, M. A (2016). Agricultural productivity, credit and farm size nexus in Africa: A case study of Ghana, *Agricultural Finance Review*, 76 (2),288-308.
- Akudugu, M. A. (2012). Estimation of the determinants of credit demand by farmers and supply by rural banks in Ghana's Upper East Region. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 2(2), 189.
- Akudugu, M. A., Guo, E., Dadzie, S. K. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions?
- Ani, I.I. (2014). Impact of national fadama II development project on agricultural productivity in Federal Capital Territory, Abuja. Unpublished post field seminar M.Sc. Thesis presented to the Department of Agricultural Extension and Communication University of Agriculture, Makurdi. p67.
- Asogwa, B.C., Abu, O., Ocheche, G.E. (2014). Analysis of peasant farmers access to agricultural loan in Benue State, Nigeria. *British Journal of Economics, Management and Trade*. 4(10), 1525-1543.
- Beck, T. (2007). Financing Constraints of SME's in developing Countries. Evidence, determinants solutions. *Journal of International Money and Finance* 31(2): 401-441.
- Currie, L. (2018). The big push and balanced and unbalanced growth. *Institutional Economics Magazine*. *Rev.econ.inst.vol.20 no.39 Bogotá July / Dec.2018*. <http://dx.doi.org/10.18601/01245996.v20n39.04>.
- D'Espallier B., M. Hudon, Szafarz. A. (2016). Aid volatility and social performance in microfinance. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 46 (1),116-140.
- Edet G.E., Etim Nsikak-Abasi. A. (2017). Credit Accessibility to Poor Rural Farmers: A Logistic Regression Approach. *American Journal of Business, Economics and Management*. 5(3):18-24.
- Elias, S., Ahmad, I.M., Paul, B.L (2015). Determinants of access to agricultural loan for small and marginal farmers in Nigeria: A case study of Owerri agricultural zone of Imo State, Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Research*, 9,155-165.
- FAO. (2016). Nigeria at a Glance. Available at www.fao.org/nigeria-at-a-glance/en (Accessed on 01July 2016). <http://www.ajol.info/index.php/jard/article/view/74029>.
- Gbigbi, T.M. (2021). Technical efficiency and profitability of cassava production in Delta State: A stochastic frontier production function analysis. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*,18(1),21-31.
- Gbigbi TM. 2020. Impact of multinational oil firms' corporate social responsibility on agricultural development in host communities in Nigeria. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(2): 146-154
- Ibitoye, S.J.(2010). The influence of farm size, educational status and farm income on adoption of maize varieties in Kogi State, Nigeria. *American-Euro Asian Journal of Sustainable Agriculture* 4(1),20-25.
- Lu, W.C., Hassan, M.A. (2011). Effect of microloan programme on rural poverty alleviation: An empirical study of four major microloan organization at Monirampur Upazila in Bangladesh. *African Journal of Agricultural Research*, 6(26), 5742-5746.
- Mgbenka, R.N., Mbah, E.N. (2016). A review of smallholder farming in Nigeria: Need for transformation. *International Journal of Agricultural Extension and Rural Development Studies*, 3(2):43-54.
- Nouman, M., Siddiqi, M. F., Asim, S. M., Hussain, Z. (2013). Impact of socio-economic characteristics of farmers on access to agricultural credit. *Sarhad Journal of Agriculture*, 29(3), 469-476
- Okojie, C., Monye-Emina, A., Eghafona, K., Osaghae, G., Ehiakhamen, J.O. (2010): Institutional environment and access to microfinance by self-employed women in the rural areas of Edo State. NSSP Brief No.14. International Food Policy Research Institute: Washington. D.C.
- Ololade, R. A. and Olagunju, F. I. (2013). Determinants of access to loan among rural farmers in Oyo State, Nigeria. *Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary Sciences*, 13(2), 16-22.

- Sadiq, M.M., Kolo, M.D., Akerele, F.O. (2015). Determinants of loan constraints of farming households participating in National Special Programme for Food Security (NSPFS) in Niger State, Nigeria. *Global Journal of Agricultural Economics and Econometrics*, 3(1), 114-120.
- Sarker, M. N. I. (2016.). Role of banks on agricultural development in Bangladesh. *International Journal of Ecology and Development Research*, 1(1), 010-015.
- Semerci, A., Celik, A.D.(2017).Reflections of Animal Husbandry Subsidies on Dairy Cattle Enterprises: A Case Study of Hatay Province-Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*,14(2),92-100.
- Sofayo, S. A. (2017). Credit risk management techniques and loan portfolio quality of Nigerian commercial banks (2006-2015). A Ph.D thesis submitted in the department of business administration and marketing Babcock business school Babcock University Ilishan-Remo Ogun State Nigeria.
- Yehuala, S.(2008). Determinants of smallholder farmers access to formal credit: The case of Metema Woreda, North Gondar, Ethiopia (Unpublished master's thesis). Haramaya University, Ethiopia

Comparison of Bulb Yield, Some Bioactive Compound and Elemental Profile of Taşköprü Garlic (*Allium sativum* L.) Grown in Greenhouse and Open Field Conditions


Sera ve Açık Tarla Koşullarında Yetiştirilen Taşköprü Sarımsağının (*Allium sativum* L.) Verim, Bazı Biyoaktif Bileşikler ve Element İçeriklerinin Kıyaslanması

Nezahat TURFAN

Abstract

Taşköprü garlic, which is among the Geographical Indications of Turkey, is one of the important sources of income for the people in the Kastamonu region. It (*Allium sativum* L.) has become an indispensable food in the kitchen with taste, a high peculiar pungent smell, a specific colour, flavon enhancing molecules. Also, it has been used for medicinal purposes due to having antioxidant capacity, sulphur compounds, and minerals. Moreover, it can preserve its superior properties for a long time due to its high dry matter compared to other garlic genotypes. This study was conducted to reveal the yield, storage duration, and nutritional elements of Taşköprü garlic bulbs grown in an open field (OF-TD; OF-KUC) and greenhouse conditions (GH-TD; GH-KUC) as well as to determine how some bioactive components including pigment, secondary metabolites, nitrogenous compound, simple reduced sugar, pyruvic acid, lipid peroxidation (MDA-malondialdehyde) and H₂O₂ (hydrogen peroxide), vary according to the growing environment in both cloves and fresh leaves. The results revealed that there were significant differences in the effects of habitat on all the parameters investigated ($p < 0.001$). For instance, while nitrogenous compounds are high in OF-KUC and GH-KUC samples, OF-TD and GH-TD showed enrichment in pigment, pyruvate, glucose and secondary metabolites in the fresh leaves. In the cloves, while pigments and secondary metabolites content were found to be higher in OF-KUC and GH-KUC samples, the content of nitrogenous compounds, pyruvate and carbon were higher in OF-TD and GH-TD samples. In terms of nutrients, the GH-KUC cloves were rich in K and P, while OF-TD samples were rich in N, Mg, S, and Si, and OF-KUC samples were the richest group in Ca, Na, Cl, Mn, Fe, Zn, Cu and Se. In terms of bulb yield and storage properties, the highest values were noted with OF-KUC and GH-KUC samples, and the lowest values of them were recorded with GH-TD samples. As a result, considering the first two highest values of the parameters analyzed in garlic samples, the OF-KUC and the OF-TD samples had the maximum values, but the GH-TD samples showed the lowest value. It can be concluded that by cultivating garlic in greenhouses, fresh green leaves with high nutritional value can be provided to the consumer at all seasons and products with high nutritional value, as well as products with a storage process / long shelf life can be obtained as in plants obtained from open areas.

Keywords: Biochemical, Garlic, Greenhouse, Field, Mineral

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nezahat Turfan, Kastamonu University, Science and Art Faculty, Biology Department, Kuzezykent, 37150, Kastamonu, Turkey. E-mail: nturfan@kastamonu.edu.tr  OrcID:000-0002-5753-0390

Atıf/Citation: Turfan N. Comparison of Bulb Yield, Some Bioactive Compound and Elemental Profile of Taşköprü Garlic (*Allium sativum* L.) Grown in Greenhouse and Open Field Conditions. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 248-261.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Türkiye'nin Coğrafi İşaretleri arasında yer alan Taşköprü sarımsağı, Kastamonu yöresi halkının önemli gelir kaynaklarından biridir. Kendine has tadı, kendine has keskin keskin kokusu, kendine özgü rengi, flavon artırıcı molekülleri ile (*Allium sativum* L.) mutfakların vazgeçilmezi haline gelmiştir. Ayrıca antioksidan kapasitesi, kükürt bileşikleri ve mineraller içermesi nedeniyle tıbbi amaçlar için de kullanılmıştır. Üstelik sayılan üstün vasıflarını, yüksek kuru madde içeriği diğer sarımsak genotiplerine göre uzun süre koruyabilir. Bu çalışma, tarlada (OF-TD; OF-KUC) ve sera koşullarında (GH-TD; GH-KUC) yetiştirilen Taşköprü sarımsağında baş verimi, depolanma süresi, besin elementlerinin değişimini belirlemek ve ayrıca taze yapraklarda ve dişlerde pigmentler, sekonder metabolitler, azotlu bileşikler, indirgen şeker, piruvik asit, lipid peroksidasyonu (malondialdehit) ve H₂O₂ (hidrojen peroksit) gibi bazı biyoaktif kimyasal bileşiklerin yetiştirme ortamına göre nasıl değiştiğini ortaya koymak için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar yetiştirme ortamlarının incelenen tüm parametreler üzerinde önemli etki yaptığını göstermiştir (p<0.001). Örneğin, azotlu bileşikler OF-KUC ve GH-KUC örneklerinin taze yapraklarında, pigment, pürivik asit, glikoz ve sekonder metabolitler ise OF-TD ve GH-TD örneklerinin taze yapraklarında zengindir. Sarımsak dişlerinde ise OF-KUC ve GH-KUC örneklerinde pigment ve sekonder metabolit içerikleri daha fazla iken OF-TD ve GH-TD örneklerinde azotlu bileşikler, pürivik asit ve toplam karbon miktarı yüksektir. Mineraller açısından GH-KUC örnekleri K ve P, OF-TD örnekleri N, Mg, S ve Si ve OF-KUC örnekleri ise Ca, Na, Cl, Mn, Fe, Zn, Cu ve Se miktarınca zengindir. Sarımsak örneklerinde baş verimi ve depolama özellikleri açısından OF-KUC ve GH-KUC örnekleri en yüksek değere sahip iken, GH-TD örnekleri ise en düşük değere sahip bulunmuştur. Tüm değerler göz önünde bulundurulduğunda OF-KUC ve GH-KUC örneklerinin incelenen parametreler açısından daha zengin olduğu, GH-TD örneklerinin ise fakir olduğu söylenebilir. Ayrıca Taşköprü sarımsağının seralarda sarımsak yetiştirilerek tarlada olduğu kadar besin değeri yüksek yeşil sarımsağın tüketiciye her mevsim sağlanabileceği ve depola süresi/raf ömrü uzun ürünlerin de elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal, Mineral, Sarımsak, Sera, Tarla

1. Introduction

Recently, greenhouse cultivation is among the most widely used methods in plant production, which is used to obtain higher yield and quality products per unit area and to increase vegetable production in periods when climatic conditions affect plant growth in open land (Kontopoulou et al., 2015; Basal and Szabo, 2020). Evaluation of the smallest suitable areas is important for providing the nutritional demands of population density, which is constantly increasing. In this context, greenhouse cultivation facilitates access to all kinds of vegetables in markets in all seasons of the year and provides a source of income, given the need for regular labour. In this aspect, greenhouse cultivation enables the population to stay in the countryside and indirectly contributes to today's most up-to-date environmental problems (Gianquinto et al., 2013; Katsoulas et al., 2015). Garlic is a plant that is grown by people from all geographical regions and cultures. It is consumed fresh or dried and is used in the treatment of diseases, as well as in reducing pathogenic damage in plants (Obiadalla-Ali et al., 2016; Atif et al., 2020).

In Turkey, the region identified with garlic is the district of Taşköprü in Kastamonu province named Taşköprü Garlic, which is characterized by a pungent odour and rich in soluble dry matter, amino acids, vitamins, macroelements, and sulfur-containing compounds and has a long shelf life or storage period. Garlic cultivation is mostly done within February-March in the district, but it is also planted in October (Turan et al., 2013). While the cloves of garlic planted in October are harvested in the first weeks of June, garlic cultivated within the February-March period is generally harvested after the second week of July. According to the data, garlic is grown in 61 provinces in Turkey. The total garlic cultivation area in 2017 was 131, 451 thousand decares and in 2018 it was 121, 805 thousand decares (TUIK, 2019, Akan and Univar, 2020). In 2019, the dry garlic planting area in Turkey was 120 thousand decares, and Kastamonu was the province with the largest planting area with 26,6 thousand decares. Although Kastamonu was the province with the highest garlic production until 2018, Gaziantep took the lead in garlic production in the following years. Kastamonu's total garlic production was 25,97 thousand tons in 2017 and 20, 54 thousand tons in 2018. In Taşköprü district, the cultivation area of garlic, which was 24 thousand decares in 2017, decreased to 23 thousand decares in 2018, while the total production amount decreased from 24 thousand tons (2017) to 18 thousand tons (2018) (Akan et al., 2019; Akan and Univar 2020). In 2019, dry garlic production in Turkey is 103 thousand tons, fresh garlic production is 23,3 thousand tons and the total garlic production is 126 thousand tons (TUIK, 2019). While China ranks first in world garlic production, India ranks second and Bangladesh ranks third. Turkey, on the other hand, ranks 13th in garlic production (TUIK, 2019, Akan and Univar 2020). In recent years, both climatic conditions, improper agricultural practices, and problems regarding production policy have caused various problems in garlic production and the demand for garlic cannot be supplied. The most important factor that causes a decrease in yield and quality (by causing mechanical damage and stimulation of various diseases in green parts of garlic) is the rain and hail rains observed in May in Kastamonu. This situation causes the garlic producer or farmers to prefer different garlic varieties, thus leading to the import of garlic. Therefore, the use of greenhouses can serve as an important alternative for improving the yield and quality of garlic and finding markets for garlic in all seasons with its edible green leaves (Tüzel et al., 2004). Garlic production is generally based on dry garlic production and, unfortunately, greenhouses are not produced. In addition, it reduces irrigation and controls heat and humidity requirements (Keyhaninejad et al., 2012; Katsoulas et al., 2015). There are many studies on bulb yield in garlic, the factors affecting development and yield, and the main problems in marketing (Tüzel et al., 2004; Turan et al., 2013). However, there is no study to compare the yield, nutritional and bioactive constituents of Taşköprü garlic grown in the greenhouse and open fields. Therefore, the purpose of this study was to determine (1) the yield of bulbs, (2) the nutritional levels of fresh leaves and cloves, and (3) to compare the storage duration of garlic samples grown in the open field and greenhouse conditions. This investigation is the first study conducted in this scope in Kastamonu.

2. Materials and Methods

2.1. Sowing of garlic, harvesting, and preparation of the garlic for chemical analysis

A total of four experiments; two in PE covered greenhouse (GH) and two in an open field (OF) were conducted in two different areas, Central Villiage of Taşköprü (TD) and Kastamonu University Campus (KUC) between the third week of February and the second week of July of 2017. Soil samples for the greenhouse study were taken

from Taşköprü District and Kastamonu University Campus and spread over soil in a greenhouse in KUC to establish experimental plots. Since the soil sample of the experimental greenhouses were the soils taken from their related district, the properties of experimental soils given in *Table 1* are representative of these areas. In all four experiments, garlic cloves were planted on plots of 2.86 m² (1.6m x 1.8m) according to a randomized block design with three replications. Similar caliber garlic cloves were planted at 3-4 cm distances between the rows and between the cloves in the rows with the end parts visible above the ground (Vural et al., 2000). The N (nitrogen), C (carbon) and pH of KUC and TD soils used for cultivation were 0.44-0.52%, 27.44-33.558% and 6.54-6.76, respectively (*Table 1*). Water was applied twice a week in the greenhouse and open field and irrigation was continued until the garlic physiological maturity. When the garlic samples reached the 5-6 leaf stage, fully developed healthy leaves were selected from each application in each repetition. These samples were cleaned with distilled water, dehumidified, and used fresh for chemical analysis. The garlic bulbs were harvested in the second week of July when the leaves completely turned yellow and began to dry. The harvested garlic samples were kept on coarse blotting papers for 10-12 days to lose moisture at room temperature, after which they were freed from soil particles and kept until they became air dry. Stems and roots of dried samples were separated and cleaned. Air-dried bulbs were used to determine the fresh weight of bulb (g), as well as the polar and equatorial diameter of bulbs (cm). For the fresh weight of bulbs, ten samples were weighed using an electronic scale.

Table 1. Chemical properties of the experimental soils

Locations	%		mg kg ⁻¹											pH
	N	C	K	Ca	P	S	Mg	Na	Cl	Mn	Fe	Zn	Cu	
KUC	0.44	27.44	27543 ± 30	12754 ± 100	5394 ± 2.3	12066 ± 4.3	12950 ± 60	120.50 ± 3	6250 ± 40	536 ± 2.5	42444 ± 30	69 ± 0.7	22.6 ± 0.5	6.54
TD	0.52	33.55	11540 ± 30	111700 ± 100	5400 ± 2.3	13374 ± 1.3	16927 ± 60	123.76 ± 20	6975 ± 60	461 ± 2	34960 ± 30	71 ± 0.7	37.8 ± 0.7	6.76

The polar and equatorial diameter of bulbs (cm) was recorded using a millimeter ruler. After the measurement of bulb yield, the garlic samples were cleaned in running tap water, washed with distilled water, and moisture was removed with blotter paper. Some of the garlic bulbs were used in chemical analysis, while some were used in determining the storage duration. The samples reserved for the determination of the storage period were garlic selected based on the uniformity in size from each repetition in each experimental site as ten bulbs. Selected bulbs were kept in paper packages at room temperature (22°C ± 2°C), with aeration and shadow conditions for 6 months. The samples were checked at intervals until the end of February 2018. After 6 months of the storage period, bulbs were compared in terms of colour loss, the number of sprouting, and cloves decay.

2.2. Chemical Analyses

To examine the chlorophyll concentration of garlic leaves, 0.5 g of a fresh leaf was crushed in liquid nitrogen and homogenized by adding 10 ml of 80% acetone in an ice bath (Lichtenthaler, 1987). For β -carotene and lycopene content, the fresh samples and cloves were extracted with acetone-hexane (4:6) at once, then the optical density of the supernatant at 663 nm, 645 nm, 505 nm, and 453 nm was measured via a spectrophotometer at the same time. The concentrations of β -carotene (β_c) and lycopene (Ly) in the garlic homogenate (in mg per 100 ml) were estimated spectrophotometrically using the following equations (Eq.1,2) (Nagata and Yamashita, 1992):

$$\beta_c = 0.216 \times A_1 - 1.22 \times A_2 - 0.304 \times A_3 + 0.452 \times A_4 \quad (\text{Eq.1})$$

Where; β_c = β -Carotene in 100 ml A_1 = A663; A_2 = A645; A_3 = A505; A_4 = A453

$$\text{Ly} = -0.0458 \times A_1 + 0.204 \times A_2 + 0.372 \times A_3 - 0.0806 \times A_4 \quad (\text{Eq.2})$$

Where; Ly = Lycopene in 100 ml A_1 = A663; A_2 = A645; A_3 = A505; A_4 = A453

The Bates method (Bates et al., 1973) was used to estimate the proline content of the leaves and cloves, and the Bradford method (Bradford 1976) was used to measure the soluble protein content of leaves and cloves. The total free amino acid content of both garlic parts was measured following the method of Moore and Stein (1948).

The total phenolic amount was performed following the Folin-Ciocalteu method via spectrophotometric (Singleton et al., 1999). Total flavonoid measurement was done spectrophotometrically (Kumaran and Karunakaran, 2006). The level of lipid peroxidation of leaf and cloves were determined and expressed as MDA (malondialdehyde) content following the method of Çakmak and Horst (1991). The H₂O₂ (hydrogen peroxide) concentration was determined according to the method of (Velikova et al., 2000). The pyruvic acid concentrations were estimated according to the colourimetric method developed by Anthon and Barrett (2003) with some modifications. The total soluble carbohydrate was estimated by spectrophotometry at 620 nm following the Antron Method (McCready et al., 1950). Glucose and sucrose contents of leaves and cloves were measured following the Antron Method by spectrophotometry at 630 nm for glucose and 620 nm for sucrose (Handel, 1968). To determine the enzyme activities of cloves, 0.5 g of a fresh leaf was crushed in liquid nitrogen and then homogenized with 5 ml of 50 mM (pH= 7.6) KH₂PO₄ (pH=7) buffered solution containing 0.1 mM Na-EDTA (Etilendiamin tetraacetic acid). The mixtures were centrifuged for 10 minutes at 10.000 g and 4°C. Enzyme activities in this supernatant were estimated. APX (ascorbate peroxidase) was determined following the method of Nakano and Asada (1981) by measuring the oxidation rate of ascorbate at 290 nm ($E = 2.8 \text{ mM cm}^{-1}$) and SOD (superoxide dismutase) enzyme activity was measured following the method of Çakmak and Horst (1991).

2.3. Mineral Analyses of Cloves and Soil samples

For mineral analyses, samples were chosen from cloves from 15 bulbs from each group and all the samples were separated in order to obtain separate cloves and the outer skins were removed, which were further peeled and cut in slices. Then, all samples were placed in an oven at 70 °C for 24 h to dry, and the dried samples were powdered in a laboratory mill. After that, they were put into polyethene bags. Soil samples to levels of 20 cm taken from Taşköprü and Campus were air-dried, sieved. Later, both garlic and soil samples were used in mineral analysis measurements using the SPECTRO brand XEPOS model XRF instrument at the Central Research Laboratory of Kastamonu University.

2.4. Statistical Analyses

All the experimental data obtained from four experimental sites were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) using SPSS statistical software (SPSS for Windows, Version 16). Following the results of ANOVAs, Tukey's honestly significance difference (HSD) test ($\alpha = 0.05$) was also applied.

3. Results and Discussion

3.1. Changing of pigment and secondary metabolites in garlic fresh leaves and cloves

Chlorophyll pigments, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids, soluble sugars, and nitrogenous compounds play important roles in the growth and development stages, as well as in the storage duration or shelf life of garlic bulbs (Mashayekhi et al., 2016; Yüzbaşıoğlu et al., 2017; Atif et al. 2020). In this study, significant differences in the amount of photosynthetic pigment, non-photosynthetic pigments and secondary metabolites were observed in the garlic samples with the growing sites ($p < 0.001$). The amount of chlorophyll in the leaves ranged from 0.263-0.443 mg g⁻¹; carotenoid ranged from 10.76-14.53 mg g⁻¹; β -carotene ranged from 0.091-0.807 $\mu\text{g g}^{-1}$; total phenolic ranged from 17.39-42.46 mg g⁻¹ (Table 2).

OF-TD samples had the highest β -carotene, lycopene, total flavonoid content, but poorest in total chlorophyll and carotenoid. In cloves, the recorded level varied between 0.935-10.53 $\mu\text{g g}^{-1}$ for β -carotene, 3.46-8.25 $\mu\text{g g}^{-1}$ for lycopene, 164.33-309.70 mg 100 g⁻¹ for total phenolic, and 145.67-386.02 mg 100 g⁻¹ for flavonoid (Table 2). The amount of pigment and secondary metabolites differed by growing sites and growing stages of garlic, such as seedling and bulb (Beato et al., 2011; Gmaa, 2016) (Table 2). These results coincide with those of Gianquinto et al. (2013); Gadel-Hak et al. (2015); Çelebi (2019), who observed that plant bioactive compounds may vary depending on environmental conditions, developmental stage of organs, and growing season. There were higher levels of pigment, total phenolic, and flavonoids in OF-TD leaf samples (Table 2). The higher levels of these above-mentioned parameters in garlic cloves from OF-KUC and GH-KUC associated with the fact that light conditions stimulated more bioactive compounds in the green leaves of the garlic seedling (Yuan et al., 2015; Atif et al., 2020). For field-grown garlic seedling, factors, such as sudden drops in air temperatures, heavy precipitation,

and high light stress, is associated with an increase in carotenoid, lycopene, flavonoid, and phenolic to protect against photo-oxidative stress in the chloroplast (Schirmacher et al., 2004; Hörtensteiner, 2013). Keyhaninejad et al. (2012) showed that the amount of leaf chlorophyll and fruit total carotenoids levels of pepper plants grown in the open field is lower than those grown in greenhouse and shaded greenhouse conditions. Alternatively leaf carotenoids higher in open field conditions. It has been found that the amount of flavonoids in tomato fruit (Stewart et al., 2000) and *Gynura bicolor* plant (Schirmacher et al., 2004) were much higher than those in samples grown in the greenhouse. The high level of total chlorophyll in GH-TD and GH-KUC samples was associated with the higher temperature inside the greenhouse in April when the leaves of garlic were harvested (Gururani et al., 2015).

Table 2. Variation of pigment (total chlorophyll, total carotenoid, β -carotene, lycopene), total flavonoid, and total phenolic content in garlic fresh leaves and cloves grown in different sites

Growing sites	Leaves						Cloves				
	*Total Chlorophyll mg g ⁻¹	Total carotenoid mg g ⁻¹	β -carotene μ g g ⁻¹	Lycopene μ g g ⁻¹	Total flavonoids mg g ⁻¹	Total phenolic mg g ⁻¹	β -carotene μ g g ⁻¹	Lycopene μ g g ⁻¹	Total phenolic mg 100 g ⁻¹	Total flavonoid mg 100 g ⁻¹	
OF-KUC	0.264a \pm 0.001	14.53c \pm 0.013	0.145 b \pm 0.001	0.268b \pm 0.001	33.83b \pm 0.001	17.39a \pm 0.31	3.011 b \pm 0.001	8.25d \pm 0.001	309.70d \pm 0.16	230.38b \pm 0.23	
GH-KUC	0.371b \pm 0.002	10.76a \pm 0.008	0.091 a \pm 0.002	1.519c \pm 0.001	14.57a \pm 0.002	42.46c \pm 0.89	10.53 c \pm 0.002	6.38c \pm 0.001	269.15b \pm 0.17	386.02d \pm 1.21	
OF-TD	0.263a \pm 0.001	10.82a \pm 0.015	0.807 d \pm 0.001	1.716d \pm 0.001	37.57c \pm 0.001	33.45b \pm 0.52	2.967 b \pm 0.001	3.46a \pm 0.001	288.64c \pm 0.30	145.67a \pm 0.54	
GH-TD	0.443c \pm 0.001	12.60b \pm 0.065	0.723 c \pm 0.001	0.221a \pm 0.001	37.40c \pm 0.002	18.20a \pm 0.36	0.935 a \pm 0.001	4.90b \pm 0.001	164.33a \pm 0.23	343.91 c \pm 0.56	
F	2742.63	32703.79	1057.90	911.68	366502.11	166.80	1057.90	911.68	847.54	224.50	
Sig.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

*Any two means within a row not followed by the same letter are significantly different at $P < 0.05$

3.2. Changing of proline, free amino acid, soluble protein content in garlic fresh leaves and cloves

MDA and H₂O₂ are normally produced in physiological events such as differentiation, maturation, and decreased cellular water, in both leaves and garlic cloves. However, in the green leaves of garlic and developing cloves, osmolytes with antioxidant properties eliminated the MDA and H₂O₂ damage and provided homeostasis to the cell (Hossain et al., 2015; Munoz and Munn'e-Bosch, 2018). In this investigation, MDA and H₂O₂ concentrations varied significantly with all growing conditions ($p < 0.001$). The amount of MDA in cloves was lowest in GH-TD samples (33.15 μ mol g⁻¹), while H₂O₂ was lowest in OF-TD (33.73 μ mol g⁻¹) samples (Table 3). In terms of antioxidant osmolytes, such as total soluble protein, proline, and free amino acids in garlic seedling, OF-KUC and GH-KUC leaf samples had the higher values (Table 3). In garlic cloves, OF-TD and GH-TD samples were found to be richer in osmolytes (Table 3). Results of total soluble protein of cloves in the current investigation were similar to those of Chen et al. (2019), who reported that protein concentration was in the range of 21.09-50.01 mg g⁻¹ and that light, temperature, and soil characteristics have a very strong effect on the content of bioactive compound. It was thought that the amount of MDA and H₂O₂ is implicated in the higher nitrogen compounds in OF-KUC and GH-KUC groups when compared to leaf samples of OF-TD and GH-TD (Dietz et al., 2016; Davies, 2016). The low amount of proline and protein in GH-KUC and GH-TD samples confirms this situation (Table 3) (Hossain et al., 2014; Gujjari et al., 2019). It has been reported that soluble amino acids, proteins, and other nitrogenous compounds, which are among the bioactive components found in organs, such as leaves, roots, rhizomes, stems, and fruits, are effective in the adaptation of the plant to the environment in which it lives due to

the prevention of injuries caused by intracellular toxic compounds (Davies, 2016; Gujjari et al., 2019). In this study, proline, amino acids, and soluble protein of cloves may have played a role in maintaining the osmotic balance in garlic cloves, as well as in reducing the effect of toxic compounds, such as MDA and H₂O₂ (Hossain et al., 2014; Davies, 2016).

Table 3. Variation of proline, free amino acid, soluble protein, MDA, and H₂O₂ content in garlic fresh leaves and cloves grown in different sites

Growing sites	Leaf					Cloves				
	*Proline μmol g ⁻¹	Free amino acid μmol g ⁻¹	Total soluble protein mg g ⁻¹	MDA μmol g ⁻¹	H ₂ O ₂ μmol g ⁻¹	Proline μmol g ⁻¹	Free amino acid μmol g ⁻¹	Total soluble protein mg g ⁻¹	MDA μmol g ⁻¹	H ₂ O ₂ μmol g ⁻¹
OF-KUC	87.70c ± 0.04	60.78c ± 0.030	151.19c ± 0.27	73.66c ± 0.15	14.20a ± 0.17	56.58b ± .04	94.88b ± 0.33	23.54b ± 0.28	50.38d ± 0.002	71.05d ± 0.42
GH-KUC	100.76d ± 0.90	50.69b ± 0.002	152.35d ± 0.09	55.95a ± 0.07	49.65d ± 0.27	40.46a ± 0.02	82.49a ± 0.26	23.60b ± 0.15	41.34b ± 0.002	57.41b ± 0.17
OF-TD	41.38a ± 0.06	86.29d ± 0.167	89.45a ± 0.33	83.50d ± 0.25	21.46b ± 0.21	79.06d ± 0.02	146.79c ± 0.34	19.34a ± 0.08	44.25c ± 0.002	33.73a ± 0.90
GH-TD	66.20b ± 0.04	39.88a ± 0.024	106.53b ± 0.18	69.03b ± 0.07	40.20c ± 0.04	70.56c ± 0.02	145.27c ± 0.31	25.35c ± 0.15	33.15a ± 0.002	65.12c ± 0.37
F	70494.20	536.63	10699.85	401372.41	115757.47	14629.68	994.14	199.864	222044.75	941.38
Sig	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Any two means within a row not followed by the same letter are significantly different at $P < 0.05$

According to these results, the interaction of location-growing environment factors was found to be important. Because while total soluble protein in cloves did not change in Kastamonu, it increased in Taşköprü greenhouse. Similarly, H₂O₂ was found to be low in Kastamonu greenhouse and high in Taşköprü greenhouse. During cell-tissue differentiation, the amount of soluble compounds as protein and amino acids increases in plant organs and balances their osmotic potential and energy requirements. H₂O₂ is synthesized predominantly in plant cells during metabolic reactions and therefore, play crucial role as signaling molecule in the differentiation of cells, growth, development processes. In this study, since the temperature factor in greenhouse conditions stimulates the cell-tissue differentiation rate, it may cause an increase in the amount of proline, protein and H₂O₂ (Wang et al., 2014; Hossain et al., 2015; Gujjari et al., 2019).

The photoperiod is defined as the ratio of light and dark hours in a 24-hour period, which has a great effect on the photosynthetic activity, accumulation of bioactive compounds and formation and development of bulbs. As it is known, photosynthesis provides primary metabolites including carbohydrates as glucose, sucrose, total carbohydrates, proteins, fatty acids, which leads to the synthesis of many organic molecules related to growth (Caretto et al., 2015; Pöhl et al., 2019). Soluble sugars as glucose, fructose, and sucrose are stored in the cloves during bulb formation, which is synthesized in leaves by photosynthesis metabolism, and are used as energy sources through respiration reactions during the germination or sprouting of the cloves (Pöhl et al., 2019; Oku et al., 2019).

The amount of glucose of fresh leaves ranged from 79.15 to 118.15 mg g⁻¹ and from 36.60 to 44.53 mg g⁻¹ in the cloves ($p < 0.001$) while no significant change was observed in the amount of sucrose in the leaves and cloves in all the groups (Table 4). The total amount of carbohydrates varied between 86.92-91.88 mg g⁻¹ in leaf samples and between 81.955-101.90 mg g⁻¹ in the cloves. Furthermore, the total carbon content (C%) of cloves varied between 38.64-43.79% in GH-KUC and OF-TD, respectively. According to data, the amount of C% of OF-TD

and GH-TD are higher than those from OF-KUC and GH-KUC (Table 4). But the total amount of soluble carbohydrate was high in the fresh leaves of OF-KUC, OF-TD and GH-KUC seedlings, it was found to be high in the garlic cloves from GH-TD.

Table 4. Variation of pyruvic acid, glucose, sucrose, total soluble carbohydrate (total carb.), and total carbon (%) content in garlic fresh leaves and cloves grown in different sites

Growing sites	Leaves				Cloves				
	*Pyruvic acid	Glucose	Sucrose	Total carb	Pyruvic acid	Glucose	Sucrose	Total carb.	C
	$\mu\text{mol g}^{-1}$	mg g^{-1}	mg g^{-1}	mg g^{-1}	$\mu\text{mol g}^{-1}$	mg g^{-1}	mg g^{-1}	mg g^{-1}	%
OF-KUC	66.45b \pm 0.002	105.80c \pm 0.04	11.23b \pm 0.11	91.88b \pm 0.43	3.85a \pm 0.001	44.53c \pm 0.04	17.37b \pm 0.03	81.95a \pm 0.48	40.28b \pm 0.23
GH-KUC	56.67a \pm 0.066	79.75a \pm 0.04	10.84a \pm 0.05	89.66a \pm 0.56	5.33b \pm 0.001	36.60a \pm 0.11	16.71a \pm 0.02	91.41b \pm 0.12	38.64a \pm 0.19
OF-TD	74.63c \pm 0.034	118.15d \pm 0.11	11.22b \pm 0.07	91.40b \pm 0.74	7.89d \pm 0.002	42.64b \pm 0.04	17.36b \pm 0.05	89.60b \pm 0.26	43.79c \pm 0.24
GH-TD	65.26b \pm 0.037	95.91b \pm 0.02	10.65a \pm 0.08	86.92a \pm 0.65	6.78c \pm 0.002	38.28a \pm 0.08	16.93a \pm 0.03	101.90c \pm 0.51	42.76c \pm 0.15
F	33363.08	103818.40	4895.97	31648.19	1538055.82	2259.58	4895.972	31648.184	131.97
Sig	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Any two means within a row not followed by the same letter are significantly different at $P < 0.05$

This phenomenon has been associated with the light and temperature conditions in the growing environment of the garlic (Ikeda et al. 2019). Atif et al. (2019), Wu et al. (2016), Atif et al. (2019) reported that in warm and short-day conditions, garlic bulb yield reduces, but in temperate zones, the bulb productivity enhances due to increasing size and weight. Similarly, Chen et al. (2019) showed that the amount of total carbohydrate of cloves varied between 32.01-186.91 mg. Atif et al. (2020) showed that the amount of soluble sugar varied between 14.25-26.29% and that sucrose varied between 15.91-18.59 mg. They opined that light duration and intensity and temperature caused an increase in soluble protein, sugars, phenolic compounds, as well as pyruvic acid, which contributed to the tolerance against the environmental alterations, as well as the nutritive properties of garlic (Van den Ende and El-Esawe, 2014; Bian et al., 2015; Pöhl et al., 2019). Pyruvic acid is one of the key organic acids produced during the initial stage of cellular respiration in the cytoplasm, called glycolysis (Avgeri et al., 2020). It undergoes oxidation through many catalytic enzymes in the mitochondria to form the universal energy (ATP) as well as precursors of many organic molecules as terpenoids, amino acids, hormones, and pigments (Oku et al., 2019; Wall and Corgan, 2019).

Studies have been revealed that the quality of garlic clove is significantly affected by the amount of pyruvic acid both during the growth and development phase and during the storage period, which can cause a negative effect through stimulating the sprouting rate, spoiling of tissue and deterioration of colour by the oxidations of chemical constituents and water loss (Angeletti et al., 2010; Wall and Corgan, 2019).

In this study, the amount of pyruvic acid in the leaves ranged from 56.67 and 74.63 $\mu\text{mol g}^{-1}$ from 3.85 to 7.89 $\mu\text{mol g}^{-1}$ in the cloves, respectively (Table 4). The concentration of pyruvic acid is the highest in the samples of OF-TD in both leaves and cloves. The high amount of sucrose and total carbohydrate in leaf samples of OF-KUC and OF-TD group was evaluated as a strategy for tolerance developed by the leaves against climatic changes that may occur in the open field (Yuan et al., 2015; Atif et al., 2020). As a matter of fact, in OF-TD fresh leaf samples, β -carotene, flavonoid, and phenolic compounds were also high, while glucose, sucrose and total carbohydrate are the highest. The quantities of total carotenoids, flavonoids, proline, sucrose, and total carbohydrate were high in OF-KUC leaf samples, which also confirmed this finding (Keyhaninejad et al., 2012; Yan et al., 2017; Gujari et al., 2019). These compounds were also reported to have a high effect on the shelf life of garlic, with their properties of balancing water content in tissues and cells (Wang et al., 2014; Gmaa, 2016). In garlic cloves, the amount of sucrose was high in OF-KUC and OF-TD samples and total carbohydrate content was high in GH-KUC and GH-

TD samples (Table 3). This result was associated with a higher respiration rate of tissues in garlic grown in greenhouse conditions (Mashayekhi et al., 2016; Avgeri et al., 2020).

3.3. Mineral status of garlic samples

Kinds of Garlic are rich in minerals, such as N, K, P, Mg, S, Ca, Fe, Mn, Zn, and Cu, which are of huge benefits to human health as well as the development of garlic seedling and bulbs and its adaptation to the change of environmental conditions (Bloem et al. 2011; Drissi et al. 2015). In this study, N concentration in garlic ranged from 1.87 to 2.36% (GH-KUC and OF-KUC, respectively), from 1.89 to 2.52% (GH-TD and OF-TD, respectively) (Table 5). Soil N level varied between 0.44 (KUC) and 0.52% (TD). The nitrogen level was found to be higher in the garlic samples of OF-TD and OF-KUC. Variations of N contents were similar to the amino acid, pyruvic acid, glucose and sucrose (Table 4, Table 5). One possible explanation for this situation is that light conditions can stimulate the synthesis of precursors of macromolecules via respiration (Bian et al., 2015; Caretto et al., 2015; Basal and Szabo, 2020). K and Ca contents of soil samples were found to be high in the KUC soil mixture, while P, S, and Mg were found in the TD soil mixture, which was used in garlic cultivation (Table 1). The highest K (22333 mg kg⁻¹) and P (5312 mg kg⁻¹) in garlic samples were found in GH-KUC samples; the highest Ca (11255 mg kg⁻¹) was found in OF-KUC samples, and the highest S (10122 mg kg⁻¹) and Mg (157.52 mg kg⁻¹) were found in OF-TD samples (Table 5). K and Ca content of cloves from OF-KUC and GH-KUC, is parallel to the amount of soil elements, while the Mg and S of gloves from OF-TD and GH-TD, contents are parallel with the TD soil Mg and S content (Table 5). When micronutrient element changes in garlic samples are examined, as seen in Table 6, OF-KUC samples were observed to be richer in terms of all ions, except the Si element. The highest Si content was determined as 186.3 mg kg⁻¹ in OF-TD samples, while the lowest Si content was determined as 127.2 mg kg⁻¹ in OF-KUC samples. Microelement content of soil samples revealed that, Mn (536 mg kg⁻¹) Fe (42444 mg kg⁻¹), Si (17844 mg kg⁻¹), and Se (0.61 mg kg⁻¹) content of KUC soil were higher than TD soil; whereas, TD soil were found to be richer in Na (123.76 mg kg⁻¹), Cl (6975 mg kg⁻¹), Zn (71 mg kg⁻¹), and Cu (37.8 mg kg⁻¹) (Table 6).

Table 5. Macronutrient contents of harvested garlic bulbs (mg kg⁻¹)

Grown g sites	%	mg kg ⁻¹				
	N	K	Ca	P	S	Mg
OF-KUC	2.36±0.02	18478 ± 20	11255 ± 20	4635 ± 6	7377 ± 5	37.35 ±0.001
GH-KUC	1.87±0.001	22333 ± 30	10234 ± 18	5312 ± 6	8489 ± 6	27.87 ±0.001
OF-TD	2.52±0.003	19422 ± 20	2992 ± 9	4958 ± 6	10122 ± 10	157.52 ± 4.8
GH-TD	1.89±0.015	19886 ± 19	2916 ± 9	4879 ± 6	10088 ± 9	153.27 ± 4.6

The amount of macronutrients and trace elements detected in this study coincide with the results recorded in other investigations, which revealed that the most abundant macronutrient elements in plant tissues are generally K, Ca, Na, Mg, P, S, Fe, Zn, Cl, Cu, and Si, such that to the development stage of organs, as well as soil nutrients concentration (Anschütz et al. 2014; Demidchik and Shabala, 2018). In previous studies, it has been shown that K and Ca elements in fruits, seeds, leaves, and rhizomes play a role in the promotion of shelf life (Bloem et al., 2011; Vadalà et al., 2016), wall resistance, and osmotic potential (Demidchik et al. 2014; Hossain et al., 2014), and thus contribute to the extension of bioactive components in food for longer periods (Martins et al., 2016). Also, S is involved in the synthesis of organosulfur compounds in garlic and P is involved in the synthesis of amino acids and proteins (Chen et al., 2013; Drissi et al., 2015). And also, S and pyruvic acid are the key factors in the synthesis of organosulfur molecules, amino acids, and flavour substances in *Allium* spp. It has been reported that pyruvate is produced as a stable primary organic acid from the enzymatic breaking of each of the flavour precursors (Sardar and Kempken, 2018; Yoo et al., 2019).

Table 6. Micronutrient contents of harvested garlic bulbs (mg kg⁻¹)

Growing sites	Na	Cl	Mn	Fe	Zn	Cu	Si	Se
OF-KUC	116.54 ± 0.0030	817.87 ± 1.11	34.24 ± 0.23	167.45 ± 1.34	64.49 ± 0.23	10.57 ± 0.3	127.2 ± 2.6	0.507 ± 0.001
GH-KUC	101.23 ± 0.910	767.72 ± 0.93	29.57 ± 0.22	164.79 ± 0.23	36.89 ± 0.31	8.98 ± 0.3	129.3 ± 2.4	0.503 ± 0.001
OF-TD	99.88 ± 0.0020	703.57 ± 0.97	30.48 ± 0.33	35.06 ± 0.44	32.97 ± 0.31	9.23 ± 0.3	186.3 ± 2.7	0.467 ± 0.001
GH-TD	97.56 ± 0.0340	700.46 ± 0.97	30.26 ± 0.31	34.11 ± 0.44	30.86 ± 0.31	9.17 ± 0.3	184.9 ± 2.2	0.465 ± 0.001

The high amount of proline and amino acids and pyruvic acid in the samples with high S content in the study strengthens this result (Hossain et al., 2014; Yan et al., 2017). Trace elements are ions necessary for the maintenance of many physiological processes in the plant, but these ions contribute to the preservation of health by participating in many reactions in human metabolism (Hossein et al., 2014; Drissi et al., 2015). The values of micronutrients from the garlic samples are in accordance with the results of Drissi et al. (2015), and Özer and Aksoy (2019), indicating those trace elements are found in fewer amounts in plants compared to the essential nutrients.

3.4. Yield changes in garlic bulbs and differences in storage duration of the samples

The bulb yield of garlic varies depending on soil characteristics in the growing environment, climatic parameters, such as temperature, light, humidity, and preharvest treatments (Atif et al., 2020). The average weight (39.83 g), length (3.39 cm), width (3.78 cm), and the number of cloves per head were highest in OF-KUC samples (Table 7).

Table 7. Some yield and storage parameters of garlic grown in different sites

Growing sites	After harvesting Bulb			After storage		
	*Length (cm)	Width (cm)	Weight (gr)	Number of total cloves per head	Number of Healthy cloves	Number of sprouting
OF-KUC	3.39c ± 0.04	3.78d ± 0.06	39.83d ± 1.72	23c ± 0.57	17.33 c± 0.67	4a±0.33
GH-KUC	2.86b ± 0.11	3.06c ± 0.11	21.53 c± 1.46	11.33a ± 0.66	8.33a ± 0.33	5a±0.33
OF-TD	1.96a± 0.15	2.11b ± 0.12	12.66b ± 0.44	15.00 b± 0.57	9.33b ± 0.33	8b±0.35
GH-TD	1.91a ± 0.12	1.70a ± 0.08	8.92a ± 0.43	11.00 a± 0.57	8.33 a± 0.33	8b±0.35
F	27.424	42.994	54.224	86.23	9.72	48.25
Sig	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Any two means within a row not followed by the same letter are significantly different at $P \leq 0.05$

These values were lowest in GH-TD samples. Considering the growing areas, bulb properties and clove numbers were higher in OF-KUC samples. Considering the length, diameter and weight measurements, the data were found to be higher in OF-KUC samples, but OF-KUC and OF-TD samples showed a better value based on the number of cloves (Table 7). It has been proven that vegetables grown in the greenhouse can show a rapid growth period in the vegetative part, with the advantage of controlled conditions; whereas, the underground parts, including root, rhizome, or storage stems, such as onion and garlic, develop better in the open field (Beato et al., 2011; Gururani et al., 2015). The shelf life or storage duration of garlic and onion bulbs is closely related to the applications during preharvest and postharvest periods, conditions of the storage environment, water ratio in the cloves, the concentration of bioactive compounds, and amount of elements, such as K, Ca, P, and S (El-Morsy et al., 2004; Chen et al., 2019; Drissi et al., 2015). The number of healthy cloves without any colour loss and sprouting in garlic samples were found to be high in OF-KUC and OF-TD samples (Table 7). However, sprouting rate and

colour loss were the highest in OF-TD and GH-TD samples. The values related to the storage life of garlic are similar to those of the studies on the storage life of bulbous species. In a study by Gmaa (2016), in which the effects on garlic storage duration, colour loss, deterioration rate, and amount of some bioactive compounds in garlic samples treated with foliar K, Ca, and chitosan was investigated, it was observed that all three applications extended the storage life of garlic, reduced the rate of decay, and increased the rate of chemical compounds. Similarly, it has been reported that Ca and K applications significantly extend the shelf life of strawberries (Angeletti et al., 2010), onions (Obiadalla-Ali et al., 2016) and garlic (El-Morsy et al., 2004), as well as prevent oxidation of chemical content and stimulate wall resistance.

However, it was thought that the high number of healthy cloves without any decay in OF-KUC and OF-TD samples and the low number in GH-TD and GH-KUC samples may also be related to the total amount of soluble carbohydrates in these samples (Yuan et al., 2015; Oku et al., 2019; Pöhl et al., 2019). Moreover, the number of healthy cloves is higher in samples with high K and Ca and low S content. This result is similar to that of Bloem et al. (2011), Vadala et al. (2016) which shows that while K and Ca content is high and S content is low, the amount of alliin is higher in garlic and the weight loss in garlic is also reduced.

4. Conclusion

In this study, it was found that the behaviour of green parts and bulbs growth and development patterns of garlic is quite differed by growing conditions and the mineral level of soils. In terms of fresh leaves, nitrogenous compounds are high in OF-KUC and GH-KUC samples, but the quantities of pigments, pyruvate, glucose and secondary metabolites are high in OF-TD and GH-TD samples. In the cloves, while pigments and secondary metabolites were found to be richer in OF-KUC and GH-KUC samples, the status of nitrogenous compounds, pyruvate and carbon were found to be higher in OF-TD and GH-TD samples. The richest group in terms of bioactive components was recorded as OF-TD and GH-KUC, respectively. The amount of major minerals in garlic cloves varied widely. The highest level of K and P were obtained from GH-KUC samples, the highest N, S and Mg levels were recorded with the OF-TD samples, but OF-KUC samples were the richest in Ca, Na, Cl, Mn, Fe, Zn, Cu and Se elements. In terms of bulb yield and storage properties, the highest values were noted with OF-KUC and GH-KUC samples, and the lowest values of them were recorded with GH-TD samples. Considering the first two highest values of the parameters measured in garlic samples, OF-KUC and OF-TD samples had the highest values and GH-TD samples showed the lowest values. As a result of this study, it can be concluded that, by cultivating garlic in greenhouses, fresh green leaves with high nutritional value can be provided to the consumer at all seasons and products with high nutritional value and high storage resistance can be obtained as well as in open fields. Besides, it can be said that by growing garlic in a greenhouse, the economic gain of the producers can be increased by obtaining high-quality and high-yield products due to the shortening of vegetation period, earliness, and also by protecting it from adverse climatic conditions. In addition, reliable products in terms of human health can be supplied with organic production under greenhouse conditions without causing any environmental damaging. However, more studies of the effective parameters on garlic cultivation in a greenhouse environment may be beneficial in revealing the results in a healthier and more scientifically way.

Reference

- Akan, S., Horzum, Ö., Tuna Güneş, N., İpek, M., Güneş, E. (2019). Taşköprü sarımsağında karlılık analizi. I. Uluslararası Tarım ve Çevre Bilimleri Araştırmaları Kongresi, 2-6 Aralık, Ankara, s. 362-370. Anonim.
- Akan, S., Ünüvar, F.İ. (2020). Sarımsak Üretiminin Ekonomik Durumu ve Taşköprü İlçesi Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3): 627-636.
- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellón, A., Chaves, A., Vicente A.R. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberries (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology*, 58 (2): 98-103.
- Anschütz, U., Becker, D., Shabala, S. (2014). Going beyond nutrition: Regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to the environment. *Journal of Plant Physiology*, 171 (9): 670-687.
- Anthon, G.E., Barrett, D.M. (2003). Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1210-1213.
- Atif M.J., Amin B., Ghani, M.I., Hayat S., Ali M., Zhang Y., Cheng Z. (2019). Influence of different photoperiod and temperature regimes on growth and bulb quality of garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Agronomy*, 9, 879.
- Atif, M.J., Amin, B., Ghani, M.I., Ali, M., Cheng, Z. (2020). Variation in morphological and quality parameters in garlic (*Allium sativum* L.) bulb influenced by different photoperiod, temperature, sowing and harvesting time. *Plants*, 9 (2): 155.
- Avgeri, I., Zeliou, K., Petropoulos, S.A., Bebeli, P.J., Papatotiropoulos, V., Lamari, F.N. (2020). Variability in bulb organosulfur compounds, sugars, phenolics, and pyruvate among Greek garlic genotypes: Association with antioxidant properties. *Antioxidants*, 9: 967.
- Basal, O., Szabo Dr A. (2020). Yield and quality of two soybean cultivars in response to drought and N fertilization. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(2):203-210.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Beato, V.M., Orgaz, F., Mansilla, F., Montaña, A. (2011). Changes in phenolic compounds in garlic (*Allium sativum* L.) owing to the cultivar and location of growth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66 (3): 218-223.
- Bian, ZH., Yang QC., Liu WK. (2015). Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: A review. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 95 (5): 869-877.
- Bloem, E., Haneklaus, S., Schnug, E. (2011). Storage life of field-grown garlic bulbs (*Allium sativum* L.) as influenced by nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (9): 4442-4447.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2):248-254.
- Caretto S., Linsalata, V., Colella, G., Mita, G., and Lattanzio, V. (2015). Carbon fluxes between primary metabolism and phenolic pathway in plant tissues under stress. *International Journal of Molecular Science*, 16 (11): 26378-26394.
- Chen, C., Cai, J., Liu, S.Q., Qiu, G.L., Wu, X.G., Zhang, W., Chen, C., Qi, W.L., Wu, Y., Liu, Z.B. (2019). Comparative study on the composition of four different varieties of garlic. *PeerJ*, 7 (11): e6442.
- Chen, R., Song, S., Li, X., Liu, H., Huang, D. (2013). Phosphorus deficiency restricts plant growth but induces pigment formation in the flower stalk of Chinese kale. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 54(3):243-248.
- Çakmak, I., Horst, W.J. (1991). Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*, 83: 463-468.
- Çelebi, M. (2019). Effects of different growing media on the yield in tomato, cucumber and pepper, and on seedling in tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(2):112-120.
- Davies, M.J. (2016). Protein oxidation and peroxidation. *Biochemical Journal*, 473 (7): 805-825.
- Demidchik, V., Shabala, S. (2018). Mechanisms of cytosolic calcium elevation in plants: the role of ion channels, calcium extrusion systems and NADPH oxidase mediated ROS-Ca²⁺ Hub'. *Functional Plant Biology*, 45: 9-27.
- Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S.S., Pozhvanov, G.A., Sokolik, A., Yurin, V. (2014). Stress-induced electrolyte leakage: the role of K⁺-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. *Journal of Experimental Botany*, 65 (5): 1259-1270.
- Dietz, K.J., Turkan I., Krieger-Liszkay, A. (2016) Redox- and reactive oxygen species-dependent signalling into and out of the photosynthesizing chloroplast. *Plant Physiology*, 171: 1541-1550.
- Drissi, S., Houssa, A.A., Bamouh, A., Coquant, J.M., Benbella, M. (2015) Effect of zinc-phosphorus interaction on corn silage grown on sandy soil. *Agriculture*, 5:1047-1059.
- El-Morsy, A.H., El-Shal, A., Sawsan, Z.S., Sarg, M.H. (2004). Effect of potassium application methods and some micronutrients on growth, yield and storability of garlic. *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*, 29 (4): 2013-2023.

- Gadel-Hak, S.N.H., Moustafa, Y.M.M., Abdel-Nae, G.F., Abdel-Wahab, I. (2015). Studying different quantitative and qualitative traits of some white- and coloured-bulb garlic genotypes grown under a drip irrigation system. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6):1415-1427.
- Gianquinto, G., Muñoz, P., Pardossi, A., Ramazzotti, S., Savvas, D. (2013). Soil fertility and plant nutrition. In Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 205-269.
- Gmaa, S.S. (2016). Improving yield, quality and storability of garlic (*Allium sativum* L.) by pre-harvest foliar application. *Journal Plant Production*, 7 (1): 7-12.
- Gujjari, R.S., Pathaki, A.D., Karkute, S.G., Supaibulwatana, K. (2019). Multifunctional proline-rich proteins and their role in regulating cellular proline content in plants under stress. *Biologia Plantarum*, 63: 448-454.
- Gururani, M.A., Venkatesh, J., Tran, L.S.P. (2015). Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. *Molecular Plant*, 8 (9): 1304-1320.
- Handel, E. (1968). Direct micro determination of sucrose. *Analytical Biochemistry*, 22 (2): 280-283.
- Hossain, M.A., Bhattacharjee S., Armin S.M., Qian P., Xin W., Li H.Y., Burritt D.J., Fujita M., Tran L.S. (2015). Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. *Frontiers in Plant Science*, 6, 420.
- Hossain, M.A., Hoque, M.A., Burritt, D.J., Fujita, M. (2014). Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms. In *Oxidative damage to plants*. 477-522 (Academic Press: Cambridge, MA, USA).
- Hörtensteiner, S. (2013). Update on the biochemistry of chlorophyll breakdown. *Plant Molecular Biology*, 82 (6): 505-517.
- Ikeda H., Kinoshita T., Yamamoto T., Yamasaki A. (2019). Sowing time and temperature influence bulb development in spring-sown onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*, 244: 242-248.
- Katsoulas, N., Sapounas, N., De Zwart, F., Dieleman, J.A., Stanghellini, C. (2015). Reducing ventilation requirements in semi-closed greenhouses increases water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 156: 90-99.
- Keyhaninejad, N., Richins, R.D., Mary, A., O'Connell, MA. (2012). Carotenoid Content in Field-grown versus Greenhouse-grown Peppers: Different Responses in Leaf and Fruit. *Hortscience*, 47(7):852-855.
- Kontopoulou, C.K., Bilalis, D., Pappa, V.A., Rees, R.M., Savvas, D. (2015). Impact of organic farming practices and salinity on yield and greenhouse gas emissions from a common bean crop grown in a Mediterranean environment. *Scientia Horticulturae*, 183: 48-57.
- Kumaran, A., Karunakaran, R.J. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1): 109-114.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Martins, N., Petropoulos, S., Ferreira, I.C. (2016). Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre-and post-harvest conditions: a review. *Food Chemistry*, 211: 41-50.
- Mashayekhi, K., Chiane, S.M., Mianabadi M., Ghaderifar F., Mousavizadeh, S.J. (2016). Change in carbohydrate and enzymes from harvest to sprouting in garlic. *Food Science Nutrition*, 4(3): 370-376.
- McCready, R.M., Guggolz, M.J., Silveira, V., Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22 (9): 1156-1158.
- Moore, S., Stein, W.H. (1948). Photometric method for use in the chromatography of amino acids. *Journal of Biological Chemistry*, 76 (1): 367-388.
- Munoz, P., Munn'e-Bosch, S.(2018). Photo-oxidative stress during leaf, flower and fruit development. *Plant Physiology*, 176 (2):1004-1014.
- Nagata, M., Yamashita I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish*, 39 (10): 925-928.
- Nakanao, Y., Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology*, 22 (5):867-880.
- Obiadalla-Ali, H.A., El-Shaikh, K.A.A, Sedra Amal, Z. (2016). Effect of foliar application with trace elements, potassium fertilization and storage methods on storability of three onions (*Allium cepa* L.) cultivars. *American-Eurasian Journal of Environmental Sciences*, 16 (7), 1304-1320.
- Oku, S., Ueno, K., Tsuruta, Y., Jitsuyama, Y., Suzuki T., Onodera, S.(2019). Sugar accumulation and activities of enzymes involved in fructan dynamics from seedling to bulb formation in onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*, 247: 147-155.
- Özer, M.Ö., Aksoy, M. (2019). Mineral composition and nutritional properties of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don populations in the central Black Sea region of Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 8 (4): 157-167.

- Pöhl T, Minor N, Carle R, Schweiggert R. (2019). Accumulation of carbohydrates and pungent principles in characteristic seed and set grown onion varieties (*Allium cepa* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 92: 267-273.
- Sardar P., Kempken, F. (2018) Characterization of indole-3-pyruvic acid pathway-mediated biosynthesis of auxin in *Neurospora crassa*. *PLoS ONE*, 13(2): e0192293.
- Schirmmayer, G., Schnitzler, W.H., Grassmann, J. (2004). Determination of secondary plant metabolites and antioxidative capacity as new parameters for quality evaluation- indicated by the new Asia salad *Gynura bicolor*. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 78: 133-139.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Stewart, A.J., Bozonnet, S., Mullen, W., Jenkins, G.I., Lean M.E., Crozier A. (2000). The occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (7): 2663-2669.
- TÜİK (2017). Türkiye sarımsak üretim miktarı Erişim: [<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>]. Erişim Tarihi :2.05.2018
- TÜİK. 2018. Bitkisel üretim istatistikleri, sarımsak üretim verileri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 22/09/2019).
- TÜİK. 2019. Bitkisel üretim istatistikleri, sarımsak üretim verileri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 20/01/2021).
- Turan, N.A., Taban, S., Sezer, S.M., Türkmen, N. (2013). Selenium-enriched-garlic production. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 27 (1): 19-25.
- Tüzel, Y., Öztekin, G.B., Ongun, A.R., Gümüş, M., Tüzel İ.H., Eltez, R.Z. (2004). Organic tomato production in the greenhouse. *Acta Horticulturae*, 659: 729-736.
- Vadalà R., Mottese, A., Bua, G., Salvo, A., Mallamace, D., Corsaro, C., Vas, S., Giofrè, S., Alfa, M., Cicero, N., Dugo, G.(2016). Statistical analysis of mineral concentration for the geographic identification of garlic samples from Sicily (Italy), Tunisia and Spain. *Foods*, 5 (1): 20.
- Van den Ende W., El-ESawe, S.K. (2014). Sucrose signalling pathways leading to fructan and anthocyanin accumulation: A dual function in abiotic and biotic stress responses? *Environmental Experimental Botany*, 108: 4-13.
- Velikova V., Yordanov, I., Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. *Plant Science*, 151(1):59-66.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Wall, M.M., Corgan, J.N. (2019). Relationship between pyruvate analysis and flavor perception for onion pungency determination. *HortScience*, 27:1029-1030.
- Wang, C., Wen, D., Sun, A., Han, X., Zhang, J., Wang, Z., Yin, Y. (2014). Differential activity and expression of antioxidant enzymes and alteration in osmolyte accumulation under high-temperature stress in wheat seedlings. *Journal of Cereal Science*, 60: 653-6.
- Wu C., Wang M., Dong Y., Cheng Z., Meng, H. (2016). Effect of plant age and vernalization on bolting, plant growth and enzyme activity of garlic (*Allium sativum* L.). *Scientia Horticulturae*, 201: 295-305.
- Yan W., Zhong, Y., Shangguan, Z. (2017). Contrasting responses of leaf stomatal characteristics to climate change: a considerable challenge to predict carbon and water cycles. *Global Change Biology*, 23 (9): 3781-3793.
- Yoo, K, S., Leskovarb, D., Paltic, B.S., Lee, E.J. (2019). Effects of leaf cutting on bulb weight and pungency of short-day onions after lifting the plants. *Scientia Horticulturae*, 57: 108720.
- Yuan M., Jia, X.J., Yang, Y., Ding, C.B., Du, L., Yuan, S., Zhang, Z.W., Chen Y.E. (2015). Effect of light on structural properties and antioxidant activities of polysaccharides from soybean sprouts. *Process Biochemistry*, 50 (7): 1152-1157.
- Yüzbaşıoğlu, E., Dalyanı, E., Akpınar, I. (2017). Changes in photosynthetic pigments, anthocyanin content and antioxidant enzyme activities of maize (*Zea mays* L.) seedling under high-temperature stress conditions. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 18(2): 97-104.

Chemical Composition, Antioxidant Capacity And Total Phenolic Content of Hazelnuts Grown In Different Countries


Farklı Ülkelerde Yetiştirilmiş Fındıkların Antioksidan Kapasitesi, Fenolik İçeriği ve Kimyasal Kompozisyonu


Sümeyye SAHİN^{1*}, Tahsin TONKAZ², Tarık YARILGAÇ³


Abstract

Hazelnut providing the macro-and micronutrients is a constituent of the healthy diet. Hazelnut, one of the most consumed treenut, is produced in the different countries. The geographical origin influences the chemical composition and the biological activity in the several plant foods. The purpose of this study is to evaluate the chemical composition, the antioxidative capacity and total phenolic content of the hazelnut kernels obtained from the different countries, including Azerbaijan, Chile, Italy, and Turkey. The hazelnut kernels were examined for crude oil, ash, moisture, and protein contents. The refractive index, iodine value, and fatty acid composition of the hazelnut oils were identified. In addition, the hazelnut oil, the kernels, and the defatted kernels were tested for their antioxidative activities and total phenolic contents. Protein contents of the hazelnuts from different countries were similar. The largest oil yield was determined in the hazelnut kernels from Chile and Turkey (62.35 ± 0.51 % and 62.29 ± 0.46 %, respectively). While the oil from Turkish hazelnut kernels showed the highest oleic acid content (84.09 ± 0.17 %), Azerbaijan hazelnut oil had the lowest oleic acid content (78.10 ± 0.48). The highest phenolic content was detected in the hazelnut kernels from Azerbaijan. Although the lowest phenolic content was observed in the hazelnut kernels from Turkey, the most potent antioxidative capacity was determined in the Turkish hazelnut kernels, their oil, and their defatted form. It can be concluded that the Turkish hazelnut kernels could contain high amounts of the fat-soluble antioxidants in addition to the water-soluble phenolic antioxidants. The results suggested that the hazelnuts exhibited different chemical composition, antioxidant capacity, and phenolic content depending on their origin.

Keywords: Hazelnut oil, Geographical origin, Fatty acid composition, Antioxidant capacity, Total phenolic content

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sümeyye ŞAHİN, Department of Food Engineering, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey. E-mail: sumeyyesahin@odu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9344-7690

²Tahsin TONKAZ, Department of Biosystem Engineering, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey. E-mail: tonkaz@odu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7136-1562

³Tarık YARILGAÇ, Department of Horticulture, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey. E-mail: t.yarilgac@odu.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2097-7161.

Atıf/Citation: Sahin, S, Tonkaz, T, Yarilgaç, T. Chemical composition, antioxidant capacity and total phenolic content of hazelnuts grown in different countries. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 262-270.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Makro- ve mikro besin elementlerini karşılayan fındık, sağlıklı beslenmenin bir parçasıdır. En çok tüketilen ağaç yemişlerinden biri olan fındık farklı ülkelerde yetiştirilmektedir. Bilindiği üzere çeşitli bitkisel gıdalarda, coğrafi orjin bitkinin kimyasal bileşimi ve biyolojik aktivitesini etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, Azerbaycan, Şili, İtalya ve Türkiye olmak üzere 4 farklı ülkeden temin edilmiş fındık numunelerinin kimyasal kompozisyonu, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik içeriğini değerlendirmektir. Çalışma kapsamında fındık numunelerinin ham yağ, kül, nem ve protein içerikleri analiz edilmiştir. Bu fındık numunelerinden elde edilen yağların refraktif indeks, iyot sayısı ve yağ asidi kompozisyonları belirlenmiştir. Buna ilaveten fındık yağı, yağı alınmış fındık ve işlem yapılmamış fındık numunelerinin antioksidan içerikleri ile toplam fenolik içerikleri analiz edilmiştir. Çalışma bulgularına göre farklı ülkelere ait fındık numunelerinin protein içeriklerinin benzer olduğu saptanmıştır. Çalışmada en fazla yağ verimi Şili ve Türkiye'ye ait fındık numunelerinde belirlenmiştir (sırasıyla % 62.35 ± 0.51 ve % 62.29 ± 0.46). Türkiye'den temin edilen fındıklardan elde edilen yağların en yüksek oleik asit içeriğine (% 84.09 ± 0.17) sahip iken, Azerbaycan fındık numuneleri yağlarının en düşük oleik asit içeriğine (% 78.10 ± 0.48) sahip olduğu bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik içeriğine Azerbaycan'dan temin edilen fındık numunelerinde saptanmıştır. En düşük toplam fenolik içeriğinin Türkiye'ye ait fındık numunelerinde gözlemlenmesine rağmen, en yüksek antioksidan kapasitesinin de yine bu Türkiye'den elde edilen fındık numunelerinin, bunlardan elde edilen yağ ve yağsız numunelerin sahip olduğu bulunmuştur. Bu durum Türkiye'ye ait fındık numunelerinin suda çözünebilir fenolik antioksidanlara ek olarak yüksek miktarda yağda çözünebilir antioksidan da içerebileceğini göstermektedir. Çalışma sonuçları, fındığın orjinine bağlı olarak farklı kimyasal bileşim, antioksidan kapasitesi ve fenolik içeriğe sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Fındık yağı, Coğrafi orjin, Yağ asidi kompozisyonu, Antioksidan kapasite, Toplam fenolik içerik

1. Introduction

According to WHO, a healthy diet containing nuts helps to prevent malnutrition as well as a range of noncommunicable diseases (WHO, 2019). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) is one of the most popular edible tree nuts and the second most produced tree nuts in the world after almonds (Alasalvar and Shahidi, 2009). The total production of hazelnut with shell in the world is 1006178 tones and Turkey, the main hazelnut-producing country, produces 675000 tones (67 % of total production) in 2017. Italy is the second largest hazelnut producer, accounting for roughly 13 percent of the world's production, followed by Azerbaijan with 4.3 percent of production. Although Chile is a new hazelnut producer, it provides 1.8 percent of the global supply (FAO, 2019).

Hazelnuts, rich in macronutrients and micronutrients, are widely consumed as whole nuts. Among the constituents, fat is the major component, ranging from 43.8 to 69.0 % (Amaral et al., 2006; Çetin et al., 2020; Köksal et al., 2006; Li and Parry, 2011; Savage et al., 1997). The hazelnut and its oils are also used for cooking, baking, in salad dressings, and in cosmetic products (Alasalvar and Shahidi, 2009; Güner et al., 2017). Hazelnut oil is characterized by high oleic acid content, a monounsaturated fatty acids (MUFA). Since hazelnut oils have small amounts of saturated fatty acids and high percentage of unsaturated fatty acids (Alasalvar et al., 2006; Amaral et al., 2006; Çetin et al., 2020; Crews et al., 2005; Ghirardello et al., 2013; Köksal et al., 2006; Li and Parry, 2011; Maguire et al., 2004; Savage et al., 1997), they provide health benefits, such as decreasing the risk of developing heart disease (Alasalvar and Shahidi, 2009; WHO, 2019). In addition to fats, hazelnuts are a good source of quality proteins which contain essential amino acids, particularly arginine, leucine, phenylalanine and valine. Protein content of hazelnuts varies from 9.3 to 22.5 g/100 g (Amaral et al., 2006; Çetin et al., 2020; Köksal et al., 2006; Savage and McNeil, 1998; Venkatachalam and Sathe, 2006).

Hazelnut is rich in water-soluble and fat-soluble vitamins. It serves a great source of vitamin E, which is a lipid soluble, powerful antioxidant and has health benefits acids (Alasalvar et al., 2006; Crews et al., 2005; Köksal et al., 2006; Savage et al., 1997). In addition, hazelnut contains phytochemicals described as calorie-free, natural bioactive compounds such as phenolic compounds (Alasalvar and Shahidi, 2009). Several studies indicated total phenolic content and also phenolic compounds (Solar and Stampar, 2011; Güner et al., 2017) identified as phenolic acids acting as antioxidant (Altun et al., 2011; Arcan and Yemenicioğlu, 2009; Contini et al., 2008; Li and Parry, 2011). Recently, the total antioxidant capacity and antioxidant active compounds in hazelnut have been reported (Altun et al., 2011; Arcan and Yemenicioğlu, 2009; Contini et al., 2008; Delgado et al., 2010; Ghirardello et al., 2013; Li and Parry, 2011; Miraliakbari and Shahidi, 2008; Shahidi et al., 2007; Yang et al., 2009).

Although the nutritional and chemical composition and also the total antioxidant capacity and phenolic contents in different Turkish hazelnut cultivars have been demonstrated, the differences in chemical composition and biological activity of hazelnuts from different countries are not fully evaluated. The aim of the present study was, therefore, to investigate the chemical composition, antioxidant capacity and phenolic content of hazelnut kernels obtained from different countries, including three countries producing the most nuts in the world (Turkey, Italy, Azerbaijan) and a new hazelnut producer, Chile.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

The dry hazelnuts without shells were obtained from marketplaces and supermarkets in Italy, Chile, Turkey, and Azerbaijan. The hazelnut kernels were grounded in a coffee mill prior to analysis.

Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), ethyl alcohol, sodium thiosulfate, diethyl ether, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), 25% potassium methoxide solution in methanol, gallic acid, CCl₄, potassium iodide, and Na₂CO₃, were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, USA). Hexane, Wijs, folin-ciocalteu, n-Butanol, and 25% sulfuric acid were obtained from Merck (Darmstadt, Germany).

2.2. Methods

2.2.1. Determination of proximate composition

The moisture content of hazelnut samples was determined using oven drying at 105 °C. To determine ash content, 3 grams of each hazelnut sample were kept in the ceramic crucibles at 550 °C until a constant final weight for ash was

achieved. Total fat was extracted 2 hours with n-hexane by using Soxhlet extraction apparatus (Velp Ser 148, Milano, Italy). Kjeldahl method was used for determination of protein content, which was calculated as total N x 6.25 (James, 1995).

2.2.2. Determination of fatty acid composition

Fatty acid composition of the hazelnut oils was determined by gas chromatograph (GC) according to the method described by Petersen et al. (2012). The oils were derivatized to fatty acid methyl esters (FAME; Restek, US) using 25% potassium methoxide solution in methanol. After neutralization with 25% sulfuric acid, FAMES were extracted and injected into a TR-CN100 column (60 m × 0.25 mm I.D., 0.20 µm film thickness; Teknokroma, Spain) for separation. The column was connected to a Shimadzu 2010 Series (Shimadzu, Tokyo, Japan) GC with a flame ionization detector (FID). The injector temperature was 140°C. Nitrogen was used as the carrier gas (30 mL/min). The temperatures of the oven, and detector were 250°C. FAMES were identified in the hazelnut oils by comparing the retention times of the unknown peaks with those of the standard FAMES.

2.2.3. Determination of refractive index and iodine value

To measure the refractive index of hazelnut oil, an Abbe refractometer was used. Analysis of iodine value was performed by the Wijs method according to literature (Shimamoto et al., 2016) with some modifications. The hazelnut oil samples (0.20 g) were dissolved using 15 mL of solvent (CCl₄) and 25 mL of Wijs solution. After incubation for 1 h in the dark, this solution was added to 20 mL of the potassium iodide solution (100 g/L) and 150 mL of distilled water. Then, 2 or 3 drops of 1 percent starch solution was added. Titration with 0.1 N sodium thiosulfate solution was carried out until the blue color disappeared.

2.2.4. Determination of total phenolic content

Total phenol contents of hazelnut kernel and defatted hazelnut kernel extracts were assayed by the Folin-Ciocalteu method described by Kaplan et al. (2019) slightly modified. 20 µL of kernel extract were mixed with 1300 µL distilled water and 50 µL Folin-Ciocalteu reagents. After incubation at room temperature for 2 min, 50 µL of Na₂CO₃ (7.5%, w/v) were added to the mixture. Then, the mixture was allowed to stand at room temperature for 60 min. The absorbance of the mixture was measured at 765 nm with a Perkin–Elmer Lambda 35 UV/Vis spectrophotometer (Perkin–Elmer 710 Bridgeport Avenue Shelton, CT 06484-4794, USA). Gallic acid was chosen as a standard. Total phenol contents in hazelnut extracts were calculated using standard curves. Results were expressed as millimoles per liter gallic acid equivalents.

2.2.5. Determination of total antioxidative activity

To determine the antioxidant capacity of the hazelnut kernels, defatted hazelnut kernels, and hazelnut oils, the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay was performed by the method according to literature (Sahin, 2011). 40 µL of the samples were added to 1.5 mL of DPPH solution (0.6 mM in n-butanol) in a microcuvette. After the mixture was incubated at room temperature for 30 min, the absorbance of the mixture was determined spectrophotometrically at 515 nm. Trolox was the standard used to calculate antioxidant capacity.

2.2.6. Statistical analysis

Data were statistically analysed using the Holm-Sidak multiple comparisons test following repeated measures two-way ANOVA ($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$, and $p < 0.0001$) by the software GraphPad Prism 6 (GraphPad Software, La Jolla, USA).

3. Result and Discussion

The moisture, ash, protein and oil content of hazelnut kernels are shown in *Table 1*. The moisture and ash contents were 2.80- 5.31 % and 2.34-3.79 %, respectively. Similar results for moisture and ash of hazelnut grown in Turkey have been shown before (Alasalvar et al., 2003; Çetin et al., 2020; Gunes et al., 2010; Köksal et al., 2006; Özdemir and Akinci, 2004; Seyhan et al., 2007). Hazelnuts from Italy yielded the highest amount of protein (19.15 %) whereas hazelnuts grown in Azerbaijan had the lowest protein yield (16.48 %). The protein contents of hazelnut samples grown in Turkey were similar to those reported by Çetin et al. (2020), and by Köksal et al. (2006). Hazelnuts of Chile and Turkey showed highest oil content (62.35% and 62.29%, respectively), followed by Italy (54.34%) and Azerbaijan (53.82%). The oil yield of hazelnut grown in Turkey was generally in good agreement with the results reported by

Çetin et al. (2020), by Kıralan et al. (2015), by Köksal et al. (2006), and by Li and Parry (2011). On the other hand, the oil content of Italian hazelnuts found in this study was lower than that determined by Ghirardello et al. (2013). Several factors, including growing conditions, harvest time, fruit maturity, geographic origin, seed diversity, climate, environmental conditions etc. can affect the amount of fat (Alasalvar et al., 2006; Köksal et al., 2006; Li and Parry 2011). To our knowledge, moisture, ash, protein, and oil content of hazelnut kernels grown in Azerbaijan and Chile have not been described before.

Table 1. Chemical composition of hazelnut kernels

	Moisture (%)	Total ash (%)	Protein (%)	Total oil (%)
Azerbaijan	2.80 ± 0.63	2.71 ± 0.19	16.48 ± 0.43	53.82 ± 0.28
Chile	4.15 ± 0.63	2.57 ± 0.05	18.76 ± 0.09	62.35 ± 0.51
Italy	5.04 ± 0.37	3.79 ± 0.09	19.15 ± 0.12	54.34 ± 0.44
Turkey	5.31 ± 0.04	2.34 ± 0.13	18.69 ± 0.09	62.29 ± 0.46

Table 2 gives fatty acid composition, iodine value, and refractive index of hazelnut oils. Hazelnut oil is naturally high in oleic acid (C 18:1 n 9; monounsaturated fatty acid) and its oleic acid content varies from 73.8 % to 85.7 % (Alasalvar et al., 2006; Crews et al., 2005; Çetin et al., 2020; Ghirardello et al., 2013; Köksal et al., 2006; Li and Parry, 2011; Maguire et al., 2004; Savage et al., 1997). In this study, the most abundant fatty acid was oleic acid, in the range from 78.1 % in hazelnut from Azerbaijan to 84.09 % in hazelnut from Turkey. Linoleic acid (C 18:2 n 9, 12; polyunsaturated fatty acid) ranged from 7.11 (hazelnut of Turkey) to 9.69 % (hazelnut of Italy). Similar results of oleic acid and linoleic acid have been reported for hazelnut from Turkey (Alasalvar et al., 2006; Crews et al., 2005; Çetin et al., 2020; Köksal et al., 2006; Li and Parry, 2011) and Italy (Crews et al., 2005; Ghirardello et al., 2013). It has been also reported that fatty acid contents in hazelnut varies depending on geographical location and varieties (Crews et al., 2005; Köksal et al., 2006; Li and Parry, 2011). Significant differences were also observed in the iodine value which is a measure of the degree of unsaturation in fatty acids. The lowest iodine value was determined in hazelnut oil from Turkey ($p < 0.0001$), whereas hazelnut oil from Chile had the highest value ($p < 0.0001$). Iodine values of hazelnut oils were generally in good agreement with the results published by Crews et al. (2005). It was found that there were no significant differences between refractive indexes of hazelnut oil samples ($p > 0.05$) and refractive indexes (1.466-1.468) were similar to those reported by Firestone (2013).

Table 2. Chemical composition and quality parameters of hazelnut oil samples

	Fatty Acid Composition (%)				Iodine value	Refractive Index (25 °C)
	C 16:0	C 18:0	C 18:1 c 9	C 18:2 c 9, c 12		
Azerbaijan	8.04 ± 0.19	3.27 ± 0.08	78.10 ± 0.48	7.92 ± 0.10	86.38 ± 0.44	1.466 ± 0.00
Chile	6.97 ± 0.02	2.87 ± 0.02	80.22 ± 0.03	9.67 ± 0.03	90.12 ± 0.14	1.468 ± 0.00
Italy	5.96 ± 0.02	2.86 ± 0.05	81.31 ± 0.02	9.69 ± 0.02	88.86 ± 0.23	1.467 ± 0.00
Turkey	5.45 ± 0.1	3.21 ± 0.04	84.09 ± 0.17	7.11 ± 0.02	81.43 ± 0.42	1.467 ± 0.00

It was shown previously that hazelnut has high antioxidative activity analysed by several methods such as TAC, ORAC, CUPRAC, TOSC, ABTS/ persulfate, AAPH-linoleic acid assay, and DPPH (Altun et al., 2011; Arcan and Yemenicioğlu, 2009; Contini et al., 2008; Delgado et al., 2010; Ghirardello et al., 2013; Li and Parry, 2011; Miraliakbari and Shahidi, 2008; Shahidi et al., 2007; Yang et al., 2009). In this study, we evaluated the antioxidant capacity of hazelnut kernels, hazelnut oils and defatted hazelnut kernels using the DPPH-radical assay (Figure 1). Among the hazelnut oil samples, the oil of hazelnuts grown in Turkey exhibited the highest antioxidative capacity (1.48 mmol/L trolox equivalents), followed by hazelnut oil from Azerbaijan and Italy (1.06 and 0.84 mmol/L trolox equivalents, respectively), and finally from Chile (0.30 mmol/L trolox equivalents). The trolox equivalence value of hazelnut oil from Turkey was 4.9-fold higher than that of oil of hazelnut grown in Chile. Among the defatted hazelnut kernels, the highest DPPH radical scavenging capacity was also observed in the Turkish defatted hazelnut kernels (1.66 mmol/L trolox equivalents), followed by Azerbaijan and Italy (0.77 and 0.59 mmol/L trolox equivalents), and finally Chile (0.42 mmol/L trolox equivalents). From these results it can be deduced that the hazelnuts grown in Turkey are

rich in not only fat-soluble antioxidants, but also water-soluble antioxidants. Among fat-soluble antioxidants, Alasalvar et al. (2006) and Köksal et al. (2006) detected and quantified a high amount of α -tocopherol, the other tocopherols and small amounts of tocotrienols in oil from Turkish hazelnut (Alasalvar et al., 2006; Köksal et al., 2006). Altun et al. (2011) identified some phenolic compounds as water soluble antioxidants in Turkish hazelnut. When tested the hazelnut kernels, the Turkish hazelnut kernels demonstrated highest antioxidant capacity, followed by, in descending order, Azerbaijan > Italy > Chile (Figure 1). These results are in agreement with those reported by Li and Parry (2011) showing that the antioxidant capacity of hazelnut is influenced by the geographical origin of hazelnut.

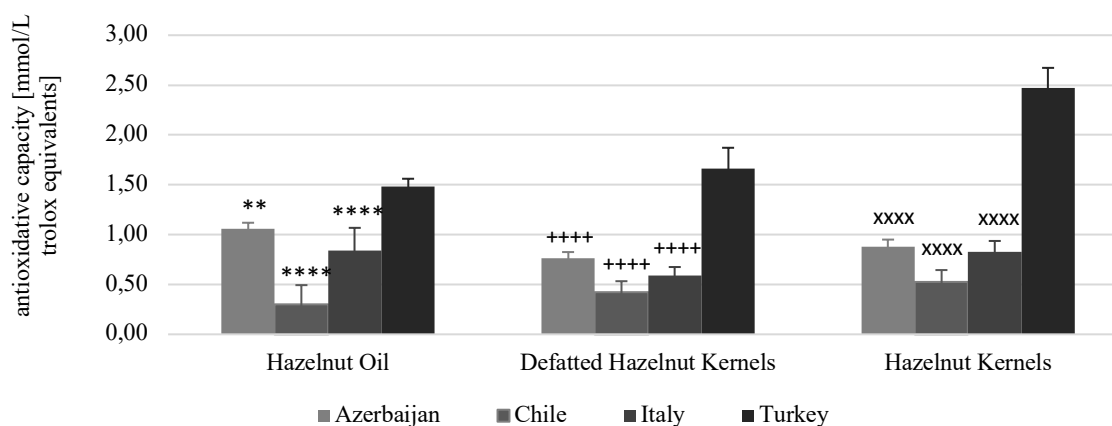


Figure 1. Antioxidant capacity of hazelnut oil, hazelnut kernel and defatted hazelnut kernel. The data are reported as mean \pm standard deviation; $n=3$. ** $p < 0.01$, and ** $p < 0.0001$ compared to hazelnut oil from Turkey; ++++ $p < 0.0001$ compared to defatted hazelnut kernels from Turkey; XXXX $p < 0.0001$ compared to hazelnut kernels from Turkey.**

In addition, we evaluated the total phenolic content of hazelnut kernels and defatted hazelnut kernels by the Folin-Ciocalteu assay. The results are given in Figure 2. The highest phenolic content was determined in defatted hazelnut kernels from Azerbaijan (0.47 mmol/L), while kernels of hazelnut grown in Turkey had the lowest phenolic content (0.21 mmol/L). Interestingly, despite its low phenolic content, Turkish hazelnut exhibited the highest antioxidative activity (Figure 1). Therefore, it can be concluded that beside phenolic compounds, hazelnut contains some components having high antioxidant activity. Similarly, it has been shown that although the total amounts of phenolic compounds in Turkish hazelnut were lower than those in hazelnut from North America (Oregon), Turkish hazelnut had greater antioxidant capacity (Li and Parry, 2011). In contrast, Arcan and Yemenicioğlu (2009) reported a positive correlation between the total phenolic content and antioxidant activity in some hazelnut samples. It can be concluded that relationship between antioxidant capacity and total phenolic in hazelnuts may vary depending on their origin.

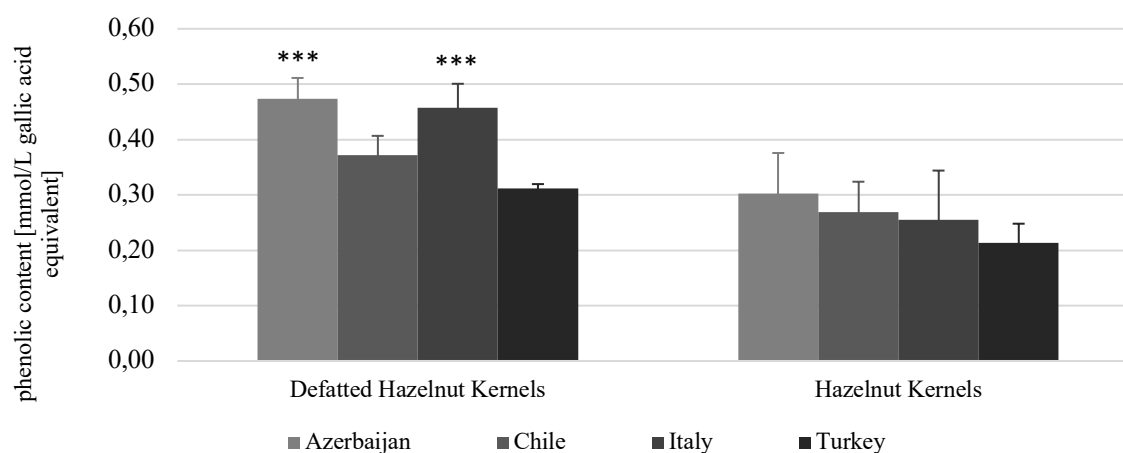


Figure 2. Total phenolic content hazelnut kernel and defatted hazelnut kernel. The data are reported as mean \pm standard deviation; $n=3$. * $p < 0.001$ compared to defatted hazelnut kernels from Turkey.**

Conclusion

A comprehensive investigation of chemical composition, total phenolic contents and antioxidant capacity of hazelnut from 4 different countries was performed for the first time in this study. The amount of ash, protein content, oil yield, fatty acid composition and iodine value in this study clearly indicated that the geographical origin affects the chemical composition of hazelnut kernels. The whole hazelnut kernels, defatted hazelnut kernels and oil of hazelnut kernels were separately tested for total phenolic contents and antioxidant activity. Total antioxidant activity and phenolic contents varied also depending on growing conditions of hazelnuts. Further experiments are required to determine the antioxidative active compounds which are responsible for differences between the antioxidant activities of hazelnut samples from different countries.

References

- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M., Ohshima, T. (2003). Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13): 3790-3796.
- Alasalvar, C., Amaral, J. S., Shahidi, F. (2006). Functional Lipid Characteristics of Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 10177-10183.
- Alasalvar, C. and Shahidi, F. (2009). Tree Nuts: Composition Phytochemicals and Health Effects. Taylor & Francis Group Boca Raton London New York: CRC Press.
- Altun, M., Çelik, S. E., Güçlü, K., Özyürek, M., Erçağ, E., Apak, R. (2011). Total Antioxidant Capacity and Phenolic Contents of Turkish Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Kernels and Oils. *Journal of Food Biochemistry* 37(1): 53-61.
- Amaral, J.S., Casal, S., Citov'a, I., Santos, A., Seabra, R. M., Oliveira, B. P. P. (2006). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *European Food Research and Technology*, 222: 274-280.
- Arcan, I., Yemenicioğlu, A. (2009). Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(3): 184-188.
- Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R., Anelli, G. (2008). Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry*, 110(3): 659-669.
- Crews, C., Hough, P., Godward, J., Breerton, P., Lees, M., Guiet, S., Winkelmann, W. (2005). Study of the Main Constituents of Some Authentic Hazelnut Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(12): 4843-4852.
- Çetin, N., Yaman, M., Karaman, K., Demir, B. (2020). Determination of some physico-mechanical and biochemical parameters of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44: 439-450.
- Delgado, T., Malheiro, R., Pereira, J. A., Ramalhosa, E. (2010). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels as a source of antioxidants and their potential in relation to other nuts. *Industrial Crops and Products*, 32(3): 621-626.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). FAOSTAT [online]. Website <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [accessed 17 April 2019]
- Firestone, D. (2013). Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes. Champaign AOCS Press.
- Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V., Botta, R. (2013). Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 81: 37-43.
- Güner, K., Duraklı Veliöğlu, S., Veliöğlu, H., Çelikyurt, G. (2017). Fındık Kepeğinin Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (3), 127-139.
- Gunes, N. T., Köksal, A. I., Artık, N., Poyrazoğlu, E. (2010). Biochemical content of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars from West Black Sea Region of Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 75(2): 77-84.
- James, C. S. (1995). Analytical Chemistry of Foods. Springer US.
- Kaplan, M., Yılmaz, M., Uslu, R., Köprü, S., Gözelle, H., Muhderem, G. (2019). An Optimization Study for The Production of Origanum onites Tincture by Response Surface Methodology: Effect of Solid/Liquid Ratio, Ethanol Concentration and Storage Period. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 11-22.
- Kıralan, S., Yorulmaz, A., Şimşek, A., Tekin, A. (2015). Classification of Turkish hazelnut oils based on their triacylglycerol structures by chemometric analysis. *European Food Research and Technology*, 240: 679-688.
- Köksal, A. I., Artık, N., Şimşek, A., Güneş, N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3): 509-515.
- Li, H., Parry, J. W. (2011). Phytochemical compositions, antioxidant properties, and colon cancer antiproliferation effects of Turkish and Oregon hazelnut. *Food and Nutrition Sciences*, 02(10): 1142-1149.
- Maguire, L. S., O'Sullivan, S. M., Galvin, K., O'Connor, T. P., O'Brien, N. M. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 55(3): 171-178.
- Miraliakbari, H., Shahidi, F. (2008). Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. *Food Chemistry*, 111(2): 421-427.
- Özdemir, A., Akinci, I. (2004). Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering*, 63: 341-347.
- Petersen, K. D., Kleeberg, K. K., Jahreis, G., Busch-Stockfisch, M., Fritsche, J. (2012). Comparison of analytical and sensory lipid oxidation parameters in conventional and high-oleic rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(10), 1193-1203.
- Sahin, S. (2011). Bewertung der licht-induzierten Lipidstabilität von konventionellen und high-oleic Rapsölen supplementiert mit natürlichen Antioxidantien. Hamburg Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (HAW), Yaşam Bilimleri Fakültesi, Hamburg, Almanya.

- Savage, G.P., McNeil, D. L. (1998). Chemical composition of hazelnuts *Corylus avellana* L grown in New Zealand. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49: 199-203.
- Savage, G. P., McNeil, D. L., Dutta, C. P. (1997). Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(6): 755-759.
- Seyhan, F., Ozay, G., Saklar, S., Ertas, E., Satır, G., Alasalvar, C. (2007). Chemical changes of three native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) during fruit development. *Food Chemistry*, 105: 590-596.
- Shahidi, F., Alasalvar, C., Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 1212-1220.
- Shimamoto, G. G., Aricetti, J. A., Tubino, M. (2016). A simple, fast, and green titrimetric method for the determination of the iodine value of vegetable oils without wijs solution (ICl). *Food Analytical Methods*, 9: 2479–2483.
- Solar, A., Stampar, F. (2011). Characterisation of selected hazelnut cultivars: phenology, growing and yielding capacity, market quality and nutraceutical value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1205–1212.
- Venkatachalam, M., Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13): 4705-4714.
- WHO World Health Organization (2019). Healthy diet [online]. Website <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> [accessed 15 April 2019].
- Yang, J., Liu, R. H., Halim, L. (2009). Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1): 1-8.

A Preliminary Study on The Chemical Structure of *Vicia sativa* L. Accessions Collected From Natural Flora of European Part of Turkey

Türkiye'nin Avrupa Yakası Doğal Florasından Toplanan *Vicia sativa* L. Aksesyonlarının Kimyasal İçeriği Üzerine Bir Ön Araştırma

Ilker NIZAM^{1*}, Hazım Serkan TENİKECİER², Adnan ORAK³, Canan SEN⁴,
Necmettin GULER⁵, Hüseyin ERSOY⁶


Abstract


The objective of this study was to determine chemical composition of 24 common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions, collected from natural flora in European part of Turkey. The field experiment was carried out in the 2015-2016 growing season at field experimental area of Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty, Field Crops Department in Tekirdag/Turkey. In this study, chemical structure (nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), and manganese (Mn) content) of common vetch accessions were determined on hay. Chemical composition content was statistically significantly different ($P \leq 0.01$) between accessions. According to the results obtained from field experiments, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, and Mn content of common vetch accessions varied between 0.95–3.14 %, 0.84–3.65 %, 0.22–2.44 %, 0.89–2.85 %, 0.23–0.74 %, 0.15–7.80 ppm, 0.10–5.30 ppm, 43.00–2295.20 ppm, 3.08–17.50 ppm, respectively. A wide variation was observed among common vetch accessions used in the study for N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, and Mn content. Tetany and Ca/P rates of accessions changed from 0.13 - 1.54 and 0.28 - 2.19, respectively. The tetany and Ca/P rates of common vetch accessions are within suitable values for animal feeding. Ca/P ratio is above the limit value only in accessions 15-2 and 14O04. According to the correlation analysis, N was positively and significantly correlated with P, K, Mg, Cu and Fe. Similarly, P was positively and significantly correlated with N, K and Fe. Magnesium was positively and significantly correlated with N, Ca, Cu, Fe and Mn. Iron was positively and significantly correlated with N, P, Ca, Mg and Cu. As a result, accession 15K17 and 33 were identified as common vetch accessions with high mineral nutrition content.

Keywords: *Vicia sativa* L., Nitrogen, Phosphorus, Micro nutrients, Tetany


^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** İlker Nizam, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ, Turkey.


E-mail: inizam@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9295-2719.

² Hazım Serkan TENİKECİER, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ, Turkey E-mail: hstenikecier@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-1866-410X.

³ Adnan Orak, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ, Turkey E-mail: aorak@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6588-8563.

⁴ Canan Sen, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ, Turkey. E-mail: csen@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7100-6934.

⁵ Necmettin Güler, Trakya University Faculty of Science, Department of Biology, Edirne, Turkey. E-mail: nguler@trakya.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7998-736X.

⁶ Hüseyin Ersoy, Trakya University Faculty of Science, Department of Biology, Edirne, Turkey. E-mail: huseyinersoy@trakya.edu.tr  OrcID: 0000-0002-3580-6800.

Atıf/Citation: Nizam I, Tenikecier HS, Orak A, Sen C, Güler N, Ersoy H. A Preliminary Study on The Chemical Structure of *Vicia sativa* L. Accessions Collected From Natural Flora Of European Part Of Turkey. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 271-282.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Bu araştırmada, Türkiye'nin Avrupa bölümünden toplanan 24 yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) aksesyonunun kimyasal kompozisyonun belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarla denemesi, Türkiye'nin Tekirdağ ilinde Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Araştırma ve Deneme Alanı'nda 2015-2016 yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Bu araştırmada yaygın fiğ aksesyonlarının kimyasal kompozisyonları (azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn) içerikleri) kuru ot üzerinden belirlenmiştir. Kimyasal kompozisyon içerikleri aksesyonlar arasında istatistiki olarak önemli derecede farklı bulunmuştur ($P \leq 0.01$). Tarla çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, ve Mn içerikleri sırasıyla 0.95–3.14 %, 0.84–3.65 %, 0.22–2.44 %, 0.89–2.85 %, 0.23–0.74 %, 0.15–7.80 ppm, 0.10–5.30 ppm, 43.00–2295.20 ppm, 3.08–17.50 ppm, arasında değişmiştir. Çalışmada kullanılan yaygın fiğ aksesyonlarında N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, ve Mn içerikleri bakımından geniş bir varyasyon belirlenmiştir. Tetani ve Ca/P oranları sırasıyla 0.13 – 1.54 ve 0.28 – 2.19 arasında değişmiştir. Yaygın fiğ aksesyonlarının tetani ve Ca/P oranları hayvan besleme için elverişli değerlerdedir. Sadece 15-2 ve 14004 nolu aksesyonlarda Ca/P oranı limit değerler üzerindedir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, N içeriği P, K, Mg, Cu ve Fe içeriği ile pozitif ve önemli korelasyon göstermiştir. Benzer olarak, P içeriği, N, K ve Fe içerikleri ile pozitif ve önemli ilişkiye sahip olmuştur. Mg içeriği N, Ca, Cu, Fe ve Mn içerikleri ile pozitif ve önemli ilişkilidir. Fe içeriği N, P, Ca, Mg ve Cu içerikleri ile pozitif ve önemli korelasyon göstermiştir. Sonuç olarak, 15K17 ve 33 nolu aksesyonlar yüksek mineral besin içeriğine sahip yaygın fiğ aksesyonları olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Vicia sativa* L., Azot, Fosfor, Mikro besin elementleri, Tetani

1. Introduction

Thrace region is located on European part of Turkey between 26-29 East longitudes and 40-42 North latitudes. Tekirdag, Kirklareli, Edirne entirely and European sides of Canakkale and Istanbul provinces are located in Thrace region. The region is mostly characterized as a dry farming region; most of the crops were growing without irrigation like wheat and sunflower. Moderate hot and humid during summer with an average July temperate of 22.4 °C. The winters are damp cloudy and wild. The average temperate is 3.9 °C with frosts and some snow. Long year (30 years) average Thrace region has annual rain for of 548 mm most of which false in late fall and winter. European part of Turkey is characterized by clay soils with varying percentages of loam, clay and sandy, the organic matter is low around the region because of intensive agricultural practices. Istranca Mountains are located along Thrace region in North West - South East direction from Bulgaria frontier to Istanbul. Thrace region is not high. It is average altitude approximately 180 meters. There are mainly two well-known mountain series. Istranca Mountain series located in the North of the region and Ganos Mountain series are located in the South. Also, the region has an important potential in regional agriculture production. The main source of income for Tekirdag, Edirne and Kirklareli population is agricultural production. Flora of Thrace region has provided the raw material for plant breeding especially. The rich plant genetic resources of the region have been negatively affected by intense agriculture and over grazing of natural pasture and meadows. Turkey is the center of many temperate legumes species (Maxted et al., 1991). The genus *Vicia* L. comprises approximately 190 species in the world and 64 species in Turkey (Erik and Tarıkahya, 2004; ILDIS, 1999; Gür and Tuna, 2016). This genus is primarily located in the Mediterranean regions (Kupicha, 1981). The genus *Vicia* has long been a subject of active research because it contains several species of economic importance, e.g., *V. faba*, *V. sativa*, *V. narbonensis*, *V. ervilla*, and *V. villosa*, many of which have been domesticated since the origin of agriculture (Gil and Cubero, 1993). Some vetch species currently use widely in agricultural systems of them. Of the numerous *Vicia* species, it is common vetch (*V. sativa* L.), Hungarian vetch (*V. pannonica* Crantz), Narbon vetch (*V. narbonensis* L.), and hairy vetch (*V. villosa* Roth) are the most important in Turkey. Common vetch seems most likely to have originated from southern Europe or South-west Asia (Maxted, 1995). In some of the Mediterranean countries, it is one of the most prominent types within the agriculture system. Common vetch is an important legume cultivated for feed grain and forage in the Mediterranean and Central Asia regions (Samarah and Ereifej, 2009). It is an annual legume, which is cultivated under rain fed conditions in the semi-arid regions of Turkey. The common vetch is a highly variable and polymorphic species containing both indigenous weeds and cultivated forms. It represents a wide range of morphological variation, which has caused considerable taxonomic uncertainty.

Vetches are legumes well adapted to winter growth in the Mediterranean environments throughout the world on a variety purposes such as dry matter, silage, grain feed and green manure (Acikgoz, 2001; Sezmis and Macit, 2018). In the extensive Mediterranean production systems, fibrous feeds, particularly cereal straws and stubbles, are the most important diet ingredients for ruminants. Although quantitatively less important, legume straws can represent a valuable feed resource during summer for those animals having access to the site of grains threshing (Bruno-Soares et al., 2000). For quality feed, the plant must contain mineral substances at a certain level. In addition to the presence of mineral substances in the hay, its proportions are also important in terms of feed value (Yücel et al., 2014). Concentrations of most mineral nutrients showed a decreasing trend with advancing maturity. Maximum accumulation of N, P, Cu, and Zn was reached at the end of the period of rapid seed growth (Caballero et al., 1996). A mineral deficiency or excess in diet may affect the health of animals adversely. Tetany, an important disease of livestock, is caused by mineral imbalance in feeds (Turk et al., 2009). Grass tetany is characterized by low blood Mg in livestock resulting from low Mg content of feed or reduced absorption of Mg. Forages containing less than 0.20 % Mg and a “tetany ratio” $[K/(Ca + Mg)]$ greater than 2.2 have higher risk of inducing grass tetany (Crawford et al., 1998). Grass tetany has occurred in ruminants grazing nearly all major cool-season grasses. Legumes generally contain higher concentrations of Ca and Mg and lower concentrations of K than do grasses. Therefore, the use of grass-legume mixtures rather than pure grass swards has been a recommended practice in some grass tetany areas (Mayland et al., 1990).

The aim of this study was to determine chemical structures of some accessions of *Vicia sativa* L. collected from natural area in European part of Turkey.

2. Materials and Methods

2.1 Material

Common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions were collected from European part of Turkey between March and July months in 2014 and 2015 years (Table 1).

Table 1. Collected site informations of common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions

No	Location	Latitude	Longitude	Altitude
3-1, 3-2	Tekirdag (Kumbag district)	N 40°51'11.82"	E 27°27'12.96"	126
4-1	Tekirdag (Kumbag district)	N 40°51'3.84"	E 27°26'14.76"	126
6-5	Tekirdag (Marmara Ereglisi)	N 40°59'34.92"	E 27°57'14.10"	9
7-1, 7-3	Tekirdag (Marmara Ereglisi)	N 41° 2'7.08"	E 27°57'12.84"	25
10-6,10-7	Catalca	N 41° 9'23.64"	E 28°27'16.38"	61
15-2, 15-5, 15-6,	Catalca	N 41°21'11.52"	E 28°27'13.80"	136
17-6	Tekirdag (Köseilyas Village)	N 41° 0'7.74"	E 27°33'22.50"	83
33	Sarkoy	N 40°41'35.76"	E 27°17'29.70"	11
98-1	Malkara (Halic Village)	N 40°52'6.60"	E 26°46'37.40"	276
111-1	Gelibolu	N 40°17'54.90"	E 26°16'43.90"	14
116-1	Kirklareli (Organized industrial)	N 41°41'38.80"	E 27°19'20.20"	200
14N64	Edirne (Yenicekoy Village)	N 41°20'05.25"	E 26°44'18.49"	70
14O03, 14O04	Edirne (Trakya University)	N 41°38'50.33"	E 26°37'03.88"	67
14Y462	Edirne (Uzunkopru-Kırcasalih)	N 41°23'21.08"	E 26°47'96.39"	104
15K17	Kirklareli (Kocahıdır Village)	N 41°39'180"	E 26°54'429"	139
15K48	Kirklareli (Sergen Village)	N 41°43'46.00"	E 27°38'34.10"	139
15I01	Gelibolu (Ilgardere Village)	N 40°16'559"	E 26°29'062"	9

Collection sites were chosen to maximize the diversity of *Vicia* sp. sampled. At each site detailed passport data was recorded, both for the site and for each common vetch sampled. The taxonomic keys used during the mission were described by Maxted (1995), Davis and Plintman (1970) and Zohary and Heller (1984). A complete list of the locations of collected common vetch accessions is shown in Table 1.

2.2. Experimental design

The field experiment was carried out in the 2015-2016 growing season at field experimental area of Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty, Field Crops Department in Tekirdag/Turkey (N 40° 59' 25.1", E 27° 34' 50.2", 15 m). Long-term average temperature, total rainfall and relative humidity were 11.7 °C, 529.7 mm and 80 %, respectively during growing period in Tekirdag (Table 2).

Table 2. Climatic data of October 2015 – June 2016 period and long-term average (1960 -2016)

Months	Mean temperature (°C)		Total precipitation (mm)		Relative humidity (%)	
	2015-2016 year	Long term	2015-2016 Year	Long term	2015-2016 Year	Long Term
October	16.4	15.7	83.7	90.0	80.1	80.5
November	13.8	11.3	48.5	62.5	80.7	84.0
December	7.3	7.2	0.7	82.5	79.9	83.6
January	5.6	5.2	70.7	62.1	80.0	84.0
February	9.7	5.7	68.4	64.9	85.5	81.4
March	10.4	8.0	30.6	57.4	80.3	80.7
April	15.6	12.2	22.9	41.5	72.2	78.2
May	17.9	17.6	28.1	33.8	74.4	75.1
June	23.6	22.2	35.0	35.0	72.2	72.6
Total			388.6	529.7		
Average	13.37	11.7			78.4	80.0

Total rainfall of experiment year was lower than that of long years with 388.6 mm. Therefore, average temperature in 2015-2016 was 13.37 °C. This temperature over 1.67 °C from long-term average temperature. Relative humidity was 78.4 %. During the experiment period, the climate was hot and dry from the long-term average.

Soil test values of 0-20 and 20-40 cm soil levels at experimental field determined a pH of 6.25-6.52, 0.01-0.01 % lime, 1.6-1.5 ppm P₂O₅, 429-386 ppm Mg, 27-25 ppm Fe, 25-20 ppm Mn, 0.32-0.41 ppm Zn and 1.08-1.11 % organic matter, respectively (Table 3). This analysis results shows soil of experimental field slightly acidic and low organic matter levels.

Table 3. Soil analysis of experimental area at Tekirdag, Turkey

Soil characteristics	0-20 cm	20-40 cm
Saturation with water (%)	40	41
pH	6.25	6.52
Lime (%)	0.01	0.01
Phosphorus (1.39-3.26) (ppm)	1.6	1.5
Calcium (1150-3500) (ppm)	2807	2406
Magnesium (160-480) (ppm)	429	386
Potassium (140-370) (ppm)	169	164
Iron (2-4.5) (ppm)	2.7	2.5
Manganese (14-50) (ppm)	25	20
Zinc (0.7-2.4) (ppm)	0.32	0.41
Organic matter (%)	1.08	1.11

Sowing was made by hand on 3 November 2015. Twenty seeds of each genotypes were sown into a single row (5 m) at 0.5 m intervals. The experiment was fertilized using 80 kg/ha P₂O₅ prior to sowing and conducted under rain fed condition. Weeds were handling removed. Plants were harvested at 50 % flowering time. Fresh sample was taken from the harvested material, dried in the shade. Samples taken from dried plants were ground in a grinder. To determine the chemical content of the herb in ground samples, nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), and manganese (Mn) analyzes were done. In wet-burned samples, Kjeldahl method were used for N content (Akyıldız, 1984). Phosphorus analysis was determined according to vanadomolibdofosforik yellow color method (Akyıldız, 1984). Iron, copper, zinc, manganese, calcium, potassium and magnesium were analyzed with ICP-OES device (Allen et al., 1998). Tetany ratios (K/Ca + Mg) were calculated as Cherney et al. (2002).

2.3. Statistical analysis

Data were analysed using by SPSS for Windows V. 18. An analysis of variance was carried out according to Randomly Complete Block experimental design. Significant differences among the mean values were compared by TUKEY test ($P \leq 0.01$).

3. Results and Discussion

3.1. Chemical structure, tetany and Ca/P rates of *Vicia sativa* L. accessions

Results of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn) contents, tetany and Ca/P rates of common vetch accessions presented in Table 4 and Table 5.

Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, iron and manganese contents of common vetch accessions showed significant differences ($P \leq 0.01$). Similarly, tetany and Ca/P ratios were also determined to be statistically significant ($P \leq 0.01$).

Protein is an important nutrient supplied by forages. Understanding what protein analysis tells about the quantity and quality of the protein in the forage is important. The crude protein value includes true protein and

non-protein N compounds (Schroeder, 2018). Therefore, the N content of the forage crop is important. Nitrogen content of common vetch accessions ranged from 0.95 to 3.14 % (Table 4). The highest N content was determined as 3.14 % in accession 15K17. This accession was followed by accessions 3-2, 7-1, 15-6 and 15K48 with 3.00, 2.62, 2.57 and 2.57 % N content, respectively. Since the high N content increases the protein ratio, these accessions with high N content can be selected for common vetch breeding studies. The lowest N content was obtained at 0.95 % with accession 15-2 and 15-5. N content of common vetch was determined as 3.57 % by Cabellero et al., (1996), and between 2.12 – 2.88 % by Celen et al. (2005). The results of Cabellero et al. (1996) are higher than our findings. Therefore, determined N values by Celen et al. (2005) is consistent with our findings.

Table 4. Chemical structure (N, Cu, Zn, Fe, Mn) of *Vicia sativa* L. accessions

Access. No	Nitrogen (N) (%)	Copper (Cu) (ppm)	Zinc (Zn) (ppm)	Iron (Fe) (ppm)	Manganese (Mn) (ppm)
3-1	1.52 cde	1.44 cd	1.82 b-e	219.60 fgh	16.80 ab
3-2	3.00 ab	7.50 a	0.71 d-g	414.91 fgh	9.91 a-g
4-1	1.24 cde	0.61 cd	0.10 g	373.40 fgh	6.33 efg
6-5	1.15 cde	0.62 cd	0.82 c-g	349.40 fgh	9.86 a-g
7-1	2.62 abc	1.44 cd	0.36 fg	1619.00 a-d	7.78 c-g
7-3	1.71 a-e	1.76 cd	1.34 b-f	71.00 h	16.02 abc
10-6	2.41 a-e	1.96 cd	1.64 b-e	1108.40 b-f	13.74 a-e
10-7	1.62 b-e	0.33 cd	0.35 fg	190.30 gh	7.02 d-g
15-2	0.95 e	0.80 cd	1.71 b-e	430.70 fgh	6.10 efg
15-5	0.95 e	0.42 cd	0.68 d-g	774.40 d-h	5.72 efg
15-6	2.57 a-d	4.75 b	2.02 bc	914.36 d-h	10.08 a-g
15-13	2.12 a-e	0.94 cd	1.48 b-f	735.60 d-h	9.87 a-g
17-6	1.22 cde	1.37 cd	1.51 b-f	570.15 e-h	9.33 a-g
33	1.57 b-e	2.20 c	1.34 b-f	1988.50 ab	15.00 a-d
98-1	1.05 e	2.14 cd	1.88 bcd	48.40 h	17.50 a
111-1	1.66 a-e	1.12 cd	1.52 b-f	1900.20 abc	11.94 a-f
116-1	2.05 a-e	0.15 d	1.87 bcd	519.50 e-h	4.84 fg
14N64	2.16 a-e	1.77 cd	2.16 b	918.60 d-h	11.31 a-g
14O03	1.71 a-e	0.60 cd	5.30 a	529.90 e-h	8.54 b-g
14O04	1.14 de	2.18 c	2.24 b	43.00 h	16.38 ab
14Y46	1.88 a-e	0.46 cd	1.14 b-g	1008.60 c-g	3.08 g
15K17	3.14 a	7.80 a	1.07 b-g	2295.20 a	7.82 c-g
15K48	2.57 a-d	1.56 cd	0.92 c-g	1043.00 c-g	11.96 a-f
15I01	1.62 b-e	1.86 cd	0.62 efg	1411.67 a-e	11.23 a-g
MSE	0.150	0.273	0.104	55362.239	4.828

Means bearing by same letter in column were not significantly different at the P≤0.01 level
MSE: Mean Squared Error

Copper (Cu) is an essential micronutrient for higher plant growth and metabolism. However, its high bioavailability in soils make it a potentially toxic substance causing inhibition of growth and oxidative injuries (Souguir et al., 2008). Copper content of common vetch accessions varied between 0.15 and 7.80 ppm (Table 4). Copper content was obtained as the highest on accession 15K17 with 7.80 ppm among all accessions. This accession was followed by accessions 3-2 with 7.50 ppm Cu content. These two accessions differ significantly from the other accessions due to their Cu value which is quite higher than the other accessions. Caballero et al.,

(1996) determined the Cu content of common vetch as 7.3 ppm. This data is similar to the Cu content values of these two accessions. The lowest Cu content was found on accession 116-1 with 0.15 ppm. It is seen that there is a huge variation between the copper content of vetch accessions. Similarly, MacPherson (2000) reported that there are differences between genotypes in terms of Cu concentration in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) and some temperate grasses as perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and orchard grass (*Dactylis glomerata* L.).

Zinc (Zn) content of common vetch accessions varied between 0.10 and 5.30 ppm (Table 4). The highest Zn content determined on accession 14O03 (5.30 ppm). The lowest Zn content was on accession 4-1 (0.10 ppm). Caballero et al., (1996) determined the Zn content of common vetch as 30.2 ppm.

Iron (Fe) is naturally well supplied by forages, and deficiencies of the element in grazing livestock are unlikely to occur normally but may result from blood loss due to heavy parasitic infestation or some other cause of haemorrhage. Legumes would generally contain more Fe than grasses (MacPherson, 2000). Iron content of common vetch accessions varied between 43.00 and 2295.20 ppm (Table 4). There is a high variation in Fe values of common vetch populations. The highest Fe content was determined as 2295.20 ppm in accession 15K17. This accession was followed by accessions 33 with 1988.50 ppm Fe content. The lowest Fe content was determined at 43.00 ppm with accession 14O04. Caballero et al. (1996) determined the Fe content of common vetch as 240 ppm.

Manganese (Mn) content of common vetch accessions varied between 3.08 and 17.50 ppm (Table 4). The highest Mn content was determined as 17.50 ppm in accession 98-1. This accession was followed by accessions 3-1, 14O04, 7-3 and 33. The lowest Mn content was determined at accession 14Y46 with 3.08 ppm. Caballero et al., (1996) determined the Mn content of common vetch as 50.3 ppm.

Phosphorus (P), a required nutrient for all livestock, has numerous essential physiological functions in the body that include energy transfer (ATP), structure of bone, teeth, and membranes, and buffering pH changes in the rumen (Satter et al., 2005). Phosphorus content of common vetch accessions varied between 0.84 and 3.65 % (Table 5). The accession 7-1 was the highest P content among the accessions, with 3.65 %. This accession was followed by accessions 16-1, 15K17 and 10-7. The lowest P content was determined at accession 14O04, with 0.84 %. Phosphorus contents of *V. sativa* L. subsp. *sativa* and *V. sativa* L. subsp. *nigra* that collected from rangelands and farmlands in Iran were 0.087 % and 0.084 %, respectively (Badrzadeh et al., 2008). In the study conducted with a mixture of vetch and cereal under Erzurum conditions, the average values of P of pure vetch were determined as 0.203 % (Tan and Serin, 1996). P content of common vetch was determined as 0.50 - 0.61 % by Egritas and Onal Ascı (2015) and as 0.34 % by Caballero et al., (1996). These findings are lower than our data. These different findings may be due to the availability of phosphorus in the trial soils. However, there are also significant differences between populations in our trial. In this respect, its effect on genotypic characteristics should be considered.

Potassium (K) is essential for rumen microorganisms. The single most consistent effect of suboptimal K in the ration of ruminants is decreased feed intake (Armstrong, 1998). K content of common vetch accessions ranged from 0.22 to 2.44 % (Table 5). Potassium content was obtained as the highest on accession 6-5 with 2.44 % among all accessions. The lowest K content was found on accession 111-1 with 0.22 %. Badrzadeh et al., (2008) also reports potassium contents of *V. sativa* L. subsp. *sativa* and *V. sativa* L. subsp. *nigra* were 1.35 % and 1.34 %, respectively which is consistent with our results. Tan and Serin (1996) were determined as 3.54 % K which is higher than our results. Potassium content of common vetch was determined by Egritas and Onal Ascı (2015) as 1.29 – 1.43 % and Caballero et al. (1996) as 2.35 %. These results are similar to our findings.

Calcium (Ca) content of common vetch accessions varied between 0.89 and 2.85 % (Table 5). The highest Ca content determined on accession 33 (2.85 %). The lowest Ca content was on accession 15K48, with 0.89 %. Calcium content of *V. sativa* L. subsp. *sativa* and *V. sativa* L. subsp. *nigra* was 1.38 % (Badrzadeh et al., 2008). Caballero et al., (1996) determined the Ca content of common vetch as 1.35 %. These results are within the limits of calcium content determined in this research. In another study, Tan and Serin (1996) found similar results (1.61 %), which are within the values we determined. Higher data than our finding were determined by Egritas and Onal Ascı (2015) as 4.45 % and Celen et al. (2005) as 4.55-6.78 %.

Magnesium (Mg) is important that cows consume adequate quantities of dietary Mg to meet requirements for specific productive processes or functions. Blood Mg levels in cows normally range from 1.8 to 2.0 mg/dl and values near or slightly higher than 1.0 mg/dl reflect Mg deficiency (Mayland et al., 1990). At the same time, the high Mg content also reduces the tetany rate. For this reason, the Mg ratio in the forage crops is important. Magnesium content of common vetch accessions varied between 0.23 and 0.74 % in this research (Table 5). The accession 33 was the highest Mg content among the accessions, with 0.74 %. The lowest Mg content was determined at accession 4-1, with 0.23 %. Tan and Serin (1996) were determined as 0.35 % Mg for common vetch under Erzurum conditions. Magnesium content of common vetch was determined by Egritas and Onal Asci (2015) as 0.46 – 0.51 % and as 0.37 % (Caballero et al., 1996). These results are similar to our findings.

Table 5. Chemical structure (P, K, Ca, Mg), Tetany and Ca/P ratio of *Vicia sativa* L. accessions

Access. No	Phosphorus (P) (%)	Potassium (K) (%)	Calcium (Ca) (%)	Magnesium (Mg) (%)	Tetany (K/Ca+Mg)	Ca/P
3-1	2.56 a-g	1.53 b-e	1.58 b-g	0.39 bcd	0.78 b-f	0.62 bc
3-2	2.14 b-h	1.59 b-e	1.54 b-g	0.47 bcd	0.80 b-f	0.75 bc
4-1	3.05 a-d	1.79 a-d	0.95 fgh	0.23 d	1.54 a	0.31 c
6-5	1.42 f-i	2.44 a	1.58 b-g	0.39 bcd	1.26 ab	1.15 abc
7-1	3.65 a	1.86 abc	1.61 b-f	0.54 ab	0.86 b-e	0.44 c
7-3	2.04 c-i	1.85 abc	1.83 b-e	0.48 bc	0.80 b-h	0.90 abc
10-6	1.96 d-i	1.67 b-e	0.94 gh	0.46 bcd	1.24 ab	0.48 c
10-7	3.22 abc	1.65 b-e	1.12 fgh	0.35 bcd	1.13 a-d	0.35 c
15-2	0.94 hi	1.31 cde	1.86 bcd	0.28 cd	0.61 d-g	2.02 ab
15-5	1.34 ghi	1.04 e	1.19 e-h	0.37 bcd	0.67 c-g	0.89 abc
15-6	2.85 a-e	1.29 cde	2.07 bc	0.42 bcd	0.52 efg	0.73 bc
15-13	2.49 a-g	1.58 b-e	1.19 e-h	0.39 bcd	1.00 a-e	0.49 c
17-6	1.46 f-i	1.62 b-e	1.59 b-g	0.38 bcd	0.88 b-e	1.30 abc
33	2.94 a-d	1.05 e	2.85 a	0.74 a	0.29 fg	0.97abc
98-1	1.64 e-i	1.18 cde	1.01 fgh	0.34 bcd	0.88 b-e	0.62 bc
111-1	1.44 f-i	0.22 f	1.40 d-h	0.30 bcd	0.13 g	0.99 abc
116-1	3.61 a	1.66 b-e	1.00 fgh	0.32 bcd	1.26 ab	0.28 c
14N64	1.38 f-i	1.61 b-e	1.85 b-e	0.45 bcd	0.69 b-f	1.94 ab
14O03	2.29 b-g	1.14 de	1.49 c-h	0.39 bcd	0.62 d-g	0.65 bc
14O04	0.84 i	1.14 de	1.84 b-e	0.54 ab	0.48 efg	2.19 a
14Y46	2.15 b-h	1.49 b-e	1.89 bcd	0.47 bcd	0.63 d-g	0.98 abc
15K17	3.35 ab	2.04 ab	1.34 d-h	0.46 bcd	1.14 a-d	0.40 c
15K48	2.86 a-e	1.51 b-e	0.89 h	0.36 bcd	1.20 abc	0.31c
15I01	2.62 a-f	1.28 cde	2.21 ab	0.42 bcd	0.49 efg	0.84 abc
MSE	0.108	0.032	0.030	0.004	0.246	0.152

Means bearing by same letter in column were not significantly different at the P≤0.01 level
MSE: Mean Squared Error

Tetany, an important disease of livestock, is caused by mineral imbalance in feeds. The risk of tetany is increased at a K: (Ca+Mg) ratio of 2.2 or higher (Crawford et al., 1998). In this research, tetany rates of common vetch accessions changed from 0.13 and 1.54 (Table 5). Tetany rates of accession 4-1 was the highest among the accessions, with 1.54. This accession was followed by accessions 6-5, 116-1 and 10-6 with 1.26, 1.26, and 1.24, respectively. The lowest tetany rates were determined at accession 111-1, with 0.13. Tetany rates of common vetch accessions appear to be below the critical level. Tetany rate of all common vetch was determined as 0.20-

0.32 by Celen et al., (2005) and as 0.26-0.29 by Egritas and Onal Ascı (2015). Although these results are within the limits of our findings, they are well below the highest value of 1.54 (accession 4-1) in our data.

In general, a calcium/phosphorus (Ca/P) ratio of 2:1 is recommended. When it is higher than this rate, it causes milk fever in animals (Egritas and Onal Ascı, 2015). Calcium/phosphorus ratio of common vetch accessions varied between 0.28 and 2.19 (Table 5). Calcium/phosphorus ratio of accession 14O04 was the highest among the accessions, with 2.19. This accession was followed by accessions 15-2 and 14N64 with 2.02 and 1.94, respectively. The lowest Ca/P ratio was determined at accession 116-1, with 0.28. Calcium/phosphorus ratios of common vetch accessions are generally at a favorable level. But accession 15-2 and 14O04 are at risk limits with a ratio above 2. Calcium/phosphorus ratio of common vetch was determined as 7.26-8.80 by Egritas and Onal Ascı (2015). The results of these researchers are much higher than our data.

3.2. Correlation of chemical contents of common vetch.

The correlation coefficients among the chemical contents (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe and Mn) of common vetch are presented in Table 6.

According to the results of the correlation analysis, there are significant correlations among some chemical contents of common vetch (Table 6).

Nitrogen was positively and significantly correlated with P ($r = 0.562^{**}$), K ($r = 0.283^*$), Mg ($r = 0.301^*$), Cu ($r = 0.519^{**}$) and Fe ($r = 0.489^{**}$). However, it was negatively and significantly correlated with Mn ($r = -0.241^*$).

Table 6. Correlation coefficients (r) among the chemical contents of common vetch accessions

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
N	1.000								
P	0.562**	1.000							
K	0.283*	0.322**	1.000						
Ca	0.120	-0.115	-0.167	1.000					
Mg	0.301*	0.137	0.052	0.589**	1.000				
Cu	0.519**	0.121	0.132	0.141	0.249*	1.000			
Zn	-0.092	-0.254*	-0.297	0.129	0.017	-0.077	1.000		
Fe	0.489**	0.353**	-0.165	0.254*	0.374**	0.246*	-0.183	1.000	
Mn	-0.241*	-0.312**	-0.227	0.215	0.256*	0.188	0.219	-0.202	1.000

* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$

Phosphorus content of common vetch accessions was positively and significantly correlated with N ($r = 0.562^{**}$), K ($r = 0.322^{**}$) and Fe ($r = 0.353^{**}$). There was a negatively and significantly correlated with Zn ($r = -0.254^*$) and Mn ($r = -0.312^{**}$).

Potassium was positively and significantly correlated with N ($r = 0.283^*$) and P ($r = 0.322^{**}$). Potassium content was found to be positive and insignificantly correlated with Mg and Cu, while it was found to be negative and insignificantly correlated with Ca, Zn, Fe and Mn. Similarly, Yücel et al. (2014) determined a significant and positive relationship between K and P, and an insignificant and negative relationship between K and Ca.

Calcium was positively and significantly correlated with Mg ($r = 0.589^{**}$) and Fe ($r = 0.254^*$). Yücel et al. (2014) similarly determined a significant and positive relationship between Ca and Mg.

Magnesium was positively and significantly correlated with N ($r = 0.301^*$), Ca ($r = 0.589^{**}$), Cu ($r = 0.249^*$), Fe ($r = 0.374^{**}$) and Mn ($r = 0.256^*$). There was a positively and non-significantly correlated with P ($r = 0.137$), K ($r = 0.052$) and Zn ($r = 0.017$). Yücel et al. (2014) similarly determined an insignificant and positive relationship between P and Mg.

Copper was positively and significantly correlated with N ($r = 0.519^{**}$), Mg ($r = 0.249^*$) and Fe ($r = 0.246^*$).

Zinc was non-significant correlated with all characters except P that was negatively and significantly correlated with Zn ($r = 0.254^*$).

Iron was positively and significantly correlated with N ($r = 0.489^{**}$), P ($r = 0.353^{**}$), Ca ($r = 0.254^*$), Mg ($r = 0.374^{**}$) and Cu ($r = 0.246^*$).

Manganese was negatively and significantly correlated with N ($r = -0.241^*$) and P ($r = -0.312^{**}$), while it was positively and significantly correlated with Mg ($r = 0.256^*$).

4. Conclusions

Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, iron and manganese contents of common vetch accessions showed significant differences ($P \leq 0.01$). N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, and Mn content of common vetch accessions varied between 0.95 – 3.14 %, 0.84 – 3.65 %, 0.22 – 2.44 %, 0.89 – 2.85 %, 0.23 – 0.74 %, 0.15 – 7.80 ppm, 0.10 – 5.30 ppm, 43.00 – 2295.20 ppm, 3.08 – 17.50 ppm, respectively. There is a huge variation in chemical structure among common vetch accessions.

Tetany and Ca/P ratios were determined to be statistically significant ($P \leq 0.01$). Tetany rates of accessions changed from 0.13 to 1.54. Calcium/phosphorus rates also varied between 0.28 and 2.19. The tetany and Ca/P rates of common vetch accessions are within suitable values for animal feeding. Calcium/phosphorus ratio is above the limit value only in accession 15-2 and 14004.

According to the results of the correlation analysis, there are significant correlations among some chemical contents of common vetch. Nitrogen was positively and significantly correlated with P, K, Mg, Cu and Fe. Phosphorus was positively and significantly correlated with N, K and Fe. Calcium was positively and significantly correlated with Mg and Fe.

As a result of in this study, accession 15K17 (high N, Cu, Fe, P and K content) and 33 (high Fe, Mn, Ca and Mg content) were identified as common vetch accessions with high mineral nutrition content.

Acknowledgment

This study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Grant (TOVAG-1130297) and Tekirdag Namik Kemal University Scientific Research Projects Coordinatorship (NKUBAP.00.24.AR.14.10).

References

- Acikgoz, E. (2001). Forage Crops. Uludag University Publication no: 182, Bursa, Turkey, pp. 584.
- Akyıldız, R. (1984). Feed Information Laboratory Guide. Ankara University Faculty of Agriculture Publications, Publication No: 859, Ankara, pp:236.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300 pp.
- Armstrong, D.L., 1998. Potassium in animal nutrition. *Better Crops with Plant Food* 82 (3): 32-33.
- Badrzadeh, M., Zaragzadeh, F., Esmailpour, B. (2008). Chemical composition of some *Vicia* spp. in Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 6 (2): 178-180.
- Bruno-Soares, A.M., Abreu, J.M.F., Guedes, C.V.M., Dias-da-Silva, A.A. (2000). Chemical composition, DM and NDF degradation kinetics in rumen of seven legume straws. *Animal Feed Science and Technology* 83 (1): 75-80.
- Caballero, R., Arauzo, M., Hernaiz, P.J. (1996). Accumulation and redistribution of mineral elements in common vetch during pod filling. *Agronomy Journal* 88:801-805.
- Crawford, R.J., Massie, M.D., Sleper, D.A., Mayland, H.F. (1998). Use of an experimental high-magnesium tall fescue to reduce grass tetany in cattle. *Journal of Production Agriculture* 11(4): 491-496.
- Celen, A.E., Cimrin, K.M., Sahar, K., 2005. The herbage yield and nutrient contents of some vetch (*Vicia* sp.) species. *Journal of Agronomy* 4 (1): 10-13.
- Cherney, J.H., Mikhailova, E.A., Cherney, D.J.R. (2002). Tetany potential of orchard grass and tall fescue as influenced by fertilization with dairy manure or commercial fertilizer. *Journal of Plant Nutrition* 25: 1501-1525.
- Davis P.H., Plintman, U. (1970). *Vicia* L. Flora of Turkey and East Aegean Island, 3, 274-325. University Press, Edinburg.
- Egritas, O., Onal Asci, O. (2015). Determination of some mineral matter contents in common vetch-cereals mixtures. *Academic Journal of Agriculture* 4 (1): 13-18.
- Erik, S., Tarıkahya, B. (2004). Türkiye florası üzerine. *Kebikeç İnsan Kaynakları Araştırmaları Dergisi* 17:139-163.
- Gil, J., Cubero, J.I. (1993). Inheritance of seed coat thickness in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and its evolutionary implications. *Plant Breed* 111:257-260.
- Gür M., Tuna C. (2016). Some characteristics of legume and grass species determined in a natural rangeland of Thrace Region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 13 (1): 61-69.
- ILDIS (1999). International legume database and information service. <http://www.ildis.org/>
- Kupicha, F.K. (1981). *Viciae*. In: Polhill RM, Raven PH (eds). *Advances in Legume Systematics*, part 1. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, pp 377-381.
- MacPherson, A. (2000). Trace-mineral Status of Forage. Givens, D.I., et al. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* (pp. 345-372), edited by R.F.E. Axford, CABI, 2000. ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nku/detail.action?docID=292072>.
- Mayland, H.F., Greene, L.W., Robinson, D.L., Wilkinson, S.R., 1990. Grass tetany: A review of Mg in the soil-plant-animal continuum. *Proceedings of the 25 th annual Pacific Northwest Animal Nutrition Conference*, November 6-8, pp. 29-41, Vancouver, British Columbia.
- Maxted, N., Callimassia, M.A., Bennett, M.D. (1991). Cytotaxonomic studies of Eastern Mediterranean *Vicia* species (*Leguminosae*). *Plant Systematics Evolution* 177:221-234.
- Maxted, N. (1995). "An ecogeographical study of *Vicia* subgenus *Vicia*." Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools. 8. *International Plant Genetic Resources Institute*, Rome, Italy.
- Samarah, N., Ereifej, K. (2009). Chemical composition and mineral content of common vetch seeds during maturation. *Journal of Plant Nutrition* 32: 177-186.
- Satter, L.D., Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Powell, J.M. (2005). Phosphorus and Dairy/Beef Nutrition. P:587-606. Editor(s): Sims, J.T., Sharpley, A.N., Phosphorus: Agriculture and the Environment, V:46. Print ISBN:9780891181576, Online ISBN:9780891182696
- Schroeder, J.W., 2018. Forage nutrition for ruminants. Quality Forage, AS1250: 1-16. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/quality-forage-series-forage-nutrition-for-ruminants/as1250.pdf>
- Sezmiş, G., Macit, M. (2018). Effect of raw and physical processed common vetch (*Vicia sativa* L.) seed on performance, slaughter traits and some blood parameters in broiler chicks. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 15 (1): 102-110.
- Souguir, D., Ferjani, E., Ledoigt, G., Goupil, P. (2008). Exposure of *Vicia faba* and *Pisum sativum* to copper-induced genotoxicity. *Protoplasma* 233: 203-207.

Tan, M., Serin, Y. (1996). Effects on macro nutrients of mixture rations and cutting time in vetch+cereal mixtures. *Türkiye 3. Grassland and Forage Crops Congress*, 17-19 June, p:308-315, Erzurum, Turkey.

Türk, M., Albayrak, S., Yüksel, O. (2009). Effects of fertilization and harvesting stages on forage yield and quality of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 52: 269-275.

Yücel, C., Yücel, D., Akkaya, M. R., Anlarsal, A.E. (2014). Relation of the quality and nutrient content in some hopeful common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *KSU Journal of Natural Science* 17 (1): 8-14.

Zohary, M., Heller, D. (1984). The genus *Trifolium*. Israel Academy of Science and Humanities. Jerusalem, Israel.

Bor ve Çinko İçerikli Yaprak Gübresi Uygulamalarının '0900 Ziraat' Kiraz (*Prunus avium* L.) Çeşidinin Yaprak Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi

The Effect of Boron and Zinc Containing Foliar Fertilizer Applications on Leaf Mineral Content of '0900 Ziraat' Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivar


Ali İKİNCİ^{1*}, Şükran ALDANMAZ²

Öz

Bu araştırma, *Prunus mahaleb* L. anacı üzerine aşılı '0900 Ziraat' kiraz çeşidinde, bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere, yapraktaki bitki besin elementleri içerikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2018 yılında Yeşilli (Mardin) ilçesindeki iki ayrı kiraz bahçesinde yürütülmüştür. Araştırmaların yürütüldüğü her iki kapama kiraz bahçesi toprağının hafif alkali karakterde, organik madde düzeyinin oldukça düşük ve kireç içeriğinin yüksek olduğu, buna karşılık fosfor, çinko ve bor elementleri yönünden ise eksik düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada; kontrol (gübresiz), 100 L suya 150 cc Maxifruit (1. uygulama), 150 cc Fertileader[®] Oris (2. uygulama) ve 100 cc Fertileader[®] Oris + 50 cc Fertileader[®] Alpha (3. uygulama) olacak şekilde yaprak gübrelere ve konsantrasyonları yaprağa püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Yapraktan gübreleme uygulamaları tam çiçeklenmeden 15-30 gün ve tam çiçeklenmeden 30-45 gün sonra olacak şekilde iki farklı zamanda yapılmıştır. Araştırmada '0900 Ziraat' kiraz çeşidi yapraklarında N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B bitki besin element içerikleri tespit edilmiş ve uygulanan yaprak gübrelere, '0900 Ziraat' kiraz çeşidine ait yaprak örneklerinde incelenen makro ve mikro elementlerin içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yaprak örneklerinde en yüksek N içeriği (%2.18), en yüksek P içeriği (%0.34) ve en yüksek K içeriği (%2.31) sırasıyla; 1. uygulamadan, kontrol uygulamasından ve 2. uygulamadan edilmiştir. En yüksek Ca (%1.90), en yüksek Mg (%0.53), en yüksek Fe (129.84 ppm), en yüksek Cu (14.93 ppm), en yüksek Zn (24.52 ppm), en yüksek Mn (42.03 ppm) ve en yüksek B içerikleri (40.61 ppm) ise 3. uygulamadan elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yaprak ve toprak analizi sonuçlarına göre uygun gübreleme programını kullanarak nakliyyeye dayanıklı ve ihracata uygun büyüklükte meyve elde etmelerinin, yöre halkı için gelir getirici kiraz bahçelerine olan talebi artıracığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kiraz, 0900 Ziraat, Yaprak gübresi, Yaprak besin elementi içeriği, Makro ve mikro besin elementleri

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali İKİNCİ, Adres, Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. E-mail: aliikinci@harran.edu.tr  ORCID: 0000-0001-8149-7095

²Şükran ALDANMAZ, Artuklu Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü, Mardin, Türkiye. E-mail: sukranaldanmaz@gmail.com  ORCID: 0000-0002-5586-6149
Atıf/Citation: İkinci, A., Aldanmaz, Ş. Bor ve Çinko İçerikli Yaprak Gübresi Uygulamalarının '0900 Ziraat' Kiraz (*Prunus avium* L.) Çeşidinin Yaprak Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 283-295.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

This study was carried out in two different cherry orchards in Yeşilli (Mardin) district in 2018 in order to determine the effects of foliar fertilizers containing boron and zinc on the leaf nutrient content of '0900 Ziraat' cherry cultivar grafted on *Prunus mahaleb* L. rootstock. It was found that both cherry orchard soils in which research was conducted had a slightly alkaline character, the level of organic matter was quite low and the content of lime was high, while phosphorus, zinc and boron elements were deficient. In the study following mixtures and concentrations in 100 liter of water: control (no added nutrients), Maxifruit at 150 cc (1st application), Fertileader[®] Oris at 150 cc (2nd application) and Fertileader[®] Oris at 100 cc + Fertileader[®] Alpha at 50 cc (3rd application) were applied by foliar spraying. Two foliar applications were performed at two different timings between 15-30 days and 30-45 days after full flowering. In the study N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn and B content of leaves of '0900 Ziraat' cherry were analyzed and the effect of foliar fertilizers on macro and micro element content of '0900 Ziraat' cherry leaves were found to be significant. The highest N (2.18%), the highest P (0.34%) and the highest K content (2.31%) were obtained from the 1st application, control application and the 2nd application, respectively. While the highest Ca (1.90%), Mg (0.53%), Fe (129.84 ppm), Cu (14.93 ppm), Zn (24.52 ppm), Mn (42.03 ppm) and B (40.61 ppm) contents were obtained from the foliar fertilizers used in the 3rd application. According to the results it can be said that providing fruits resistance to transportation and meeting export-market standards in terms of fruit size by applying the appropriate fertilization program based on the results of leaf and soil analysis will give rise to the demand for income-generating cherry orchard for the local farmers.

Keywords: Sweet cherry, 0900 Ziraat, Leaf fertilizer, Leaf nutrient content, Macro and micro nutrients

1. Giriş

Bitkinin beslenmesini ve bitkinin beslenme durumunu etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler toprak, çevre ve bitki faktörleri olarak üç ana grupta toplanabilir. Toprak tekstürü, toprak derinliği, pH, tuzluluk, katyon değişim kapasitesi, CaCO₃, organik madde ve mevcut besin konsantrasyonları toprak faktörlerinden bazılarıdır. Ayrıca, yağış, nem, sıcaklık, ışıklenme süresi vb. toprak verimliliği ve bitki beslenmesinde rol oynar (Nazlı ve Erdal, 2019). Bu faktörlerin yanında, bir bitkinin besin alım yeteneği üzerinde bitki türü ve çeşidi, bitkinin yaşı, gelişim aşaması, kök yapısı ve diğer genotipik özellikler önemli rol oynamaktadır.

Daha iyi bitki gelişimi, daha yüksek verimli ve kaliteli ürün elde etmek için yürütülen farklı çalışmalarda çeşit, anaç ve bitki beslenmesi arasında yakın ilişkiler olduğu saptanmıştır. Yakın dönemlerde kiraz (Usenik ve Stampar, 2002; Usenik ve ark, 2005; Uysal ve Katkat, 2005; Kulu, 2006; Peker ve Erdal, 2006; Wojcik ve Wojcik, 2006; Jiménez ve ark., 2007; Uysal ve Katkat, 2007; Ökçe, 2009; Hrotkó ve ark, 2014; Milošević, ve ark, 2014; Gökoğlan, 2017; Gerçekcioğlu ve ark, 2019), armut (İkinci ve ark, 2014; Nazlı ve Erdal, 2019) ve elma (Erdal ve ark., 2008) türlerine ait farklı çeşitler üzerinde gerçekleştirilmiş olan değişik çalışmalarda meyve verimi, meyve kalitesi, meyve tutumu, meyvenin bazı pomolojik ve kimyasal özellikleri ile özellikle yaprak besin elementi kapsamı üzerine anaçların etkileri konularında araştırmalar yürütülmüştür.

Meyve yetiştiriciliğinde kullanılan anaçlar topraktan belirli besin elementlerini absorbe etme konusunda farklı yeteneklere sahiptirler. Yapılan birçok çalışmadan elde edilen sonuçlar, anaç genotipinin yaprak mineral besin bileşimini etkileyebileceği hipotezini desteklemektedir (Usenik ve ark., 2005). Yapraklardaki besin elementi içeriği, anaçların yanı sıra toprak pH'ına da bağlıdır. Toprak pH değeri 6.5 ve üzerinde iken makro elementler (N, P, Ca, S, Mg) topraktan daha iyi absorbe edilebilirken, yüksek toprak pH'sında Fe, Mn, B, Cu ve Zn'nin emilimi zorlaşmaktadır.

Bitkilerde B eksikliği daha çok organik madde kapsamının düşük ve kaba tekstüre sahip topraklarda görülmektedir. Yeterli B düzeyine sahip olan bir toprakta aktif kireç oranının yükselmesi, kuru veya çok ağır toprak koşulları ve düşük toprak oksijen düzeyi bitki tarafından B alımını engeller (Wojcik ve Wojcik, 2006). Bor bitkilerde anter gelişimini, polen çimlenmesini ve polen tüpü büyümesini etkileyen üreme süreçlerinde anahtar bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, B noksanlığı durumunda döllenmenin yetersiz olması, düşük meyve tutumuna neden olmaktadır (Wojcik ve Wojcik, 2006).

Topraklarda Zn noksanlığı genelde yüksek pH, kireç ve metal oksitlerle, düşük organik maddeden ileri gelmektedir. Yüksek toprak pH'sı Zn'nun bitkilerce alınabilirliğini azalmaktadır. Genellikle alkalın karakterde ve kireçli topraklarda Zn eksikliği, nötral ve hafif asidik topraklara göre daha fazladır (Özkutlu ve ark., 2018). Toprakta bulunan çinko zamanla çözünmez bileşiklere dönüşmektedir. Çinkonun çözünmez durumda bağlanması yüksek pH'da artmaktadır. Buna karşılık, toprak asitleştikçe çinko bileşiklerinin çözünürlüğü de artmaktadır (Bolat ve Kara, 2017).

Çinko, bitkilerde birçok fizyolojik, vejetatif ve generatif gelişim süreçlerini etkileyen temel bir besin elementidir (Marschner, 2012). Çinko elementi enzim aktivitesinde oynadığı rol nedeniyle protein, karbohidrat ve oksin metabolizmalarında çok önemli bir elementtir (Çakıcı ve Arslan, 2012). Çinko noksanlığında enzim aktivitesinin azalmasına bağlı olarak karbohidrat, protein ve büyüme hormonları (oksin) da zarar görür. Eksikliğinde meyve sayısında düşüş göze çarpar. Çoğu kere meyve iriliğinde de küçülmeler gözlenir. Bitkilerin klorofil içerikleri çinko noksanlığında olağan üstü azalır. Yaprak damarları arasında kloroz ortaya çıkar. Bitkilerde yaprak oluşumu olumsuz yönde etkilenir ve yapraklar seyrekleşir. Sürgünler ölür ve yapraklar erken dökülür. Tomurcuk sayısı azalır ve tomurcukların açılma oranı düşer (Bolat ve Kara, 2017).

Bu çalışmada; kireç içeriği yüksek, organik madde oranı düşük ve bitki besin elementleri bakımından fakir toprak koşullarına sahip Mardin ili Yeşilli ilçesindeki *Prunus mahaleb* L. anaç üzerine aşılı 0900 Ziraat kiraz ağaçları üzerine uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere, yaprak besin elementi içeriği üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, 2018 yılında Mardin ili Yeşilli ilçesinde 2 ayrı üreticiye ait ticari kiraz bahçelerinde gerçekleştirilmiştir. Bahçelerin rakımı ortalama 980 m olup, araştırmanın yürütüldüğü Yeşilli ilçesine ait iklim

verileri *Tablo 1*'de verilmiştir. Çalışmada bitki materyali olarak *Prunus mahaleb* L. anacı üzerine aşılı, tam verim çağında ve 7 x 6 m dikim mesafesinde dikilmiş "0900 Ziraat" kiraz ağaçları kullanılmıştır. Bahçelerde, 0900 Ziraat çeşidi için tozlayıcı çeşit olarak Stark Gold çeşidi kullanılmıştır. Bahçelerdeki ağaçlar damlama sulama ile sulanmaktadır. Deneme bahçelerinde gerekli kültürel işlemler, usulüne uygun şekilde yapılmıştır. Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3 ağaç olacak şekilde planlanmıştır.

0900 Ziraat kiraz çeşidi kuvvetli ve yayvan gelişme gösterir. Geç çiçeklenir. Meyve eti sert, geniş elips şeklinde, gevrek, iri ve parlak koyu kırmızı renklidir. Meyveleri çatlamaya dayanıklıdır. Sapı ince uzundur. Çekirdeği iridir. Kendine uyumsuzluk gösterdiği için tesisi yapılan kiraz bahçesinde tozlayıcı çeşite ihtiyaç duyar. Tozlayıcı olarak Stark Gold, Lambert, Bigarreau Gaucher, Merton Late çeşitleri önerilmektedir (Sarısu ve ark., 2016).

İdris (*Prunus mahaleb* L.); ülkemizde mahlep ve enderes gibi isimlerle bilinen ve en fazla kullanılan anaçtır. Bazı tipleri yapraklı çelikle çoğaltılsa da genellikle tohumla çoğaltılır. Kiraz için orta kuvvette bir anaçtır. Kuş kirazına aşılı ağaçlara göre daha küçük yapılı ağaçlar oluştur ve bu anaç üzerindeki ağaçların ömürleri daha kısadır. Kiraz çeşitleri ile uyumsuzlukları tam ve kısmi uyuşanlar yanında, uyuşmayan tipleri de vardır. Kireç içeriği yüksek, kurak ve fakir topraklara dayanıklılığı yüksektir. Yarı kazık köklüdür ve saçak kök oluşumu azdır. İdris anaçları *Phytophthora* spp. ve *Agrobacterium* spp. kök çürüklüğüne çok duyarlı, *Armillaria mellea*, *Verticillium* spp ve kiraz gövde çöküntü hastalıklarına duyarlıdır. İdris, kök kanserine, kuş kirazı anaçlarından daha dayanıklıdır (Özçağırın ve ark., 2005).

Tablo 1. Araştırmanın yürütüldüğü Yeşilli ilçesine ait 2018 yılı iklim verileri

Table 1. Climatic data of Yeşilli district in the year 2018

İklim Elemanları	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Ortalama sıcaklık (°C)	13.6	16.9	24.4	26.8	30.6
Maksimum sıcaklık (°C)	23.9	29.1	33.3	42.1	43.3
Minimum sıcaklık (°C)	2.9	5.7	8.9	14.1	17.6
Toplam yağış (mm)	11.4	31.3	183.8	27.2	0.7
Ortalama nispi nem (%)	58.9	46.6	60.5	35.2	25.1

Denemenin yürütüldüğü yılda, Mart-Temmuz dönemi itibariyle aylık ortalama sıcaklık değerleri 13.6 °C ile 30.6 °C, aylık yağış miktarı 0.7 mm (Temmuz) ile 183.8 mm (Mayıs) ve aylık ortalama nispi nem miktarı ise %25.1 (Temmuz) ile %60.5 (Mayıs) arasında değişim göstermiştir (*Tablo 1*).

Çalışmanın yürütüldüğü kiraz bahçelerinin toprak yapısını belirlemek amacıyla, deneme öncesinde 0 -30 cm ve 30-60 cm derinliklerden toprak örnekleri alınarak (Jackson, 1967; Delice ve ark., 2012; Gerçekcioğlu ve ark., 2019) toprakta bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinin makro ve mikro besin elementi analizleri Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Gaziantep) Toprak, Bitki ve Gübre Analiz laboratuvarında yaptırılmıştır.

Çalışma kapsamında Timac Agro firmasına ait değişik içerikli yaprak gübreleri kullanılmıştır. Kiraz ağaçlarının çiçeklenme ve meyve tutumunun teşviki, meyve iriliği ve sayısında artış, sağlam ve eşit büyüklükte meyve eldesi için Maxifruit (% 3 N, % 3.06 P, %5.81 K, % 0.05 Mn, % 0.10 Zn), B kaynağı olarak Fertileader® Alpha (%5 N, : % 5,68 P, % 2 B) ve Zn kaynağı olarak Fertileader® Oris (%3 N, % 6.55 P, % 4.8 Zn) isimli ticari yaprak gübreleri kullanılmıştır. Çalışmada, kiraz ağaçlarına uygulanan ticari yaprak gübrelerinin uygulama zamanı ve uygulama konsantrasyonları *Tablo 2*'de verilmiştir. Uygulamalar 2018 yılı bahar döneminde tam çiçeklenmeden 15-30 gün (25 Nisan 2018) ve tam çiçeklenmeden 30-45 gün (18 Mayıs 2018) sonra yapılmıştır. Kontrol grubu ağaçlara ise sadece yayıcı-yapıştırıcı ilave edilmiş su püskürtülmüştür.

Tablo 2. Yaprak gübrelerinin uygulama dönemi ve içeriği

Table 2. Application timing and content of foliar fertilizers

Uygulamalar	Tam çiçeklenmeden 15-30 gün sonra	Tam çiçeklenmeden 30-45 gün sonra
Kontrol	Sadece su	Sadece su
1. Uygulama	Maxifruit (150 cc/100 L su)	Maxifruit (150 cc/100 L su)
2. Uygulama	Fertileader® Oris (150 cc/100 L su) Fertileader® Oris (100 cc/100 L su) +	Fertileader® Oris (150 cc/100 L su) Fertileader® Oris (100 cc/100 L su) +
3. Uygulama	Fertileader® Alpha (50 cc/100 L su)	Fertileader® Alpha (50 cc/100 L su)

Uygulamalarının yapıldığı ağaçların dört farklı yönünden ve omuz hizasındaki sürgünlerin orta kısımlarından, Haziran ayının ilk haftasında her tekerrür için 50'şer yaprak örneği alınmıştır (Kacar ve Katkat, 2007). Alınan örnekler 65 °C'de 48 saat süreyle etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan yaprak örnekleri polietilen poşetlere konularak, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Gaziantep) Toprak, Bitki ve Gübre Analiz laboratuvarında yaprak bitki besin elementleri analizleri yaptırılmıştır.

Yaprak örneklerine ait sonuçlar, Jones ve ark. (1991) tarafından bildirilen sınır değerleri (Tablo 3) ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Tablo 3. Kiraz için bildirilen yaprak analiz sınır değerleri (Jones ve ark., 1991)
Table 3. Sufficiency levels of nutrients in leaf of sweet cherry trees (Jones et al., 1991)

Besin maddesi	Noksan	Yeterli	Fazla
N (%)	1.80-1.99	2.00-3.00	> 3.00
P (%)	0.08-0.15	0.16-1.50	> 1.50
K (%)	1.50-2.49	2.50-3.00	> 3.00
Ca (%)	1.00-1.99	2.00-3.00	> 3.00
Mg (%)	0.20-0.29	0.30-0.80	> 0.80
Fe (ppm)	60-99	100-250	> 250
Cu (ppm)	3.00-4.00	4.00-50.0	> 50
Zn (ppm)	15-19	20-50	> 50
Mn (ppm)	20-39	40-200	> 200
B (ppm)	18-19	20-100	> 100

2.1. İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler "JMP® 8.0" (SAS Institute, Inc.) paket programı ile varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi (P<0.05) ile belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma bahçelerinden farklı derinliklerinden alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Deneme yapılan kiraz bahçelerine ait topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 4. Some physical and chemical properties of experimental soils of cherry orchards

Bahçe No:	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Tekstür Sınıfı	Organik Madde
I	0-30	8.05	0.02	13.33	Killi-tınlı	1.10
	30-60	8.05	0.02	16.70	Killi-tınlı	0.52
II	0-30	8.05	0.02	17.56	Killi-tınlı	1.50
	30-60	8.05	0.02	18.89	Killi-tınlı	1.11

Tablo 5. Deneme yapılan kiraz bahçelerine ait toprak örneklerinin bazı besin elementi içerikleri
Table 5. Some nutrient element content of experimental soils of cherry orchards

Bahçe No:	Derinlik (cm)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (Ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
I	0-30	0.055	5.45	256	5909	720.63	9.38	2.84	0.40	12.68	0.78
	30-60	0.029	2.35	203	5295	759.68	9.79	2.78	0.30	13.31	0.44
II	0-30	0.075	6.50	360	5594	743.59	10.88	3.81	0.53	13.20	0.21
	30-60	0.056	4.56	227	5526	840.11	12.28	3.40	0.46	24.21	0.14

Toprak örneklerine ait sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; tuzluluk (Richards, 1954) sorununun olmadığı, kireç, kalsiyum, magnezyum ve demir (Lindsay ve Norvell, 1978; FAO, 1990; Alpaslan ve ark., 1998) oranlarının fazla olduğu, organik maddece fakir (Alpaslan ve ark., 1998), potasyum ve bakır oranların yeterli (Lindsay ve Norvell, 1978; Alpaslan ve ark., 1998), fosfor, çinko ve bor (FAO, 1990; Eyüpoğlu ve ark., 2000; Miller, 1998) yönünden noksan, mangan yönünden (FAO, 1990) az değerinin sınırında olduğu anlaşılmıştır. Her iki kiraz bahçesine ait toprak örneklerinin birbirine benzer özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bahçe topraklarının pH değerinin hafif alkali (Alpaslan ve ark., 1998) reaksiyonda olduğu tespit edilmiştir.

3.1. Uygulanan yaprak gübrelerinin, kiraz yapraklarının bazı makro besin elementi içerikleri üzerine etkileri

3.1.1. Azot (N)

0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarına İki farklı dönemde uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelerinin, yaprak azot (N) içeriği üzerine etkisi istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Tablo 6). En yüksek azot içeriği % 2.18 ile Maxifruit yaprak gübresi uygulamasında (1. uygulama), en düşük azot içeriği ise %1.93 ile Fertileader® Oris yaprak gübresi uygulamasında (2. uygulama) tespit edilmiştir. Tablo 3'te kiraz için bildirilen (Jones ve ark., 1991) yaprak besin elementleri sınır değerlerine göre kiraz ağacı yapraklarında % 2-3 arasındaki N içeriğinin yeterli olduğunu bildirilmiştir.

Jiménez ve ark. (2007), 7 değişik anaç üzerine aşılı, kireçli ve killi-tınlı toprakta yetiştirilen 17 yaşlı 'Stark Hardy Giant' ve 'Van' kiraz çeşitlerinin yaprak N içeriklerini %1.78-2.19 arasında; Hrotkó ve ark. (2014), Budapeşte'de mahlep çöğür anacı üzerine aşılı 'Rita' kiraz çeşidinin 2008-2010 yılları arasındaki ortalama yaprak N elementi kapsamını %1.97 ve Milošević ve ark. (2014), Colt anacı üzerine aşılı olan May Early, Germersdorfer, Sunburst ve Celeste kiraz çeşidi yapraklarının N düzeylerini ise %2.55-3.42 arasında tespit etmişlerdir. Uyanöz ve ark (2012), Konya ili Taşkent ve Hadim ilçelerindeki kiraz bahçelerinin beslenme durumları üzerine 2009 ve 2010 yıllarında yürütmüş oldukları araştırmada, bahçelerdeki ağaçların N içeriklerini 1. yılda %0.78 - 3.71, 2. yılda ise %1.04 - % 2.7 arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde etmiş olduğumuz sonuçlar, diğer araştırmacıların bulguları ile paralellik göstermekte olup, araştırmanın yürütüldüğü Yeşilli ilçesinde iki ayrı kiraz bahçesinde, yaprak gübresi uygulaması yapılan 0900 Ziraat çeşidi kiraz ağaçlarının yaprak N elementi düzeylerinin genelde yeterli (2. uygulama hariç) düzeyde olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 6).

3.1.2. Fosfor (P)

0900 Ziraat kiraz çeşidine ait ağaçlara uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelerinin, yaprak fosfor (P) elementi üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Tablo 6). Her iki ticari kiraz bahçesindeki ağaçlarda %0.29-0.38 arasında P düzeyi saptanırken; uygulamalarda ortalama en yüksek fosfor içeriği %0.34 ile kontrol uygulamasında ve en düşük fosfor içeriği ise %0.31 ile 2. uygulama ve %0.30 ile 1. uygulamada elde edilmiştir. Jones ve ark. (1991)'nın bildirdiği sınır değerlere (%0.16-1.5) göre, uygulama yapılan ve yapılmayan tüm kiraz ağaçlarının yaprak örneklerindeki fosfor içeriklerinin yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir.

Jiménez ve ark. (2007), 'Stark Hardy Giant' ve 'Van' kiraz çeşitlerinin yaprak P içeriklerini %0.28-0.67 arasında; Hrotkó ve ark. (2014), 'Rita' kiraz çeşidinin yaprak P içeriğini %0.26-0.36 arasında ve Milošević ve ark. (2014), May Early, Germersdorfer, Sunburst ve Celeste kiraz çeşidi yapraklarının P düzeylerini ise %0.20-0.27 arasında tespit etmişlerdir. Uysal ve Katkat (2007), Bursa yöresinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile beslenme durumlarını tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında; inceledikleri bahçelerde toprakların ve bitkilerin fosfor içerikleri dikkate alındığında, genel olarak fosforla beslenme yönünden sorun olmadığını belirlemişlerdir. Çalışmamızda tespit etmiş olduğumuz P kapsamının, diğer çalışmalarda elde edilen değerlerle uyumlu olduğu, ayrıca; Jones ve ark. (1991)'nın saptadığı sınır değerleri (Tablo 3) arasında yer aldığı tespit edilmiştir.

Tablo 6. Farklı dozlarda ve zamanlarda uygulanan B ve Zn içerikli yaprak gübrelerinin 0900 Ziraat kiraz çeşidi yaprakların makro element içerikleri üzerine etkisi

Table 6. The effect of B and Zn containing foliar fertilizers applied in different doses and times on the macro element contents of 0900 Ziraat cherry leaves

Uygulamalar	N (%)			P (%)			K (%)		
	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.
Kontrol	2.03 b	2.21 a	2.12 b	0.30 b	0.38 a	0.34 a	2.01 c	2.48 b	2.24 b
1. Uygulama	2.16 a	2.21 a	2.18 a	0.30 b	0.30 bc	0.30 b	2.08 b	2.43 bc	2.26 b
2. Uygulama	1.93 c	1.93 c	1.93 d	0.29 b	0.33 b	0.31 b	2.07 b	2.54 a	2.31 a
3. Uygulama	2.00 bc	2.03 b	2.01 c	0.35 a	0.29 c	0.32 ab	2.14 a	2.42 c	2.26 ab
Bahçe Ort.	2.03 B	2.10 A	-	0.31 B	0.32 A	-	2.07 B	2.47 A	-
Varyans Değeri	LSD Uygulama: 0.054**; LSD Bahçe: 0.038** ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.077*			LSD Uygulama: 0.024*; LSD Bahçe: 0.017* ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.034**			LSD Uygulama: 0.036*; LSD Bahçe: 0.025** ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.051**		

Tablo 6'nın devamı (Table 6 continued)

Uygulamalar	Ca (%)			Mg (%)		
	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.
Kontrol	1.60 d	1.72 b	1.66 c	0.54 b	0.52 a	0.53 a
1. Uygulama	1.76 b	1.76 a	1.76 b	0.56 ab	0.51 b	0.53 a
2. Uygulama	1.64 c	1.55 c	1.60 d	0.50 c	0.49 ab	0.49 b
3. Uygulama	2.08 a	1.72 b	1.90 a	0.57 a	0.47 b	0.52 a
Bahçe Ort.	1.77 A	1.69 B	-	0.54 A	0.50 B	-
Varyans Değeri	LSD _{Uygulama} : 0.025**; LSD _{Bahçe} : 0.018** ; LSD _{Uygulama x Bahçe} : 0.036**			LSD _{Uygulama} : 0.024*; LSD _{Bahçe} : 0.017** ; LSD _{Uygulama x Bahçe} : 0.033**		

*: P< 0.05, **:P< 0.01; Ö.D.: Önemli Değil

Aynı sütunda ve satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir.

3.1.3. Potasyum (K)

0900 Ziraat çeşidinde Bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere uygulamalarının yaprak potasyum elementi içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Tablo 6). Birinci bahçedeki ağaçların K içeriği %2.01-2.14 ve ikinci bahçedeki ağaçların ise %2.42-2.54 arasında değişirken, en yüksek ortalama yaprak potasyum içeriği %2.31 ile 2. uygulamada saptanmıştır. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerlere göre, Mardin ili Yeşilli ilçesindeki kiraz ağacı yapraklarının potasyumun düzeyinin eksik olduğu tespit edilmiştir.

Yurdumuzda yapılan çalışmalarda; Tuna (1991), Kemalpaşa ilçesindeki kiraz bahçelerinde yetiştirilen Salihli kiraz çeşidinin yaprak K kapsamını %1.10-1.80 arasında, Kulu (2006) da yine aynı ilçede yetiştirilen aynı kiraz çeşidi yapraklarının K kapsamının %0.95- 1.39 arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmacı, Kemalpaşa ilçesindeki bahçelerde yetiştirilen Salihli kiraz ağaçlarının yaprak K içeriğinin %87.5'inin yetersiz olduğunu belirtmiştir. Ökçe (2009) de Tekirdağ ili Merkez ilçe kiraz bahçelerinin beslenme durumunun toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi üzerine, 15 farklı bahçeden toprak ve yaprak örnekleri olarak yaptığı çalışmasında, yaprak K değerlerinin %0.90 ile %2.60 arasında değiştiğini belirtmiştir. Yurtdışında yapılan bazı araştırmalarda, değişik anaçlar üzerine aşılı farklı kiraz çeşidi yapraklarında %0.99-1.83 arasında değişen yaprak K içerikleri belirlenmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014).

3.1.4. Kalsiyum (Ca)

0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarına uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere, yaprakların kalsiyum (Ca) elementi içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 6). Araştırmada, 0900 Ziraat çeşidi yapraklarında en yüksek kalsiyum elementi içeriği %1.90 ile Fertileader® Oris + Fertileader® Alpha'nın birlikte kullanıldığı 3. uygulama, en düşük kalsiyum içeriği ise %1.60 ile 2. uygulama ağaçların yapraklarında saptanmıştır. Araştırmada, her iki kiraz bahçesindeki ağaçların yaprak kalsiyum içeriği %1.55-2.08 arasında değişmiştir. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerlere (% 2.00-3.00) göre, yapraklarda kalsiyum içeriğinin "eksik" olduğu, bu eksikliğin uygulanan Fertileader® Oris + Fertileader® Alpha yaprak gübresiyle kısmen giderilebildiği tespit edilmiştir.

Yurtdışında yapılan bazı araştırmalarda, değişik anaçlar üzerine aşılı farklı kiraz çeşidi yapraklarında %0.96-2.63 arasında yaprak Ca içerikleri belirlenmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014). Ülkemizde gerçekleştirilen araştırmada, Tekirdağ ili Merkez ilçedeki kiraz bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin Ca değerlerinin %1.05 ile %2.60 arasında değiştiği, belirlenen bu değerlere göre bahçelerdeki ağaçların Ca içeriğinin %66.67'sinin eksik ve %33.33'ünün yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır (Ökçe, 2009). Öte yandan, Yağmur ve Okur (2011) tarafından, İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde gerçekleştirilen bir araştırmada da benzer şekilde kiraz yaprak örneği analiz sonuçlarına göre kalsiyum içeriğinin yeterlilik sınırının altında kaldığını belirtmişlerdir. Yukarıda bahsedilen çalışmalarda kiraz çeşitlerinin yaprak örneklerinde saptanan kalsiyum değerleri, çalışmamızla paralellik göstermektedir.

3.1.5. Magnezyum (Mg)

Yeşilli ilçesindeki yetiştirilen 0900 Ziraat kiraz çeşidine ait ağaçlara bor ve çinko içerikli yaprak gübresi uygulamalarının, ağaçların yaprak magnezyum (Mg) kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

(Tablo 6). Yapraklarda en yüksek ortalama Mg kapsamı %0.53 ile kontrol ve 1. uygulama, %0.52 ile 3. uygulamadan elde edilmiştir. Her üç uygulama arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Uygulamalarda en düşük ortalama Mg içeriği ise %0.49 ile 2. uygulamadan elde edilmiştir. Uygulama yapılan her iki bahçedeki deneme ağaçlarının yaprak Mg içeriği %0.49-0.57 arasında değişmiştir. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerlerine (%0.30-0.80) göre 0900 Ziraat kiraz çeşidi yaprakların magnezyum kapsamının yeterli olduğu saptanmıştır.

İzmir ve Tekirdağ illerinde yürütülen araştırmalarda, kiraz ağaçlarının yaprak Mg düzeylerinin %0.26 ile %1.04 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Kulu, 2006; Ökçe, 2009). Benzer şekilde, Yağmur ve Okur (2011) tarafından, İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada da kiraz çeşitlerine ait yaprak analiz sonuçlarına göre magnezyum içeriğinin yeterli olduğu belirtilmiştir. İzmir ve Tekirdağ illerinde yürütülen bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Değişik kiraz anaçları üzerine aşılı farklı kiraz çeşitlerine ait ağaçlar üzerinde yürütülen çeşitli araştırmalarda ise %0.28 ile %0.76 arasında yaprak Mg kapsamı tespit edilmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014).

3.2. Uygulanan yaprak gübrelerinin, kiraz yapraklarının bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine etkileri

3.2.1. Demir (Fe)

Tablo 7'de belirtilen 0900 Ziraat kiraz çeşidine ait yaprak örneklerinin ortalama analiz sonuçlarına göre, uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelerinin demir (Fe) elementi konsantrasyonu üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Uygulama bahçelerinden elde edilen ortalama sonuçlara göre, yapraklardaki en yüksek Fe kapsamı 127.93 ppm ile kontrol uygulamasından, en düşük yaprak Fe kapsamı ise 2. uygulama (117.40 ppm), 1. uygulama (119.34 ppm) ve 3. uygulama'dan (122.48 ppm) elde edilmiştir. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği yaprak besin elementi sınır değerlerine göre (100-250 ppm), yaprakların demir kapsamının yeterli olduğu saptanmıştır.

Zaragoza'da (İspanya) 7 değişik anaç üzerine aşılı Stark Hardy Giant ve Van kiraz çeşidi yapraklarında 43.0-55.2 ppm (Jiménez ve ark., 2007), Sırbistan'da yürütülen bir araştırmada, 4 ayrı kiraz çeşidi ağaçlarından tam çiçeklenmeden 40 gün sonra alınan yaprak örneklerinde 118.59-172.37 ppm (Milošević ve ark., 2014) ve Macaristan'da yürütülen bir kiraz çeşit/anaç çalışmasında ise *Prunus mahaleb* çöğür anacı üzerine aşılı Rita kiraz çeşidi ağacının yaprak örneklerinde 106.8-113.17 ppm arasında Fe içeriği saptanmıştır (Hrotkó ve ark. 2014).

Bursa ve çevresinde, kiraz bahçelerindeki ağaçlarının yaprak demir kapsamı 24.7-121 ppm arasında (Uysal ve Katkat, 2005), İzmir ili Kemalpaşa ilçesindeki Salihli kiraz çeşidi ağaçlarının yaprak demir kapsamı 33.6- 78.4 ppm arasında (Kulu, 2006) ve Tekirdağ ili kiraz bahçelerinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının yaprak demir kapsamı ise 80.00-330.00 ppm arasında (Ökçe, 2009) saptanmıştır. Ökçe (2009), Tekirdağ ili kiraz bahçelerindeki ağaçların yapraklarının Fe kapsamının %40.00'inin eksik; %53.34'ünün yeterli ve %6.66'sının ise fazla düzeyde Fe içerdiğini belirlemiştir.

Genel olarak kireç içeriği yüksek (alkali) topraklarda bitkiler yeterli düzeyde demir alamadıkları için demir eksikliği göstermektedir (Bloom ve Inskeep, 1988). Çalışmamızda ise hem toprakta hem de yaprakta demir eksikliği saptanmamıştır.

3.2.2. Bakır (Cu)

Uygulama yapılan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelerinin 0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarının yapraklarındaki bakır (Cu) elementi kapsamı üzerine etkisi Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7 incelendiğinde; bor ve çinko içerikli yaprak gübresi uygulamaları arasındaki farkın önemli olmadığı, bahçeler arasındaki farkın ve uygulama x bahçe interaksyonunun ($p < 0.01$) ise önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapraklardaki en yüksek bakır konsantrasyonu 15.96 ppm ile ikinci bahçenin 2. uygulamasında ve en düşük yaprak bakır konsantrasyonu ise 12.90 ppm ile birinci bahçenin kontrol ağaçlarında saptanmıştır. Bahçe ortalamalarına göre birinci bahçede 13.48 ppm, ikinci bahçede ise 15.54 ppm Cu içeriği saptanmıştır. Elde edilen yaprak analiz sonuçlarına göre Mardin ili Yeşilli ilçesi kiraz bahçelerindeki 0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarının Tablo 3'te belirtilen kritik sınır değerlerine (4-50 ppm, yeterli) göre (Jones ve ark., 1991) yaprak Cu içeriğinin yeterli olduğu saptanmıştır.

İzmir ili Kemalpaşa ilçesindeki Salihli kiraz çeşidi ağaçlarının yaprak bakır kapsamı 1.20-7.32 ppm arasında (Kulu, 2006), Tekirdağ ili kiraz bahçelerinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının yaprak Cu kapsamının 4.10-21.00 ppm arasında

(Ökçe, 2009) ve İzmir ili Kemalpaşa ilçesindeki kiraz ağaçlarının yaprak Cu kapsamlarının 13.0-19.0 ppm arasında (Yağmur ve Okur, 2011) değiştiği belirlenmiştir. Kulu (2006), İzmir ili Kemalpaşa ilçesindeki Salihli kiraz çeşidi ağaçlarının yaprak Cu kapsamının %75'inin yeterli, geri kalanının ise yetersiz düzeyde olduğunu belirtirken, Yağmur ve Okur (2011) ise aynı ilçedeki kiraz ağaçlarının Cu içeriğinin yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Değişik kiraz çeşitlerine ait ağaçlar üzerinde yürütülen çeşitli araştırmalarda ise 7.70 ppm ile 20.60 ppm arasında yaprak Cu kapsamı tespit edilmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014).

3.2.3. Çinko (Zn)

Tablo 7'de belirtilen 0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarından alınan yaprak örneklerine ait analiz sonuçlarına göre, uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere, kiraz ağaçlarının çinko (Zn) elementi içeriği üzerine etkisi ($p < 0.01$) önemli, bahçeler arasındaki fark ($p < 0.01$) önemli ve uygulama x bahçe interaksyonu ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında en yüksek yaprak Zn kapsamı 24.52 ppm ile 3. uygulamadan, en düşük Zn içeriği ise 19.85 ppm ile kontrol ağaçlarından elde edilmiştir. Tablo 2'de belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerlerine (15-19 ppm eksik, 20-50 ppm yeterli) göre yaprakların Zn kapsamlarının yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 7. Farklı dozlarda ve zamanlarda uygulanan B ve Zn içerikli yaprak gübrelere ait 0900 Ziraat kiraz çeşidi yaprakların mikro element içerikleri üzerine etkisi

Table 7. The effect of B and Zn containing foliar fertilizers applied in different doses and times on the micro element contents of 0900 Ziraat cherry leaves

Uygulamalar	Fe (ppm)			Cu (ppm)			Zn (ppm)		
	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.
Kontrol	117.33 b	138.54 a	127.93 a	12.90 b	15.51 a	14.21	21.35 b	18.36 b	19.85 c
1. Uygulama	121.87 ab	116.81 b	119.34 b	13.30 b	15.52 a	14.41	21.64 b	25.75 a	23.69 a
2. Uygulama	105.14 c	129.66 a	117.40 b	13.04 b	15.96 a	14.50	25.48 a	19.30 b	22.39 b
3. Uygulama	129.84 a	115.12 b	122.48 ab	14.70 a	15.17 a	14.93	24.58 a	24.46 a	24.52 a
Bahçe Ort.	118.54 B	125.03 A		13.48 B	15.54 A		23.26 A	21.96 B	
Varyans Değeri	LSD Uygulama: 6.475*; LSD _{Bahçe} : 4.579* ; LSD Uygulama x Bahçe: 9.157**			LSD Uygulama: Ö.D ; LSD _{Bahçe} : 0.432** ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.863**			LSD Uygulama: 0.999**; LSD _{Bahçe} : 0.706** ; LSD Uygulama x Bahçe: 1.412**		

Tablo 7'nin devamı (Table 7 continued)

Uygulamalar	Mn (ppm)			B (ppm)		
	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.	1. Bahçe	2. Bahçe	Ort.
Kontrol	34.25 d	30.97 d	32.61 d	36.05 b	32.82 b	34.44 a
1. Uygulama	40.51 b	35.98 c	38.25 c	32.25 c	32.70 b	32.48 c
2. Uygulama	38.60 c	40.47 a	39.53 b	32.68 c	33.78 a	33.23 b
3. Uygulama	45.47 a	38.59 b	42.03 a	40.61 a	26.30 c	33.46 b
Bahçe Ort.	39.71 A	36.50 B		35.40 A	31.40 B	
Varyans Değeri	LSD Uygulama: 0.369**; LSD _{Bahçe} : 0.261** ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.521**			LSD Uygulama: 0.526**; LSD _{Bahçe} : 0.372** ; LSD Uygulama x Bahçe: 0.745**		

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$; Ö.D.: Önemli Değil

Aynı sütunda ve satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir.

Kulu (2006) tarafından, Kemalpaşa yöresi organik ve entegre kiraz yetiştiriciliğinde Salihli çeşidinin beslenme ve ağır metal durumlarının incelenmesi çalışmasında, organik kiraz bahçesindeki ağaçların yapraklarının Zn içerikleri 8-18 ppm, entegre bahçelere ait yaprak örneklerinin Zn içerikleri ise 14-22 ppm değerleri arasında belirlenmiştir. Araştırmacı, organik bahçedeki ağaçların yapraklarının %62.5'inin Zn içeriği bakımından noksan, %37.5'inin ise yetersiz sınıfta yer aldığını; entegre bahçelerde ise yetersiz sınıfta bulunan bahçelerin %62.5'lik bir pay oluştururken, kalan %25 ve %12.5'lik kısmın sırasıyla; noksan ve yeterli sınıfta yer aldığını belirtmiştir. Ökçe (2009) de Tekirdağ ili kiraz bahçelerinde yetiştirilen kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin Zn içeriklerinin 7.60 ppm ile 29.00 ppm arasında değiştiğini, örnek alınan kiraz bahçelerindeki ağaçların, Tablo 3'te verilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerine göre %80'inin eksik, %20'sinin ise yeterli düzeyde olduğunu bildirmiştir.

Jiménez ve ark. (2007), 7 değişik anaç üzerine aşılı 'Stark Hardy Giant' ve 'Van' kiraz çeşitlerinin yaprak Zn içeriklerini 12.2-18.2 ppm arasında; Hrotkó ve ark. (2014), mahleb çöğür anacı üzerine aşılı 'Rita' kiraz çeşidinin 2008-2010 yılları arasındaki yaprak Zn içeriğini 9.86-12.11 ppm arasında ve Milošević ve ark. (2014), Colt anacı üzerine aşılı olan May Early, Germersdorfer, Sunburst ve Celeste kiraz çeşidi yapraklarının Zn düzeylerini ise 14.06-23.50 ppm arasında tespit etmişlerdir.

3.2.4. Mangan (Mn)

Prunus mahaleb anacı üzerine aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidi ağaçlarının yer aldığı Mardin ili Yeşilli ilçesindeki iki ayrı kiraz bahçesindeki ağaçlara uygulanan bor ve çinko içerikli yaprak gübrelere mangan (Mn) elementi içeriği üzerine etkileri Tablo 7'de verilmiştir. Bor ve çinko içerikli yaprak gübresi uygulamalarının, 0900 Ziraat kiraz çeşidi yapraklarının Mn kapsamı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapraklardaki en yüksek Mn içeriği (42.03 ppm) Fertileader® Oris + Fertileader® Alpha'nın birlikte kullanıldığı 3. uygulamadan elde edilirken, en düşük mangan içeriği ise 32.61 ppm ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerine (40-200 ppm) göre bahçedeki ağaçların yaprak Mn içeriğinin çoğunlukla eksik olduğu belirlenmiştir. Uysal ve Katkat (2005), Bursa ve çevresindeki kiraz bahçelerinde yürüttükleri iki yıllık bir çalışmada; çalışmanın birinci yılında kiraz ağacı yapraklarının Mn kapsamının 26.1-79.2 ppm (ortalama 52.9 ppm), ikinci yılında ise 27.0-72.5 ppm (ortalama 46.0 ppm) arasında olduğunu belirtmişlerdir. Ökçe (2009) ise Tekirdağ yöresindeki kiraz ağacı yaprak örneklerinin Mn içeriklerinin 29.00 ppm ile 52.00 ppm arasında değiştiğini, belirlenen bu değerlere göre kiraz bahçelerindeki ağaçların Mn içeriklerinin %53.33'ünde eksik, %46.67'sinde ise yeterli düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir.

Kiraz çeşitlerine ait ağaçlar üzerinde yürütülen değişik araştırmalarda ise 15.00–74.80 ppm arasında yaprak Mn kapsamı tespit edilmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014).

3.2.5. Bor (B)

Tablo 7'de belirtilen 0900 Ziraat kiraz çeşidi yaprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre, bor ve çinko içerikli yaprak gübresi uygulamalarının yaprak Bor (B) elementi içeriği üzerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Uygulama ortalamalarına göre yapraklardaki en yüksek bor kapsamı 34.44 ppm ile kontrol uygulaması ağaçlarından, en düşük bor içeriği ise 32.48 ppm ile 1. uygulamadan elde edilmiştir. Tablo 3'te belirtilen Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği sınır değerlerine (20-100 ppm) göre 0900 Ziraat kiraz çeşidi yapraklarının bor kapsamının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Isparta iline ait Atabey, Senirkent, Uluborlu, Keçiborlu, Eğirdir, Yalvaç ve Gelendost ilçelerinden alınan kiraz yaprağı örneklerine ait ortalama B içerikleri sırasıyla; 41.26, 39.73, 61.93 ve 47.86 ppm olarak tespit edilmiştir (Peker ve Erdal, 2006). Peker ve Erdal (2006), belirlenmiş olan yaprak analiz sonucu değerlerine göre, kiraz bahçelerinin tamamının B içeriğinin yeterli düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Değişik anaçlar üzerine aşılı ve farklı kiraz çeşitlerine ait ağaçlar üzerinde yürütülen çeşitli araştırmalarda ise 19.24-45.50 ppm arasında yaprak B kapsamı tespit edilmiştir (Wojcik ve Wojcik, 2006; Hrotkó ve ark. 2014; Milošević ve ark., 2014). Gökoğlan (2017), 0900 Ziraat kiraz çeşidinde yaprak bor uygulamasının meyve tutumuna etkisi üzerine yaptığı çalışmada, sonbaharda bor püskürtülen kiraz ağaçlarının yaprak bor kapsamının 59.37 ppm ile 68.35 ppm arasında değiştiğini saptamıştır.

4. Sonuç

Ülkemizde üretilen meyve türleri arasında ilk sıralarda yer alan kirazın, ülke ekonomisine katkısı da her geçen gün artış göstermektedir. Ülkemizde birçok bölge veya yöre ikliminin kiraz yetiştiriciliğine uygun olması ve kirazın son yıllarda para etmesi nedeniyle, çiftçilerin yanı sıra ceviz, badem ve zeytinde olduğu gibi profesyonel yatırımcılar da kiraz üretime yönelmeye başlamıştır. Sürekli olarak yeni çeşitlerin ıslah edilmesi ve piyasaya sürülmesiyle, önceki yıllarda 20 mm çapında kirazlar yurtdışına ihraç edilebilirken, bugünlerde ise yurtdışına ancak çapı 24-26 mm ve üstü olan çeşitler ihraç edilebilmektedir. Halen çapı 30 mm'yi bulan ve bu rakamı aşan kiraz çeşitleri de mevcuttur.

Birçok internet sayfasında yer alan "Mardin kirazına yoğun talep" başlıklı haber yazılarında, 45 yıllık kiraz üreticisi Sabri Erdoğan, Yeşilli'nin kirazının niçin meşhur olduğunu şu cümlelerle ifade etmiştir: "İlaç, gübre, su vermiyoruz. Doğal yetişiyor. O nedenle tadı çok güzel."

Yeşilli ilçesindeki üreticilerin büyük çoğunluğu yanmış hayvan gübresi ve kimyasal gübreyi yeterli düzeyde

kullanmamaktadır. Yeşilli ilçesinde yürütülmüş olan bu çalışmada, üreticilerden öğrendiğimiz kadarıyla ilk defa ağaçlara bu çalışmayla yaprak gübresi uygulaması yaptıklarını ifade etmişlerdir. Organik maddece çok fakir, aktif kireç oranı yüksek olan, buna karşılık fosfor, bor ve çinko elementleri bakımından fakir olan Yeşilli ilçesindeki kiraz bahçelerinde, toprakta eksikliği belirlenen besin elementlerini içeren gübrelerin yanı sıra yanmış hayvan gübresi gibi organik gübrelerin kullanılmasının özendirilmesi gerekmektedir. Kiraz üreticilerinin doğru gübre kullanmalarını özendirilebilmek için de kiraz bahçelerine, toprak ve yaprak analizleri sonuçlarını dikkate alarak gübre vermelerini sağlamak gerekmektedir.

Yeşilli ilçesindeki kiraz bahçelerinde yürütülmüş olan bu çalışmada ağaçlara bor ve çinko içerikli yaprak gübresi uygulamalarının hem yapraklardaki bitki besin elementleri içerikleri hem de meyve kalitesinde önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu araştırma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından 18139 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne destekleri için teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A. (1998). Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1501, Ders Kitabı: 455, 437s.
- Bloom, P. R., Inskeep, W. P. (1988). Factors affecting bicarbonate chemistry and iron chlorosis in soils. *Journal of Plant Nutrition*, 9 (3-7): 215-228.
- Bolat, İ., Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 218-228.
- Çakıcı, H., Arslan, H. (2012). Yapraktan potasyum, bor ve çinko uygulamalarının Camarosa çilek çeşidinde verim ve kaliteye etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 49 (3): 293-298.
- Delice, A., Ekinci, N., Özdüven, F.F., Gür, E. (2012). Lapseki’de yetiştirilen 0900 Ziraat kiraz çeşidinin kalite özellikleri ve ekolojik faktörler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (3): 27-34.
- Erdal, I., Askin, M.A., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F., Yildirim, A. (2008). Rootstock has an important role on iron nutrition of apple trees. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4 (2): 173-177.
- Eyüpoğlu, F., Güçdemir, İ. H., Kurucu, N., Talaz, S. (2000). Orta Anadolu topraklarının bitkiye yararlı bor bakımından genel durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını, Ankara, 47s.
- FAO (1990). Micronutrient, assessment at the country level: An international study. FAO soil bulletin by Sillanpaa. Rome.
- Gerçekcioğlu, R., Asarkaya, U., Özatasever, Ö. (2019). ‘0900 Ziraat’ kiraz çeşidinde bor uygulamasının verim ve meyve kalitesine etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8 (3): 120-129.
- Gökoğlan, B. (2017). Yapraktan bor uygulamasının 0900 Ziraat kiraz çeşidinin meyve tutumuna etkisi. (Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 38s.
- Hrotkó, K., Magyar, L., Borsos, G., Gyeveki, M. (2014). Rootstock effect on nutrient concentration of sweet cherry leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 37 (9): 1395-1409.
- İkinci, A., Bolat, I., Ercisli, S., Kodad, O. (2014). Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. Santa Maria’ in semi-arid conditions. *Biological Research*, 47 (71): 1-8.
- Jackson, M. L. (1967). Soil chemical analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jiménez, S., Pinochet, J., Gogorcena, Y., Betrán, J.A., Moreno, M.A. (2007): Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Scientia Horticulturae*, 112: 73–79.
- Jones, Jr J.B., Wolf, B., Mills, M. A. (1991). Plant Analysis Handbook. Micro- Macro Publishing, Inc., USA, p: 201-213.
- Kacar, B., Katkat, A. V. (2007). Bitki Besleme. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara, 559s.
- Kulu, N. E. (2006). *Kemalpaşa yöresi organik ve entegre kiraz yetiştiriciliğinde Salihli çeşidinin beslenme ve ağır metal durumlarının incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, İzmir.
- Lindsay, W. L., Norwel, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science of America*, 42: 421-428.
- Marschner, H. (2012). Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Ed. Elsevier, Academic Press, London, 672pp.
- Miller, S. S. (1998). Begin orchards nutritional program. Determining nutritional status of apple and peach. USD-ARS, Appalachian Fruit Research Station. Kearneysville, West Virgin, USA.
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I., Nikolić, R., Milivojević, J. (2014): Early tree growth, productivity, fruit quality and leaf nutrients content of sweet cherry grown in a high density planting system. *Hort. Sci. (Prague)*, 42: 1–12.
- Nazlı, İ., Erdal, İ. (2019). Influence of rootstock and variety on leaf nutrient concentration of pear grown on a nutrient-sufficient soil. *KSU J. Agric Nat*, 22(Ek Sayı 1): 141-147.
- Ökçe, K. (2009). *Tekirdağ ili merkez ilçe kiraz bahçelerinin beslenme durumunun toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeke, E., İsfandiyoğlu, M. (2005). Ilıman İklim Meyve Türleri, Sert Çekirdekli Meyveler, Cilt-I. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 553, İzmir, 229s.
- Özkutlu, F., Özcan, B., Ete Aydemir, Ö., Akgün, M. (2018). Yaprak analizleriyle fındığın çinko (Zn) ve diğer elementlerle beslenme durumunun belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (2): 195-205.
- Peker, R. M., Erdal, İ. (2006). Isparta yöresi elma ve kiraz bahçelerinin bor beslenme durumlarının toprak ve yaprak analizleriyle değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 1 (1): 33-40.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook, No: 60.
- Sarisu, H.C., Karamursel, O.F., Gur, I., Koçal, H., Yurekli Cengiz, O., Demirtas, I., Ozturk, F.P. (2016). The performance of ‘0900 Ziraat’ sweet cherry cultivar on different rootstocks. *Acta Horticulturae*, 1139:167-172.

- İkinci & Aldanmaz
-
- Bor ve Çinko İçerikli Yaprak Gübresi Uygulamalarının '0900 Ziraat' Kiraz (*Prunus avium* L. Çeşidinin Yaprak Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi Tuna, L. (1991). *Kemalpaşa kiraz plantasyonlarının P, K, Ca, Fe ve Zn yönünden beslenme durumlarının değerlendirilmesi ve bu elementlerin mevsimsel değişimlerine ilişkin araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir, 69s.
- Usenik, V., Stampar, F. (2002). Effect of foliar application of zinc plus boron on sweet cherry fruit set and yield. *Acta Horticulturae*, 594: 245-249.
- Usenik, V., Štampar, F., Šturm, K., Fajt, N. (2005). Rootstocks affect leaf mineral composition and fruit quality of 'Lapins' sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 667: 247-252.
- Uyanöz, R., Karaca, Ü., Zengin, M. (2012). Konya ili Taşkent ve Hadim ilçeleri kiraz bahçelerinin beslenme durumları. Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26 (2): 40-45.
- Uysal, E., Katkat, A.V. (2005). Bursa ve çevresinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının demir, çinko, mangan ve bakır ile beslenme durumları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 47-59.
- Uysal, E., Katkat, A.V. (2007). Bursa Yöresinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile beslenme durumları. *Anadolu, J. of AARI*, 17 (1): 71-84.
- Wojcik, P., Wojcik, M. (2006) Effect of boron fertilization on sweet cherry tree yield and fruit quality, *Journal of Plant Nutrition*, 29 (10): 1755-1766.
- Yağmur, B., Okur, B. (2011). İzmir Kemalpaşa ilçesi kiraz bahçelerinin verimlilik durumları ve ağır metal içerikleri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28 (2): 1-13.

Yumuşak Ekmeklik Buğday (*T. aestivum* L.) Genotiplerinin Bisküvilik Kalitesinin Belirlenmesi için Solvent Tutma Kapasitesi Testlerinin Kullanımı

Using The Solvent Retention Capacity Tests to Determine the Biscuit-Making Quality of Soft Bread Wheat (*T. aestivum* L.) Genotypes

Sultan ERENLER¹, Oğuz BİLGİN^{2*}, Alpay BALKAN³, İsmet BAŞER⁴

Öz

Araştırma, 2014-2015 yetiştirme döneminde Eskişehir İli Hamidiye ve Karabayır lokasyonlarında Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiş olan yumuşak tane yapısına sahip 20 ileri hat ve 4 standart çeşit olmak üzere toplam 24 ekmeklik buğday genotipi ile tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, 20 hat ve 4 standart çeşitte solvent tutma kapasitesi (STK) testleri (sodyum karbonat (%5), sakkaroz (%50), laktik asit (%5) ve distile su) ve gluten performans indeksi (GPI) özellikleri incelenmiştir. STK testleri ve GPI ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklik buğday genotiplerinin, lokasyonlar ile interaksiyon ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Lokasyonlar arasındaki varyasyonun boyutu genotip ve interaksiyon varyasyonlarına oranla daha yüksek olması araştırma için seçilen lokasyonlar arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ve interaksiyon varyasyonunun oldukça düşük olması da lokasyonların incelenen genotipler için doğru seçildiğini ve sayısının yeterli olduğunu göstermiştir. Yumuşak buğday değirmencilik ve bisküvi kalitesinin belirlenmesinde kullanılan STK testleri için genotip ve lokasyon etkilerinin genotip x lokasyon interaksiyon etkilerinden daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin laktik asit STK ortalamaları %86.68 ile %112.83 arasında, sakkaroz STK ortalamaları %79.95 ile %89.29 arasında, sodyum karbonat STK ortalamaları %79.52 ile %94.83 arasında ve su STK değerleri %58.18 ile %65.14 arasında değişmiştir. GPI bakımından denemeye alınan genotipler 0.49 ile 0.66 arasında değişen ortalamalara sahip olmuşlardır. Elde edilen STK testleri ve GPI referans değerleri dikkate alındığında BİS-19'un en iyi bisküvilik performansına sahip hat olabileceği belirlenmiştir. BİS-2, BİS-11, BİS-13 ve BİS-16 bisküvilik kalite performansları bakımından ümitvar diğer hatlar olmuştur. Ayrıca BİS-9, BİS-17, BİS-22 ve BİS-8 ise bisküvilik kalitesi yönünden ıslah çalışmalarında değerlendirilebilecek ümitvar hatlar olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak ekmeklik buğday, İleri hat, Solvent tutma kapasitesi, Gluten performans indeksi, Bisküvilik kalitesi

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** ¹Oğuz Bilgin, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: obilgin@nku.edu.tr

² OrcID: 0000-0002-4338-9912

¹ Sultan Erenler, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: sultanerenler@gmail.com

³ OrcID: 0000-0002-0086-5624

³ Alpay Balkan, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: abalkan@nku.edu.tr

⁴ OrcID: 0000-0002-9203-6144

⁴ İsmet Başer, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: ibaser@nku.edu.tr

⁴ OrcID: 0000-0002-9203-6144

Atf/Citation: Erenler, S., Bilgin, O., Balkan, A., Başer, İ. Yumuşak Ekmeklik Buğday (*T. aestivum* L.) Genotiplerinin Bisküvilik Kalitesinin Belirlenmesi için Solvent Tutma Kapasitesi Testlerinin Kullanımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 296-304.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

The study was carried out in randomized block design with 20 advanced lines with soft grain structure by developed Eskişehir Agricultural Research Institute and 4 standard wheat genotypes in Hamidiye and Karabayır locations of Eskişehir Province in the 2014-2015 growing period. The solvent retention capacity (SRC) tests (sodium carbonate (5%), sucrose (50%), lactic acid (5%) and distilled water) and gluten performance index (GPI) were investigated for 20 lines and 4 standard varieties in the study. According to the results of the analysis of variance regarding SRC tests and GPI, the differences between the genotypes, locations and their interaction averages were found to be statistically significant. The fact that the size of the variation between locations is higher than the genotype and interaction variances indicates that there are significant differences between the locations selected for the study, and the low interaction variance shows that the locations are correctly selected for the studied genotypes and their number is sufficient. For SRC tests used in soft wheat milling and biscuit quality determination, it was determined that the genotype and location effects were greater than the genotype x location interaction effects. The mean values of genotypes ranged between 86.68% and 112.83% for lactic acid SRC, 79.95% and 89.29% for sucrose SRC, 79.52% and 94.83% for sodium carbonate SRC and 58.18% to 65.14% for water SRC. The genotypes taken into the study in terms of GPI had averages varying between 0.49 and 0.66. Considering the obtained SRC tests and GPI reference values, it was determined that BİS-19 could be the line with the best biscuit performance. The BİS-2, BİS-11, BİS-13 and BİS-16 were other promising lines for biscuit quality performances. In addition, BİS-9, BİS-17, BİS-22 and BİS-8 have been promising lines that can be evaluated in breeding studies for biscuit quality.

Keywords: Soft bread wheat, Advanced lines, Solvent retention capacity, Gluten performance index, Biscuit quality

1. Giriş

Dünya’da ekim alanı ve üretim miktarı en yüksek tarımsal ürün grubu tahıllardır. Buğday, yulaf ve arpa gibi tahıllar dünya genelinde gıda olarak en fazla kullanılan serin iklim tahıllarıdır (Das ve ark., 2011; Kurt ve Yağdı, 2013). Dünyada üretilen buğdayların ortalama olarak; %92’ si insan gıdası, %1’ i tohumluk ve %7’ si ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. İnsan gıdasını oluşturan %92’lik kısım gerek ülkemizde gerekse dünyada daha çok değirmenlerde öğütülerek un ve irmik halinde ekmek, bisküvi, makarna, chapatti, pide ve kek vb. çok çeşitli gıda maddelerinin ham maddesini oluşturur (Ünal, 1991; Singh ve Khatkar, 2005). Dünya nüfusundaki hızlı artışa karşın gerek duyulan bitkisel üretimin özellikle de buğday üretim düzeyinin iki katına çıkarılması gerekmektedir. Bu artış yetiştirme tekniğinin geliştirilmesi, sulanır tarım alanlarının geliştirilmesi, hastalık ve zararlıların etkin biçimde denetlenmesi ya da yüksek verimli yeni çeşitlerin bulunması ve bunların uygun yetiştirilme yöntemleri ile üretime alınarak sağlanabilir (Başer ve ark., 2005)

Bisküvi ve kek endüstrisi, göreceli olarak küçük buğday kullanıcıları olsa da bunlar büyük katma değerli endüstrilerdir. Dünyada bisküvi pazarı toplam 7,4 milyar dolar civarındadır (Anonim, 2015). Türkiye’nin bu pazardan aldığı pay ise yıllara göre değişmekle birlikte ortalama %3-4 civarındadır. Bu oran bir tarım ülkesi durumundaki Türkiye için çok düşük kalmaktadır. Bisküvi ihracatında dünya pazarında yeteri kadar yer alabilmemiz için ilk etapta kaliteli bir hammaddeye ve bunun sürekli aynı standart kalitede üretilmesine gereksinme vardır. Bu amaçla bisküvi yapımına elverişli buğday çeşitlerinin ekiminin teşvik ve tavsiye edilmesi çok önemlidir (Öztürk ve Özdağ, 1993). Bisküvi sektöründe her geçen gün artmakta olan kaliteli hammaddeyi sağlayacak çeşitlerin geliştirileceği ıslah çalışmalarına ihtiyaç giderek artmaktadır (Karaduman, 2013; Tunca ve ark., 2020).

Islah sürecinde yumuşak buğdayların kalitesini incelemek için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak özellikle genotip x çevre etkilerinin düşük olduğu kalite analizlerine ihtiyaç vardır. Çünkü uygun kontrol çeşitlerinin kullanılmasıyla, üstün genotiplerin seçimi, birkaç yıl ve yerde yürütülecek denemelerle test edilerek gerçekleştirilebilmektedir. Bu testler arasında solvent tutma kapasitesi (STK) testi, unların pişirme ve işleme özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Bu açıdan STK testleri yardımıyla bu tip denemelerde incelenen genotiplerin minimum genotip x çevre etkisi nedeniyle doğru bir şekilde seçilebileceği açıklanmıştır (Guttieri ve ark., 2001; Guttieri ve ark., 2003).

STK testleri az miktarda örnek ile yapılabilen, alet, ekipman ve kimyasallar açısından nispeten daha az emek gerektiren hızlı bir test yöntemi olması nedeniyle daha fazla kullanılmaktadır (Xiao ve ark., 2006; Karaduman 2020). STK testinin bir diğer önemli avantajı da hasat öncesi başak üzerinde çimlenme olduğunda bile yumuşak buğday kalitesini değerlendirmeye imkân vermesidir (Souza ve Guttieri, 2007). STK testi, buğday unundaki hasarlı nişasta, gluten proteini (glutenin ve gliadin) ve arabinoksilan (pentosan) gibi her bir fonksiyonel polimerik bileşenin şişme davranışını ortaya çıkaran bir solvasyon testidir (Kweon ve ark., 2011). Ayrıca, gluten performans indeksi (GPI), buğday unundaki glutenin genel performansını tahmin etmek için genellikle STK testi verileri kullanılarak belirlenir. Bu bilgiler genellikle farklı kimyasal ve fonksiyonel özelliklere sahip sert ve yumuşak buğday unlarını sınıflandırmak için kullanılır. Bu testte, 4 farklı çözücü; laktik asit (gluten karakteristikleri ile ilgili), sakkaroz (pentozan içeriği ve gliadin özellikleri ile ilgili), sodyum karbonat (nişasta zedelenmesi) ve su (4 özellik için) buğday örneğinin fiziksel ve kimyasal durumu hakkında bilgi vermektedir. STK testleri, son derece kalıtsal ve tekrarlanabilir olması yanında yumuşak buğday kalitesinde genetik kazanımlar açısından ıslah materyalinin değerlendirilmesinde güvenilir sonuçlar verdiği için ıslahta seleksiyon parametresi olarak kullanılabilir (Guttieri ve ark., 2001; Walker ve ark., 2008). Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, yumuşak ekmeklik buğday hatlarının bisküvilik kalite özelliklerinin solvent tutma kapasitesi testleri yoluyla belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından geliştirilmiş olan yumuşak tane yapısına 20 adet ekmeklik buğday ıleri hattı ve ticari olarak tercih edilen ikisi yerli (Gerek 79 ve Bayraktar 2000) ve ikisi si yurtdışı orijinli (Carisma ve Artico) 4 standart çeşit materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Denemede kullanılan hatlar ve melez numaraları ile standartlar
 Table 1. Lines and their cross numbers and standards used in the study

Hat No	Melez No	Hat No	Melez No
BİS-1	YE16719-0E-0E-0E-10E-0E	BİS-16	YE16765-0E-0E-0E-1E-0E
BİS-2	YE16756-0E-0E-0E-5E-0E	BİS-17	YE16687-0E-0E-0E-9E-0E
BİS-3	YE16773-0E-0E-0E-17E-0E	BİS-18	YE16719-0E-0E-0E-23E-0E
BİS-4	YE16778-0E-0E-0E-6E-0E	BİS-19	YE16760-0E-0E-0E-8E-0E
BİS-6	YE16778-0E-0E-0E-7E-0E	BİS-21	YE16887-0E-0E-0E-2E-0E
BİS-7	YE16778-0E-0E-0E-13E-0E	BİS-22	TCI-02-691-0AP-0AP-9AP-0AP-5AP-0AP
BİS-8	YE16839-0E-0E-0E-7E-0E	BİS-23	YE16454-0E-0E-0E-4E-0E
BİS-9	YE16849-0E-0E-0E-2E-0E	BİS-24	SM5031F-0P-0E-0E-3E-0E
BİS-11	YE16851-0E-0E-0E-10E-0E	Gerek 79	
BİS-12	YE16853-0E-0E-0E-1E-0E	Carisma	
BİS-13	YA24688-0A-0E-0E-3E-0E	Bayraktar 2000	
BİS-14	SM-5520F-0P-0E-0E-8E-0E	Artico	

Araştırma, 24 bisküvilik buğday genotipi ile Eskişehir Hamidiye ve Karabayır lokasyonlarında 2014-2015 yetiştirme döneminde tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ekimler, 5 m uzunluğunda, 0.85 m genişliğindeki parsellere metrekarede 500 tohum bulunacak şekilde parsel ekim makinesi ile yapılmıştır. Araştırmada, solvent tutma kapasitesi testleri (STK) ve gluten performans indeksi (GPI) özellikleri araştırılmıştır.

Buğday örnekleri ilk olarak Buhler Labofix 90 mini temizleyicide (Brabender, Almanya) elendikten sonra 0.5 mm'lik bir eleklerle sahip ultra santrifüjlü bir değirmende (Retsch ZM 200, Almanya) tam buğday unu ve %70.0 ekstraksiyon oranı ile laboratuvar değirmeninde (Model CD1, Chopin) ise rafine beyaz un elde edilmesi için öğütülmüştür. Öğütmeden önce, taneler bir gece boyunca %14.5 su içeriğinde tavlansmıştır.

Alkali su tutma kapasitesi testinden Slade ve Levine (1994) tarafından uyarlanan (AACC, 2000, Yöntem 56-10) ve yumuşak buğday tanelerinin (Gaines, 2000) ticari pişirme performansını tahmin etmek için kullanılan solvent tutma kapasitesi (STK) testi AACC (2000) Yöntem 56-11'e göre yapılmıştır. Gluten performans indeksi (GPI = Laktik asit STK / (sodyum karbonat STK + sakkaroz STK) (Kweon ve ark. 2011) STK değerinden hesaplanmıştır.

Denemeden elde edilen verilerde tesadüf blokları deneme desenine göre birleştirilmiş varyans analizi yapılmış, daha sonra önemlilik grupları incelenen özellikler için ayrı ayrı verilmiş, ortalamalar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olup olmadığının kontrolü; Steel ve Torrie (1960) tarafından önerilen yonteme göre EKÖF (En Küçük Önemli Fark) testi ile MSTAT version 3.00/EM paket programında yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yirmi dört yumuşak ekmeklik buğday genotipi ile 2014-2015 yetiştirme yılında Eskişehir Hamidiye ve Karabayır lokasyonlarında yürütülen araştırmada incelenen STK ve GPI için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre genotiplerin ortalama değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. İncelenen özelliklere ilişkin kareler ortalamaları değerleri
 Table 2. Mean squares values for the traits examined

Varyasyon kaynakları		Tekrarlama	Lokasyon (L)	Genotip (G)	G x L İnteraksiyonu	Hata
SD		3	1	23	23	141
Solvent Tutma Kapasitesi (%)	Laktik asit	38.261	9033.111**	398.184**	65.112**	25.068
	Sakkaroz	12.583	3597.538 **	49.637**	57.478**	11.106
	Sodyum Karbonat	56.040	5765.179**	129.659**	147.405**	32.259
	Su	16.641	1483.464**	26.600**	15.278**	6.806
Gluten Performans Index		0.001	0.006*	0.014**	0.006**	0.001

SD: Serbestlik derecesi * ve **:0.05 ve 0.01 düzeyinde önemli

Tablo 2 incelendiğinde, genotipler arasında incelenen özellikler bakımından oldukça yüksek varyabilite olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, farklı yumuşak buğday populasyonlarında STK değerlerindeki varyasyonların genetik,

çevresel ve işleme faktörleriyle ilgili olduğunu ileri süren Guttieri ve Souza (2003) sonuçları ile desteklenmektedir. Lokasyonlar arasındaki varyasyonun boyutu genotip ve interaksiyon varyasyonlarına oranla daha yüksek olması araştırma için seçilen lokasyonlar arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ve interaksiyon varyasyonunun oldukça düşük olması da lokasyonların incelenen genotipler için doğru seçildiğini ve sayısının yeterli olduğunu gösteren bulgularımız, Bassett ve ark. (1989), genotip ve lokasyon etkilerinin, yumuşak buğday değirmencilik ve bisküvi kalitesinde genotip x lokasyon interaksiyon etkilerinden en azından bir kat daha büyük varyasyon kaynakları olduğunu bildirdikleri çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, genotipler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan önemlilik testi sonuçları *Tablo 3*'te verilmiştir.

Tablo 3. Ekmeklik buğday genotiplerinin STK, GPI ve TV ortalamaları ve önemlilik grupları

Table 3. SRC and GPI averages and significance groups of common wheat genotypes

Genotipler	STK (%)				GPI
	Laktik asit	Sakkaroz	Sodyum karbonat	Su	
BİS-1	105.70±2.98 b-e	80.64±2.61 fgh	85.70±3.69 b-h	60.43±1.59 c-h	0.64±0.009 abc
BİS-2	95.49±3.05 g-k	86.85±2.43 ab	90.58±2.29 a-d	63.13±1.24 a-e	0.54±0.014 gh
BİS-3	108.83±1.28 abc	81.99±1.60 d-h	84.15±2.97 c-h	61.63±1.34 b-g	0.66±0.016 a
BİS-4	108.92±3.33 abc	86.67±2.52 abc	94.83±3.21 a	63.68±2.04 a-d	0.61±0.024 b-f
BİS-6	112.83±3.44 a	83.87±2.24 b-h	90.47±2.04 a-d	61.66±1.94 b-g	0.65±0.013 ab
BİS-7	108.71±3.00 abc	83.39±2.64 b-h	88.50±3.94 a-f	62.76±1.36 a-f	0.64±0.015 abc
BİS-8	99.58±3.89 e-1	81.46±0.91 e-h	81.97±2.24 e-h	60.27±1.12 d-h	0.61±0.014 b-f
BİS-9	99.61±2.61 e-1	84.01±1.56 b-h	84.31±1.86 c-h	61.62±0.71 b-g	0.59±0.019 c-f
BİS-11	93.33±2.03 ijk	81.55±0.59 e-h	82.11±1.04 e-h	61.27±0.98 b-h	0.57±0.017 efg
BİS-12	110.62±2.23 ab	83.96±1.50 b-h	86.78±2.86 b-h	64.39±1.47 ab	0.65±0.006 ab
BİS-13	86.68±3.58 l	89.29±2.31 a	89.05±2.33 a-e	63.48±1.46 a-d	0.49±0.013 i
BİS-14	106.69±3.31 a-d	84.95±2.31 a-f	85.38±2.95 b-h	61.91±1.45 a-g	0.63±0.010 a-d
BİS-16	94.74±3.52 h-k	82.51±1.29 b-h	85.56±1.62 b-h	63.23±1.05 a-e	0.56±0.024 fgh
BİS-17	98.80±3.32 f-j	82.80±1.10 b-h	86.92±2.01 b-h	59.61±1.16 fgh	0.58±0.024 d-g
BİS-18	102.38±2.37 c-f	82.31±1.70 c-h	83.58±3.97 d-h	60.38±1.44 d-h	0.62±0.018 a-e
BİS-19	92.53±1.68 jkl	79.98±0.97 h	81.43±1.31 fgh	58.18±0.81 h	0.57±0.006 e-h
BİS-21	108.35±3.64 abc	86.15±2.19 a-d	90.38±2.50 a-d	63.85±2.24 abc	0.62±0.015 a-e
BİS-22	100.75±1.97 d-h	86.60±1.52 abc	91.97±3.81 ab	62.71±1.29 a-f	0.57±0.017 fgh
BİS-23	101.64±2.62 d-g	79.95±0.82 h	80.51±1.61 gh	59.81±1.13 e-h	0.64±0.015 abc
BİS-24	109.99±3.17 ab	86.24±2.64 a-d	91.48±3.31 abc	65.14±2.47 a	0.62±0.015 a-d
Hat ortalaması	102.31	81.57	86.78	61.96	0.60
Gerek 79	95.24±2.24 g-k	80.36±1.23 gh	79.52±1.40 h	58.71±0.74 gh	0.60±0.011 c-f
Carisma	91.46±3.50 kl	84.66±2.82 b-g	87.27±3.41 b-g	63.19±1.35 a-e	0.53±0.014 hi
Bayraktar 2000	99.98±3.44 e-h	85.55±1.22 a-e	89.96±2.35 a-d	63.08±1.56 a-e	0.57±0.015 fgh
Artico	99.95±3.55 e-h	83.07±2.26 b-h	89.25±2.19 a-e	63.03±1.95 a-f	0.58±0.009 d-g
Standart ortalaması	96.66	83.41	86.49	62.00	0.57
EKÖF _(0.01)	6.606	4.397	7.494	3.442	0.048

Laktik asit gluten kalitesinin indikatörüdür ve fonksiyonel proteinler (glutenin) ile ilgili bilgiler sağlamaktadır (Slade ve Levine, 1994; Gaines, 2000; Guttieri ve ark., 2001). STK testleri ile vizkozitenin kaynağının protein özelliklerinden (laktik asit STK gibi) kaynaklanıp kaynaklanmadığı hakkında bilgiler sağlanmış olur (Guttieri ve ark. 2001; Karaduman, 2020). Ayrıca laktik asit STK yüksek kalıtım derecesine sahip olması (Zhang ve ark., 2008) güvenilir olduğunu da göstermektedir. Bisküvilik ve kurabiyelik unlar için laktik asit STK değerlerinin %85-100 arasında olması önerilmektedir (Anonim, 2020). Laktik asit STK değerleri %85'in altında olanlar "zayıf" yumuşak çeşitler ve %105 veya %110'un üzerindeki "güçlü" gluten yumuşak çeşitler olarak tanımlanmaktadır (AACCC, 2009). 2014-2015 yetiştirme dönemi süresince iki lokasyonda yürütülen denemelerden elde edilen genotiplerin birleştirilmiş laktik asit STK ortalamaları %86.68 ile %112.83 arasında değişmiştir (*Tablo 3*). İyi bir bisküvilik buğdayda laktik asit STK değerlerinin %87'den daha düşük olması gerektiği belirtilmiştir (Souza ve Kweon, 2010). Hatların laktik asit STK değerleri standartlarından yüksek olduğu belirlenmiştir. Hatlar arasında en yüksek

laktik asit STK ortalamalarını BİS-6 (%112.83) ve BİS-12 (%110.62) genotipleri vermiştir. En düşük laktik asit STK ortalaması ise BİS-13 (%86.68) genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi Carisma (%91.46) çeşidi izlemiştir. Diğer hatlar arasında, BİS-19, BİS-16, BİS-11 ve BİS-2 genotipleri laktik asit STK ortalamaları bakımından düşük değere sahip olmuştur. Duyvejonck ve ark. (2011), 19 adet ticari buğday çeşidi ile yürüttükleri araştırmalarında laktik asit STK değerlerinin %106-147 arasında değiştiğini, Karaduman (2013) ise ileri kademedeki seçilmiş yumuşak buğdaylarda laktik asit STK değerinin %100-143.5 arasında değiştiğini açıklamıştır. Araştırmacıların elde ettiği bu sonuçlar bulgularımızı desteklemektedir.

Sakkaroz STK gliadinlerin indikatörü olup, pentozanlar ile ilgili bilgiler vermektedir (Slade ve Levine, 1994; Gaines, 2000; Guttieri ve ark., 2001). Pentozan, buğdayın son kullanım kalitesini etkileyen, nişasta içermeyen bir polisakkarit olarak bilinir (Saeed ve ark., 2014). Sakkaroz STK'nin önemli derecede genotipten etkilendiği ve yüksek sakkaroz STK değerlerinin yüksek pentozan içeriğinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilmektedir (Bettge ve ark., 2002). Ayrıca, sakkaroz STK testi ile vizkozitenin kaynağının pentozan olabileceği hakkında da bilgi elde edilebilmektedir (Guttieri ve ark., 2001). Bisküvi ve kurabiye yapımında kullanılacak yumuşak buğday unlarının %80-110 arasında bir sakkaroz STK değerlerine sahip olması istenir (Anonim, 2020). Sakkaroz STK değerleri, laktik asit STK'deki her %5'lik artış için %1 artmaktadır (AACC, 2009). Daha yüksek sakkaroz STK gluten hidrasyonundan ve suda çözünür arabinoksilanların şişmesinden kaynaklanmamasından dolayı, üretimde daha yüksek bir laktik asit STK'nin gerekli olduğu unlarda hedef değer olan %95 aşılabılır (AACC, 2000). Araştırmanın yürütüldüğü iki lokasyondan elde edilen birleştirilmiş sakkaroz STK ortalama değerleri %79.95 ile %89.29 arasında değişmiştir (Tablo 3). Hatların sakkaroz STK değerleri ortalaması standart çeşitlerin ortalamasından düşük olmuştur. Hatlar arasında BİS-1, BİS-3, BİS-8, BİS-11, BİS-16, BİS-17, BİS-18, BİS-19 ve BİS-23 genotipleri diğer hatlara göre daha düşük sakkaroz değerleri vermişlerdir (< %83.0). İyi bir bisküvilik buğdayda sakkaroz STK değerinin % 89.0' dan daha düşük olması gerektiği bildirilmiştir (Souza ve Kweon, 2010). Bulgularımız, yapmış olduğu çalışmada ileri kademedeki seçilmiş yumuşak buğdaylarda sakkaroz STK değerinin %80.7-92.0 arasında değiştiğini belirleyen Karaduman (2013)'ın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Sodyum Karbonat STK, molekülün su bağlama kapasitesini artıran nişasta polimerlerinin uçlarını iyonize eden oldukça alkali bir çözeltilidir. Öğütmeden kaynaklanan nişasta hasarı arttıkça artış gösteren Sodyum karbonat STK, nişasta hasarının bir indikatörüdür ve dolaylı olarak da tane sertliği hakkında bilgi vermektedir (Slade ve Levine, 1994; Gaines, 2000; Guttieri ve ark., 2001). İyi öğütülmüş yumuşak çeşitlerde bisküvi ve kurabiye yapımı için sodyum karbonat STK değerlerinin %60-85 arasında olması gerekmektedir (Anonim, 2020). Bazı araştırmacılar ise sodyum karbonat STK değerinin \leq %72 olması gerektiğini belirtmişlerdir (Slade ve Levine, 1994; Gaines, 2000). Araştırmamızda elde edilen birleştirilmiş ortalama sodyum karbonat STK değerleri %79.52 ile %94.83 arasında değişmiştir (Tablo 3). Hatların sodyum karbonat STK değerleri ortalamaları ile standart çeşitlerin sodyum karbonat STK değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir. Gerek 79 çeşidi en düşük ortalama değere sahip olmuştur. Bunu sırasıyla BİS-23, BİS-19 BİS-8, BİS-11 ve BİS-18, ve genotipleri izlemiştir. Duyvejonck ve ark. (2011), 19 adet ticari buğday çeşidi kullanılarak yaptıkları araştırmalarında, sodyum karbonat STK değerlerinin %74-88 arasında; Karaduman (2013) ise ileri kademedeki seçilmiş yumuşak buğdaylarla yürüttüğü araştırmasında sodyum karbonat STK değerlerinin %69.9-83.8 arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmacıların elde ettiğini bu sonuçlar, bulgularımızı desteklemektedir.

Su STK, bütün bileşenlerin oluşturduğu su absorpsiyonun genel bir indikatörüdür (Slade ve Levine 1994, Gaines 2000, Guttieri ve ark. 2001). Bisküvi ve kraker üretimi için kısaltılmış pişirme süreleri gerektiğinden, düşük su tutma özelliğine sahip yumuşak buğday unlarının üstün kaliteye sahip olduğu kabul edilir, bu da daha yumuşak ürünler ve daha düşük üretim maliyetleri anlamına gelmektedir (Slade ve Levine, 1994). Bisküvi, kurabiye, kek ve kraker yapımı için hedef su STK değerleri laboratuvar tipi değirmenlerde %50 ile %70 arasında değişmektedir (Anonim, 2020). Araştırmamızda, genotiplerin ortalama su STK değerleri %58.18 ile %65.14 arasında değişmiştir (Tablo 3). En düşük ortalamayı BİS-19, Gerek 79 çeşidi, BİS-17 ve BİS-23 vermiştir (<%60.0). Duyvejonck ve ark. (2011), 19 adet ticari buğday çeşidinde su STK değerlerini %56-66 arasında; Karaduman (2013) ise ileri kademedeki seçilmiş yumuşak buğdaylarda su STK değerlerini %46.9-66.0 arasında bulmuşlardır. Sonuçlarımız, bu araştırmacıların bulguları ile uyum içindedir.

Gluten performans indeksi (GPI), buğday unundaki glutenin genel performansını tahmin etmek için genellikle STK verileri kullanılarak ölçülmektedir. Bu bilgiler genellikle farklı kimyasal ve fonksiyonel özelliklere sahip sert ve yumuşak buğday unlarını sınıflandırmak için kullanılır. Bir STK parametresi olan GPI'nin, diğer modüle edici

un polimer ağlarının ortamında un gluteninin genel performansının iyi bir belirleyicisi olduğu bildirilmiştir. Daha yüksek laktik asit STK değerleri ve daha düşük sodyum karbonat STK değerleri ile un ekstraksiyon oranının artması GPI değerlerinin de artmasına neden olmaktadır (Kweon ve ark., 2011). GPI değerlerinin sert ekmeklik buğdaylar için minimum 0.75 (Anonim, 2020) ve kraker yapımı için 0.60'tan yüksek olması önerilmektedir (AACC, 2009). Dolayısıyla bisküvi ve kurabiye için daha yumuşak yapıdaki unlar istendiğinden GPI değerlerinin bu değerlerden daha düşük olması beklenebilir. GPI bakımından denemeye alınan genotipler 0.49 ile 0.66 arasında değişen ortalamalara sahip olmuşlardır. En düşük GPI değeri BİS-13 hattından elde edilmiştir. Sırasıyla BİS-2, BİS-16, BİS-22, BİS-19, BİS-11, 17 ve BİS-9 düşük GPI değerine sahip diğer hatlar olmuştur (<0.60). Yumuşak ekmeklik buğdaylarda yaptıkları çalışmalar sonucunda Ma ve Baik (2018)'in 0.43 ile 0.73 arasında, Jeon ve ark. (2019)'nın 0.52 ile 0.69 arasında ve Siddiqi ve ark. (2020)'nin 0.46 ile 0.59 arasında belirledikleri GPI değerleri bulgularımızı destekler niteliktedir.

4. Sonuç

STK testleri için önerilen referans değerlere ve GPI değerlerine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda; BİS-19 en iyi bisküvilik kalite performansına sahip çeşit aday olabilecek hat olduğu belirlenmiştir. Bu hattın, tescile sunulmadan önce tescil öncesi verim denemelerine alınarak tescile başvurulmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. BİS-2, BİS-11, BİS-13 ve BİS-16 hatlarının bisküvilik kalite performansları bakımından ümitvar olduğu ve tekrar verim denemelerine alınmasının doğru olacağı anlaşılmıştır. Ayrıca, BİS-9, BİS-17, BİS-22 ve BİS-8 ise bisküvilik kalitesi yönünden ışlah çalışmalarında değerlendirilebilecek diğer ümitvar hatlar olmuştur.

Teşekkür

Bu makale, Prof. Dr. Oğuz BİLGİN danışmanlığında Zir. Yük. Müh. Sultan ERENLER'in Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir. Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında ve kalite analizlerinde destek sağlayan T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü alışanları Dr. Savaş BELEN ve Dr. Yaşar KARADUMAN ile istatistik analizler, yazım ve düzenlemelerdeki katkılarından dolayı da Prof. Dr. İsmet BAŞER ve Doç. Dr. Alpay BALKAN'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- AACC (2000). Approved Methods of the AACC, 10th ed. Methods 08-01, 44-16, 46-30, 56-10, 56-11, and 56-61A. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC (2009). Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 56-11. Solvent Retention Capacity Profile – Automated Measurement. 02 in June, 2009. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- Anonim (2015). Bisküvi. T.C. Ekonomi Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, Sektör Raporları. <https://eb.ticaret.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-235392>. (Erişim tarihi,05.01.2019).
- Anonim (2020). U.S. Wheat Associates Recommended SRC Values For Selected Products. <https://www.uswheat.org/wp-content/uploads/2020/10/2020-Solvent-Retention-Capacity-Recommendations.pdf>. (Erişim tarihi: 25.03.2021).
- Bassett, L. M., Allan, R. E., Rubenthaler, G. L. (1989). Genotype x environment interactions on soft white winter wheat quality. *Agronomy Journal* 81: 955-960.
- Başer, İ., Korkut, K. Z., Bilgin, O. (2005). Mutagen uygulamasının makarnalık buğdaylarda (*T. durum* Thell) M₁ generasyonundaki Varyasyona etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi-Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 2(1): 66-72.
- Bettge, A. D., Morris, C. F., DeMacon, V. L., Kidwell, K. K (2002). Adaptation of AACC method 56-11, Solvent retention capacity for use as an early generation selection tool for cultivar development. *Cereal Chemistry* 79:670-674.
- Das, A., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R. (2011). Cereal based functional food of Indian subcontinent: A review. *Journal of Food Science and Technology* 49(6): 665-672.
- Duyvejonck, A., Lagrain, E., Pareyt, B., Courtin, C. M., Delcour, J. A. (2011). Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of european wheats. *Journal of Cereal Science* 53:312-318.
- Gaines, C.S. (2000). Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Method 56-11). *Cereal Foods World* 45:303-306.
- Guttieri, M. J., Bowen, D., Gannon, D., O'Brien, K., Souza E. (2001). Solvent retention capacities of irrigated soft white spring wheat flours. *Crop Science* 41:1054-1061.
- Guttieri, M. J., McLean, R., Lanning, S.P., Talbert, L.E., Souza E. (2003). Assessing environmental influences on solvent retention capacities of two soft white spring wheat cultivars. *Cereal Chemistry* 79:880-884.
- Guttieri, M.J., Souza, E. (2003). Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. *Crop Science* 43: 1628-1633.
- Jeon, S., Baik, B.K., Kweon, M. (2019). Solvent retention capacity application to assess soft wheat flour quality for making white-salted noodles. *Cereal Chemistry* 96:497-507.
- Karaduman, Y. (2013). *Seçilmiş yumuşak ekmeklik buğday hatlarında bisküvilik kalite özelliklerinin araştırılması*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karaduman, Y. (2020). Assessing Gluten Strength with a New Small-Scale LASRC Method Useful for Soft Wheat Breeding Programs. *Cereal Chemistry*. 97:2,196-204 DOI:10.1002/cche.10235.
- Kurt, P. Ö., Yağdı, K. (2013). Bazı ileri ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının bursa koşullarında kalite özellikleri yönünden performansının araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi-Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 10(2): 34-43.
- Kweon, M., Slade, L., Levine, H. (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes, as well as in wheat breeding-A review. *Cereal Chemistry* 88(6): 537-552.
- Ma, F.Y., Baik, K. (2018). Soft wheat quality characteristics required for making bakingpowder Biscuits. *Journal of Cereal Science* 79: 127-133.
- Öztürk, S., Özdağ, S. (1993). Bisküvi Teknolojisi ve Sorunları. 1. *Un-Bulgur-Bisküvi Sempozyumu*. 21-22 Haziran, S. 27-29. Karaman.
- Saeed, F., Arshad, M., Pasha, I., Suleria, H., Arshad, M., Qamar, A., Ullah, A., Sultan, S. (2014). Effect of arabinoxylan and arabinogalactan on textural attributes of bread. *Journal of Food Processing and Preservation* 39(6): 1070-1088.
- Siddiqi, R.A., Singh, T. P., Rani, M., Sogi, D. S., Bhat, M.A. (2020). Diversity in grain, flour, amino acid composition, protein prolign, and proportion of total flour proteins of different wheat cultivars of North India. *Frontiers in Nutrition* 7: 1-16.
- Singh, M., Khatkar, B. S. (2005). Structural and functional properties of wheat storage proteins: A review. *Journal of Food Science and Technology* 42:455-471
- Slade, L., Levine, H. (1994). Structure-Function Relationships of Cookie and Crackers Ingredients. p:23-141. In H. Farid (ED). *The Science of Cookie and Crackers Production*. Chapman and Hall/AVI, New York.
- Souza, E., Kweon, M. (2010). Annual Report. USDA Soft Wheat Quality Laboratory Website. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service Soft Wheat Quality Laboratory 1680 Madison Avenue Wooster, OH 44691.
- Souza, E., Guttieri, M. (2007). The Genetics of Soft Wheat Quality: Improving Breeding Efficiency. H.T. Buck et al. (eds.), *Wheat Production in Stressed Environments*, Springer.

Steel, R. G. D, Torrie, J. H. (1960). Principles and Procedures of Statistics. Mc-Graw-Hill Book Co. Inc. New York.

Tunca,Z.ř., Karaduman,Y., Topal,A., Önder,O., Akın,A., Belen,S., Dayıoğlu,R., Sönmez,A.C., 2020. Kuru ve Sulu Koşullarda Seçilmiş Yumuşak Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Bisküvilik Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye 13. Ulusal I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, cilt 15, sayı 1, 1-7, Journal of the Faculty of Agriculture, ISSN 1304-9984 e-ISSN 2687-3419

Ünal, S.S. (1991). Hububat Teknolojisi. Ege Üniversitesi Müh. Fak. Yayın No:29, Bornova, İzmir.

Walker, C., Campbell, K.G., Carter, B., Kidwell, K. (2008). Using the solvent retention capacity test when breeding wheat for diverse production environments. *Crop Science*, 48:495-506.

Xiao, Z. S., Pak, S. H., Chung, O. K., Caley, M. S., Seib, P.A. (2006). Solvent retention capacity values in relationship to hard winter wheat and flour properties and straight-dough bread making quality. *Cereal Chemistry* 83: 466-471.

Zhang, Y., Zhang, Q., He, Z., Zhang, Y., Ye, G. (2008). Solvent retention capacities as indirect selection criteria for sugar snap cookie quality in Chinese soft wheats. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 911-917.

Determination of Variability in Ambient Conditions During Cold Storage of Aronia Fruits

Aronya Meyvesinin Soğuk Depolanması Sırasında Ortam Koşullarındaki Değişkenliğin Belirlenmesi

Serap AKDEMİR

Abstract

In this research, temperature and relative humidity in a cold store with an evaporative cooling system were investigated during one-month cold storage of Aronia melanocarpa Nero fruits. Ambient temperature and relative humidity were measured by sensors at 36 points for different levels (top, medium and base level). The research was carried out in accordance with the randomized plot design for the purpose of storing Aronia melanocarpa in a cold store at +3°C for 1 month. The results were evaluated by using variance analyses and descriptive statistics. In addition, spatial variability maps were created for evaluating of temperature and relative humidity variation at different levels. Variation of the temperature was determined between 3.40°C and 5.32°C for top level, 3.80°C and 5.49°C for middle level and 3.92°C and 5.51°C for base level at 3°C storage temperature. Coefficient of variations was determined as 11.47% for top level, 11.48% for middle level and 7.10% for bottom level for temperature. The relative humidity values were changed between 74.00% and 88.09%. Mean coefficient of variation of the relative humidity varied between 3.22% and 4.43%. According to the results; distributions of the temperature and relative humidity for different levels were not uniform. Reason of high variability between measurement of the temperature and the relative humidity for different levels in the cold store was the distribution of the cold air. The cold air was ventilated by an evaporator and distributed according to the design of the cold store (dimensions, shape, and materials) and placement of fruit cases. Different storage conditions were determined at different levels in the cold store during storage of Aronia fruits in this research. In addition, there is generally one temperature/relative humidity sensor located back of the door inside the cold store used to control the cooling system. Measurement of the temperature and relative humidity from one point in a cold store is not enough to give an idea about the ambient conditions of the cold store. When storing agricultural products, the use of more temperature/relative humidity sensors in the cold store will enable the actual situation of the temperature and relative humidity values to be taken into account to control the operation of the cooling system. Additional cold air distribution systems such as ventilator, air curtains and placement of fruit cases may help to improve air distribution and decrease the spatial variability of the storage conditions in the cold store.

Keywords: Aronia, Cold storage, Evaporative cooling, Ambient factors, Spatial distribution

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Serap Akdemir, Tekirdag Namik Kemal University, Technical Sciences Vocational School, Department of Machine and Metal Technologies Tekirdag, Turkey. E-mail: sakdemiri@nku.edu.tr OrcID: 0000-0001-5057-174X

Atif/Citation: S.Akdemir. Determination of Variability in Ambient Conditions During Cold Storage of Aronia Fruits. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 305-317.

©Bu çalışma Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Bu araştırmada, Aronia melanocarpa Nero meyvelerinin, evaporatif soğutma sistemli bir soğuk hava deposunda 1 ay boyunca depolanması sırasında, ortam sıcaklığının ve bağıl nemin farklı seviyelerdeki değişimi araştırılmıştır. Depolama sırasında ortam sıcaklığı ve bağıl nemi farklı seviyelerde (üst, orta ve alt seviyelerde) 36 noktada sensörler ile ölçülmüştür. Araştırma, aronya melanocarpa meyvelerinin +3°C da soğuk hava deposunda depolanması amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 1 ay sürdürülmüştür. Araştırma sonuçları varyans analizi ve tanımlayıcı istatistikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, soğuk hava deposunun farklı seviyeleri için ortam sıcaklığı ve bağıl nemin mekânsal değişkenlik haritaları değişkenliğin grafiksel olarak da değerlendirilmesi için oluşturulmuştur. Sıcaklık değişimi, üst seviye için 3.40°C ile 5.32°C, orta seviye için 3.80°C ile 5.49°C ve taban seviyesi için 3.92°C ile 5.51°C arasında saptanmıştır. Soğuk hava deposunda üst, orta ve alt seviyeler için varyasyon katsayıları sırasıyla %11.47, %11.48 ve %7.10 olarak belirlenmiştir. Bağıl nem %74.00 ile % 88.09 arasında değişmiştir. Bağıl nem varyasyon katsayısı %3.22 ile %4.43 arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; aronya meyvelerinin depolandığı soğuk hava deposunda, farklı seviyelerdeki düzlemler için ortam sıcaklığı ve bağıl nemin konuma bağlı dağılımı tekdüze değildir. Soğuk hava deposundaki farklı seviyelerde sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri arasındaki yüksek değişkenliğin nedeni, soğuk havanın dağılımıdır. Soğuk hava, bir evaporatör tarafından depo içine gönderilmektedir ve soğuk deponun tasarımı (boyutlar, biçim ve malzeme) ve meyve kasalarının depo içinde yerleşimine göre dağılmaktadır. Bu araştırma çalışmasında; Aronia meyvelerinin muhafaza edilmesi sırasında soğuk depoda farklı seviyelerde farklı depolama koşulları belirlenmiştir. Ayrıca, soğutma sistemini kontrol etmek için kullanılan soğuk hava deposunun içinde, genellikle kapının arkasına yerleştirilmiş bir sıcaklık/bağıl nem sensörü bulunur. Soğuk hava deposunda bir noktadan sıcaklık ve bağıl nemin ölçülmesi, soğuk hava deposunun ortam koşulları hakkında fikir vermek için yeterli değildir. Tarım ürünleri depolanırken, soğuk depoda daha fazla sıcaklık/bağıl nem sensörünün kullanılması, soğutma sisteminin çalışmasını kontrol etmek için dikkate alınan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini gerçek durumunun belirlenmesini sağlayacaktır. Vantilatör, hava perdeleri gibi ek soğuk hava dağıtım sistemlerinin kullanılması ve meyve kasalarının yerleşimi, hava dağılımını iyileştirmeye ve soğuk depodaki depolama koşullarının mekansal değişkenliğini azaltmaya yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Aronya, Soğuk depolama, Evaporatif soğutma, Ortam koşulları, Yersel değişkenlik

1. Introduction

Cold storage is one of the important process after harvesting of agricultural products. Cold storage conditions affect directly quality and quantity of stored products. There are different cooling systems such as evaporative cooling systems and chiller cooling system. In addition, size, shape, pressure inlets, suction outlets, door and construction of the construction are also important for cold storage. The cooling system determines distribution of the temperature and relative humidity in the cold stores. Type, size and placement of the storage cases determine distribution of the ambient factors such as air velocity, temperature and relative humidity in a cold store. Another factor is cold stored product for creating effect on the distribution of the storage factors in a cold store. The design of the cold store, type of the cooling system, cold storage boxes/cases and stored products have effect on storage conditions. Because of all these factors is important for cold storage. In this research, ambient temperature and relative humidity of a cold store were investigated during the cold storage of *Aronia melanocarpa* Nero variety fruits.

Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) belongs to the Rosaceae family, subfamily Maloideae, and is a deciduous shrub originating from the eastern part of North America (Persson et al., 2004; Ochmian et al., 2012). *Aronia* is a berry species. It consists of with its high antioxidant capacity and anthocyanin content (Karadal et al., 2019). *Aronia melanocarpa* is a source of bioactive compounds. Fresh chokeberry fruits are generally used for juices, nectars, syrups, jams, preserves, wines, tinctures, fruit desserts, jellies, fruit teas and dietary supplements (Sidor and Gramza-Michałowska, 2019). The *Aronia* fruit has more antioxidants than blueberries, acai berries and goji berries. It is used from juices to powdered supplements to baby food (Kashian et al., 2016). The composition and properties of aronia berries also depend on their cultivar. "Nero," "Galicjanka," "Viking," "Fertodi," "Hugin," and "Aron" are popular varieties in Europe (Borowska and Brzoska, 2016). Chokeberry products consists of 27 polyphenolic compounds, 7 anthocyanins, 11 flavanols, 5 phenolic acids, 3 flavan-3-ols and 1 flavanone according to the results of a research. In addition, derivatives of three anthocyanin were determined (Oszmianski and Lachowicz, 2016). *Aronia* berries and leaves are rich in total polyphenol and flavonoid content that enables the plant to register higher antioxidant activity in comparison to many other culinary herbs and medicinal plants in use (Shahin et al., 2019). Berries can be processed into many values added products giving a boost to the local economy. Possible usage of black chokeberry for protection against unfavourable health effects of substances was evaluated. According to the evaluations; fruit and the leaves of *Aronia melanocarpa* and their products may be effective for prevention and treatment of the effects of toxic action of some xenobiotics in humans (Borowska and Brzoska, 2016). The influence of storage temperature and period on the phytochemical content and antioxidant activity of aronia was investigated in a research. The total polyphenol and flavonoid contents of aronia extract were found to be 308.48 µg gallic acid equivalent/g dry weight and 5.33 µg quercetin equivalent/g dry weight, respectively. Long-term storage of *Aronia* at 4°C reduced the levels of health promoting compounds (Hwang and Yeom, 2019). *Aronia* fruits can both be processed and consumed freshly, and sold at quite good prices, the interest for *Aronia* production keeps growing. It shows high resistance to frost, mechanized harvesting, damage during transportation and cold storage. Due to these advantages, popularity of chokeberry has increased recently (Wawer, 2006).

Aronia industry is considered to grow with the increase of its production in Turkey (Engin et al., 2016; Engin and Boz, 2019). *Aronia* berry (*Aronia melanocarpa*) is native to North America. *Aronia* is being cultivated commercially in Europe. First studies began in Atatürk Horticultural Central Research Institute in 2012 in Turkey. Commercial cultivation began in 2017 with the establishment of larger orchards particularly in Marmara and Black Sea Regions in Turkey. The optimum harvest dates were determined for 'Nero' and 'Viking' *Aronia* cultivars. The second week of September was determined as optimum harvest time for 'Nero' and 'Viking' *Aronia* cultivars (Engin and Mert, 2020).

Distribution of temperature, relative humidity and air velocity were determined for different storage temperatures such as 0°C, 1°C, 2°C and 3°C in a store. Spatial variability maps were created. Storage temperature and the relative humidity were not uniform in the cold store (Akdemir and Arin, 2006). Temperature variation in cold store can be minimized with adequate air circulation. Most stores are designed to provide an airflow of 0.3m³min⁻¹ per ton of stored product. This is needed to cool product to storage temperature and also may be needed if the product has a high respiration rate (Arkema et al., 1999). Air velocity should be 0.2ms⁻¹. Its mean is equivalent velocity to change empty volume of cold store for 25-30 times per hour (Cemeroğlu et al., 2001). An

improved internal structure was proposed to improve the distribution of cooling capacity in refrigerated container in a research. The velocity and temperature of the previous refrigerated container and the improved refrigerated container were obtained and compared. The cold airflow distribution in the improved refrigerated container was more uniform. The cooling performance of the two refrigerated containers were also obtained. The variation of temperature distribution was within $\pm 1^{\circ}\text{C}$ and the cooling time was also reduced by at least 22.9% in the improved refrigerated container (Jiang et al., 2020). A Computational fluid dynamics (CFD) model was developed, validated and used to analyse cooling characteristics of two different package designs used for postharvest handling of pomegranate fruit. The model incorporated geometries of fruits, packaging box, tray and plastic liner. The accuracy of the model to predict airflow and temperature distributions were validated against experimental data. The model predicted airflow through the stacks and cooling rates within experimental error. Stack design markedly affected the airflow profile, rate and uniformity of cooling. Profile of high and low temperature regions depended considerably on packaging box design (Ambaw et al., 2017). An experimental investigation of airflow field, temperature characteristics (fruits and air), convective heat transfer coefficient, half cooling time and weight loss measurement of fruits loaded in crates inside the cold room was carried out. Results showed significant cooling heterogeneity inside the cold room during the cooling period. The maximum cooling heterogeneity identified along the length of the cold room (Bishnoi and Aharwal, 2020). Temperature and relative humidity distribution in an experimental cold store fully loaded with apples were investigated with experimental and numerical methods. An unsteady three-dimensional computational fluid dynamics model was developed to assess the distribution of temperature and relative humidity in a cold store fully loaded with apples. Relative error of the model was calculated 13% for temperature and 1.43% for relative humidity (Akdemir and Bartzanas, 2015). Computational Fluid Dynamic (CFD) method was also used to estimate ambient conditions of tractor cabin. (Akdemir et al., 2016). Spatial variability of ambient temperature, relative humidity and air velocity in an empty cold store were determined by using management zone analysis methods. The measured data were analysed by MZA software which performed fuzzy clustering to delineate the full cold storage, half full cold storage and empty cold storage. In addition, Surfer mapping software was utilized to create the maps of the measured parameters. The results indicated that there was significant spatial variation of the basic storage parameters such as ambient temperature, relative humidity and air velocity in the cold storage, which denotes the significance of management zones delineation in these facilities so as to maximize the storage (Akdemir and Tagarakis, 2014).

In this research; Aronia melanocarpa Nero variety fruits were stored in a cold store has an evaporative cooling system. Temperature and relative humidity in the cold store were measured for different levels during storage. Temperature and relative humidity were measured by Testo 177H1 sensor. Measurements were realized for top, medium and base level of the cold store. The spatial variability maps of the temperature and relative humidity were created for when Aronia fruits stored. In addition, statistical analyses were applied to compare spatial distribution of different levels.

2. Materials and Methods

2.1. Cold store

The cold store has an evaporative cold store. The evaporative cooling system consists of compressor, condenser and evaporator. Cold air was ventilated in the cold store by evaporator. Its volume was 392 m^3 ($11.85 \times 7.75 \times 4.27\text{ m}$) (Figure 1). Specifications of the cooling system was given in Table 1. Cooling system performance was given in Table 2.

Table 1. Specifications of the cooling system

Specifications	Value
Refrigerant	R404A
Evaporation temperature ($^{\circ}\text{C}$)	-10.0
Condensation temperature ($^{\circ}\text{C}$)	45.0
Reference temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Dew point temperature
Suction gas temperature ($^{\circ}\text{C}$)	20.0
Evaporator outlet temperature ($^{\circ}\text{C}$)	20.0
Liquid subcooling (K)	0.0

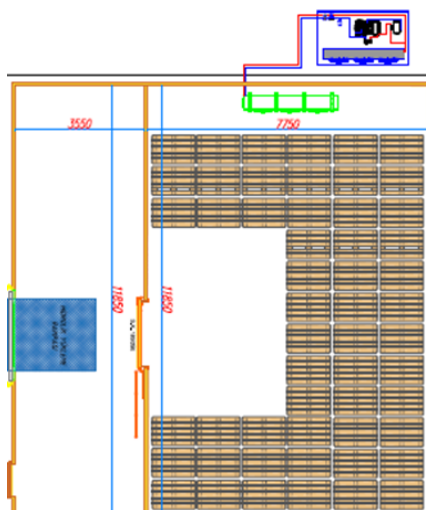


Figure 1. General view and dimensions of the cold store

Table 2. Cooling system performance

	Evaporator	Compressor
Cooling capacity (W)	18310	18310
Power absorbed (kW)	8.37	8.37
Total heat removed (kW)	26.67	26.67
Coefficient of Performance (COP)	2.19	2.19
Mass flow quantity (kg h^{-1})	550.1	550.1
Compression temperature ($^{\circ}C$)	88.9	88.9

2.2. Aronia

Chokeberry (black chokeberry) is a species with lower cultivation requirements within Rosaceae family. It is cultivated also in East European countries and Germany (Kulling and Rawel, 2008). In this research; Aronia melanocarpa Nero variety chokeberry was cold stored (Figure 2).



Figure 2. Aronia melanocarpa (Anonymous, 2021)

2.3. Sensors

The temperature and relative humidity were measured during cold storage of the Aronia melanocarpa. Testo 177 H1 data loggers were used to measure temperature and relative humidity. Measurement limits and accuracy of sensors were $-20^{\circ}C$ and $+100^{\circ}C$ and accuracy $\pm 1\%$ for temperature, 0 - 100% RH and accuracy were 2% for relative humidity.

2.4. Experimental design

Aronia Melanocarpa Nero variety was stored for 5 weeks (14th September 2021 and 17th October 2021). Temperature was set as $4^{\circ}C$ for cold storage. Humidification was not applied during cold storage. Aronia melanocarpa fruits were cold stored in plastic cases and carton boxes. Aronia fruits were in nets and located in the carton cases during cold storage (Figure 3).

Total amount of the cold stored Aronia melanocarpa was 21000 kg. It was cold stored in plastic and carton cases.



Figure 3. Plastic and carton cases

2.5. Ambient temperature and relative humidity measurements

Temperature and relative humidity were measured from cold store and in the plastic cases for 3 different levels (bottom, middle and top level). Measurements were realized from 12 points (4 in length and 3 points in width of the cold store) for each level and for 3 levels as top, middle and base level. Temperature and relative humidity were measured from 36 points (Figure 4) (Akdemir and Bal., 2014). The distances between measurements were 2m in width, 2.5 m in length and 0.5 m in height of the cold storage boxes.

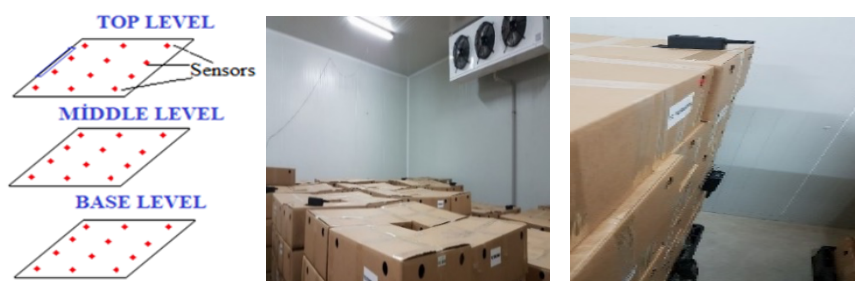


Figure 4. Measurements points and sensors in the cold store

The measured data of the ambient temperature and relative humidity were evaluated by using descriptive statistics such as mean, minimum, maximum, standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV%). In addition, the results were compared by statistically. The experiment was designed as 3 factor factorial design in 4 replications and variance analysis and F test were used to compare differences between factors and their interactions. According to the F test, Duncan grouping test was used for grouping of the significant factors and interactions. SPSS statistical software was used for variance analysis and MSTAT software for grouping of the significant factors and interactions. If effect of main and interactions of ambient temperature and relative humidity were found statistically significant, Duncan grouping test were used. Standard error of means for main factor and their interactions were also given for Duncan grouping tests (Soysal, 2000; Soysal and Gurcan, 2012).

2.6. Producing of Spatial Variability Maps

Spatial variability maps of the temperature and relative humidity for storage of the Aronia melanocarpa Nero fruits in the cold store with evaporative cooling system.

Surfer Graphic Programme was used to create maps. Measured data arranged in a file to use by Surfer Programme. Surfer Programme created grid data files. The grid data files were used to create contour maps. The maps were investigated to determine changing of the temperature, air velocity and relative humidity in the cold store (Akdemir and Blackmore, 2004).

3. Results and Discussion

3.1. Ambient temperature

Measured temperatures values for different levels and descriptive statistics were given in Table 3.

Variation of the temperature of the cold store at 3°C storage temperature changed between 3.40°C and 5.32°C for top level, 3.80°C and 5.49°C for middle level and 3.92°C and 5.51°C for base level. Mean Coefficient of variations of top, middle and bottom level at the cold store were determined ad 11.47%, 11.48 % and 7.10%, respectively.

Table 3. Ambient Temperature (°C)

Length	Top Level				Medium Level				Base Level			
	Width			Mean	Width			Mean	Width			Mean
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	5.14	4.84	5.11	5.03	5.25	3.99	3.98	4.40	5.15	5.15	5.15	5.15
2	3.97	4.22	3.81	4.00	5.25	5.15	4.18	4.86	5.18	5.15	5.15	5.16
3	3.91	4.22	4.98	4.37	3.99	3.99	3.99	3.99	4.17	5.15	5.15	4.82
4	4.26	4.22	4.30	4.26	3.99	3.99	3.99	3.99	5.15	3.99	5.15	4.76
Mean	4.32	4.37	4.55	4.41	4.58	4.30	4.10	4.33	4.89	4.89	5.14	4.97
Min.	3.60	3.86	3.40	-	3.80	3.92	3.92	-	4.10	3.92	5.03	-
Max.	5.32	5.28	5.27	-	5.49	5.23	5.23	-	5.51	5.23	5.23	-
SD	0.50	0.43	0.59	0.51	0.66	0.53	0.31	0.50	0.46	0.51	0.08	0.35
CV(%)	11.60	9.91	12.89	11.47	14.48	12.44	7.52	11.48	9.49	10.32	1.50	7.10

Spatial distribution maps of the ambient temperature were given in *Figure 5* for top, middle and base level of the cold storage boxes.

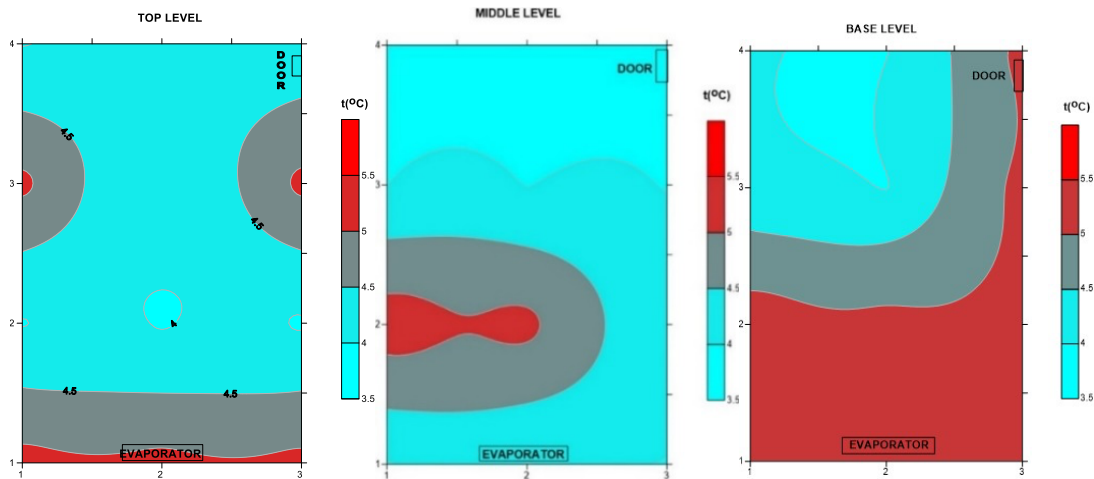


Figure 5. Spatial distribution maps of the ambient temperatures

Variation of the ambient temperature of the cold store at 3°C storage temperature changed between 3.5°C and 5.0°C for top level, 3.5°C and 5.5°C for middle level and base level. There were 3 or 4 different cold zone for the stored fruits. There were important heterogeneities of the spatial distribution of ambient temperature for different levels. There were different storage conditions for cold stored Aronia fruits located at different levels of cold store. The spatial variability was also an indicator of unevenness of cold air distribution affected by cooling system, cold store construction (size, geometry, materials), storage boxes and cold stored product. Variance analysis of the measured temperature data was given in *Table 4*.

Table 4. Variance analysis of measured ambient temperature (°C)

Source	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F	Sig.
Levels	12.150	2	6.075	119.992	0.000
Width	0.321	2	0.160	3.168	0.046
Length	6.522	3	2.174	42.937	0.000
Level * Width	3.627	4	0.907	17.910	0.000
Level * Length	8.219	6	1.370	27.055	0.000
Width * Length	7.270	6	1.212	23.932	0.000
Level * Width * Length	4.900	12	0.408	8.066	0.000
Error	5.468	108	0.051		
Total	3047.317	144			

According to the variance analysis; differences between temperature values for levels (F=119.992, $\alpha=0.001$), width

($F=3.168$, $\alpha=0.046$), and length of the levels ($F=42.937$, $\alpha=0.001$) and all interactions were also found statistically important. Main factors and interaction were grouped for $\alpha=0.05$ significant levels by Duncan test. Standard error and Duncan test results of main factors (Levels, width and length) and interactions between main factors (level x width, level x length, width x length, level x width x length) were given in *Table 5* and *Table 6*, respectively.

Table 5. Standard error of means for main factors and interactions

	Level	Width	Length	Levels x Width	Level x Length	Width x Length	Level x Width x Length
Standard Error of Means	0.02053	0.03283	0.12379	0,11885	0.09511	0.13031	0.09249

Table 6. Duncan Test Results for Ambient Temperature (°C)

Levels	Width	Length				Mean (Level)	
		1	2	3	4		
1 (Top)	1	5.14 ab	3.97 cde	3.91 de	4.26 cd	4.32 d	4.41 B
	2	4.84 b	4.22 cd	4.22 cd	4.22 cd	4.37 d	
	3	5.11 ab	3.81 e	4.98 ab	4.30 c	4.55 c	
	Mean (Level x Length)	5.03 ab	4.00 e	4.37 d	4.26 d		
2 (Medium)	1	5.25 a	5.25 a	3.99 cde	3.99 cde	4.62 c	4.3 C
	2	3.99 cde	5.15 ab	3.99 cde	3.99 cde	4.28 d	
	3	3.98 cde	4.18 cde	3.99 cde	3.99 cde	4.03 e	
	Mean (Level x Length)	4.40 d	4.86 bc	3.99 e	3.99 e		
3 (Base)	1	5.15 ab	5.18 ab	4.17 cde	5.15 ab	4.91 b	4.97 A
	2	5.15 ab	5.15 ab	5.15 ab	3.99 cde	4.86 b	
	3	5.15 ab	5.15 ab	5.15 ab	5.15 ab	5.15 a	
	Mean (Level x Length)	5.15 a	5.16 a	4.82 c	4.76 c		
Means (Width x Length)	1	5.18 a	4.80 b	4.02 e	4.46 d	4.61 A	
	2	4.66 bc	4.84 b	4.45 d	4.06 e	4.50 A	
	3	4.75 b	4.38 d	4.70 b	4.48 cd	4.58 A	
Mean (Length)		4.86 A	4.67 B	4.39 C	4.33		

According to the *Table 5* and *Table 6*; effect of levels on the ambient temperature variability was determined as different group ($S_{\bar{x}}=0.02053$, $\alpha=0.05$). Minimum ambient temperature was determined as 4.31°C in the middle level. Its means is evaporative cooling system and placement of cold storage cases affected distribution of the ambient factors. Storage temperature was not same for all levels. Even there were differences between ambient temperature measurements for widths, mean values were evaluated in the same group ($S_{\bar{x}}=0.03283$, $\alpha=0.05$). Significant level was calculated as 4.6%. It is close to 5% significant level used generally for grouping of the statistically significant factors. Duncan test did not evaluate as different group for $\alpha=0.05$ level because of 4.86% as significant level is close to 5%. Differences between ambient temperature measurements for length were statistically important. The ambient temperature measurements for length were classified in 3 groups by Duncan test ($S_{\bar{x}}=0.12379$, $\alpha=0.05$). First measurement point of the length close to the evaporator was the first and the highest temperature measured for this point. Temperature was smaller than 3rd and 4 measurement points located far away from evaporator. Effect of main factors on variation of the ambient temperature were important consequently their interactions effects were found statistically important on the ambient temperature. Levels x Width interactions were classified in 5 groups ($S_{\bar{x}}=0,11885$, $\alpha=0.05$), Levels x Length ($S_{\bar{x}}=0.09511$, $\alpha=0.05$) and Width x Length interactions ($S_{\bar{x}}=0.13031$, $\alpha=0.05$) in 7 groups and Level x Width x Length interactions in 9 groups ($S_{\bar{x}}=0.09249$, $\alpha=0.05$) after Duncan Grouping tests.

3.2. Relative humidity

Measured relative humidity values for different levels and descriptive statistics were given in *Table 7*. Variation of the relative humidity changed between 75.73% and 88.09% for top level, 74.00% and 86.70% for middle level and

74.13% and 85.64% for base level. Mean Coefficient of variations of top, middle and bottom level at the cold store were determined as 4.43%, 4.02 % and 3.22%, respectively. Ambient relative humidity of the cold store was not controlled by the cooling system, automatically or manual because of cold stored Aronia Melanocarpa Nero fruits requirement.

Table 7. Relative Humidity (%)

Y Axis	Top Level				Medium Level				Base Level			
	X Axis			Mean	X Axis			Mean	X Axis			Mean
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	76.66	80.39	78.59	78.54	77.00	83.39	83.39	81.26	75.65	77.17	77.17	76.66
2	85.55	85.37	85.09	85.34	77.00	77.17	83.39	79.19	76.43	77.17	77.17	76.93
3	85.65	85.37	77.52	82.85	83.01	83.39	83.39	83.26	82.45	77.17	77.17	78.93
4	83.84	85.37	81.72	83.64	83.01	83.39	83.39	83.26	77.17	83.39	77.17	79.25
Mean	82.93	84.13	80.73	82.59	80.01	81.84	83.39	81.74	77.93	78.73	77.17	77.94
Min.	76.10	76.76	75.73	-	74.00	75.73	75.73	-	74.13	75.73	75.73	-
Max.	88.09	87.62	87.20	-	86.70	85.64	85.64	-	84.29	85.64	79.00	-
SD	4.37	3.21	3.40	3.66	3.95	3.35	2.51	3.27	3.09	3.09	1.37	2.52
CV(%)	5.27	3.81	4.21	4.43	4.93	4.09	3.03	4.02	3.96	3.94	1.77	3.22

Spatial distribution maps of the relative humidity were given in Figure 6 for top, middle and base level of the cold storage boxes.

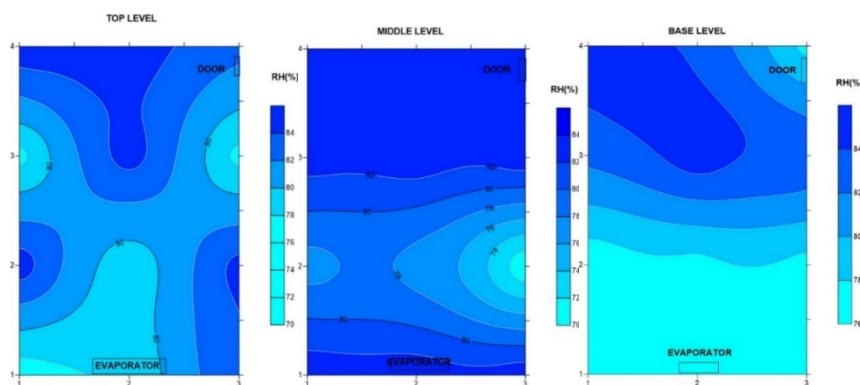


Figure 6. Spatial distribution maps of the relative humidity (RH %)

Variation of the relative humidity of the cold store was changed between 70% and 84% for top level, middle level and base level. There were 3 or 4 different cold zone for the stored fruits. There were important heterogeneities of the spatial distribution of relative humidity for different levels. Variance analysis of the measured relative humidity data was given in Table 8.

Table 8. Variance analysis of measured relative humidity (%)

Source	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F	Sig.
Levels	588.799	2	294.399	69.379	0.000
Width	46.994	2	23.497	5.537	0.005
Length	228.147	3	76.049	17.922	0.000
Level * Width	159.377	4	39.844	9.390	0.000
Level * Length	273.662	6	45.610	10.749	0.000
Width * Length	282.177	6	47.029	11.083	0.000
Level * Width * Length	137.908	12	11.492	2.708	0.003
Error	458.283	108	4.243		
Total	941351.154	144			

According to the variance analysis; differences between relative humidity values were important for levels ($F=69.379$, $\alpha=0.001$), width ($F=5.537$, $\alpha=0.005$) and length ($F=17.922$, $\alpha=0.001$) of the levels and all interactions. Main factors and interaction were grouped for $\alpha=0.05$ significant levels by Duncan test. Standard error and Duncan

test results of main factors (Levels, width and length) and interactions between main factors (level x width, level x length, width x length, level x with x length) were given in *Table 9* and *Table 10*, respectively.

Table 9. Standard error of means for main factors and interactions

	Level	Width	Length	Levels x Width	Level x Length	Width x Length	Level x Width x Length
Standard Error of Means	1.42955	0.40399	0.72758	0.85245	0.82980	0.59288	0.58418

Table 10. Duncan Test Results for Ambient Temperature (°C)

Levels	Width	Length				MEAN	Mean (levels)
		1	2	3	4		
1	1	76.66 l	85.55 a	85.65 a	83.84 c	82.92 ab	82.59 A
	2	80.39 h	85.37 ab	85.37 ab	85.37 ab	84.12 a	
	3	78.59 i	85.09 b	77.52 j	81.72 g	80.73 cd	
	Mean (Level x Length)	76.44 j	79.66 h	83.70 b	81.34 d		
2	1	77.00 k	77.00k	77.00k	83.01e	80.00 de	81.74 B
	2	83.39 d	77.17jk	83.39d	83.39d	81.84 bc	
	3	83.39 d	83.39 d	83.39d	83.39 d	83.39 a	
	Mean (Level x Length)	80.32 f	79.91 g	81.98 c	84.05 a		
3	1	75.65 m	76.43 l	82.45f	77.17 k	77.93 fg	77.94 C
	2	77.17 k	77.17 k	77.17k	83.39d	78.73 ef	
	3	77.17k	77.17k	77.17k	77.17k	77.17 g	
	Mean (Level x Length)	79.72 h	81.89 c	79.36 i	80.76 e		
Mean (Length)		78.82 C	80.48 B	81.68 A	82.05 A		
	Width					Mean	
Means	1	78.54de	85.34 a	82.85bc	83.64 b	80.28 b	
	2	81.26 c	79.19 d	83.26b	83.26 b	81.56 a	
	3	76.66 f	76.93 ef	78.93d	79.25 f	80.43 b	

According to the *Table 9* and *Table 10*;

- Effect of levels on the relative humidity variability was determined as different group ($S_{\bar{x}}=1.42955$, $\alpha=0.05$). Minimum relative humidity was determined as 77.94% in the base level. Its means is evaporative cooling system and placement of cold storage cases affected distribution of the relative humidity.
- The relative humidity for measurement points on width of the cold store were determine in 2 groups by Duncan test ($S_{\bar{x}}=0.40399$, $\alpha=0.05$). The difference between two groups was 1.28%. Even differences between width measurement points were statistically important, in the practice, 1.28% is not important for humidity control because the relative humidity sensors accuracy was 2% and this value is smaller than accuracy values. When we look the relative humidity values for width, there are very close each other.
- Differences between relative humidity measurements for length of the cold store were statistically important. The relative humidity measurements for length were classified in 3 groups by Duncan test ($S_{\bar{x}}=0.72758$, $\alpha=0.05$). First measurement point of the length close to the evaporator was the first and the relative minimum relative humidity value was determined as 78.82. The highest relative humidity was measured at 3rd and 4 measurement points located far away from evaporator. Evaporative cooling system affected variability of the relative humidity along the cold store.
- Levels x Width interactions were classified in 8 groups ($S_{\bar{x}}=0.85245$, $\alpha=0.05$), Levels x Length ($S_{\bar{x}}=0.82980$, $\alpha=0.05$) and Width x Length interactions ($S_{\bar{x}}=0.59288$, $\alpha=0.05$) in 7 groups and Level x Width x Length

interactions in 9 groups ($S_{\bar{x}}=0.58418$, $\alpha=0.05$) by Duncan Grouping tests. Effect of main factors on variation of the relative humidity were statistically important, consequently their interactions effects were also found statistically important.

4. Conclusions

Homogeneity of the ambient temperature and relative humidity is important to protect agricultural product in a cold store. There are different cooling systems that used in cold stores. In this research, a cold store with evaporative cooling system was used to determine spatial distribution of ambient temperature and relative humidity for Aronia melanocarpa Nero variety. Temperature and relative humidity sensors used in this cooling system located at one point of the cold store. The ambient temperatures and relative humidity were determined at top, middle and floor level in the cold store for storage temperatures as 3°C. Mapping software and descriptive statistics (mean, maximum, minimum, standard deviation and coefficient of variation) were used to evaluate data. Ambient temperature varied between 3.40°C and 5.32°C for top level, 3.80°C and 5.49°C for middle level and 3.92 °C and 5.51 °C for base level at 3°C storage temperature. Relative humidity changed between 74.00% and 88.09%.

The results showed that distribution of the ambient temperature and the relative humidity was not uniform for this system. Maximum differences were observed near the walls of the cold store. A more homogeneous distribution was achieved in the middle of the cold store both for air temperature and relative humidity. Reason of bad spatial distribution of ambient temperature was bad spatial distribution of air velocity generated by evaporator fan. There were different storage conditions for cold stored Aronia fruits located at different levels of cold store. The spatial variability is also an indicator of unevenness of cold air distribution affected by cooling system, cold store construction (size, geometry, materials), storage boxes and cold stored product. In addition, there is generally one temperature and relative humidity sensor to measure the ambient temperature and the relative humidity in the cold store to control cooling system. These sensors measure from one point of cold store. Using more sensor to get data from different levels of the cold store will help to decrease spatial variability in the cold store.

Acknowledgment

Authors would like to thank to Kırklareli Commodity Exchange and Salkım Fidancılık for their support to this research.

References

- Akdemir, B., Blackmore, S. (2004) Yield mapping preparation techniques. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi), Agricultural Machinery* 10 (1): 38-44
- Akdemir, S., Arin, S. (2006). Spatial variability of ambient temperature, relative humidity and air velocity in a cold store. *Journal of Central European Agriculture* 7(1): 1001-110
- Akdemir, S., Tagarakis, A. (2014). Investigation of Spatial Variability of Air Temperature, Humidity and Velocity in Cold Stores by Using Management Zone Analysis, *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 20:175-186
- Akdemir, S., Bal, E. (2014). Computational Fluid Dynamics Modelling of Ambient Factors in Boxes for Apple Cold Storage. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty (Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi)* 11(1):53-62
- Akdemir, S., Bartzanas, T. (2015) Numerical Modelling and Experimental Validation of a Cold Store Ambient Factors. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)* 21:606-619
- Akdemir, S., Ozturk, S., Ulger, P. (2016). CFD Modelling of Ambient Factors in A Tractor Cabin for Summer Conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty (Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi)* 13(02):46-54
- Ambaw, A., Mukama, Matia., Opara, U.L. (2017). Analysis of the effects of package design on the rate and uniformity of cooling of stacked pomegranates: Numerical and experimental studies. *Computers and Electronics in Agriculture* 136:13-24.
- Anonymous, (2021). Yetistir.net, <https://yetistir.net/aronia-aronya-yetistiriciligi-ve-uretimi/>, (Accessed date: 18.12.2021)
- Arkema, F.W., DeBaerdemaeker, J., Amirante, P., Ruiz-Altisent, M., Studman, C. J. (1999). *CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume IV.*, ASAE (The Society for Engineering in Agricultural, food, and biological systems, LCCN 98-93767 ISBN 1-892769-03-4, p:342
- Bishnoi, R., Aharwal, K.R. (2020). Experimental investigation of air flow field and cooling heterogeneity in a refrigerated room. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23:1434-1443
- Borowska, S., Brzoska, M.M. (2016). Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) and their products as a possible means for the prevention and treatment of noncommunicable diseases and unfavourable health effects due to exposure to xenobiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15: 982-1017
- Cemeroğlu, B., Yemencioğlu, A., Özkan, M. (2001). Meyve sebzelerin bileşimi soğukta depolanmaları. *Gıda Teknoloji Derneği Yayınları*, , Ankara, p:256
- Engin, S.P., Mert, C. (2020). The effects of harvesting time on the physicochemical components of aronia berry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 44(4): 361-370
- Engin, S.P., Mert, C., Fidanci, A., Boz, Y. (2016). Morphological examination of aronia berry. *Horticulture* 45: 71–78
- Engin, S.P., Boz, Y. (2019). Aronia (*Aronia Melanocarpa* (Michx.) Elliot) cultivation in Turkey and in the world. *Horticulture* 48: 247–252
- Hwang, E-S., Yeom, M. S. (2019). Effects of storage temperature on the bioactive compound content and antioxidant activity of aronia (*Aronia melanocarpa*) fruit. *Korean Journal of Food Preservation* 26(5): 455-465
- Jiang, T., Nanqin X., Baojun, L., Le, D., L., Shengli. W., Qun, G., Yongxian, Z., (2020) Analysis of an internal structure for refrigerated container: Improving distribution of cooling capacity, *International Journal of Refrigeration*; 113:228-238
- Karadal, S., Yavuzlar, E. E., Adak, N., Goncu, S. (2019). The effects of Mycorrhiza application on plant growth in aronia (*Aronia Melanocarpa* (Michx.) Elliot) grown in soilless culture. *Horticulture* 48: 31–37
- Kashian, R., Jaggi, C. K., Storts, E., Fowler, K. (2016). An evaluation to determine the feasibility of growing aronia berries at the Kohler Company January. *Whitewater. Fiscal & Economic Research Center*.
- Kulling, S. E., Rawel, H. M., (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A Review on the Characteristic Components and Potential Health Effects, *Planta Med* 74:1625-1634
- Ochmian, I., Grajkowski J., Smolik M. (2012). Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*) *Notulae Botanicae Horti Agrobotanicae Cluj- napoca* 40:253–60
- Oszmianski, J., Lachowicz, S. (2016). Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules* 21: 1098 doi:10.3390/molecules21081098
- Persson, H.A., Jeppsson, N., Bartish, IV., Nybom, H. (2004). RAPD analysis of diploid and tetraploid populations of *Aronia* points to different reproductive strategies within the genus. *Hereditas* 141:301–12. 10.1111/j.1601-5223.2004.01772.x [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- Shahin, L., Phaal, S. S., Vaidya, B. N., Brown, J. E., Joshee, N. (2019). Aronia (Chokeberry): an underutilized highly nutraceutical plant. *Journal of medicinally active plants* 8: 46-63


- Sidor, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Black Chokeberry Aronia Melanocarpa L.A qualitative composition. Phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules* 24: 3710. doi:10.3390/molecules 24203710
- Soysal, I. (2000). Principles of Biometry. Trakya University, Tekirdag Agricultural Faculty, Publication No:95, Course Note No:66, Tekirdag. Turkey.
- Soysal, M.I., Gurcan, E.K. (2012). Research and experimental design methods with solved application samples. Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag. Turkey.
- Wawer I. The power of nature – Aronia melanocarpa, 1st ed. London, UK: Nature's Print Ltd.; 2006.


***Vitis labrusca* L. Genotiplerinin Fenolik Bileşik ve Antioksidan Kapasite İçerikleri**Phenolic Compound and Antioxidant Capacity Contents of *Vitis labrusca* L. GenotypesHande TAHMAZ^{1*}, Damla YÜKSEL KÜSKÜ², Gökhan SÖYLEMEZOĞLU¹, Hüseyin ÇELİK³**Öz**


Fenolik bileşikler özellikle sağlığın ve sağlıklı beslenmenin ön plana çıktığı son zamanlarda, üzerinde en yoğun çalışılan konulardan birisi olmuştur. Üzümlerin kabuk, çekirdek, yaprak ve salkım iskeletlerinde bulunan fenolik bileşiklerin sağlık üzerine kanıtlanmış yararları mevcuttur. *Vitis vinifera* L. türüne ait çeşitlerde insan sağlığına pozitif katkıları olan fenolik içerikler ile ilgili çok sayıda araştırma mevcut olmasına rağmen, *Vitis labrusca* L. genotipleri ile ilgili araştırmalar yok denecek kadar az sayıdadır. Bu sebeple araştırmada Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yetiştiriciliği yapılan on altı adet kırmızı *Vitis labrusca* L. genotipinin kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarında toplam fenolik bileşik, antioksidan kapasite ve toplam antosiyanin düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca insan sağlığına olan yararları bilinmekte olan kateşin, epikateşin ve *trans*-resveratrol içerikleri de tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre analiz edilen örneklerde toplam fenolik bileşik içeriği 115.650-5.650 mg GAE kg⁻¹ KA, antioksidan kapasite düzeyi 709-45 µmol troloks g⁻¹ KA, toplam antosiyanin miktarı 32.788-2.037 mg kg⁻¹, kateşin, epikateşin ve *trans*-resveratrol düzeyleri ise sırasıyla 13.131-0 mg kg⁻¹ KA, 5.080-0 mg kg⁻¹ KA, 98-0 mg kg⁻¹ KA aralıklarında belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik bileşik içeriği Steuben çeşidinin salkım iskeletinde, en yüksek antioksidan kapasite Champbell Early çeşidinin çekirdeğinde ve en yüksek toplam antosiyanin içeriği Vailant çeşidinin kabuğunda saptanmıştır. İnsan sağlığına olan faydaları ile tanınan *trans*-resveratrol düzeyi ise en yüksek miktarda 98 mg kg⁻¹ KA olarak yine Steuben çeşidinin yapraklarında ölçülmüştür. *Vitis labrusca* türü Karadeniz bölgesinin nemli iklimine dayanıklı tek türdür ancak bölgede yetiştiriciliği yapılan bu genotipler sofralık tüketimde tercih edilmemektedirler. Araştırma sonuçlarında yüksek fenolik bileşik içeriklerine sahip oldukları ortaya konmuş olan *Vitis labrusca* kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarının yeni doğal antioksidan kaynakları olarak kullanılabilmesi ve bu sayede önemli ekonomik faydaların sağlanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Vitis labrusca*, Üzüm, Fenolik bileşik, Resveratrol, Antioksidan

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hande TAHMAZ, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 06110, Ankara, Türkiye. E-mail: tahmazhande@gmail.com  ORCID: 0000-0003-4842-6441.

²Damla YÜKSEL KÜSKÜ, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Peyzaj ve Süs Bitkileri Bölümü, 11230, damla.yuksel@bilecik.edu.tr Bilecik, Türkiye. E-mail: damla.yuksel@bilecik.edu.tr  ORCID: 0000-0001-5398-1146.

¹Gökhan SÖYLEMEZOĞLU, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 06110, Ankara, Türkiye. E-mail: soylemez@agri.ankara.edu.tr  ORCID: 0000-0002-7959-0407.

³Hüseyin ÇELİK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 55200, SAMSUN, Türkiye. E-mail: huscelik@omu.edu.tr  ORCID: 0000-0003-1403-7464.

Atıf/Citation: Tahmaz H., Yüksel Küskü D., Soylemezoglu G., Çelik H. *Vitis labrusca* L. Genotiplerinin Fenolik Bileşik ve Antioksidan Kapasite İçerikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 318-331.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Phenolic compounds have been one of the most intensively studied topics in recent times, especially when health and healthy diet have come to the fore. There are proven health benefits of phenolic compounds found in the skin, seed, leaf and stem of grapes. While there are many studies on the phenolic content of *Vitis vinifera* L. species that positively contribute to human health, research on *Vitis labrusca* L. genotypes is far too few. In this study, total phenolic compound, antioxidant capacity and total anthocyanin levels were determined on the skin, seed, stem and leaves of the sixteen red *Vitis labrusca* L genotypes. In addition, the contents of the catechin, epicatechin and the *trans*-resveratrol, which are known to contribute to human health, were determined. According to the results of the research, the total phenolic compound content of the analyzed tissue was determined in the ranges of 115.650-5.650 mg GAE kg⁻¹DW, antioxidant capacity 709-45 µmol trolox g⁻¹ DW, total anthocyanin 32.788-2.037 mg kg⁻¹, catechin 13.131-0 mg⁻¹ DW, epicatechin 5.080-0 mg⁻¹ DW and *trans*-resveratrol 98-0 mg kg⁻¹ DW. The highest total phenolic compound content was determined in the stem of cluster of Steuben variety, the highest antioxidant capacity in the seed of Champbell Early genotype and the highest total anthocyanin in the skin of Vailant variety. The level of *trans*-resveratrol, which is known for its beneficial effects, is also measured at the highest in the leaves of Steuben variety as 98 mg kg⁻¹ DW. The *Vitis labrusca* species is the only species that is resistant to the humid climate of the Black Sea region, however these genotypes are not preferred for table consumption. It is believed that the skin, seed, stem and leaves of *Vitis labrusca* can be used as new natural antioxidant sources and thus provide significant economic benefits.

Keywords: *Vitis labrusca*, Grape, Phenolic compound, Resveratrol, Antioxidant

1. Giriş

Türkiye teruarı hem *Vitis vinifera* L. hem de *Vitis labrusca* L. yetiştiriciliğine son derece uygundur. Kültür asması olan *Vitis vinifera* L.' ye ait üzüm çeşitleri ülkemizde sofralık, şaraplık ve kurutmalık olarak yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir. TÜİK verilerine göre 4.009.979 da alanda 2.218.056 ton sofralık, 1.534.499 ton kurutmalık ve 456.353 ton şaraplık üzüm üretilmektedir (Anonim, 2021a). *Vitis labrusca* L. türüne ait genotipler ise yaygın bir şekilde Karadeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. *Labrusca* genotiplerinin külleme ve mildiyö başta olmak üzere mantari hastalıklara dayanımlarının yüksek oluşu, bölgede yetiştiriciliği yapılamayan *Vinifera* genotiplerine alternatif olarak bölgenin yağışlı ve nemli iklimine uygun bir üzüm yetiştiriciliği imkânı sağlamaktadır. Sofralık tüketime uygun olmayan *Vitis labrusca* L. çeşit ve genotipleri içerdikleri antioksidatif bileşikler sebebiyle dünyada çoğunlukla üzüm suyuna işlenerek tüketilmektedir (Haskell Ramsey ve ark., 2017).

Çeşitli epidemiyolojik çalışmalar, meyve ve sebze bakımından zengin beslenme ile kardiyovasküler hastalıklar, kanser, obezite, diyabet vb. gibi kronik hastalıkların insidansı arasında ters bir ilişki olduğunu göstermiştir. Meyve ve sebze tüketiminin bu yararlı etkilerinin, farklı antioksidanların varlığından kaynaklandığı öne sürülmüştür. Fitokimyasallar bu hastalıkların insidansından kısmen sorumlu olan reaktif oksijen türlerini (ROT) temizleyerek onların olumsuz etkilerini nötralize etmektedir. Fitokimyasallar grubu içerisindeki fenolik bileşikler, sağlık üzerine pozitif etkileri bakımından önemli bir rol oynamakta ve bitkiler aleminde selülozdan sonra ikinci en geniş organik bileşik grubunu temsil etmektedirler (Yahia ve Carrillo-López, 2019).

Dünyada yetiştiriciliği yapılan en büyük meyve grubu olan üzümün, insan sağlığına yararlı fenolik bileşikleri yoğun bir şekilde içerdikleri bilinmektedir (Yang ve Xiao, 2013). Üzüm ve ürünlerinin tüketimi ile kronik hastalıkların oluşma riski arasında ters bir ilişki olduğu önceki araştırmalarda belirtilmiştir (Katiyar, 2008; Nassiri-Asl ve Hosseinzadeh, 2009; Yadav ve ark., 2009; Vislocky ve Fernandez, 2010; Yu ve ark., 2011).

Fenolik bileşikler üzümlerin görünüş, tat, aroma gibi özelliklerini etkilediklerinden onların organoleptik kaliteleri üzerinde de önemli bir role sahiptirler (Bal ve ark., 2011). Üzümün kabuğunda, çekirdeğinde, salkım iskeletinde ve asma yapraklarında bulunan fenolik bileşikler özellikle son yıllarda sağlıklı beslenmenin ön plana çıkmasıyla birlikte daha da değer kazanmışlardır. Fenolik bileşiklerden kateşin, epikateşin ve *trans*-resveratrolün sağlığa olan yararlı etkileri ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Cantos ve ark., 2002; Castilla ve ark., 2006; Dani ve ark., 2007; Lacerda ve ark., 2014). Bu yararlı etkilere örnek olarak serbest radikalleri yok ederek antioksidatif etki göstermeleri; kalp hastalıklarına, iltihabi hastalıklara, kansere karşı koruyucu görev üstlenmeleri; nörolojik sistemi güçlendirmeleri, yaşlanmaya sebep olan genleri düzenlemeleri; antibakteriyel etkiye sahip olmaları verilebilir (Gueguen ve ark., 2015; Gliemann ve ark., 2016; Guthrie ve ark., 2017; Salehi ve ark., 2018).

Vitis vinifera L. çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri ve fenolik bileşik içerikleri ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen, ülkemizin Karadeniz bölgesinde yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan *Vitis labrusca* L. genotipleri ile ilgili araştırmalar, bildiğimiz kadarıyla yok denecek kadar az sayıdadır. Günümüzde bireylerin antioksidan içerikli sağlıklı beslenme düzenine önem verdiği hatta bu bileşikleri gıda takviyesi olarak dışarıdan aldığı düşünüldüğünde ülkemizde yetiştirilen üzüm genotiplerinin antioksidan etkiye sahip fenolik bileşik düzeylerinin ortaya konulması son derece önem taşımaktadır.

Bu araştırmada kalın kabuklu olmaları sebebiyle sofralık olarak tüketimde fazla tercih edilmeyen 16 adet *Vitis labrusca* L. genotipinin kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarındaki fenolik bileşik düzeyleri incelenmiş ve araştırma sonuçlarının bu genotiplerin farklı kullanım alanlarında değerlendirilmelerine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitkisel materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak *V. labrusca* L türüne ait 16 adet renkli genotipin (Campbell Early, Concord, Mars, Steuben, Vailant çeşitleri) ve (08 Arhavi 01, 28 Görele 01, 28 Merkez 01, 52 Ünye 05, 53 Ardeşen 02, 53 Pazar 02, 53 Güneysu 03, 53 Güneysu 05, 53 Merkez 02, 53 Pazar 01, 55 Merkez 06 tipleri) kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yaprakları kullanılmıştır. Bitkisel materyalin temin edildiği bağ Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde 41°21'52 Kuzey enlemi ve 36°11'29 Doğu boylamında, denizden 195 m yükseklikte ve Türkiye' nin Karadeniz

kıyasına yaklaşık 2.8 km mesafede yer almaktadır.

Üzümler hasat edildikten sonra genç yapraklarla birlikte soğutucu kutular içerisinde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü' ne ulaştırılmıştır. Üzüm salkımları kabuk, çekirdek ve salkım iskeleti olarak dokularına ayrıldıktan sonra yapraklar ile birlikte -80°C' de dondurularak analiz zamanına kadar muhafaza edilmişlerdir.

2.2. Üzümlerin pH, toplam asitlik ve suda çözünür kuru madde analizleri

Üzüm genotipleri hasat edildikten sonra aynı gün pH, toplam asitlik ve suda çözünür kuru madde ölçümleri gerçekleştirilmiştir (OIV, 2009).

2.3. Diğer analizler için örneklerin ekstraksiyonu

-80°C'den çıkarılan örnekler 72 saat süreyle -87°C'de liyofilize edilerek (Labconco, USA) kurutulmuşlardır. Fenolik bileşiklerin çekirdek, kabuk, salkım iskeleti ve yapraklardan ekstraksiyonu Waterhouse (2005)'a göre gerçekleştirilmiştir. Liyofilize örneklerden 0.5'er g tartılarak 50 mL'lik santrifüj tüplerine alınmış üzerlerine 10 mL metanol eklenmiş, 3 dakika homojenizatörde parçalanmışlardır. Daha sonra 10 dakika süre ile 3000 rpm'de santrifüj edilmişlerdir. Santrifüj edilen örneklerin süpernatant kısmı rotary balonlarına alınmış ve 40°C'lik rotary evaporatörde solvent uçurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik banyoda %0.01'lik hidroklorik asitle alınan ekstraktların son hacmi 25 mL'ye tamamlanmıştır. Bu aşamada elde edilen ekstraktlar toplam fenolik bileşik, toplam antosiyanin ve antioksidan kapasite miktarlarını belirlemek amaçlı spektrofotometre analizlerinde kullanılmışlardır. Analizlerde Shimadzu marka 1700 model UV-Vis Spektrofotometre cihazı (Shimadzu, Japan) kullanılmıştır.

Kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarda (+)- kateşin, (-)- epikateşin ve *trans*-resveratrol düzeylerinin HPLC-DAD cihazında belirlenmesi amacıyla ekstraksiyona devam edilmiştir. Ekstraktlar önce 0.45 µm'lik PVDF (Sartorius, Germany) filtrelerden geçirilmiş, daha sonra "Agilent" marka vakum manifoldu kullanılarak kartuş şartlandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu amaçla "Waters" marka 1 mL hacimli C₁₈ Seppak kartuşlar (Waters, U.S.A.) kullanılmıştır. Kartuş şartlandırma ve fenolik bileşiklerin saflaştırma işlemi sırasıyla 5 mL etil asetat (100/100; h/h), 5 mL metanol/hidroklorik asit (99.99/0.01; h/h), 2 mL saf su (99.99/0.01; h/h), 1 mL örnek, 5 mL etil asetat (100/100; h/h) şeklinde gerçekleştirilmiştir. Saf bir şekilde elde edilen fenolik bileşikler azot gazı altında kurutulularak (TurboVap LV, USA) ultrasonik banyoda %0.01'lik hidroklorik asitle alınmış ve son hacimleri 2 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 0.45 µm'lik PVDF filtrelerden geçirilen ekstraktlar amber viallere alınarak HPLC-DAD ile fenolik bileşiklerin analizlerine kadar 4°C'de saklanmışlardır. Analizlerde kullanılan HPLC-DAD cihazı "Shimadzu" marka "LC 10 AT VP" model olup "DAD SPD M10 AVP" dedektöre sahiptir.

2.4. Toplam fenolik bileşik analizi

Kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarda toplam fenolik bileşik içeriklerinin analizi Singleton ve Rossi'ye (1965) göre yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının hesaplanması için 1200, 1100, 1000, 900, 800, 700 ve 600 mg/L konsantrasyonlarında gallik asit kullanılarak kalibrasyon eğrisi (R²=0.998) elde edilmiş ve sonuçlar mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) kg⁻¹ kuru ağırlık (KA) olarak ifade edilmiştir.

2.5. Antioksidan kapasite analizi

Kabuk ve çekirdeklerde antioksidan kapasite tayini TEAK (Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite) yöntemi ile (Re ve ark., 1999) gerçekleştirilmiştir. İnhibisyon oranı Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

İnhibisyon oranı (%) = (Başlangıç absorbans değeri – Son absorbans değeri) / Başlangıç absorbans değeri (Eş. 1)

Elde edilen ortalama yüzde inhibisyon değerleri örnek hacimlerine (10, 20 ve 30 µl) karşılık gelecek şekilde bir grafiğe aktarılmış ve bu verilere doğrusal regresyon analizi uygulanarak örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Sonuçlar µmol troloks g⁻¹ KA olarak ifade edilmiştir.

2.6. Toplam antosiyanin analizi

Kabukların toplam antosiyanin analizleri Giusti ve Wrolstad'a (2001) göre gerçekleştirilmiştir. Okumalar 520 ve 700 nm'de mikro küvetlerde yapılmış ve sonuçlar Eşitlik 2'ye göre hesaplanarak mg kg⁻¹ KA olarak verilmiştir.

$$\text{Toplam antosiyanin miktarı (mg kg}^{-1}\text{)} = [(A) \times (MA) \times (SF) \times 1000] / [(\epsilon) \times (l)] \quad (\text{Eş. 2})$$

A: Absorbans farkı (pH1.0 ve 4.5 değerlerinde ölçülen absorbans farkı)

MA: Baz olarak alınacak antosiyaninin (malvidin) molekül ağırlığı (493.5)

SF: Seyreltme faktörü

ϵ : Molar absorpsiyon katsayısı (28.000)

L: Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı (cm) (1)

2.7. HPLC-DAD ile kateşin, epikateşin ve trans-resveratrol düzeylerinin belirlenmesi

Çekirdek, kabuk, salkım iskeleti ve yapraklardaki (+)-kateşin, (-)-epikateşin ve trans-resveratrol miktarlarının belirlenmesi için standart maddelerin alıkonma zamanları ile spektrumlarından yararlanılmıştır (Waterhouse, 2005). Miktar tayininde fenolik bileşik standartlarına ait farklı konsantrasyonlarda (50, 15, 12, 9, 6, 3, 1 ppm) çözeltiler hazırlanarak HPLC'ye enjekte edilmiş ve standart eğrileri oluşturularak bu eğrilerden fenolik bileşiklerin miktarları hesaplanmıştır. Fenolik bileşiklerin miktarları belirlendikten sonra geri kazanım oranları da belirlenerek sonuçların hesaplanmasında kullanılmıştır. Ayrıca her fenolik bileşik için HPLC-DAD cihazının kuantifikasyon ve dedeksiyon limitleri de hesaplanarak sonuçların doğruluk oranlarının artırılması sağlanmıştır. Tablo 1'de HPLC cihazının çalışma koşulları, Tablo 2'de fenolik bileşik miktarlarının belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon parametreleri verilmiştir. Sonuçlar mg kg⁻¹ KA olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1. HPLC-DAD koşulları

Table 1. HPLC-DAD conditions

HPLC-DAD bileşenleri	Özellikleri
HPLC kolonu	Phenomenex Gemini 260x4.60 mm C18
Enjeksiyon hacmi	30 μ L
Solventler	A: Su/Formik asit(99/1: h/h) B: Asetonitril (100/100: h/h)
Akış hızı	0.7 mL dak ⁻¹
Kolon sıcaklığı	20°C

Tablo 2. Fenolik bileşiklerin HPLC-DAD tanımlanmasında kullanılan kalibrasyon parametreleri

Table 2. Calibration parameters used for the HPLC-DAD determination of phenolic compounds

Fenolik bileşikler	Alıkonma zamanı (dakika)	Dalga boyu (nm)	Kalibrasyon eğrisi	R ²	LOD	LOQ
(+)-kateşin	29	280	y= 15.323x-161	0.9998	0.98	2.90
(-)-epikateşin	34.8	280	y= 33.977x-7.184	0.9999	0.83	2.11
trans-resveratrol	57	306	y= 403.404x-79.820	0.9998	0.78	0.99

LOD: Dedeksiyon limiti, LOQ: Kuantifikasyon limiti.

2.8. İstatistiksel analiz

Araştırmada tüm ekstraksiyon ve analizler "Tesadüf Parselleri Deneme Planına" göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois) istatistik programında (11.5) p< 0.05 hata düzeyinde çift yönlü Anova uygulanmıştır. Farklılıkların önem düzeyini belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama \pm ortalamanın standart hatası olarak ifade edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Üzümlerin pH, toplam asitlik ve suda çözünür kuru madde analizleri

16 adet üzüm genotipinin pH, toplam asitlik ve suda çözünür kuru madde analiz sonuçları Tablo 3' te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pH bakımından en düşük değerlerin 3.04 ile Vailant ve 53 Pazar 01, 3.05 ile 53 Ardeşen 02 ve 3.11 ile 53 Güneysu 03 genotiplerinde, en yüksek değerlerin ise, 3.53 ile 53 Pazar 02 genotiplerinde ölçüldüğü

görülmektedir. Toplam asitlik değerleri 2.87 ile 9.10 mg g⁻¹ arasında değişen değerlerde ölçülmüş olup Vailant (9.10 mg g⁻¹) ve 53 Güneysu 03 (9.08 mg g⁻¹) genotipleri yüksek asit içerikleri ile dikkat çekmiştir. Genotiplerin suda çözünür kuru madde içerikleri % 20.8 (08 Arhavi 01 ve 53 Merkez 02) ile % 11.5 (Concord ve Vailant) aralığında saptanmıştır. *Vitis labrusca* genotiplerinde gerçekleştirilen önceki araştırmalarda toplam asitlik 10.93-6.52 mg g⁻¹; pH 3.27-3.17 ve suda çözünür kuru madde %15.3-%14.73 aralığında değişen değerlerde ölçülmüştür (Dal Magro ve ark., 2016; Abe ve ark., 2007).

Tablo 3. pH, toplam asitlik (mg g⁻¹) ve briks içerikleri
Table 3. pH, total acidity (mg g⁻¹) and brix (%) contents

Varieties/types	pH	Toplam asitlik (mg/g)	SÇKM (%)
55 Merkez 06	3.15±0.025de	4.39±0.034de	13.2±0.033efg
53 Merkez 02	3.36±0.052bc	5.17±0.760d	20.8±0.557a
28 Merkez 01	3.37±0.040b	6.22±0.083c	11.8±0ı
28 Görele 01	3.36±0.052bc	5.12±0.235d	19.2±0.458b
08 Arhavi 01	3.36±0.066b	5.17±0.760d	20.8±0.557a
52 Ünye 05	3.25±0.104bcd	6.78±0.145bc	12.4±0.033h
53 Pazar 02	3.53±0.023a	4.59±0.045d	19.6±0.186b
53 Güneysu 05	3.19±0.005cde	9.02±0.168b	13.1±0.057fgh
53 Güneysu 03	3.11±0.005e	9.08±0.088a	13.8±0.033e
53 Ardeşen 02	3.05±0e	7.19±0.251c	12.5±0.033gh
53 Pazar 01	3.04±0.006e	4.37±0.044e	13.2±0.089efg
Chambbell Early	3.24±0.116bcd	3.48±0.068ef	13.9±0.057e
Mars	3.39±0.005ab	4.56±0.069d	16.7±0.033c
Steuben	3.24±0.090bcd	4.75±0.116d	13.4±0.033ef
Concord	3.22±0.020bcd	2.87±0.163f	11.5±0.066ı
Vailant	3.04±0.003e	9.10±0.126a	11.5±0.066ı

Aynı sütunlardaki farklı harfler istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde önemlidir.

3.2. Toplam fenolik bileşik

Üzüm genotiplerine ait kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yaprakların toplam fenolik bileşik içerikleri ve genotiplere göre değişimleri Şekil 1'de verilmiştir. Toplam fenolik bileşik içerikleri en yüksek ve en düşük miktarlarda sırasıyla salkım iskeletinde 115.650 mg GAE kg⁻¹ KA (Steuben) ve kabukta 5.650 mg GAE kg⁻¹ KA (28 Merkez 01) olarak ölçülmüştür. Salkım iskeletinin yüksek toplam fenolik bileşik içeriği ile iyi bir fenolik bileşik kaynağı olduğu görülmektedir. Vejetatif dokularda bulunan fenolik bileşiklerin asmayı dış koşullardan korumada ve ona dayanıklılık kazandırmada önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Gabaston ve ark., 2017). Özellikle hastalık ve zararlıların en çok görüldüğü yaprakların fenolik bileşiklerden olan stilbenleri, asmanın diğer kısımlarına oranla daha yüksek seviyede içerdikleri bilinmektedir. Ancak vejetatif dokulardan olan salkım iskeletlerinde de bu bileşiklerin daha yüksek seviyede olabileceği görülmüştür (Braidot ve ark., 2008; Waffo-Tegu ve ark., 2013). *Vitis vinifera* L.'ye ait çeşitlerin salkım iskeletlerinde de toplam fenolik bileşiklerinin 113.500 mg GAE kg⁻¹ KA ile 34.450 mg GAE kg⁻¹ KA arasında değişen değerlerde olduğu ve incelenen diğer üzüm kısımlarına kıyasla daha yüksek fenolik bileşik içerdikleri Tahmaz ve ark. (2020) tarafından da belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre toplam fenolik bileşik düzeyleri kabuklarda 45.200 mg GAE kg⁻¹ KA (Vailant)-5.650 mg GAE kg⁻¹ KA (28 Merkez 01); çekirdekte 52.450 mg GAE kg⁻¹ KA (53 Güneysu 05)-20.475 mg GAE kg⁻¹ KA (53 Pazar 02); salkım iskeletinde 115.650 mg GAE kg⁻¹ KA (Steuben)- 49.975 mg GAE kg⁻¹ KA (53 Pazar 02) ve yapraklarda 58.600 mg GAE kg⁻¹ KA (53 Ardeşen 02)-22.475 mg GAE kg⁻¹ KA (Mars) aralıklarında ölçülmüştür. Tahmaz ve Söylemezoğlu'nun 2019'da 5 farklı *Vitis vinifera* L. çeşidinde gerçekleştirdiği araştırma sonuçlarına göre toplam fenolik bileşik içeriklerinin kabuklarda 60.675- 14.740 mg GAE kg⁻¹ KA; çekirdeklerde 105.350-57.975 mg GAE kg⁻¹ KA; salkım iskeletlerinde 113.500-34.950 mg GAE kg⁻¹ KA ve yapraklarda 35.825- 12.180 mg GAE kg⁻¹ KA aralıklarında değiştiği bildirilmiştir. Bir başka araştırmada farklı bölgelerden temin edilen Isabella (*Vitis labrusca* L.) çeşitlerine ait toplam fenolik bileşik

düzeyleri çekirdekte 23920-20140 mg GAE kg⁻¹ düzeylerinde saptanmışken (Kavgacı, 2019), *Vitis labrusca* L. çeşitlerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise 63.310-32.620 mg GAE kg⁻¹ KA aralığında ölçülmüştür (Rockenbach ve ark., 2011). Santos ve ark. (2011) *Labrusca* genotiplerinin toplam fenolik bileşik içeriklerini çekirdekte en yüksek 89.830 mg GAE kg⁻¹ KA, kabuklarda yine en yüksek 2460 mg GAE kg⁻¹ KA olarak belirlemişlerdir. Bildiğimiz kadarıyla literatürde *Vitis labrusca* genotiplerinin toplam fenolik bileşik içeriklerinin kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarda ayrı ayrı incelendiği ve birbirleri ile karşılaştırıldığı araştırmalar sınırlı sayıdadır. Toplam fenolik bileşik içeriği yüksek olan bitkisel materyalin aynı zamanda antioksidan kapasitelerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Sağlık üzerine yararları kanıtlanmış olan, antioksidan özellikteki bu bileşiklerle ilgili çalışmalar yoğun olarak *Vitis vinifera* L. türüne ait çeşitler üzerinde yürütülmektedir (Pastor ve ark., 2019; Tabeshpour ve ark., 2018). Dani ve ark. (2007) *Vitis labrusca* genotiplerine ait yaprak ekstratlarında fenolik bileşik ve antioksidan kapasite düzeylerini incelemiş, yaprak ekstratlarının sahip oldukları yüksek fenolik bileşik düzeyleri sebebiyle beyindeki lipit ve protein hasarlarına karşı koruyucu etkileri olduğunu söylemişlerdir.

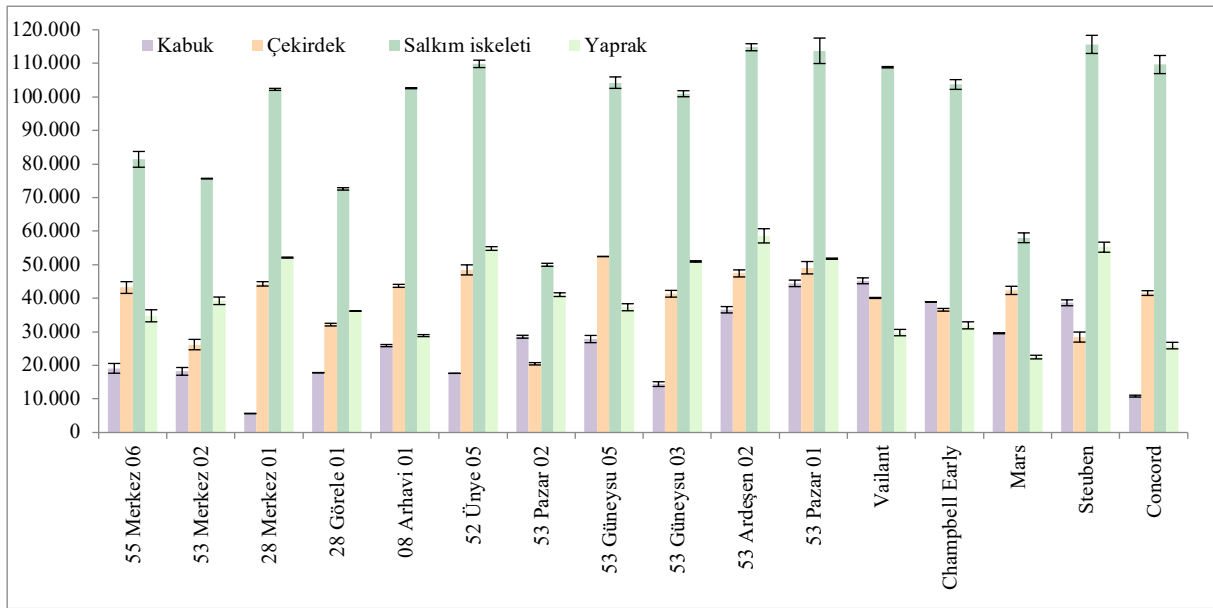


Figure 1. Total phenolic compound content of skin, seed, stem and leaves (mg GAE kg⁻¹ DW)

Şekil 1. Kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yaprakların toplam fenolik bileşik içerikleri (mg GAE kg⁻¹ KA)

3.3. Antioksidan kapasite

Genotiplere ait kabuk ve çekirdeklerin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla E vitamininin suda çözünebilen bir eşdeğeri olan trolokstan [(±)-6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilokroman-2-karboksilik asit] yararlanılmıştır (Ardağ, 2008). Troloks canlıların sistemlerinde doğal olarak bulunmamasıyla birlikte birçok antioksidan kapasite tayin yönteminde kullanılmaktadır. Araştırmada tercih edilmiş olan troloks eşdeğeri antioksidan kapasite yönteminde hem suda hem organik çözücülerde çözünebilen ABTS radikalinin absorbansındaki azalma ölçülmüştür. Şekil 2’de troloks eşdeğeri antioksidan kapasite seviyelerinin Champbell Early çeşidinin çekirdeğinde 709 µmol troloks g⁻¹ KA ile en yüksek ve 28 Merkez 01 genotipinin kabuğunda 45 µmol troloks g⁻¹KA ile en düşük olduğu görülmektedir.

Antioksidan kapasite düzeyleri genotiplerin kabuklarında 482 (Vailant) ile 45 (28 Merkez 01) µmol troloks g⁻¹ KA aralığında, çekirdeklerinde ise 709 (Champbell Early) ile 244 (53 Merkez 02) µmol troloks g⁻¹KA aralığında değişen değerlerdedir. Kabukta antioksidan kapasite düzeyleri Vailant çeşidinden sonra sırasıyla 53 Pazar 01 (336 µmol troloks g⁻¹), 53 Ardeşen 02 (297µmol troloks g⁻¹), Steuben (262 µmol troloks g⁻¹) genotiplerinde; çekirdekte ise Champbell Early çeşidinden sonra sırasıyla Concord (539 µmol troloks g⁻¹), 53 Güneysu 05 (514 µmol troloks g⁻¹), 08 Arhavi 01 (497 µmol troloks g⁻¹) genotiplerinde saptanmıştır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere Vailant dışındaki genotiplerin çekirdeklerinin antioksidan kapasiteleri kabuklarına göre daha yüksektir. Bunun sebebi Şekil 3’te verilen toplam antosiyanin miktarının yüksekliğinden de anlaşılacağı üzere Vailant çeşidinin oldukça koyu renkli bir çeşit olmasıdır. Tahmaz ve Söylemezoğlu (2019) da benzer şekilde çekirdeklerde kabuklara oranla daha yüksek

antioksidan kapasite düzeyleri ölçmüşlerdir. Isabel çeşidinin çekirdeklerindeki FRAP antioksidan kapasitesi Kavgacı (2019)'a göre $174.90 \mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$; Rockenbach ve ark. (2011)'e göre TEAK ise $193.36 \mu\text{mol trolox g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere literatürde antioksidan kapasite sonuçları birbirlerinden farklılık göstermektedir. Antioksidan kapasite ölçümleri için önceki araştırmalarda kullanılan birbirinden farklı solventlerin, analizlerin kilit noktasını oluşturan elektron-hidrojen atomları transferini etkileyeceği bilinmektedir (Xu ve ark., 2010). Bu sebeple aynı çözücü ve yöntemle yapılarak elde edilmiş sonuçların karşılaştırılması daha uygundur.

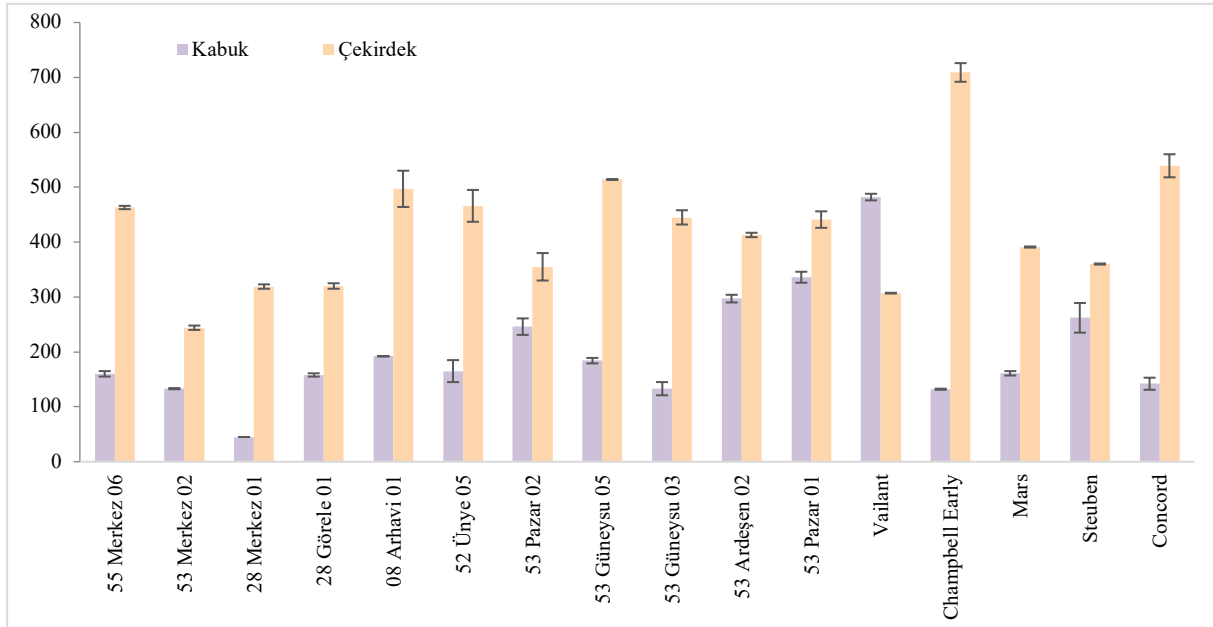


Figure 2. Antioxidant capacity of skin and seeds ($\mu\text{mol trolox / g DW}$)

Şekil 2. Kabuk ve çekirdeklerin antioksidan kapasiteleri (TEAK) ($\mu\text{mol trolox / g KA}$)

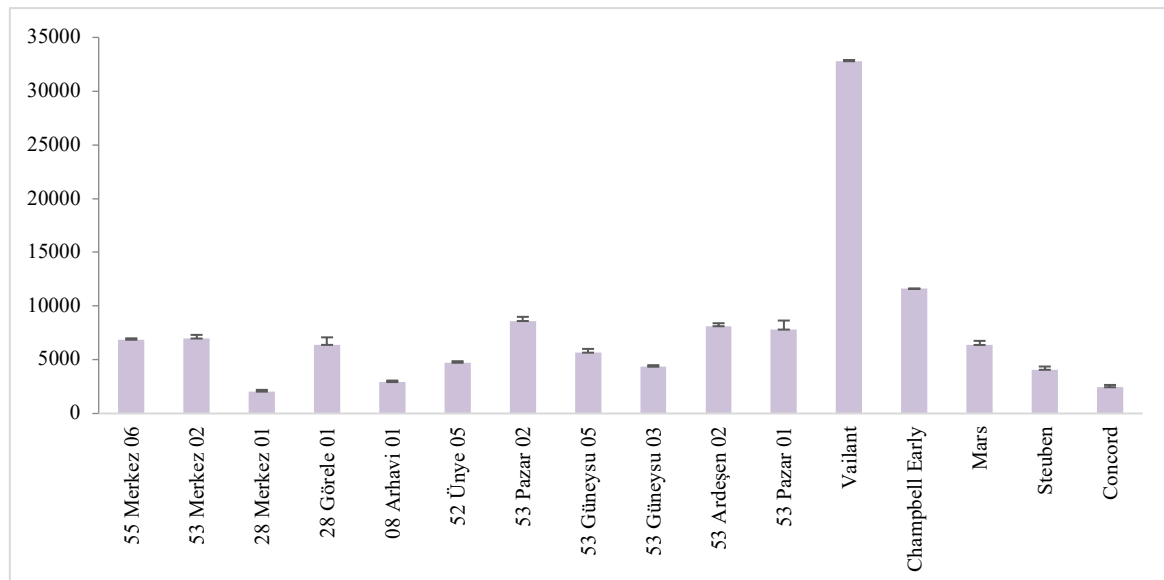


Figure 3. Total anthocyanin (mg kg^{-1})

Şekil 3. Toplam antosiyanin (mg kg^{-1})

3.4. Toplam antosiyanin

Kabuklardaki antosiyanin seviyesi en yüksek Vailant çeşidinde $32.788 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde belirlenmiştir. Bu değer 2.037 mg kg^{-1} ile en düşük antosiyanin içeriğine sahip 28 Merkez 01 genotipinin 16 katıdır. Amerika ve Brezilya gibi ülkelerde *Labrusca* melezlerinin en önemli kullanım alanı üzüm suyu üretimidir. *Vitis labrusca* genotiplerinin üzüm suyunda kullanılmalarının en büyük amacı, *Vinifera* çeşitlerinden elde edilen üzüm sularına

eklenerek, onların renklerini ve aromalarını zenginleştirmektedir (Sato ve ark., 2008; Camargo ve ark., 2010). Vailant çeşidinde olduğu gibi çekici koyu renk yanında toplam fenolik bileşik, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivite değerlerinin yüksek oluşu böyle çeşitler için sağlıklı beslenme konusunda etkili tüketim alanları sunmaktadır. Toplam antosiyanin düzeyi açısından Vailant çeşidini sırasıyla Champbell Early (11.615mg kg⁻¹), 53 Pazar 02 (8.605mg kg⁻¹), 53 Ardeşen 02 (8.121mg kg⁻¹) genotipleri takip etmiştir. 2019 yılındaki bir araştırmada ülkemizin en koyu renkli üzüm çeşitlerinden biri olan Boğazkere'nin kabuklarında 18.211 mg kg⁻¹ olarak belirlenen toplam antosiyanin içeriğinin araştırmamızda kullanılan Vailant çeşidinden çok daha düşük olduğu görülmektedir (Tahmaz ve Söylemezoğlu, 2019). Önceki araştırmalarda toplam antosiyanin miktarının *Vitis vinifera* genotiplerinde 5609-660 mg kg⁻¹, *Vitis labrusca* genotiplerinde 11220-1840 mg kg⁻¹ aralıklarında bulunduğu tespit edilmiştir (Rockenbach ve ark., 2011; Kök ve ark., 2018).

3.5 (+)-kateşin, (-)epikateşin ve trans-resveratrol

Araştırmada genotiplerin kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ile yapraklarında bulunan ve insan sağlığına yararlı etkileri bilinen polifenollerden (+)-kateşin, (-)epikateşin ve trans-resveratrol düzeyleri belirlenerek Tablo 4' te sunulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek (+)-kateşin içeriği 55 Merkez 06 genotipinin kabuğunda 13.131 mg kg⁻¹ KA olarak, (-)epikateşin içeriği en yüksek 53 Güneysu 05 genotipinin çekirdeğinde 5.080 mg kg⁻¹ KA olarak ve trans-resveratrol içeriği en yüksek Steuben çeşidinin yaprağında 98 mg kg⁻¹ KA olarak ölçülmüştür.

Kateşin, epikateşin ve trans-resveratrol düzeyleri sırasıyla kabukta 13.131-0 mg kg⁻¹ KA, 126.5-0 mg kg⁻¹ KA 35-0 mg kg⁻¹ KA; çekirdekte 10.560-111 mg kg⁻¹ KA, 5.080-74 mg kg⁻¹ KA, 34-0 mg kg⁻¹ KA; salkım iskeletinde 12.480-0 mg kg⁻¹ KA, 4.503-260 mg kg⁻¹ KA, 76-0 mg kg⁻¹ ve yaprakta 403-0mg kg⁻¹ KA, 302-0 mg kg⁻¹ KA, 98-0 mg kg⁻¹ KA aralıklarında belirlenmiştir.

Analizi gerçekleştirilen örneklerde en yüksek miktarda bulunan fenolik bileşik 13.131 mg kg⁻¹ KA'lık seviyeyle kateşin olarak tespit edilmiştir. En yüksek miktarda fenolik bileşik içeren ilk üç genotip incelendiğinde ise bu genotiplerin sırasıyla kateşin açısından kabukta 55 Merkez 06, 53 Pazar 02, 28 Görele 01; çekirdekte 53 Ardeşen 02, 53 Güneysu 03, 52 Ünye 05; salkım iskeletinde Steuben, Vailant, Champbell Early; yaprakta 53 Güneysu 05, 53 Ardeşen 02, 53 Güneysu 03 olduğu Tablo 4'ten görülmektedir. Epikateşin açısından yine ilk üç genotip kabukta Champbell Early, Mars, 52 Ünye 05; çekirdekte 53 Güneysu 05, 52 Ünye 05, 28 Merkez 01; salkım iskeletinde Concord, 55 Merkez 06, Champbell Early; yaprakta 53 Güneysu 03, 53 Güneysu 05, 53 Ardeşen 02 olarak belirlenmiştir. Son olarak trans-resveratrol açısından ilk üç genotip ise kabukta Champbell Early, Mars, 53 Ardeşen 02 ile 53 Güneysu 05; çekirdekte Mars, 52 Ünye 05, Champbell Early; salkım iskeletinde Vailant, 28 Görele 01, Champbell Early; yaprakta Steuben, 53 Pazar 01, Mars ile 53 Güneysu 05 olarak belirlenmiştir.

Önceki araştırmalar incelendiğinde *Vitis labrusca* genotiplerinde gerçekleştirilen fenolik bileşik analizlerinin sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu araştırmada olduğu gibi üzümün kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ve yapraklarındaki fenolik bileşikler ayrı ayrı incelenmemiş, genellikle üzümün posası, suyu ya da çekirdekleri materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar kateşin içeriğini 111.61-40 mg kg⁻¹ KA, epikateşin içeriğini 443.6 mg kg⁻¹ KA, trans-resveratrol içeriğini 187-2.03 mg kg⁻¹ KA olarak belirlemişlerdir (Rockenbach ve ark., 2011; Santos ve ark., 2011; Kavgacı, 2019). Isabella çeşidinde Keskin ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen bir diğer araştırmada, sonuçlarımızla benzer olarak kateşin düzeyi, epikateşin ve trans-resveratrol düzeylerine göre daha yüksek seviyede tespit edilmiştir.

Vitis vinifera çeşitlerinin farklı kısımlarında bulunan kateşin, epikateşin ve trans-resveratrol içerikleri ise sırasıyla kabukta 1.140-139, 233-49, 39-22 mg kg⁻¹ KA; çekirdekte 18.839-3.222, 4.497-1.725, 0.2-0.1 mg kg⁻¹ KA; salkım iskeletlerinde 14.144-2.167, 982-67, 70.38-0.30 mg kg⁻¹ KA ve yaprakta 501-92, 566-31, 4-0.1 mg kg⁻¹ KA aralıklarında değişen değerlerde belirlenmiştir (Le Blanc, 2006; Rockenbach ve ark., 2011; Tahmaz ve ark., 2013; Tahmaz ve ark., 2020). *Vitis vinifera*' ya ait çeşitler kozmetik, farmakoloji ve gıda sanayinde antioksidan amaçlı kullanılmaktadır. İncelenen genotiplere ait veriler, *Labrusca* genotiplerinin de yüksek fenolik bileşik içeriğine sahip olduklarını göstermiştir. Daha da önemlisi, araştırmacılar *Vitis labrusca* genotiplerinin birçok *Vitis vinifera* çeşidine göre daha yüksek fenolik bileşik içeriğine sahip olduklarını bildirmişlerdir (Nixdorf ve Hermosín-Gutiérrez, 2010). *Vitis vinifera* çeşitleri dünyada sofralık, şaraplık ve kurutmalık olarak tüketilmektedir. *Vitis labrusca* genotipleri ise özellikle Amerika'da çoğunlukla meyve suyuna işlenmektedir (Burin ve ark., 2014).

Tablo 4. (+)-katesin, (-)-epikatesin ve trans-resveratrol (mg kg⁻¹KA)
Table 4. (+)-catechin, (-)-epicatechin and trans-resveratrol (mg kg⁻¹DW)

(+)-katesin				
Genotip	Kabuk	Çekirdek	Salkım iskeleti	Yaprak
55 Merkez 06	13.131±291a	316±0.3gh	-	-
53 Merkez 02	2.596±16d	3.038±89f	3.665±116ı	190±0.8ef
28 Merkez 01	130±25gh	6.782±150c	7.281±786de	250±18cdef
28 Görele 01	3.715±53c	4.702±185e	4.502±33hı	216±6def
08 Arhavi 01	772±14f	6.791±415c	3.401±189ı	282±4bcde
52 Ünye 05	256 ±2gh	7.623±83b	6.983±37ef	111±8fg
53 Pazar 02	5.125±60b	3.723±52f	5.274±141gh	165±0.6ef
53 Güneysu 05	411±7fgh	7.279±234bc	6.008±71efg	403±140a
53 Güneysu 03	-	7.822±351b	5.359±292gh	350±19bc
53 Ardeşen 02	591±1fg	10.560±804a	7.105±22e	381±0.4b
53 Pazar 01	795±5f	3.680±24f	6.640±125efg	303±15bcd
Vailant	471±4fgh	5.668±143d	8.931±295b	227±1def
Champbell Early	2.149±44de	1.103±49g	8.446±697cd	16±10ef
Mars	2.028±77e	111±1g	5.889±133efgh	196±11ef
Steuben	46±15fgh	575±18gh	12.480±1339a	177±6ef
Concord	-	-	-	304±2bcd
(-)-epikatesin				
Genotip	Kabuk	Çekirdek	Salkım iskeleti	Yaprak
55 Merkez 06	-	527±40ı	1.678±145b	-
53 Merkez 02	-	1.687±42g	393±9ghı	192±4cd
28 Merkez 01	-	3.447±39b	722±52de	150±1de
28 Görele 01	-	1.833±81fg	379±0.7ghı	183±2cd
08 Arhavi 01	-	3.009±204cd	260±1hı	92±5ef
52 Ünye 05	31.9±0.1c	3.616±39b	625±11def	50±3fg
53 Pazar 02	-	1.953±41f	404±4ghı	142±1de
53 Güneysu 05	-	5.080±171a	543±11efg	294±59b
53 Güneysu 03	-	3.095±144c	426±20fgh	302±82a
53 Ardeşen 02	-	3.378±72b	607±7def	239±0,6bc
53 Pazar 01	-	2.533±17e	769±9d	189±2cd
Vailant	-	2.788±73d	611±36def	78±2ef
Champbell Early	126.5±0.37a	987±29h	1.528±122b	100±2ef
Mars	61±0.9b	1.033±1h	772±20d	202±7cd
Steuben	-	74±0.7j	1.037±39c	189±5cd
Concord	-	2.817±48d	4.503±32a	130±6de
trans-resveratrol				
Genotip	Kabuk	Çekirdek	Salkım iskeleti	Yaprak
55 Merkez 06	-	-	-	26±0.4fgh
53 Merkez 02	-	-	41±0.3def	24±0.1h
28 Merkez 01	-	-	27±2ı	-
28 Görele 01	23±0.2d	22±0.0d	60±0b	24±0.1h
08 Arhavi 01	22±0.0e	-	39±1,4fg	29±0.5cde
52 Ünye 05	-	28±0.1b	39±0.1fg	-
53 Pazar 02	23±0.0d	-	37±1.1g	24±0.0gh
53 Güneysu 05	25±0.4c	-	41±0.9ef	31±0.2bc
53 Güneysu 03	-	-	37±1g	30±0.6cd
53 Ardeşen 02	25±0.2c	-	44±0.1cde	28±0.1cdef
53 Pazar 01	-	-	33±0.3h	33±1.9b

Vailant	23±0.1d	22±0.0d	76±1.8a	29±0.5cdef
Chambell Early	35±0.5a	25±0.5c	47±2.0c	29±0.3cde
Mars	34±0.4b	34±0.2a	44±0.6cd	31±0.0c
Steuben	-	-	-	98±2.3a
Concord	-	-	-	27±0.3efg

Aynı sütunlardaki farklı harfler istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde önemlidir. -: Tespit edilemedi.

Bu sayede *Labrusca* genotiplerinin içerdikleri yüksek antosiyanin miktarı sayesinde meyve sularında renk artışı sağlanmış, ayrıca antioksidatif etkili fenolik bileşikler üzüm suyuna kazandırılmış olmaktadır. *Vitis labrusca*'dan elde edilen üzüm sularının tüketilmesi ile sağlıklı bireylerde antioksidan savunmanın arttığı (Toaldo ve ark., 2016), metabolik ve sindirim sistemi sağlığının geliştiği (Pertuzatti ve ark., 2020) önceki çalışmalarda belirtilmiştir. Ülkemizde de *Labrusca* genotiplerinden üretilen üzüm sularının *Vinifera* çeşitleri ile karıştırarak ya da karıştırmaksızın kullanılmasının yararlı olacağını söyleyebiliriz.

Üzümlerin tüketilen tanelerinin yanı sıra bu çalışmada incelenmiş olan salkım iskeleti ve yapraklarında da fenolik bileşikler bulunmaktadır. Araştırmanın çarpıcı sonuçlarından birisi de, tüketime uygun olmayan salkım iskeletlerinde yüksek miktarda fenolik bileşik bulunmasıdır. Asmanın fenolik bileşik içeren farklı kısımlarına ait ekstraktların çeşitli patojenik suşlara karşı antibakteriyel ve antifungal etkilere sahip olması, atık sayılabilecek bu kısımların kullanımına olanak sağlamaktadır (Corrales ve ark., 2010). Örneğin bu atıklar gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir (Tiware ve ark., 2009; Burin ve ark., 2014; Aouey ve ark., 2016). Jayaparaksha ve ark. (2001) üzüm çekirdeği ekstraktlarının 500 g L^{-1} konsantrasyonunda potasyum ferrisiyanid indirgeme özelliklerinden yararlanarak kullandıklarında %65-90 oranında antioksidan koruyuculuk gösterdiklerini belirtmişlerdir. Üzüm çekirdeklerinin et ürünleri üzerindeki antioksidan etkileri de değerlendirilmiş ekstraktların eklendiği et ürünlerindeki oksidatif stabilitenin arttığı öne sürülmüştür (Lau ve King, 2003). Son yıllarda serbest radikalleri süpürücü etkileri sebebiyle yaşlanma karşıtı kozmetik ürünlerin formülasyonlarına da dahil edilmektedir (Kim ve ark., 2006).

4. Sonuç

Araştırmada üzüm polifenollerinden sağlığa yararlı etkileri en çok araştırılan (+)-kateşin, (-)-epikateşin ve *trans*-resveratrol bileşikleri seçilmiş ve *Vitis labrusca* genotiplerine ait kabuk, çekirdek, salkım iskeleti ile yapraklarındaki miktarları belirlenmiştir. Biyomedikal konularda yayımlanmış araştırmaların veri tabanı olan Pubmed' te *trans*-resveratrol terimi aratıldığında 14.389 sonuç, kateşin terimi aratıldığında 15.617 sonuç ve epikateşin terimi aratıldığında 15.729 sonuç ile karşılaşılmaktadır (Anonim, 2021b). Bu da göstermektedir ki özellikle üzümlerde bulunan bu bileşikler oldukça önemli olmakla birlikte, üzerinde yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Son yıllarda toplumun fonksiyonel gıda arayışındaki artış yadsınamayacak düzeydedir. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan *Vitis labrusca* genotiplerinin de yüksek fenolik bileşik içerikleri sebebiyle değerlendirilebilecekleri bu çalışma ile ortaya konmuştur. Araştırma ülkemizde yetiştiriciliği yapılan *Vitis labrusca* genotiplerinin kabuk, çekirdek salkım iskeleti ve yapraklarında toplam fenolik bileşik, antioksidan kapasite, toplam antosiyanin ve (+)-kateşin, (-)-epikateşin, *trans*-resveratrol düzeylerini inceleyen ilk çalışma olması sebebiyle önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Abe, L. T., Mota, R. V. D., Lajolo, F. M., Genovese, M. I. (2007). Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. *Food Science and Technology* 27: 394-400.
- Anonim, (2021a). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://https://data.tuik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 18.05.2021).
- Anonim, (2021b). Pubmed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, (Erişim tarihi: 20.05.2021).
- Ardağ, A. (2008). Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemlerinin Analitik Açıdan Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi) Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Aouey, B., Samet, A.M., Fetoui, H., Simmonds, M.S.J., Bouaziz, M. (2016). Anti-oxidant, anti-inflammatory, analgesic and antipyretic activities of grapevine leaf extract (*Vitis vinifera*) in mice and identification of its active constituents by LC–MS/MS analyses. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 84: 1088-1098.
- Bal, E., Kök, D., Çelik, S. (2011). Kozak Siyahı üzüm çeşidi üzerine hasat sonrası bazı uygulamaların etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 8(2), 65-76.
- Braidot, E., Zancani, M., Petrusa, E., Peresson, C., Bertolini, A., Patui, S., Macri, F., Vianello, A. (2008). Transport and accumulation of flavonoids in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Signaling and Behavior* 2008 (3): 626–632.
- Burin, V.M., Ferreira-Lima, N. E., Panceri, C. P., Bordignon-Luiz, M.T. (2014). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal* 114: 155-163.
- Camargo, U. A., Maia, J. D. G., Ritschel, P. (2010). Novas Cultivares Brasileiras de Uva. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho.
- Cantos, E., Espín, J. C., Tomás-Barberán, F. A. (2002). Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC–DAD–MS–MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(20): 5691–5696.
- Castilla, P., Echarrri, R., Dávalos, A., Cerrato, F., Ortega, H., Teruel, J. L., Lucas, M. F., Gómez-Coronado, D., Ortuño, J., Lasunción, M. A. (2006). Concentrated red grape juice exerts antioxidant, hypolipidemic, and antiinflammatory effects in both hemodialysis patients and healthy subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition* 84(1): 252–262.
- Corrales, M., Fernandez, A., Vizoso Pinto, M.G. , Butz, P., Franz, C.M.A.P., Schuele, E. (2010). Characterization of phenolic content, in vitro biological activity, and pesticide loads of extracts from white grape skins from organic and conventional cultivars. *Food and Chemical Toxicology* 48 (12): 3471-3476.
- Dal Magro, L., Goetze, D., Ribeiro, C. T., Paludo, N., Rodrigues, E., Hertz, P. F., Rodrigues, R. C. (2016). Identification of bioactive compounds from *Vitis labrusca* L. variety concord grape juice treated with commercial enzymes: improved yield and quality parameters. *Food and Bioprocess Technology* 9(2), 365-377.
- Dani, C., Oliboni, L. S., Vanderlinde, R., Bonatto, D., Salvador, M., Henriques, J. A. P. (2007). Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically- or conventionally-produced grapes. *Food and Chemical Toxicology* 45(12): 2574–2580.
- Gabaston, J., Villar, C.E., Biais, B., Teguo, W.P., Renouf, E., Corio-Costet, M.F., Richard, T., Mérillon, J.M. (2017). Stilbenes from *Vitis vinifera* L. waste: A sustainable tool for controlling Plasmopara Viticola. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 65: 2711–2718.
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV–visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, New York.
- Gliemann, L., Nyberg, M., Hellsten, Y. (2016). Effects of exercise training and resveratrol on vascular health in aging. *Free Radical Biology and Medicine* 98:165–176.
- Gueguen, N., Desquirit-Dumas, V., Leman, G., Chupin, S., Baron, S., Nivet-Antoine, V., Vessières, E., Ayer, A., Henrion, D., Lenaers, G. (2015). Resveratrol directly binds to mitochondrial complex I and increases oxidative stress in brain mitochondria of aged mice. *PLoS One* 18,10(12):e0144290.
- Guthrie, A.R., Chow, H.H.S., Martinez, J.A. (2017). Effects of resveratrol on drug- and carcinogen-metabolizing enzymes, implications for cancer prevention. *Pharmacology Research and Perspective* 5(1), e00294.
- Haskell Ramsay, C.F., Stuart, R.C., Okello, E.J., Watson, A.W. (2017). Cognitive and mood improvements following acute supplementation with purple grape juice in healthy young adults. *European Journal of Nutrition* 56:2621–2631.
- Jayaprakasha, G.K., Singh, R.P., Sakariah, K.K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. *Food Chemistry* 73: 285–290.
- Katiyar, S. K. (2008). Grape seed proanthocyanidines and skin cancer prevention: Inhibition of oxidative stress and protection of immune system. *Molecular Nutrition and Food Research* 52: S71–S76.
- Kavgacı, M. (2019). İzabella Üzümünün (*Vitis labrusca* L.) Resveratrol ve Fenolik Kompozisyonu ile Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

- Keskin, N., Bilir Ekbiç, H., Kaya, O., Keskin, S. (2021). Antioxidant Activity and Biochemical Compounds of *Vitis vinifera* L. (cv. 'Katikara') and *Vitis labrusca* L. (cv. 'Isabella') Grown in Black Sea Coast of Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 63(1): 115-122.
- Kim, S.Y., Jeong, S.M., Park, W.P., Nam, K.C., Ahn, D.U., Lee, S.C. (2006). Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chemistry* 97: 472-479.
- Kök, D., Bahar, E., Korkutal, I., Bal, E., Alço, T., Candar, S., Yaşasın, A. (2018). Ganos Dağlarında Doğal Olarak Yetişen Üzüm Tiplerinin (*V. vinifera* L.) Fitokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(3): 52-60.
- Lacerda, D. S., Santos, C. F., Oliveira, A. S., Zimmermann, R., Schneider, R., Agostini, F., Dani, C., Funchal, C., Gomez, R. (2014). Antioxidant and hepatoprotective effects of an organic grapevine leaf (*Vitis labrusca* L.) extract in diabetic rats. *RSC Advances* 4(95): 52611-52619.
- Le Blanc, M.R. (2006). Cultivar, juice extraction, ultra violet irradiation and storage influence the stilbene content of muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.). Ph.D. Dissertation, Louisiana State University, LA, the USA, 112 p.
- Lau, D.W., King, A.J. (2003). Pre- and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 1602-1607.
- Nassiri-Asl, M., Hosseinzadeh, H. (2009). Review of the pharmacological effects of *Vitis vinifera* (grape) and its bioactive compounds. *Phytotherapy Research* 23: 1197-1204.
- Nixdorf, S. L., Hermosín-Gutiérrez, I. (2010). Brazilian red wines made from the hybrid grape cultivar Isabel: Phenolic composition and antioxidant capacity. *Analytica Chimica Acta* 659(1-2):208-215.
- OIV, O. (2009). Compendium of international methods of wine and must analysis. International Organisation of Vine and Wine: Paris, France, 154-196.
- Pastor, R. F., Restani, P., Di Lorenzo, C., Orgiu, F., Teissedre, P. L., Stockley, C., Iermoli, R. H. (2019). Resveratrol, human health and winemaking perspectives. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(8): 1237-1255.
- Pertuzatti, P. B., Mendonça, S. C., Alcoléa, M., Guedes, C. T., da Encarnação Amorim, F., Beckmann, A. P. S., Gama, L.A., Américo, M. F. (2020). Bordo grape marc (*Vitis labrusca*): Evaluation of bioactive compounds in vitro and in vivo. *LWT* 129: 109625.
- Re, R., Pellegrini, N., Prottogente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Biology and Medicine* 26: 1231-1237.
- Rockenbach, I.V., Rodrigues, E., Valdemiro Gonzaga, L. Genovese, V., Gonçalves, A., Fett, R. (2011). Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. *Food Chemistry* 127(1):174-179.
- Salehi, B., Mishra, A.P., Nigam, M., Sener, B.; Kilic, M., Sharifi-Rad, M., Fokou, P.V.T., Martins, N., Sharifi-Rad, J. (2018). Resveratrol: A Double-Edged Sword in Health Benefits. *Biomedicines* 6(3): 91.
- Santos, L. P., Morais, D. R., Souza, N. E., Cottica, S. M., Boroski, M., Visentainer, J. V. (2011). Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International* 44(5): 1414-1418.
- Sato, A. J., Silva, B. J., Santos, C. E., Bertolucci, R., Santos, R., Carielo, M., Roberto, S. R. (2008). Características físico-químicas e produtivas das uvas 'Isabel' e 'BRS-rúbea' sobre diferentes porta-enxertos na região norte do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 553-556.
- Singleton, V.L., Rossi, J.J.A. (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144-158.
- Tabeshpour, J., Mehri, S., Shaebani Behbahani, F., Hosseinzadeh, H. (2018). Protective effects of *Vitis vinifera* (grapes) and one of its biologically active constituents, resveratrol, against natural and chemical toxicities: A comprehensive review. *Phytotherapy research* 32(11): 2164-2190.
- Tahmaz, H., Söylemezoğlu, G., Yüksel, D., Baydar, N. G. (2013). Bazı Sofralık ve Şaraplık Üzüm Çeşitlerinin Fenolik Bileşik İçeriklerinin Belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 27: 375-383.
- Tahmaz, H., Söylemezoğlu, G. (2019). Denizli-Çal Yöresinde Yetiştirilen Şaraplık Üzüm Çeşitlerinin Farklı Dokularında Fenolik Bileşik İçeriklerinin Belirlenmesi. *Bahçe* 48(1):39-48.
- Tahmaz, H., Yüksel Küskü, D., Söylemezoğlu, G. (2020). Üzüm (*Vitis vinifera* L.) Çeşitlerine Ait 49 Adet Salkım İskeletinin Toplam Fenolik Bileşik ve Trans-Resveratrol Düzeyleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 24 (2): 222-228.
- Tiwari, B.K., Valdramidis, V.P., O'Donnell, C.P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., Cullen, P.J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (14): 5987-6000.
- Toaldo, I. M., Cruz, F. A., da Silva, E. L., - Bordignon-Luiz, M. T. (2016). Acute consumption of organic and conventional tropical grape juices (*Vitis labrusca* L.) increases antioxidants in plasma and erythrocytes, but not glucose and uric acid levels, in healthy individuals. *Nutrition Research* 36(8): 808-817.
- Vislocky, L. M., Fernandez, M. L. (2010). Biomedical effects of grape products. *Nutrition Reviews* 68: 656-670.

- Waffo-Teguo, P., Krisa, S., Pawlus, D.A., Richard, T., Monti, J.P., Me'rillon, J.M. (2013). Grapevine stilbenoids: Bioavailability and neuroprotection. In *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*; Chapter 73; Gopal Ramawat, K., Mérillon, J.-M., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 2275–2309.
- Waterhouse, A.L. (2005). Determination of total phenolics, in *handbook of food analytical chemistry*, ed. by Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D.M., Sporns, P. John Wiley & Sons, 463–470, New Jersey.
- Xu, C., Zhang, Y., Cao, L., Lu, J. (2010). Phenolic compounds and antioxidant properties of different grape cultivars grown in China. *Food Chemistry* 119(4): 1557-1565.
- Yadav, M., Jain, S., Bhardwaj, A., Nagpal, R., Puniya, M., Tomar, R., Singh, V., Parkash, O., Prasad, G.B., Marotta, F. and Yadav, H. (2009). Biological and medicinal properties of grapes and their bioactive constituents: An update. *Journal of Medicinal Food* 12: 473-484.
- Yahia, E. M., Carrillo-López, A., Barrera, G. M., Suzán-Azpíri, H., Bolaños, M. Q. (2019). Photosynthesis. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 47-72). Woodhead Publishing.
- Yang, J., Xiao, Y.Y. (2013) Grape Phytochemicals and Associated Health Benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53:(11)1202-1225.
- Yu, W., Fu, Y.C., Wang, W. (2011). Cellular and molecular effects of resveratrol in health and disease. *Journal of Cellular Biochemistry* 113: 752–759.

Yozgat ve Kırşehir İllerinde Tüketime Sunulmuş Patates Yumrularında Bakteriyel Yumuşak Çürüklük Hastalığı Etmeni *Pectobacterium* İzolatlarının İzolasyonu ve Tanılanması


Isolation and Identification of Bacterial Soft Rot Disease Agent *Pectobacterium* Isolates on Potato Tubers Delivered for Consumption in Yozgat and Kırşehir Provinces


Murat ÖZTÜRK^{1*}, Soner SOYLU²

Öz

Pectobacterium spp. geniş bir konukçu yelpazesine sahip, her ortamda bulunan bakteriyel bitki patojenlerinden biri olup, istila ettiği bitki dokusunda Bakteriyel Yumuşak Çürüklük olarak bilinen hastalığa neden olur. Bu çalışmada 2018-2019 yılları arasında Yozgat Merkez ve Kırşehir Kaman ilçesindeki yerel pazar, manav ve zincir marketlerde satışa sunulan patates yumrularında bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığına neden olan *Pectobacterium* spp. izolasyonu, biyokimyasal, patojenisite ve moleküler yöntemlerle tanılanması amaçlanmıştır. Survey yapılan market ve manavlardan 168 yumru örneği toplanmıştır. Tipik yumuşak çürüklük belirtisi gösteren ve göstermeyen şüpheli yumrulara pektolitik izolatların varlığının araştırılması amacıyla nemli hücre testi yapılmıştır. Çürüme belirtileri gösteren 54 farklı yumru kesitlerinden pektolitik izolatların izolasyonu Kristal Violet Pektat (CVP) besiyeri üzerinde yapılmıştır. CVP besi yerinde çukur oluşturan pektolitik koloniler NA besi yerine saflaştırılması ile toplam 42 adet bakteri izolatu elde edilmiştir. Elde edilenler bakteri izolatları arasında 27 farklı izolatın Nutrient Agar (NA) besi yerinde şeffaf, parlak, düzensiz, krater formda koloni oluşturduğu belirlenmiştir. İzolatların tamamı gram ve oksidaz negatif, katalaz pozitif, fakültatif anaerob, floresen olmayan koloni morfolojisine sahip özelliklerde sergilemiş ve patates dilimi üzerinde yumuşak çürüklüğe neden olmuştur. Elde edilen izolatlar ile yapılan PCR çalışmasında, 54 simptomlu yumru örneğinin 19 adedinde *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (9 izolat), *P. atrosepticum* (6 izolat) ve *Pectobacterium* spp. (4 izolat) enfeksiyona neden olan etmenler olarak tanılanmıştır. Tipik hastalık belirtisi göstermeyen 114 yumru örneğinin 8 adedinde *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (5 izolat), *P. atrosepticum* (2 izolat) ve *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (1 izolat) etmenleri latent enfeksiyon sorumlusu olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile tüketime yönelik olarak satışa sunulmuş patates yumrularında *Pectobacterium* izolatlarının varlığı belirlenerek patojenin farklı bölgelere transfer edilebileceği belirlenmiştir. Tüketim için satışa sunulan patates yumrularının hastalıktan ari bölgelere *Pectobacterium* izolatlarının nakledilmesinde önemli bir inokulum kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Pectobacterium* spp., Yumuşak çürüklük, Latent enfekteli yumru, Patates, PCR

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ¹Murat ÖZTÜRK, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: muratzm66@gmail.com  OrcID: 0000-0002-9677-3651.

²Soner SOYLU, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi., Bitki Koruma Bölümü., Hatay, Türkiye. E-mail: soylu@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-1002-8958.

Atıf/Citation: Öztürk M., Soyulu S., Yozgat ve Kırşehir İllerinde Tüketime Sunulmuş Patates Yumrularında Bakteriyel Yumuşak Çürüklük Etmeni *Pectobacterium* İzolatlarının İzolasyonu ve Tanılanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 332-342.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Pectobacterium spp. are ubiquitous bacterial plant pathogens with a wide host range which cause soft rot disease on the invaded plant tissue. This study aimed to isolate the bacterial soft rot disease agents belonging to *Pectobacterium* spp. on potato tubers delivered for consumption in the local bazaar, grocery and markets in the Center district of Yozgat province and Kaman district of Kırşehir province of Turkey between 2018 and 2019. Local bazaar, market and grocery stores were surveyed and 168 potato tubers were collected. The humidity cell test was performed to investigate the presence of pectinolytic bacteria in asymptomatic and soft rotted potato tubers. Bacterial isolation from 54 different soft rotted tuber slices was performed on Crystal Violet Pectate (CVP) medium. A total of 42 bacterial isolates, that formed pits on CVP medium, were obtained following isolation. Among these, 27 isolates were observed to have shiny, transparent, irregular, crater-shaped colony morphology on Nutrient Agar (NA) plates. All isolates were gram and oxidase negative, catalase-positive, facultative anaerobe, non-fluorescent morphological characteristics and caused soft rot on potato tuber slices. Following PCR analysis, 19 of 54 symptomatic tuber samples were determined as infected by *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (9 isolates), *P. atrosepticum* (6 isolates) and *Pectobacterium* spp. (4 isolates). In 8 of 114 asymptomatic tuber samples, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (5 isolates), *P. atrosepticum* (2 isolates) and *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (1 isolate) were determined as responsible agents of latent infections. The presence of *Pectobacterium* isolates in the stored potato tubers brought for consumption suggests the pathogen can be transferred to different regions. Potato tubers offered for sale for consumption are thought to be an important inoculum source for the transfer of *Pectobacterium* isolates to disease-free areas.

Keywords: *Pectobacterium* spp., Soft rot, Latently infected tuber, Potato, PCR

1. Giriş

Besleyici değeri oldukça yüksek olan patatesin (*Solanum tuberosum* L.), dünyanın neredeyse her yerinde tarımı yapılabilmektedir. Mısır, buğday ve çeltikten sonra en fazla üretime sahip olan patates bitkisinin Avrupa üzerinden Türkiye'nin batı bölgelerine, 150 yıl kadar önce Rusya ve Kafkaslar üzerinden doğu bölgelerimize girdiği tahmin edilmektedir (Arioğlu ve ark., 2010; Öner ve Aytaç., 2016). Özellikle Orta Anadolu'da yetişen önemli bir ürün olan patates, Türkiye'nin hemen her yerinde üretilebilmekte ve büyük bir kısmı ana ürün olarak yetiştirilmektedir (Samancı ve ark., 2003). 2018 yılında, Dünyada 17.6 milyon ha alanda 368 milyon ton patates üretilmiş olup ortalama verim 20.944 ton/ha'dır. En fazla ekim alanına sahip olan ülkeler Çin (4.8 milyon ha), Hindistan (2.1 milyon ha) ve ABD'dir (1.7 milyon ha). Türkiye ise 2018 yılında 135.937 ha alanda 4.5 milyon ton patates üretilmiştir (Anonim, 2020). Uygun olmayan depolama şartlarına bağlı olarak ülkemizde patates üretiminde yıllık yaklaşık %20 kayıp yaşanmaktadır. Üretilen patates yumruları hasat sonrası doğal depolarda saklanmaktadır. Yumrular ile vejetatif yolla çoğaltılan patates bitkisinde başta virüsler olmak üzere birçok hastalık etmeninin daha kolay taşınması söz konusudur.

Dünyanın en önemli 10 bitki bakteriyel hastalık etmenleri arasında bildirilen *Pectobacterium* (*Erwinia carotovora*) ve *Dickeya* spp. (*Erwinia chrysanthemi*) türleri patates üretiminde Bakteriyel Yumuşak Çürüklük ve Karabacak Hastalığına neden olmaktadır (Ma ve ark., 2007; Mansfield ve ark. 2012; Czajkowski ve ark., 2011; Nabhan ve ark., 2012a). *Pectobacteriaceae* familyasında yer alan bu patojenler dünyanın birçok yerinde başta patates olmak üzere geniş konukçu aralığında patojenik izolatlarla sahiptir (Gardan ve ark., 2003; Samson ve ark., 2005; De Haan ve ark., 2008, De Boer ve ark., 2012; Adeolu ve ark., 2016). Ana yumruda başlayan pektinolitik bakteriyel enfeksiyon ile çıkış yapan bitkilerin toprak seviyesindeki bitki gövdelerinde siyah, sulu-ıslak belirtiler karabacak olarak tanımlanır. Hastalığın en önemli bulaşma kaynağı simptom sergilemeyen latent enfekteli tohumluk yumrulardır. Özellikle latent enfekteli yumruların kullanıldığı üretim alanlarında zamanla enfeksiyonu gerçekleştirebilecek yeterli sayıda bakteriyel çoğunluk oluşarak bitkilerde solgunluk, bitkinin tamamen çökmesi ya da hiç çıkış yapmadan toprakta çürümesi şeklinde belirtiler gözlemlenmektedir. Karabacak enfeksiyonu gözlemlenen üretim alanlarından hasat edilen yumruların pazarlanabilir nitelikte olanlarında da hasat sonrası, nakliye ve depolama aşamalarında yumuşak çürüklük nedeniyle kayıplar devam etmektedir. Bir sonraki üretim sezonu için tohumluk olarak ayrılan latent enfeksiyon kaynağı yumrular hastalıktan arı alanlara etmenin taşınmasında en önemli primer inokulum kaynağıdır (Pérombelon, 2002; Potrykus ve ark., 2016). Uzun yıllar *P. atrosepticum* ve *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* ve *Dickeya* spp. etmenleri patates üretiminde en önemli yumuşak çürüklük ve karabacak patojenleri olarak bildirilmiştir (Waleron ve ark., 2002; Potrykus ve ark., 2014). İleri tanı tekniklerinin biyokimyasal ve fizyolojik testlere göre üstün ayırım kabiliyetlerinin olması ve son yıllarda DNA'ya dayalı tanılama çalışmalarının giderek yaygınlaşması atipik izolatların yeni tür/alt tür olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur (Cigna ve ark., 2017; Nabhan ve ark., 2012b; Nabhan ve ark., 2013). Brezilya patates üretim alanlarında karabacak hastalığına neden olan oldukça virulent olduğu bildirilen atipikal izolatlar *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (Duarte ve ark., 2004; Nabhan ve ark., 2012a; De Boer ve ark., 2012; Panda ve ark., 2012), Yeni Zelanda patates üretiminde enfekteli yumrularından izole edilen bazı atipikal izolatlar ise *P. parmentieri* olarak sınıflandırılmıştır (Pitman ve ark., 2008; Pitman ve ark., 2010; Khayi ve ark., 2016; Zoledowska ve ark., 2018). Son yıllarda patates üretiminin yapıldığı ülkelerde sıklıkla rapor edilen majör Yumuşak Çürüklük ve Karabacak hastalık etmenleri *P. atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*, *P. parmentieri* ve *Dickeya* spp. olarak belirlenmiştir (Dees ve ark., 2017; Charkowski ve ark., 2020; Motyka-Pomagruk ve ark., 2021).

Ülkemizde farklı *Pectobacterium* türlerinden kaynaklı enfeksiyonların varlığı ile ilgili raporlar mevcuttur. Etmenin patates bitki örneklerinde enfeksiyona neden olduğunu gösteren ilk çalışmalar 1988-1990 yıllarında Bolu, Nevşehir ve Niğde illeri ekim alanları ve depolarında yürütülmüş ve enfeksiyonuna neden olan türlerin *P. atrosepticum* (*E. carotovora* pv. *atroseptica*) ve *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (*E. carotovora* subsp. *carotovora*) olduğu bildirilmiştir (Benlioğlu, 1991). Yozgat ili Sorgun ilçesinde patates karabacak hastalığına neden olan atipik *Pectobacterium* spp. izolatları ise *P. parmentieri* olarak tanımlanmıştır (Ozturk ve ark., 2016). Orta Karadeniz Bölgesinde yer alan Amasya, Çorum, Ordu, Samsun ve Tokat illeri patates üretim alanlarında 146 patates tarlasından toplanan 242 bitki örneğinden elde edilen 90 adet pektinolitik izolatın 38 adedi *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, 22 adedi *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*, 21 adedi *P. parmentieri*, 6 adedi *P. atrosepticum*,

3 adedi ise *D. solani* olarak tanımlanmış olup, *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* ve *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*'a ait oldukça virulent izolatların tespit edildiği ayrıca bildirilmiştir (Öztürk, 2017). Geniş konukçu aralığında enfeksiyon oluşturan *Pectobacterium* spp. türlerinden *P. carotovorum* (*E. carotovora* subsp. *carotovora*) etmeni *Dieffenbachia amoena* (Çetinkaya-Yıldız ve ark., 2004), domates (Aysan ve ark., 2004), lale (Boyras ve ark., 2006), *Primula* sp., *Kalanchoe* sp., *Diffenbachia* spp., *Cactus* sp., *Yucca aloifolia*, *Ficus elastica*, *Schefflera actinophylla*, *Senecio cruentus* (Kılıç ve ark., 2012), ayçiçeği (Baştas ve ark., 2009), enginar (Ustun ve Arslan, 2016), beyaz baş lahana (Aksoy ve ark., 2017a; Öztürk ve Soylu, 2022), havuç (Soylu ve ark., 2022) ve muz (Basım ve ark., 2019) bitkilerinde rapor edilmiştir. Son yıllarda yapılmış bir çalışmada ise *P. betavasculorum* etmeninin şeker pancarı bitkisinde, *P. polaris*'in ise patates bitkilerinde yumuşak çürüklük hastalığına neden olduğu rapor edilmiştir (Ozturk ve ark., 2019; Öztürk, 2022).

Bu çalışma ile Yozgat (Merkez İlçesi) ve Kırşehir (Kaman ilçesi) illerindeki yerel pazar, manav ve zincir marketlerde satışa sunulan patates yumru örneklerinde bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığına neden olan *Pectobacterium* spp.'e ait olabilecek izolatların izolasyonu ve biyokimyasal, fizyolojik, patojenite ve PCR'a dayalı moleküler tanılanması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Patates yumru örneklerin toplanması

2018 ve 2019 yılları Ekim-Mart aylarında, Yozgat ili Merkez ve Kırşehir ili Kaman ilçesinde yerel pazar, manav ve zincir marketler haftalık ziyaret edilerek satışa sunulan yumuşak çürüklük belirtileri gösteren ve bu örneklerin hemen yanındaki belirti göstermeyen şüpheli patates yumru örnekleri tesadüfi örnekleme yöntemiyle toplanmıştır. Her hafta ayrı market ve manavlar ziyaret edilerek aynı tedarikçiden alınan ürün rastlantısının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Survey sonucunda 54 adedi çürüme belirtisine sahip 114 adedi ise yumuşak çürüklük belirtisiz olmak üzere toplam 168 adet patates yumru örnekleri kese kağıtlarına ayrı ayrı konulup etiketlendikten sonra laboratuvara getirilerek izolasyon çalışmaları boyunca +4 °C' de muhafaza edilmiştir.

2.2. İzolasyon çalışmaları

Patates yumruları musluk suyunda fırçalanarak yıkanmış ve daha sonra % 5'lik çamaşır suyunda (NaOCI) 3 dakika bekletilmiştir. 3 kez steril saf su ile duruladıktan sonra hastalık belirtisi taşıyan yumruların sağlıklı kısımlarında pektolitik bakterilerinin gelişmesi ve izolasyon petrilere daha az saprofit bakteri elde edilmesi amacıyla 2-4 cm büyüklüğünde parçalara ayrılmıştır. Her bir yumru için steril kurutma kağıtları bulunan petrilere 2-4 cm büyüklüğünde 4-5 yumru parçası konulduktan sonra nemli hücre şartlarının oluşması amacıyla steril su ile nemlendirilerek 27 °C'de 24-72 saat inkübe edilmiştir. Sağlıklı olduğu düşünülen sptomatsız yumrular için patates parçaları stolunun sonu ve kabuktan başlayan 1.5 cm derinlikteki dokulardan alınmıştır ve yukarıda belirtildiği gibi petrilere yerleştirilerek çürüme belirtileri yönünden kontrol edilmiştir (Czajkowski ve ark., 2011; Czajkowski ve ark., 2013). Pektolitik kolonilerin izolasyonu için steril öze ile yumuşama gözlemlenen patates yumru dokusuna dokundurulmuş ve CVP besi ortamına çizgi ekim yapılmıştır 26°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılan petrilere gelişen bakteriyel kolonilerin etrafında çukur oluşumu 24-72 saat sonra kontrol edilmiştir (Öztürk, 2017).

2.3. Pektolitik aktivite testi

Sağlıklı patates yumruları yüzeysel dezenfeksiyon için önce deterjanlı suda fırçalanarak yıkanmış ve daha sonra % 1'lik NaOCI'da 3 dakika bekletilmiştir. NaOCI'yi uzaklaştırmak için 3 kez steril saf su ile durulanmıştır. Bu işlemden sonra steril bisturi ile patates yumrusu dilimlere ayrılmıştır. Steril filtre kâğıdı bulunan petrilere içine yumru dilimleri yerleştirildikten sonra bir öze dolusu bakteri kültürü patates dilimi üzerine bulaştırılmıştır ve petrilere steril su ile nemlendirilmiştir. 25 °C'de iki günlük inkübasyondan sonra değerlendirme yapılmıştır. İnokule edilen bölgedeki yumuşama (maserasyon) pozitif, yumuşamanın meydana gelmemesi negatif olduğunu göstermiştir (Lojkoswka ve Kelman, 1994; Bozkurt ve Soylu, 2019).

2.4. Yumuşak çürüklük izolatlarının muhafazası

CVP besi yerinde çukur oluşumu ve patates dilimlerinde maserasyona neden olan yumuşak çürüklük izolatları %40'luk gliserolde -20°C'de tanı çalışmaları için muhafaza edilmiştir (Lelliott ve Stead, 1987; Benlioğlu ve ark., 1991; Potrykus ve ark., 2014).

2.5. İzolatların biyokimyasal tanısı

Bakteriyel izolatların tanısında KOH, oksidaz, katalaz, oksidatif/fermantatif, King B besi yerinde floreans parlama, %5 NaCl'e tolerans, 37 °C ve 39 °C'de gelişebilme testleri yapılmıştır (Lelliot ve Stead, 1987; Schaad ve ark., 2001; Yüzbaşıoğlu ve Aysan, 2021).

2.6. Tütünde aşırı duyarlılık testi

NA besi yerinde 26 °C'de 24-48 saat süreyle geliştirilen izolatların bakteriyel süspansiyonları yaklaşık 10^6 - 10^8 hücre/ml'lik yoğunlukta hazırlanarak tütün (*Nicotiana tabacum* cv. *bentamiana*) bitkisi yaprağının alt yüzey damar aralarına enjektör yardımı ile inokule edilmiştir. İnokulasyondan 24-48 saat sonra tütün bitkisinde aşırı duyarlılık reaksiyonunun olup olmadığı kontrol edilmiştir (Klement, 1990; Soylu ve ark., 2020).

2.7. İzolatların Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) tekniği ile moleküler tanısı

İzolatların moleküler tanısında De Boer ve ark. (2012)'de belirtilen primerler kullanılmıştır (Tablo 1) 10 µl master mix (Bioline redmix, 2x), 1 µl forward primer, 1 µl reverse primer ve 8 µl steril su eklenerek toplam 20 µl hacimde PCR reaksiyon karışımı hazırlanmıştır. PCR karışımına 24-48 saatlik kültürler ait kolonilerden pipet ucu yardımıyla eklenmiştir. PCR döngü programı, Aksoy ve ark. (2017)'de belirtildiği gibi kademeli sıcaklık düşürme yöntemine göre uygulanmıştır. PCR ürünlerinin elektroforez işlemleri %1'lik agaroz jelde 100 voltta 1 saat koşturularak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DNA bantları jel görüntüleme sistemi ile görüntülenerek incelenmiştir (Dees ve ark., 2017; Ozturk ve ark., 2018).

Tablo 1. PCR tanı çalışmalarında kullanılan primer oligonükleotidleri

Table 1. Oligonucleotide primers used in PCR identification studies

Etmen adı	Primer adı	Primer nükleotid dizisi
<i>Dickeya</i> spp.	ADE1	GATCAGAAAGCCCCGACCCAGAT
	ADE2	CTGTGGCCGATCAGGATGGTTTCGTGC
<i>Pectobacterium</i> spp.	Y1	TTACCGGACGCCGAGCTGTGGCGT
	Y2	CAGGAAGATGTCGTTATCGCGAGT
<i>P. atrosepticum</i>	Y45	TCACCGGACGCCGAAGTGTGGCGT
	Y46	TCGCCAACGTTTCAGCAGAACAAGT
<i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	EXPCCF	GAAGTTCGCACCGCCCTTCTA
	EXPCCR	GCC GTA ATT GCC TAC CTG CTT AAG
<i>P. carotovorum</i> subsp. <i>basilense</i>	BR1F	GCGTGCCGGGTTTATGACCT
	L1R	CAAGGCATCCACCGT
<i>P. parmentieri</i>	PHF	GGTTCAGTGCCTCAGGAGAG
	PHR	GCGGAGAGGAAGCGGTGAAG

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Patates yumruları ve İzolasyon

2018-2019 yıllarında Yozgat İli ve Kırşehir Kaman İlçesinde survey sırasında hastalıklı yumru örnekleri toplanırken bakteriyel hastalık etmenlerinin oluşturduğu simptome benzer örneklerin toplanmasına dikkat edilmiştir. Yapılan surveylerde yumuşak çürüklük belirtisi gösteren yumruların varlığı kasalarda ve depolarda bulunan çuvalarda taranarak gözlenmiştir. Çürüme belirtisi gözlemlenmeyen çuval ve kasalardan latent enfeksiyonların belirlenmesi amacıyla çürüme belirtisi göstermeyen (simptomsuz) sağlıklı görülen yumrular toplanmıştır. Patates yumrularının tüketim öncesi depolandığı iller Tablo 2'de belirtilmiştir. Surveyler sonucunda 54 adedi çürüme belirtisine sahip, 114 adedi ise simptomsuz olmak üzere toplam 168 yumru steril bistürü

yardımıyla kesildikten sonra nemli hücre testi yapılarak bakteriyel yumuşak çürüklük belirtisi yönünden gözlemlenmiştir. İnkübasyon sonucunda, 54 çürüme belirtisi gösteren yumru arasında 19 örnekte, 114 simptomsuz yumru arasından ise 8 örnekte yumuşak çürüklük belirtileri gözlemlenmiştir. Yumruların yumuşama gösteren kısımlarından CVP besi yerine yapılan ekimler sonucu çukur oluşturan toplam 42 adet bakteri izolatu elde edilmiştir. Bu izolatlar arasından izole edildiği örneği temsil eden 27 pektolitik bakteri izolatu detaylı morfolojik ve moleküler tanılama çalışmalarında kullanılmak üzere seçilmiştir.



Figure 1. Disease symptoms in potato tubers from which bacterial isolations were made
Şekil 1. Bakteri izolasyonlarının yapıldığı patates yumrularındaki hastalık belirtileri

3.2. Bakteri izolatların tanınması

Örnekleme yapılan patates yumrularından maserasyona (yumuşamaya) neden olduğu belirlenen 27 adet koloni morfolojisi uyumlu pektolitik izolatu KOH, oksidaz, katalaz, %5'lik NaCl' içeren besi yerinde, 37°C ve 39°C'de gelişebilme ve tütünde aşırı duyarlılık testlerine gösterdiği sonuçlar *Tablo 2*'de verilmiştir. Elde edilen 27 izolat, KOH ve katalaz pozitif, oksidaz testi negatif olarak kaydedilmiştir. Fakültatif anaerobik 27 izolatu King B besi yerinde UV ışık altında floresan parlama yapmadığı gözlemlenmiştir. İzolatların, 37°C'de 19 adedi gelişmiş, 8 adedi ise gelişmemişken, 39°C'de ise 2 adedi gelişmiş 25 adedi gelişmemiştir. %5'lik NaCl ilave edilerek hazırlanan NA besi yerinde tüm izolatlar gelişme göstermiştir. Tütünde aşırı duyarlılık reaksiyona 25 adet izolat neden olurken 2 izolat negatif reaksiyon göstermiştir (*Tablo 2*).

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) kullanılarak moleküler tanılanmış izolatların 27 adedi *Pectobacterium* spp.'ye spesifik Y1/Y2 primerleri ile beklenen 434 bp büyüklüğünde PCR ürünü oluşturmuştur (Darrasse ve ark., 1994). Elde edilen 27 izolat aynı zamanda *Dickeya* spp. izolatlarının tanısında kullanılan ADE1/ADE2 primer çifti ile test edilmiş fakat hiçbir izolat beklenen 420 bp PCR ürünü oluşturmamıştır. *Pectobacterium* spp.'de yer alan 27 izolatu 14 adedi (S4, S5, S6, S7, S8, S17, S18, S19, S20, S21, S22, S23, S24, S25) EXCPCCF/EXPCCR primer çifti ile 550 bp PCR ürünü oluşturmuştur (Kang ve ark., 2003). De Boer ve ark. (2012)'de bildirildiği gibi EXPCCF/EXPCCR primerleri ile 550 bp PCR ürünü oluşturan izolatlar arasında *P. parmentieri* izolatlarının ayırt edilmesinde kullanılan PHF/PHR primerleri kullanılmıştır. Hiçbir izolat 113 bp büyüklüğünde *P. parmentieri* için spesifik PCR ürünü oluşturmamıştır. *P. atrosepticum* izolatının tanısında kullanılan Y45/Y46 primerleri ile 8 izolat (S1, S2, S11, S12, S13, S14, S15, S16) 439 bp PCR ürünü oluşturarak *P. atrosepticum* olarak tanılanmıştır (Frechon ve ark., 1998). BR1f/L1r primerleri kullanılarak yapılan PCR analizinde 1 izolat (S3) 322 bp PCR ürünü oluşturarak *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* olarak tanılanmıştır (Duarte ve ark., 2004). 27 adet *Pectobacterium* izolatu arasından 4 adedinde (S9, S10, S26, S27) tür/alt tür primerlerinin hiçbiri ile beklenen PCR ürünü oluşmamıştır.

Bu çalışma, Yozgat ili Merkez ilçesi ve Kırşehir İli Kaman İlçesinde tüketim için getirilen depolanmış patates yumrularında bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığına neden olan *Pectobacterium* etmenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Toplam 168 yumru örneğinden 27 tanesinde yumuşak çürüklük patojeni tespit edilmiştir. 54 simptomsuz örneğin 19 adedinde, 114 simptomsuz (latent enfekteli) yumru örneğinin 8 adedinde yumuşak çürüklük izolatu elde edilmiştir. Latent enfekteli yumruların kaynaklı enfeksiyonların ticari tohumluk depolarında yaygın olduğunu, tohumluk ve tüketime yönelik patatesler için büyük bir kayıp nedeni olarak bildirilmektedir. Latent enfeksiyonlarda, bakteri yoğunluğunun dokularda 10⁶/hücre/gr'a erişinceye kadar yumuşak çürüklük simptomsuz oluşamayabileceği bildirilmiştir (Perombelon, 2002). Latent enfekteli yumrular enfeksiyon kaynağı olan 5 adet *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, 2 adet *P. atrosepticum* ve 1 adet *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* nemli hücre şartları oluşturularak izole edilmiştir. Hastalık belirtisi gösteren 54 yumru örneğinden direk izolasyon

yapılmadan önce daha az saprofitik bakteri izolasyonu gerçekleştirmek amacıyla yumruların en sağlıklı kısımları kesilerek nemli hücre şartlarında yumuşak çürüklük oluşumu tekrarlanmıştır.

Tablo 2. Tanısı yapılan *Pectobacterium* izolatları
Table 2. Bacterial strains of *Pectobacterium* identified

İzolat	Etmen*	Belirti Durumu	Toplandığı il/ilçe	Depolandığı il	KOH	Oksidaz	Katalaz	Tütün HR	%5' NaCl	37°C	39°C
S1	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Niğde	+	-	+	+	+	-	-
S2	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Niğde	+	-	+	+	+	-	-
S3	<i>Pcbr</i>	Latent	Kırşehir/Kaman	Niğde	+	-	+	+	+	+	-
S4	<i>Pcc</i>	Latent	Kırşehir/Kaman	Niğde	+	-	+	+	+	+	-
S5	<i>Pcc</i>	Latent	Kırşehir/Kaman	Tokat	+	-	+	+	+	+	-
S6	<i>Pcc</i>	Latent	Kırşehir/Kaman	Tokat	+	-	+	+	+	+	-
S7	<i>Pcc</i>	Simptom	Kırşehir/Kaman	Tokat	+	-	+	+	+	+	-
S8	<i>Pcc</i>	Simptom	Kırşehir/Kaman	Adana	+	-	+	+	+	+	-
S9	<i>Pec</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Adana	+	-	+	+	+	+	-
10	<i>Pec</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	+	-
S11	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S12	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S13	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S14	<i>Pba</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S15	<i>Pba</i>	Latent	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S16	<i>Pba</i>	Latent	Yozgat/Merkez	Tokat	+	-	+	+	+	-	-
S17	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S18	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S19	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S20	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S21	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S22	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S23	<i>Pcc</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S24	<i>Pcc</i>	Latent	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S25	<i>Pcc</i>	Latent	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	+	+	+	-
S26	<i>Pec</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	-	+	+	+
S27	<i>Pec</i>	Simptom	Yozgat/Merkez	Nevşehir	+	-	+	-	+	+	+

* **Pba:** *P. atrosepticum*; **Pcc:** *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*; **Pcbr:** *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*; **Pec:** *Pectobacterium* spp.

Yumuşak çürüklük belirtileri gösteren 19 simptomlu yumru örneğinde 9 adet *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, 6 adet *P. atrosepticum* ve 4 adet *Pectobacterium* olarak sınıflandırılan izolat elde edilmiştir. Dees ve ark. (2017) Norveç yumuşak çürüklük izolatlarının sırasıyla en fazla *P. atrosepticum* ve *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*' a ait olduğu, Polonya izolatlarının ise *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* ve *P. parmentieri* (= *P. wasabiae*)'ye ait olduğunu bildirmiştir. *P. atrosepticum* izolatları 37°C gelişme gösterirken %5 NaCl'yi tolere edememektedir (De Neergaard ve ark., 2020). Bu çalışmada elde edilen *P. atrosepticum* izolatları için de aynı sonuçlar elde edilmiştir ve Frenchon ve ark. (1998)'de belirtildiği gibi izolatlar Y45/Y46 primerleri ile 439 bp PCR ürünü oluşturmuşlardır. Ülkemiz patates üretiminde varlığı sınırlı sayıda da olsa bildirilen *Dickeya* izolatlarına elde edilen 27 izolat arasında ADE1/ADE2 primerleri kullanılarak yapılan PCR çalışması neticesinde rastlanılmamıştır (Tsrör ve ark., 2009; Toth ve ark., 2011). Yumru yumuşak çürüklüğünde bakteriyel enfeksiyon, patojenin yerleştiği lentisel, stolonun sonu ve yaralardan başlayıp lezyonlar yumrunun tamamına ve beraber depolanan diğer komşu yumrulara bulaşmaktadır (Czajkowski ve ark., 2011). Simptom gösteren yumruların 19 adedinde *Pectobacterium* izolatı enfeksiyon kaynağı olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda yumuşak

çürüklüğe neden olan pektolitik özellikte *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Leliotta* spp., *Clostridium* spp., *Flavobacterium* spp. ve *Pseudomonas* spp. gibi fırsatçı sekonder bakterilerden kaynaklı yumuşak çürüklük enfeksiyonları bildirilmektedir (Perombelon, 2002). Çalışmamızda saprofitik karakterli bu bakterilerle enfekteli olma ihtimali olduğu düşünülen yumruların *Pectobacterium* izolatlarının baskılandığı ve *Pectobacterium* etmenine ait kolonilerin izole edilemediği düşünülmektedir. Yumuşak çürüklük etmenleri arasında geniş konukçu aralığında ve farklı coğrafyalarda *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* kaynaklı enfeksiyonlar tüm dünyada daha yaygındır (De Haan ve ark., 2008). 37°C’de ve %5 NaCl’de gelişebildiği bildirilen *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* izolatları için yapılan EXPCCF/EXPCCR primerleri ile beklenen 550 bp PCR ürünü 14 izolat için elde edilmiştir (Kang ve ark., 2003). Uzun yıllardır *P. atrosepticum* izolatları, Avrupa kıtası gibi daha ılıman bölgelerde yaygın enfeksiyon kaynaklarından biridir. Sıcaklık *Pectobacterium* izolatlarının enfeksiyon oluşturması ve tür/alt tür kompozisyonu ve dokulardaki hücre yoğunluğuna en fazla etki eden faktör olarak bildirilmektedir (Du Raan ve ark., 2016). Arazi koşullarında farklı türler ile yapay inokule edilen ana yumruların gelişen bitkilerin oluşturduğu yavru yumrulardaki türlerinin baskınlığı sıcaklık ve nem gibi iklim verilerine göre değişebilmektedir (Skelsey ve ark., 2018). Bu nedenle, iklim değişikliği nedeniyle patojen popülasyonunda farklılık oluştuğu ve enfeksiyon sorumlusu olarak *P. parmentieri* ve *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* etmenlerinin dünya genelinde ön plana çıktığı ve *P. atrosepticum* izolatlarının daha az izole edildiği bildirilmektedir (Van der Wolf ve ark., 2017).

Ülkemizdeki yumuşak çürüklük hastalığı bildirimlerinde en fazla oranda *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* etmeni ile *P. atrosepticum* kaynaklı enfeksiyonların olduğu bildirilmiştir (Benlioğlu, 1991). Ayrıca, son yıllarda *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* ve *P. parmentieri* izolatlarının neden olduğu şiddetli karabacak enfeksiyonları dünyada olduğu gibi ülkemiz patates üretim alanlarında da dikkat çekmektedir (Öztürk, 2017). Dünya genelinde major enfeksiyon kaynağı olarak *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. atrosepticum*, *P. parmentieri* ve *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* etmenleri bildirilmektedir (Potrykus ve ark., 2014). Bu çalışmada en fazla *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (14 adet), *P. atrosepticum* (8 adet) ve *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (1 adet) izolatı elde edilmiştir. *P. parmentieri* izolatlarının 37°C ve %5 NaCl’de gelişemediği bildirilmektedir (Pitman ve ark., 2008; 2010). Bu çalışmada 37°C ve %5 NaCl’de gelişememe gösteren hiçbir izolat elde edilememiştir. *P. parmentieri* izolatlarını tanıyabilen PHF/PHR primerleri ile yapılan PCR çalışmasında beklenen PCR ürünü oluşmamış ve ülkemizde varlığı bildirilen *P. parmentieri* izolatlarına bu çalışmada rastlanılmamıştır (Pitman ve ark., 2008; De Boer ve ark., 2012; Waleron ve ark., 2013; Ozturk ve ark., 2016; Öztürk, 2017). Heterojen olduğu bildirilen *Pectobacterium* spp.’de atipik izolatların varlığı karşılaşılabılır bir durumdur (Duarte ve ark., 2004; Pitman ve ark., 2008). Çalışmada elde edilen S9, S10, S26 ve S27 izolatları sadece Y1/Y2 primerleri ile sonuç vererek *Pectobacterium* spp. olarak tanılanmıştır. Diğer tanı primerleri ile sonuç elde edilemeyen bu izolatlardan S26 ve S27 izolatları 39°C gelişme gösterirken tütünde aşırı duyarlık oluşturamamışlardır. Atipik izolatların daha sonraki çalışmalarda korunmuş gen bölgelerine dayalı sekans analizleri yapılarak tür tanımlarının yapılması planlanmaktadır (Cigna ve ark., 2017; Nabhan ve ark., 2012b; Pasanen ve ark., 2013).

4. Sonuç

Bu çalışma ile farklı illerde depolandıktan sonra tüketime sunulmak amacıyla Yozgat Merkez ilçesi ve Kırşehir Kaman ilçesine getirilen patates yumrularında *Pectobacterium* izolatlarının varlığı belirlenmiştir. *Pectobacterium* izolatlarının toprak, sulama suyu, akarsu, gölet ve deniz suyu gibi çevresel örnekler ile böcek larva ve pupalarında yaşamını sürdürebildiği bildirilmektedir. Yumrulardaki enfeksiyon kaynağı olan bakteriyel etmenlerin çevresel bulaşmalara neden olduğu anlaşılmaktadır (Perombelon, 1992; Agrios, 2005; Czajkowski ve ark., 2015; Rossmann ve ark., 2018). Yumuşak çürüklük belirtileri gösteren yumruların kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırıldığı, latent enfekteli yumruların bir süre sonra çürüme belirtilerini göstermesi nedeniyle market değerini yitirerek diskalifiye edildiği gözlemlenmiştir. *P. carotovorum* izolatları farklı konukçularda hastalığa neden olabilmektedir. Özellikle *P. carotovorum* etmeni ile enfekteli latent yumruların patates üretimi yapılmayan hastalıktan ari bölgelere nakledilmesi nedeniyle farklı konukçu bitkilerin üretiminde verim ve kalite kayıpları yaşanabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 6602c-ZF/18-237).

Kaynakça

- Adeolu, M., Alnajjar, S., Naushad, S., Gupta, R. S. (2016). Genome-based phylogeny and taxonomy of the 'Enterobacteriales': proposal for Enterobacteriales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganeliaceae fam. nov., and Budviciaceae fam. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12): 5575-5599.
- Agrios, GN. (2005). Plant diseases caused by prokaryotes. Bacteria and Mollicutes. *Plant Pathology*. 5th ed.
- Aksoy, H.M., Kaya, Y., Ozturk, M., Secgin, Z., Onder, H., Okumus, A. (2017). *Pseudomonas putida*-Induced response in phenolic profile of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) infected by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Biological Control*, 105: 6-12.
- Anonim, (2020). Tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü (TEPGE), ürün raporu, patates, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepage/Belgeler/PDF%20%C3%9C%3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2020%20%C3%9C%3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Patates%20%C3%9C%3%BCn%20Raporu%202020-326%20TEPGE.pdf>. (Erişim tarihi: 20.04.2021)
- Arioğlu, H., Çalışkan, M.E., Onaran H. (2010). Türkiye'de Patates Üretimi, Sorunları ve Çözüm Önerileri. IV. Ulusal Patates Kongresi, Niğde. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-28683-5.pdf>
- Aysan, Y., Mirik, M., Saygili, H., Sahin, F. (2004). New symptoms of tomato soft rot diseases in Turkey. In: *I International Symposium on Tomato Diseases 695* (pp. 291-294).
- Basım, H., Basım, E., Bakı, D., Turgut, A. (2019). Wet rot disease of banana (*Musa* sp.) caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Turkey. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(2): 174-187.
- Baştaş, K.K., Hekimhan, H., Maden, S., Tör, M. (2009). First report of bacterial stalk and head rot disease caused by *Pectobacterium atrosepticum* on sunflower in Turkey. *Plant Disease* 93(12): 1352-1352.
- Benlioğlu, K. (1991). Bolu, Nevşehir ve Niğde illerinde patates üretim alanlarında *Erwinia* spp.'nin yaygınlık oranları, tanılanması ve inokulum kaynakları üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İzmir
- Benlioğlu, K., Öktem Y.E., Özakman M (1991). Bacterial diseases of potatoes in the major potato-growing areas in Turkey. *EPPO Bulletin* 21(1): 67-72.
- Boyras, N., Bastas K.K., Maden S., Yasar A. (2006). Bacterial leaf and peduncle soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* on tulips in Konya, Turkey. *Phytoparasitica* 34(3): 272-280.
- Bozkurt, İ.A., Soylu, S. (2019). Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter*'e karşı epifit ve endofit bakteri izolatlarının antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16:348-361.
- Cetinkaya-Yildiz R, Mirik M, Aysan Y, Kusek M, Sahin F. (2004). An outbreak of bacterial stem rot of *Dieffenbachia amoena* caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Plant Disease* 88(3): 310-310.
- Cigna, J., Dewaegeneire, P., Beury, A., Gobert, V., Faure, D. (2017). A *gapA* PCR-sequencing assay for identifying the *Dickeya* and *Pectobacterium* potato pathogens. *Plant disease*, 101(7): 1278-1282.
- Charkowski, A., Sharma, K., Parker, M. L., Secor, G. A., Elphinstone, J. (2020). Bacterial diseases of potato. *The Potato Crop*, 351-388.
- Czajkowski, R., Perombelon, M. C., van Veen, J. A., van der Wolf, J. M. (2011). Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant pathology*, 60(6): 999-1013.
- Czajkowski, R., De Boer, W. J., Van der Zouwen, P. S., Kastelein, P., Jafra, S., De Haan, E. G., Van der Wolf, J. M. (2013). Virulence of *Dickeya solani* and *Dickeya dianthicola* biovar-1 and -7 strains on potato (*Solanum tuberosum*). *Plant Pathology*, 62(3): 597-610.
- Czajkowski, R., Pérombelon, M. C. M., Jafra, S., Lojkowska, E., Potrykus, M., Van Der Wolf, J. M., Sledz, W. (2015). Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, 166(1): 18-38.
- Darrasse A, Priou S, Kotoujansky A, Bertheau Y (1994). PCR and restriction fragment length polymorphism of a *pel* gene as a tool to identify *Erwinia carotovora* in relation to potato diseases. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(5): 1437-1443.
- De Boer, S.H., Li, X., Ward, L.J. (2012). *Pectobacterium* spp. associated with bacterial stem rot syndrome of potato in Canada. *Phytopathology*, 102(10): 937-947.
- De Haan, E.G., Dekker-Nooren, T.C., van den Bovenkamp, G.W., Speksnijder, A.G., van der Zouwen, P.S., van der Wolf, J.M. (2008). *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* can cause potato blackleg in temperate climates. *European Journal of Plant Pathology*, 122(4): 561-569.
- Dees, M.W., Lebecka, R., Perminow, J. I. S., Czajkowski, R., Motyka, A., Zoledowska, S., Brurberg, M. B. (2017). Characterization of *Dickeya* and *Pectobacterium* strains obtained from diseased potato plants in different climatic conditions of Norway and Poland. *European Journal of Plant Pathology*, 148(4): 839-851.
- Duarte, V., De Boer, S. H., Ward, L. J., De Oliveira, A. M. R. (2004). Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of applied microbiology*, 96(3): 535-545.

- Du Raan, S., Coutinho, T. A., Van der Waals, J. E. (2016). Cardinal temperature differences, determined in vitro, between closely related species and subspecies of pectinolytic bacteria responsible for blackleg and soft rot on potatoes. *European Journal of Plant Pathology*, 144(2): 361-369.
- Frechon, D., Exbrayat, P., Helias, V., Hyman, L.J., Jouan B, Llop, P., Lopez, M.M., Payet N., Perombelon, M.C.M., Toth, I.K., van Beckhoven, J.R.C.M., van der Wolf JM, Bertheau Y. (1998). Evaluation of a PCR kit for the detection of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on potato tubers. *Potato Research*, 41(2): 163-173.
- Gardan, L., Gouy, C., Christen, R., Samson, R. (2003). Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavascularum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53(2): 381-391.
- Kang, H.W., Kwon, S.W., Go, S.J. (2003). PCR-based specific and sensitive detection of *Pectobacterium carotovorum* ssp. *carotovorum* by primers generated from a URP-PCR fingerprinting-derived polymorphic band. *Plant pathology*, 52(2): 127-133.
- Khayri, S., Cigna, J., Chong, T.M., Quêtu-Laurent, A., Chan, K.G., Hélias, V., Faure, D. (2016). Transfer of the potato plant isolates of *Pectobacterium wasabiae* to *Pectobacterium parmentieri* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12): 5379-5383.
- Kılıç M., Mirik, M., Aysan Y. (2012). Süs bitkilerinde yumuşak çürüklük etmeni *Erwinia* türleri ve alttürlerinin moleküler tanısı. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27:77-91.
- Klement, Z. (1990). Tobacco (HR) test for the quick demonstration of pathogenicity. *Methods in Phytobacteriology*. Klement, Z., Rudolph, K., and Sands, DC, eds. *Akadémiai Kiadó, Budapest*, 101-102.
- Lelliott, R.A., Stead, D.E. (1987). *Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK. pp.216.
- Łojkowska, E., Kelman, A. (1994). Comparison of the effectiveness of different methods of screening for bacterial soft rot resistance of potato tubers. *American Potato Journal*, 71(2): 99-113.
- Ma, B., Hibbing, M. E., Kim, H. S., Reedy, R. M., Yedidia, I., Breuer, J., Charkowski, A. O. (2007). Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology*, 97(9): 1150-1163.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Foster, G.D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(6): 614-629.
- Motyka-Pomagruk, A., Zoledowska, S., Sledz, W., Lojkowska, E. (2021). The occurrence of bacteria from different species of *Pectobacteriaceae* on seed potato plantations in Poland. *European Journal of Plant Pathology*, 159(2): 309-325.
- Nabhan, S., De Boer, S. H., Maiss, E., Wydra, K. (2012a). Taxonomic relatedness between *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *odoriferum* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* subsp. nov. *Journal of Applied Microbiology*, 113(4): 904-913.
- Nabhan, S., Wydra, K., Linde, M., Debener, T. (2012b). The use of two complementary DNA assays, AFLP and MLSA, for epidemic and phylogenetic studies of pectolytic enterobacterial strains with focus on the heterogeneous species *Pectobacterium carotovorum*. *Plant Pathology*, 61(3): 498-508.
- Nabhan, S., De Boer, S. H., Maiss, E., Wydra, K. (2013). *Pectobacterium aroidearum* sp. nov., a soft rot pathogen with preference for monocotyledonous plants. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 63(7): 2520-2525.
- Öner, E. K., Aytaç, S. (2016). Bafra koşullarında turfanda patates (*Solanum tuberosum* L.)'te Dikim zamanları ve yumru ön uygulamalarının verim ve verim kriterlerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2): 184-194.
- Ozturk, M., Aksoy, H.M., Ozturk, S., Potrykus, M., Lojkowska, E. (2016). First report of potato blackleg and soft rot caused by *Pectobacterium wasabiae* in Turkey. *New Disease Reports* 34(17): 2044-0588.
- Öztürk, M. (2017). Orta Karadeniz bölgesinde patatesten sorun olan *Pectobacterium* ve *Dickeya* spp. bakteriyel etmenleri üzerine araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Ozturk, M., Aksoy, H. M., Potrykus, M., Lojkowska, E. (2018). Genotypic and phenotypic variability of *Pectobacterium* strains causing blackleg and soft rot on potato in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 152(1): 143-155.
- Oztürk, M., Eroğlu, Z., Soylu S. (2019). First report of *Pectobacterium betavascularum* associated with bacterial vascular necrosis and root rot disease of sugar beet in Turkey. *New Disease Report*, 39: 20
- Öztürk, M., Soylu, S. (2022). Yozgat ili beyaz baş lahana üretim alanlarında bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığına neden olan *Pectobacterium* izolatlarının tanımlanması. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (3):495-503.
- Öztürk, M. (2022). First report of *Pectobacterium polaris* causing blackleg disease on potato plants in Turkey. *Journal of Plant Pathology* : (in press) <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01111-4>
- Panda, P., Fiers, M. A. W. J., Armstrong, K., Pitman, A. R. (2012). First report of blackleg and soft rot of potato caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* in New Zealand. *New Disease Report*, 26(15): 2044-0588.

- Pasanen, M., Laurila, J., Brader, G., Palva, E. T., Ahola, V., Van Der Wolf, J., Pirhonen, M. (2013). Characterisation of *Pectobacterium wasabiae* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* isolates from diseased potato plants in Finland. *Annals of Applied Biology*, 163(3): 403-419.
- Pérombelon, M.C.M. (1992). Potato blackleg: epidemiology, host-pathogen interaction and control. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 98(2): 135-146.
- Pérombelon, M.C.M. (2002). Potato diseases caused by soft rot Erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant pathology*, 51(1): 1-12.
- Pitman, A. R., Wright, P. J., Galbraith, M. D., Harrow, S. A. (2008). Biochemical and genetic diversity of pectolytic enterobacteria causing soft rot disease of potatoes in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 37(6): 559-568.
- Pitman, A. R., Harrow, S. A., Visnovsky, S. B. (2010). Genetic characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing soft rot disease of potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology*, 126(3): 423-435.
- Potrykus, M., Sledz, W., Golanowska, M., Slawiak, M., Binek, A., Motyka, A., Lojkowska, E. (2014). Simultaneous detection of major blackleg and soft rot bacterial pathogens in potato by multiplex polymerase chain reaction. *Annals of Applied Biology*, 165(3): 474-487.
- Potrykus, M., Golanowska, M., Sledz, W., Zoledowska, S., Motyka, A., Kolodziejska, A., Lojkowska, E. (2016). Biodiversity of *Dickeya* spp. isolated from potato plants and water sources in temperate climate. *Plant Disease*, 100(2): 408-417.
- Rossmann, S., Dees, M. W., Perminow, J., Meadow, R., Brurberg, M. B. (2018). Soft rot Enterobacteriaceae are carried by a large range of insect species in potato fields. *Applied and environmental microbiology*, 84(12): e00281-18.
- Samson, R., Legendre, J. B., Christen, R. Fischer-Le Saux, M., Achouak W., Gardan L. (2005). Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al., 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 1415-1427.
- Schaad, N.W., Jones, J.B., Chun, W. (2001). *Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria* (No. Ed. 3). American Phytopathological Society (APS Press).
- Skelsey, P., Humphris, S.N., Campbell, E.J., Toth, I.K. (2018). Threat of establishment of non-indigenous potato blackleg and tuber soft rot pathogens in Great Britain under climate change. *PLoS one*, 13(10): e0205711.
- Soylu, E.M., Soylu, S., Kara, M., Kurt, Ş. (2020). Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı verimkomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 23: 7-18.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş. Soylu, E.M., Üremiş, İ., Sertkaya, E., Bozkurt, İ.A., Öztürk, M. (2022). Amik ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerin belirlenmesi. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 25: (baskıda) <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1015936>.
- Samancı, B., Özkaynak, E., Çetin, M. D. (2003). Antalya koşullarında turfanda patates (*Solanum tuberosum* L.) yetiştiriciliğinde bazı çeşitlerin verim ve verim ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1): 27-33.
- Toth, I. K., Van Der Wolf, J. M., Saddler, G., LOjkowska, E., Hélias, V., Pirhonen, M., Elphinstone, J.G. (2011). *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant pathology*, 60(3): 385-399.
- Tsrer L., Erlich O., Lebiush S., Hazanovsky M., Zig U., Slawiak M., Grabe G., Van Der Wolf J. M., Van De Haar J. J. (2009). Assessment of recent outbreaks of *Dickeya* sp.(syn. *Erwinia chrysanthemi*) slow wilt in potato crops in Israel. *European Journal of Plant Pathology* 123: 311-320.
- Ustun, N., Arslan, N. (2016). Bacterial stem rot of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Turkey. *Journal of Plant Pathology* 98: 91.
- Van der Wolf, J.M., De Haan, E.G., Kastelein, P., Krijger, M., De Haas, B. H., Velvis, H., Van Der Zouwen, P. S. (2017). Virulence of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* on potato compared with that of other *Pectobacterium* and *Dickeya* species under climatic conditions prevailing in the Netherlands. *Plant Pathology*, 66(4): 571-583.
- Waleron M., Waleron K., Podhajska A.J., Lojkowska E. (2002) Genotyping of bacteria belonging to the former *Erwinia* genus by PCR-RFLP analysis of a recA gene treatment. *Microbiology*, 148: 583-595.
- Waleron, M., Waleron, K., Lojkowska, E. (2013). Occurrence of *Pectobacterium wasabiae* in potato field samples. *European Journal of Plant Pathology*, 137: 149-158.
- Yüzbaşıoğlu, E.G., Aysan, Y. (2021). Farklı konukçu bitkilerden izole edilen *Agrobacterium tumefaciens* izolatlarının fenotipik ve genotipik karakterizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (2): 247-259.
- Zoledowska, S., Motyka, A., Zukowska, D., Sledz, W., Lojkowska, E. (2018). Population structure and biodiversity of *Pectobacterium parmentieri* isolated from potato fields in temperate climate. *Plant disease*, 102(1): 154-164.


Harran Ovasında Çiftçi Sulamalarının Bazı Performans Göstergeleri

Some Performance Indicators of Farmer Irrigation in Harran Plain

Bariş BAHÇECİ**Öz**

Bu çalışmada, Harran Ovasında rastgele seçilen çiftçi sulamaları izlenerek, tarla eğimleri, akış debileri, tarla sulama uzunlukları, Christiansen tekdüzelik katsayısı (CU) ve dağılım türdeşliği (DU), derine süzülme oranı (DP_R), su uygulama randımanı (E_a), sulama yeterliliği (I_a), su ihtiyacı verimliliği (E_r), kuyruk suyu oranı (TW_R) belirlenmiştir. Sulamalarda tarlaların büyük bölümleri yetersiz su alırken akış debilerinin büyüklüğü ve sulama sürelerinin sulamacının deneyimine göre tahmin edildiği gözlenmiştir. Border sulamalarında üç karıktan oluşan şeritler teşkil edilmektedir. Su önu karık veya borderde tarla sonuna geldiğinde su kesilmekte ve gündüz sulamalarında genellikle kuyruk suyu oluşmamaktadır. Çiftçi sulamalarında mevcut nem dikkate alınmadığı, sulama yapılırken, arazi tesviyesinin yüzey sulaması için genellikle yeterli olmadığı ve hatta aynı tarlada yer yer eğim farklılıklarının olduğu belirlenmiştir. Harran Ovasında sulama sisteminde aşırı su kayıplarının ana nedenlerinden biri ve belki de en önemlisinin kontrolsüz gece sulamaları olduğu görülmüştür. Sulama suyu ihtiyacının yoğun olduğu zamanlarda bile, sulama suyunun bütün gece doğrudan drenaj kanallarına akması bu görüşü doğrulamaktadır. Bazı sulamalarda tarlanın tamamının yetersiz sulandığı belirlenirken, E_a değeri %88 olan bir sulamada, arazinin yarısının aşırı, diğer yarısının ise yetersiz su aldığı belirlenmiştir. Tarla içi yüzey sulama uygulamalarında derine süzülme değerleri %9 ile 38 arasında değişirken, izlenen sulamalarda CU değerleri %66-96 aralığında bulunmuştur. Öte yandan, DU değerleri %46-85, sulama randımanları (E_a) %62-91 arasında bulunmuştur. Bu sulamalarda yüksek E_a değerleri, eksik sulamadan kaynaklanmıştır. Karık ve borderlerin sonunda, sulama suyunun açık drenaj kanallarına akmasını sınırlamak veya durdurmak için karık ve border sonları genellikle kapatılmaktadır. Gözlemler, tarla ve toprak özelliklerinin benzer olmasına rağmen, farklı karık/border uzunlukları kullanıldığını göstermiştir. Genel olarak tarla uzunluğu ile karık veya bordür uzunluğunun, yani sulama uzunluğunun eşit olduğu, sulama boylarının 108-570 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Sulama suyu fiyatı, su hacmine göre değil, alansal büyüklüğe ve ürün türüne bağlı olduğundan, özellikle denetimsiz gece sulamalarında aşırı miktarlarda sulama suyu denetimsiz bir şekilde drenaj kanallarına akmaktadır. Dolayısıyla yüksek su kayıpları oluşmakta, devasa miktarlarda su drenaj kanallarıyla tahliye edilirken, bir bölümü Harran Ovasının mansabındaki düşük kotlu arazilerde birikerek, yeraltı suyunun yükselmesine drenaj ve tuzlanma sorunlarının yaygınlaşmasına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Harran ovası, Yüzey sulama, Performans göstergesi, Sulama randımanı, Derine süzülme

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bariş Bahçeci, Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana.-mail: baris_bahceci@hotmail.com  ORCID: 0000-0002-9693-0653.

Atıf/Citation: B.Bahçeci. Harran Ovasında Çiftçi Sulamalarının Bazı Performans Göstergeleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 343-353.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

In this study, randomly selected farmer irrigations in the Harran plain were monitored, field slopes, flow rates, field irrigation lengths, Christiansen uniformity coefficient (CU) and distribution homogeneity (DU), deep percolation rate (DP_R), water application efficiency (E_a), irrigation efficiency (I_a), water requirement efficiency (E_r), tail water ratio (TW_R) were determined. It has been observed that large parts of the fields receive insufficient water during irrigation, the size of the flow rates and the irrigation times are estimated according to the experience of the irrigation. In border irrigations, strips consisting of three furrows have been formed. When the water reaches the end of the field in the furrow or border, the water is cut off and there is usually no tailwater in daytime irrigation. moisture deficit in the soil is not taken into account in irrigation. During irrigation, it has been determined that the land levelling is generally not sufficient for surface irrigation and there are even slope differences in the same field. It has been observed that one of the main and perhaps the most important causes of excessive water losses in the irrigation system in the Harran Plain is uncontrolled night irrigations. Even when the need for irrigation water is intense, the fact that the irrigation water flows directly into the drainage channels all night confirms this view. In some irrigations, it was determined that half of the land was over-irrigated and the other half received insufficient water. In the field surface irrigation applications, the deep infiltration values varied between 9 and 38%, while CU values were found in the range of 66-96% in all irrigations monitored. On the other hand, while DU values generally vary between 46 and 85%, irrigation efficiency (E_a) varies between 62-91%, it is understood that high E_a values are due to incomplete irrigation. At the end of furrows and borders are usually had been closed to limit or stop irrigation water from flowing into open drainage channels. Observations have shown that although field and soil characteristics are similar, different furrow/border lengths are used. In general, it was observed that the length of the field and the length of the furrow or border were equal, and the irrigation lengths vary between 108-570 m. Since the price of irrigation water depends on the areal size and product type, not the water volume, a lot of water have been flowing into the drainage channels in an uncontrolled manner, especially in uncontrolled night irrigations. Therefore, high water losses occur, while huge amounts of water are discharged through drainage channels, some of it accumulates in the low-lying lands downstream of the Harran plain, causing groundwater to rise and drainage and salinization problems become widespread.

Keywords: Harran plain, Surface irrigation, Performance indicators, Irrigation efficiency, Deep percolation

1.GİRİŞ

Yüzey sulama yöntemi, dünyadaki sulanan alanların %83'ünden fazlasını kapsayan en eski ve en yaygın yöntemdir. Yüzey sulama, binlerce yıl boyunca geliştirilen geleneksel sistemleri, mekanize ve genellikle otomatikleştirilmiş su uygulamalarını ve hassas arazi düzenlenmesini benimseyen modern sistemleri kapsar (Pereira ve Gonçalves, 2018).

Yüzey sulama, işletimi basit olmasına rağmen fazla su kayıpları nedeniyle diğer tüm sulama sistemleri arasında daha fazla dikkat edilmesi gereken bir sistemdir. Yüzey sulamanın kullanımını destekleyen ve sınırlayan birçok etmen vardır. Düşük infiltrasyon hızlarına sahip düz arazilere gereksinim duyan bu yöntemin uygulanması basittir. Sistem, kanal ve düşük basınçlı boru sistemleri ile su iletimi ve dağıtımını sağlar. Düşük sermaye yatırımı ile düşük enerji gereksinimi gibi olumlu özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Kanber, 1997; USDA-SCS,1983).

Yöntemin en önemli sınırlamaları, arazide yüksek ve değişken infiltrasyon hızı, arazi tesviye gereksinimleri, sabit bir su giriş hızını kontrol etme ihtiyacı, sulama sırasında sulama süresinin toprak su açığı ile eşleştirilmesindeki zorluklar, mekanize veya otomatik su uygulaması ile dağıtımındaki zorluklardır.

Yaklaşık 150 bin hektarlık düz arazilere sahip Harran Ovası sulaması, yüzey sulama sistemiyle Türkiye'nin en büyüklerinden biridir. Ancak ova topraklarının infiltrasyon hızları yüksektir (Karaata, 1991). Son yıllarda özellikle aşırı su kayıpları yanında ovanın mansabı başta olmak üzere, değişik yerlerde ortaya çıkan drenaj ve tuzlanma sorunları, sulamanın sürdürülebilirliği ve çevre üzerindeki etkileri konusunda kuşkulara neden olmaktadır.

Düz arazilerde karık, uzun tava (border) veya tava gibi yüzey sulama yöntemleri uygulanır. Yüzey sulamada derine süzülme kayıplarını en aza indirmek için, sulama suyunun mümkün olan en kısa sürede, erozyona neden olmadan, karık, border veya tavanın alt ucuna ulaşması gerekir. Böylece tüm tarla boyunca infiltrasyon fırsat süresi eşit olur.

İnfiltrasyon hızlarının yer ve mevsime bağlı yüksek değişkenliği nedeniyle sulama verimliliği önemli ölçüde azalır (Linderman ve Stegman, 1971; Viera ve ark., 1981; Shafique ve Skogerboe, 1983; Ley ve Clyma, 1981; Jaynes ve Clemmens, 1986). Anthony (1995), yüksek kil içeriğine sahip toprakların, kök bölgesi altına, yani derine sızma kayıplarının daha düşük olması nedeniyle, yüzey sulama yöntemleri için daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Yüzey sulama performansları üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Criddle ve ark., 1956; Jensen ve Howe, 1965; Hart ve ark., 1980; ASAE,1994). Şener ve ark., (2007), Hayrabolu sulama sisteminde sulama oranı ve sürdürülebilir sulama alanı olarak değerlendirilen fiziksel performans değerini, zayıf olarak belirlemiştir. Şener ve Kurç, (2012) sulama şebekelerinin yanlış, yetersiz ve uygun olmayan bir şekilde yönetilmeleri nedeniyle, beklenen düzeyde fayda sağlanamadığına değinirken, Horst ve ark., (2005) Aral Gölü Havzasında sulama performansını belirlemek için yaptıkları çalışmada en iyi performanslar, sırasıyla %80 ve %83'e kadar yüksek E_a ve DU üreten ve 1.8 l s^{-1} giriş debisi olan alternatif uzun oluklar için elde edildiğini ve 200'den 300 mm'ye kadar mevsimsel su tasarrufu sağladığını, Azmi ve Sarmadi, (2012), Sistem Dinamik yaklaşımını kullanarak yüzey sulama sistemi performansını değerlendirmiş ve uygulama randımanını tasarım değişkenleri ile iyi bir ilişki içinde olduğunu ve yeraltı sularında derine sızma ve sulamanın kirlenmesini değerlendirirken kullanılacak en önemli parametre olduğunu bildirmişlerdir.

Sulama verimliliğini artırmak için araziye sulamaya hazırlamanın yanı sıra yüzey sulamada farklı akış modelleri kullanılmaktadır. Yüzey sulama karıklarında azalan su uygulama oranlarının sulama randımanı açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Kanber ve ark., 2001).

Yapılan gözlemlere göre Harran Ovasının yaklaşık %90'ında yüzey sulama yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Ovada en yaygın yüzey sulama yöntemi sürekli akışlı karık ile üç karıktan oluşan uzun tava yöntemidir. Bu çalışmada, rastgele seçilmiş çiftçi tarlalarında sulama uygulamaları izlenerek bazı performans göstergeleri belirlenmiştir. Böylece sistem performansının düşmesine neden olan etmenlerin ortadan kaldırılması ile sistem performansının geliştirmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma yeri

Çalışma alanı, Harran Ovası olup, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almakta olup, konumu 36.90 enlem ve 39.01 boylam olarak haritada gösterilmektedir. Ova kuzeyinde Şanlıurfa ve Germüş dağları, güneyinde Türkiye-Suriye devlet sınırı, doğusunda Tekttek Dağları, batısında Fatik Dağları ile çevrilmiştir. En geniş yeri güneyde 60 km, en dar yeri ortada, Tekttek Dağları ile Fatik Dağları arasında 30 km, uzunluğu kuzey-güney yönünde yaklaşık 65 km'dir. Topoğrafik yapı yönünden genel olarak düz ya da düze yakındır. Eğim %0-2 arasında olup, yaklaşık 500 m yüksekliğinden, Suriye sınırına doğru 335 m'ye kadar düşmektedir. Toplam alanı 225 000 ha olup, öngörülen sulama alanı 151 000 ha'dır (DSİ, 2004). Ovanın deniz seviyesinden yüksekliği 335-460 m arasında değişmekte olup, yüksek tuzlanma riski olan yaklaşık 20.000 hektarlık arazi vardır.

2.1.2. Toprak özellikleri

Harran Ovası, alüviyal ana materyale, düz ve düze yakın eğime, derin topraklara sahiptir. Tipik kırmızı profilli ve kil bünyelidir. Tüm profil çok kireçli olup, aşağılara doğru artan yoğunlukta kireç cepleri içermektedir. Organik madde içeriği düşük, kanyon değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark., 1991). Ova topraklarının infiltrasyon hızları 12-116 mm h⁻¹ arasında değişmekte olup, genellikle yüksektir (Karaata, 1991).

2.1.3. İklim

Harran Ovası'nda kurak iklim koşulları hâkim olmakla birlikte, Akdeniz ikliminin etkisi de görülmektedir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve yağışlıdır. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Yıllık ortalama yağış 463.3 mm, ortalama sıcaklık 18.5°C'dir. Yazları sıcak ve kurak geçen bölgenin en sıcak ayının (Temmuz) ortalaması 38.8°C olarak ölçülmüştür ve açık su yüzeyinden buharlaşması 1850 mm'dir. Yağışların %56'sı kış, %30'u ilkbahar, %13'ü sonbahar ve %1'i ise yaz mevsiminde düşmektedir (DMİ, 2015).

2.2. Yöntem

Sulama performans değerlendirmesi, sulama uygulamalarına (sulama süresi ve miktarları) hiçbir etki olmadan arazi koşullarında yapılmıştır. Değerlendirmeler, akış hızı (kesik boğaz savak kullanılarak), karıkların genişliği ve uzunluğu (şerit metre ile), tarla eğimi (nivo ile), sulama aralığı, infiltrasyon hızları ve toprağın bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Sulama izlemeleri ve değerlendirmeleri, herhangi bir tercih veya ayırım gözetmeksizin rastgele seçilen 9 tarlada, pamuk sulamalarının yapıldığı Temmuz-Ağustos aylarında yapılmıştır.

2.2.1. Tarla içi sulama performans göstergeleri

$$\text{Tarla içi sulama randımanı; } E_a = \left[\frac{(SMD)(s) + Z_i(L-s)}{(L)(D_{app})} \right] \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlik (Eş.1)'de, E_a , uygulama randımanı, %; SMD, toprak nem açığı, mm; L, sulanan karık uzunluğu, m; s, toprak nem açığına eşit infiltrasyonun olduğu karık uzunluğu, m; Z_i , yetersiz sulamanın yapıldığı alanda infiltre olan ortalama su derinliği, mm; D_{app} , karığa uygulanan su derinliği, mm'dir.

$$\text{Tekdüzelik katsayısı; } CU = 100 \left(1.00 - \frac{\sum |d|}{\bar{x}.n} \right); \quad d = |x - \bar{x}| \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlik (Eş.2)'de n, ölçüm sayısı, x, istasyonlarda ölçülen sızan su ve ortalama sızan su derinliği ve d, ölçümler arasındaki farktır.

$$\text{Dağılım üniformitesi, } DU_a = 100 \frac{\bar{X}_{lq}}{\bar{X}} \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlik (Eş.3)'de DU_a , tarlanın en düşük su alan çeyreğindeki ortalama infiltre olan su derinliğinin, tüm tarladaki ortalama su derinliğine bölünmesi ile hesaplanabilir (Kamber ve ark., 2003; Pereira ve ark., 2012).

\bar{X}_{1q} Ölçülen tüm sızma miktarlarının düşük çeyreği, \bar{X} ölçülen sızma miktarlarının genel ortalamasıdır.

$$\text{Derine sızma oranı, } DP_r = 100 \left[\frac{s(Z_{za} - SMD)}{(L)(D_{app})} \right] \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlik (Eş.4)'de DP_r , derine sızma oranı, %; Z_{za} , toprak nem açığından daha fazla su alan arazi kesiminde infiltre olan ortalama su derinliği, mm veya cm^3 'tür.

Uygulanan ve gerekli olan sulama suyu derinlikleri arasında fark olduğunda derine sızma kayıpları 4 no'lu eşitlik ile hesaplanmıştır (Kanber, 2003; Pereira ve ark, 2012).

Sulama yeterliliği (I_a), Karık boyunca kök bölgesinde depolanan su, arazinin ne kadarının yeterli su aldığını belirler.

$$\text{Su ihtiyacı verimliliği, } E_r = 100 \left[\frac{(SMD)(s) + Z_i(L - s)}{(L)(SMD)} \right] \quad (\text{Eş. 5})$$

Eşitlik (Eş.5)'de E_r , kök bölgesinde depolanan su ile kök bölgesinin potansiyel su depolama kapasitesi arasındaki orandır.

$$\text{Kuyruk suyu oranı, } TW_R = 100 \frac{D_{TW}}{D_{app}} \quad (\text{Eş. 6})$$

Eşitlik (Eş.6)'da, TW_R , yüzey akış oranı, %; D_{TW} , yüzey akışla araziye terk eden sulama suyu eşdeğer derinliği, mm'dir.

Tarla sonundaki yüzey akışından kaynaklanan sulama sisteminden kaynaklanan kayıplar kuyruk suyu oranında belirtilir.

2.3. Ölçümler ve işlemler

Sulama uygulamaları üzerinde araştırmacı etkisi olmaksızın, pamuk sulanırken tercih veya ayırım gözetmeksizin rastgele seçilen tarlalarda Temmuz-Ağustos aylarında yüzey sulama gözlem ve ölçümleri yapılmıştır. Sulama öncesi karık ve borderlerin eğimi, genişliği ve uzunluğu belirlenmiş, karık veya border girişine kesik boğaz savak yerleştirilmiş ve karık boyunca, sulama uzunluğu göz önüne alınarak 20-30 m aralıklarla istasyonlar oluşturulmuştur. Sulama süresince su akış debisi, suyun istasyonlara varış ve çekiliş zamanları, ilerleme ve çekilme süreleri kaydedilmiştir. Test yapılan arazinin infiltrasyon özellikleri border sulamalarında çift silindri infiltrometre ile karık sulamaları yapılanlarda ise, karığın 20. metresine ikinci bir savak konuşlandırılarak giren çıkan akış yöntemi ile belirlenmiştir.

2.3.1. İnfiltrasyon testlerinin değerlendirilmesi.

Border sulaması yapılan tarlalarda infiltrasyon hızları çift silindri infiltrometre ile belirlenirken (James, 1988); infiltrasyon eşitliğini elde etmek için zamana dayalı Kostiakov modeli kullanılmıştır.

$$Z = Kt^b \quad (\text{Eş. 7})$$

Eşitlik (Eş.7)'de Z , toprağa infiltre olan su derinliği (cm), t , infiltrasyon süresi (dak); K ve b , toprak hidrolik katsayılarıdır.

İnfiltrasyon eşitliğinin katsayıları K ve a , regresyon teknikleri kullanılarak, K , katsayısı Walker ve Skogerboe (1987) yöntemi kullanılarak gerçek ortalama infiltrasyon derinliği ile düzeltilmiştir. Her testte, su önü ve arkası karık/border boyunca 30 metre aralıkla oluşturulan istasyonlara varış süreleri belirlenmiş ve akış debileri kesik-boğaz savaklarla ölçülerek, derinlik birimlerine dönüştürülmüştür (Kanber ve ark, 2003).

Karıklarda ve borderlerde giren ve çıkan su miktarındaki farkın toprağa sızdığı varsayılmıştır. Toprağa sızan suyun derinliğini (Z_{typ} mm), D_{avtyp} değerlerini belirlemek için 8, 9, 10 ve 11 no'lu eşitlikler kullanılmıştır.

Test yapılan her tarlanın her istasyonundaki derine süzülme, infiltrasyon fırsat süresi için süzülen derinlikler arasındaki farktan hesaplanmıştır (Walker, 1989; Walker ve Skogerboe, 1987; Kanber ve ark, 2003).

$$\bar{Z}_a = \frac{V_{ap} - V_{out}}{A} = D_a - D_{RF} \quad (\text{Eş. 8})$$

Karık ve border sonunda akış olmadığına, $D_a = Z_a$ ve

$$Z_{typ} = 1/n ((Z_1 + Z_n)/2) + Z_2 + \dots + Z_{n-1} \quad (\text{Eş. 9})$$

$$K_{adj} = D_{avtyp} / Z_a \quad (\text{Eş. 10})$$

$$Z_{adj} = K_{adj} (t)^b \quad (\text{Eş. 11})$$

Eşitliklerde; D_a infiltre olan su derinliği, D_{RF} yüzey akış mm, V_{ap} giren su miktarı, V_{out} çıkan su miktarı ve A alan, Z_a uygulanan su derinliğidir (mm). K_{adj} , D_{avtyp} ve Z_a ile düzeltilmiştir.

Sulama suyunun karıklar/borderlere göre dağılımı, her istasyonda karık/borderdeki infiltrasyon derinliklerini belirlemek için infiltrasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik 12 ile her istasyonda sızan su derinlikleri hesaplanmıştır.

$$Z = \frac{1}{n} \left(\frac{Z_1 + Z_n}{2} + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_{n-1} \right) \quad (\text{Eş. 12})$$

Z , her istasyonda infiltre olan su derinliği, mm, n , istasyon sayısıdır.

3.3. Sulamaların değerlendirilmesi

Örnek olarak 3 numaralı testte killi toprağa pamuk ekilen bir tarla yapılan sulama değerlendirilmesi verilmiştir. İnfiltrasyon testi sonunda belirlenen eşitlik,

$$Z_{typ} = 3.12 t^{0.53}, \text{ olup burada } K = 3.12; b = 0.53 \text{ tür.}$$

Ölçülen ilerleme (T_a) ve çekilme (T_r) verileri ile çizilen grafikten her istasyondaki net infiltrasyon süreleri $T_n = T_r - T_a$ eşitliği ile hesaplanmıştır (Kanber, 2003).

1. istasyonda $T_n = 135$ dakika olup infiltre olan su derinliği;

$$Z_{1typ} = 3.12 \times 153^{0.53} = 42 \text{ mm bulunmuştur.}$$

İstasyon 2'de

$Z_{2-typ} = 3.12 \times 153^{0.53} = 44.88$ mm olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde her istasyon için infiltre olan su derinlikleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar *Tablo 1*'de verilmiştir.

Daha sonra eşitlik 10 kullanılarak, hesaplanan sızma değerleri (Z_{adj}) düzeltilmiştir (Kanber, 1997; 2003). Toplam sızan sulama suyu miktarının, tarlalara giren su miktarı ile drenaj kanallarına akan miktar arasındaki fark olduğu varsayılmıştır.

Tablo 1. 3 numaralı test alanı için hesaplanan sulama parametreleri

Table 1. Calculated irrigation parameters for test field no:3

Uzunluk m	T_{adv} dak	T_r dak	T_n dak	Z_{typ} mm	Z_{adj} mm	Z_{req} mm
0	0	135	135	42.00	76.73	120
30	12	165	153	44.88	81.99	120
60	15	169	142	43.14	78.81	120
90	21	175	127	40.66	74.28	120
120	17	182	117	38.93	71.12	120
150	16	187	106	36.95	67.50	120
180	16	197	100	35.82	65.44	120
210	13	205	95	34.86	63.69	120
240	16	215	89	33.68	61.52	120

$D_a = V_{in} - V_{out} / A$ eşitliği kullanılarak, $D_a = 95.7$ mm bulunmuştur.

Daha sonra aşağıdaki adımlar yinelenmiştir.

$$D_{avtyp}=Z_{typ} = 1 / n ((Z_1 + Z_n) / 2) + Z_2 + \dots + Z_{n-1}) = 52.37 \text{ mm}$$

Karık sonunda akış olmadığından, ($D_a = Z_a$), alınmıştır.

$$D_a = 95.7 - 0 = 95.7$$

$$K_{adj} = D_{avtyp} / Z_a = 95.7 / 52.37 \times 3.12 = 5.70$$

Eşitlik 11'de hesaplanan Z_{adj} ve Çizelge 2'deki infiltrasyon süreleri (T_n) kullanılarak tüm istasyonlar için infiltre olan sulama suyu derinlikleri yeniden hesaplanmıştır. Örneğin 120. metredeki istasyonda $t_n=117$ dakika olduğundan infiltre olan sulama suyu derinliği,

$$Z_{adj} = 5.70 \times t^{0.53} \text{ kullanılarak, } Z_2 = 71.12 \text{ mm bulunmuştur.}$$

İşlem tüm istasyonlar için yinelenerek, infiltre olan sulama suyu derinlikleri hesaplanmış ve *Tablo 2*'de verilmiştir.

2.3.2. Su ihtiyacının kestirimi

Temmuz ve ağustos aylarında, Harran Ovasında pamuğun günlük maksimum su tüketiminin 10.6 mm olduğu (Karaata, 1991) ve 12-15 günde bir sulama yapılacağı göz önüne alınarak, her sulamada su ihtiyacının 120 mm olacağı öngörülmüştür. Diğer taraftan, pamuğun etkili kök bölgesi 120 cm ve ova topraklarının elverişli neminin ortalama 300 mm olduğu ve toprak neminin %40 seviyesinde sulama yapıldığı göz önüne alınarak, sulama suyu ihtiyacı (Z_{req}) 120 mm olarak alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ekim deseni ve sulama yöntemi

Harran Ovasının tamamına yakınında pamuk, buğday, arpa mısır ekilmekte olup, sebze ve meyve ve diğer tarım ürünlerinin ekim alanı çok düşüktür. İzlenen sulamalarda, karık veya border yönteminin uygulanmakta olduğu ve sulama uzunluklarının (karık ve border) 108 m ile 570 m arasında değiştiği, ancak ova genelinde sulama uzunluklarının tarla boyu ile eşit olduğu söylenebilir. Yüzeysel akış miktarlarını sınırlamak için karık ve border sonları yükseltilerek kapatılmıştır (*Tablo 2*).

Sulanan tarlaların yüzeysel sulama için yeterince hazırlanmadığı, ince tesviye yapılmadığı görülürken, izlenen 9 sulama olayının biri dışında, test edilen tarlalardaki eğimler ortalama %0.05 ile 1.68 arasındadır. Ancak tarla içinde eğim değişkenliklerine ve ters eğimlere rastlanmaktadır (*Tablo 2*).

3.2. Akış debileri.

Test yapılan tarlalarda uygulanan birim akış debileri 2.19 ile 3.10 l s⁻¹-m arasında değişmiştir (*Tablo 2*). Bu değerler, toprak bünyeleri ve tarla eğimleri için kabul edilebilir bir aralık içinde kabul edilmektedir (Kanber, 1997).

Tablo 2. Test yapılan tarlaların bazı fiziksel özellikleri

Table 2. Some of the physical characteristics of tested fields

Test no	Bünye	Sulama yöntemi	L, m	q, l s ⁻¹	q l s ⁻¹ -m	Max	Eğim, %	
							Min	Ortalama
1	C	B	340	6.50	3.10	1.17	0.20	0.68
2	C	K	200	1.54	2.20	0.78	0.14	0.25
3	C	B	240	6.50	3.10	0.51	0.20	0.31
4	C	K	270	1.53	2.19	3.00	-0.09	1.68
5	C	K	108	1.97	2.81	0.30	0.02	0.05
6	C	K	390	1.58	2.26	0.70	0.50	0.25
7	C	B	343	4.6	2.19	1.00	-0.40	0.38
8	C	B	570	5.93	2.82	0.40	-0.08	0.10
9	C	K	480	1.58	2.26	0.60	0.10	0.27

*B; border, K, karık, L, uzunluk, q, debi

3.3. Sulama performans göstergeleri

Elde edilen verilerle, yaklaşık olarak eşit sulama uzunluklarına sahip 3 sulama olayının grafikleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, Test 1'de, tüm tarlada aşırı sulama nedeniyle derine süzülme artmış ve E_a değeri %62'ye düşmüştür. Test 3'te, E_a değeri %88 iken, tarlanın tamamı yetersiz sulanmıştır. Yedi numaralı testte tarlanın yarısı aşırı sulanmış ve diğer yarısı yetersiz sulanmıştır (Şekil 1).

Tarla içi yüzey sulama uygulamalarında derine süzülme değerlerinin %9 ile 38 arasında değiştiği görülmüştür. Tüm test tarlaları için CU değerleri %66-96 aralığında bulunmuştur. Öte yandan, genel olarak DU değerleri %46 ile 85 arasında, sulama randımanları (E_a) %62-91 arasında değişirken, yüksek E_a değerlerinin, eksik sulamadan kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Sulama yeterliliği (I_a); bir sulamada tarlanın tamamının yeterli su aldığı, ancak derine süzülmenin en yüksek olduğu, 2 sulamada ise tarlaların tamamının yetersiz su aldığı, diğer sulamalarda sulama yeterliliğinin %20-60 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3).

Su ihtiyacı verimliliği; bir sulama olayı dışında E_r yetersiz bulunmuştur. Genellikle karık ve borderlerin menba kısmının aşırı, mansap kısımlarının eksik sulandığı belirlenmiştir.

Kuyruk suyu oranı; tarla sonunda karıklar ve borderlerin sonu kapalı olduğu için yüzey akışı ölçülmemiştir. Bu yüzden TW_r hesaplanmamıştır. Ancak ovada gece yapılan sulamalarda aşırı miktarda kuyruk suyunun drenaj kanallarına aktığı görülmüştür.

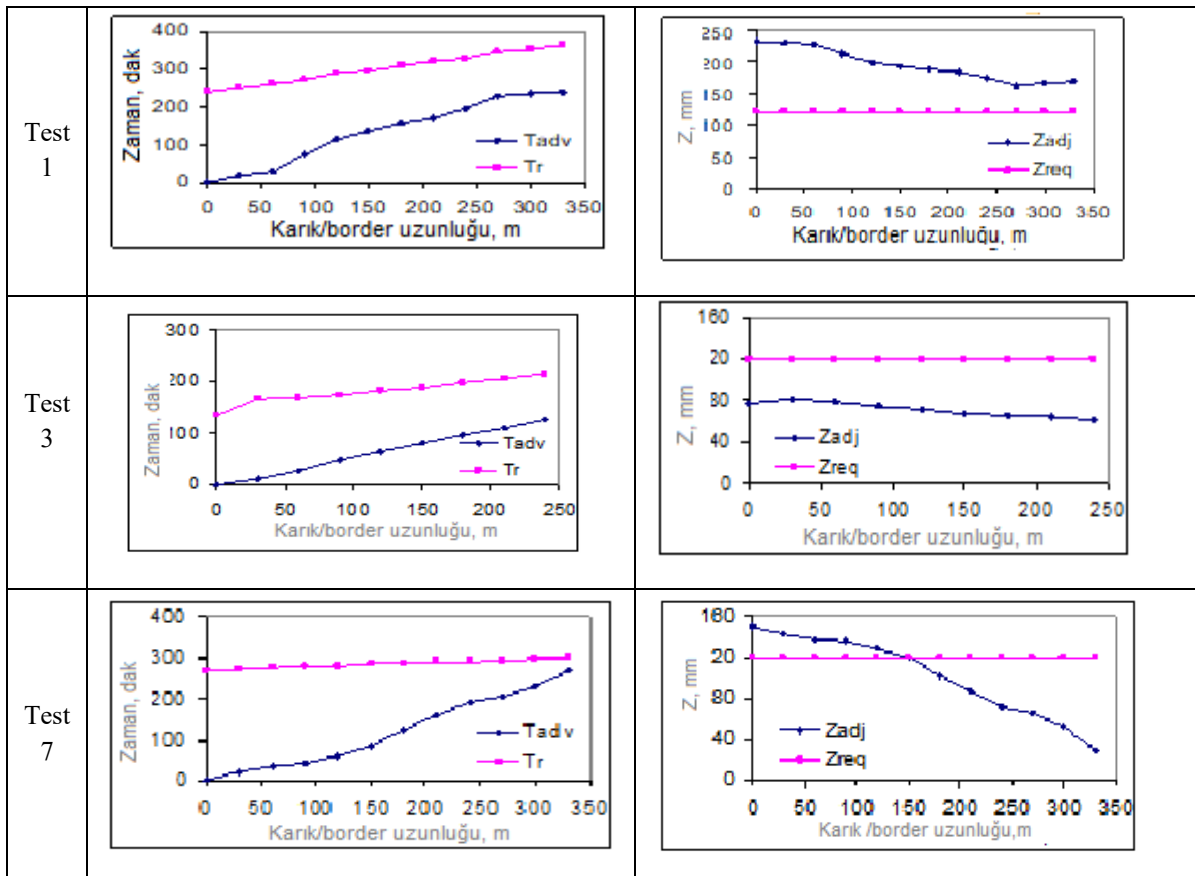


Figure 1. Examples of excessive, deficit and partially full and partially deficit irrigation applications
Şekil 1. Aşırı, eksik ve kısmen tam ve kısmen eksik sulama uygulamalarına örnekler

CU ve DU arasında pozitif yüksek bir korelasyona sahip bir ilişki bulunurken, sulama uzunlukları ile CU ve DU arasında ise olumsuz eğilimli ilişkiler bulunmuştur. Testlerden elde edilen değerlere göre karık ve border uzunluklarının artırılması, DU değerlerinde CU değerlerine göre daha yüksek düşüslere neden olmaktadır (Şekil 2).

Horst ve ark., (2005) Aral Gölü Havzasında 1.8 l s^{-1} giriş debisi olan alternatif uzun karıklar ile %80 ve %83'e kadar ulaşan yüksek E_a ve DU elde edildiğini belirtmiştir.

Karık veya border uzunluğu 150 m'yi aşarsa, CU ve DU değerlerindeki düşüşün önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Holzapfel ve ark. 2010). Sulama uzunluğundaki artış, arazinin son çeyreğinin yetersiz sulanmasına neden olmaktadır. Regresyon analizleri, bu çalışmada karık uzunluğu ile CU ve DU arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Şekil 3).

Karık uzunluğunun arttırılması E_a , CU ve DU değerlerinin azalmasına neden olurken (Holzapfel ve ark., 2010), akış hızının artması derine süzülme ve depolama verimliliği dışındaki tüm göstergelerin artış eğilimi göstermesine neden olmuştur (Assefa ve ark., 2017).

Tablo 3. Harran ovasında yüzey sulamasına ilişkin bazı performans göstergeleri

Table 3. Surface irrigation some performance indicators in Harran plain

Test no	L, m	S, %			Yöntem	T_a	D, mm			E_a	CU	DU	E_r	I_a	DPr
		max	min	Ort.			max	min	Ort.						
1	180	1.17	0.20	0.68	B	240	233	168	194	62	89	85	100	100	38
2	200	0.78	0.14	0.25	K	142	163	48	119	75	72	46	99	60	25
3	240	0.51	0.20	0.31	B	255	105	95	102	88	96	94	85	0	12
4	270	3.00	1.60	0.09	K	273	135	98	105	85	80	68	88	60	15
5	108	0.30	0.02	0.05	K	41	42	32	40	91	87	82	33	40	9
6	390	0.70	0.50	0.25	K	136	34	10	24	88	66	49	20	45	12
7	343	1.00	0.20	0.40	B	280	102	29	72	80	72	51	60	20	20
8	570	0.40	0.08	0.10	B	270	150	30	102	84	66	48	85	45	16
9	480	0.60	0.10	0.27	K	285	150	25	102	78	75	56	85	0	22

*B, Border, K, Karık, L, Uzunluk, S, eğim, q, debi, T_a , infiltrasyon süresi, D_a , infiltrasyon derinliği

Şener ve ark., (2007) Hayrabolu sulama sisteminde sulama oranı ve sürdürülebilir sulama alanı olarak değerlendirilen fiziksel performans değerini zayıf bulurken, Şener ve Kurç, (2012) sulama şebekelerinin beklenen düzeyde fayda sağlanmadığını, Azmi ve Sarmadi, (2012), su uygulama randımanının tasarım değişkenleri ile iyi bir ilişki içinde olduğunu bildirmişlerdir.

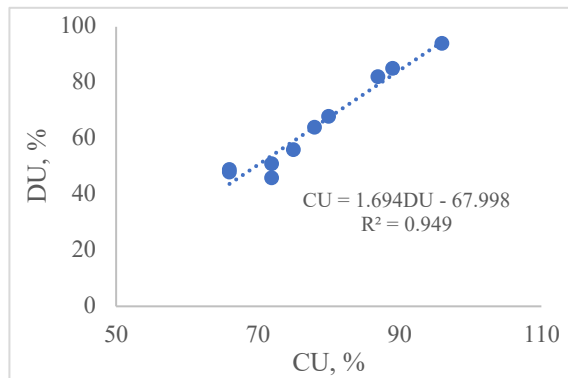


Figure 2. Relationship between CU and DU
Şekil 2. CU ve DU arasındaki ilişki

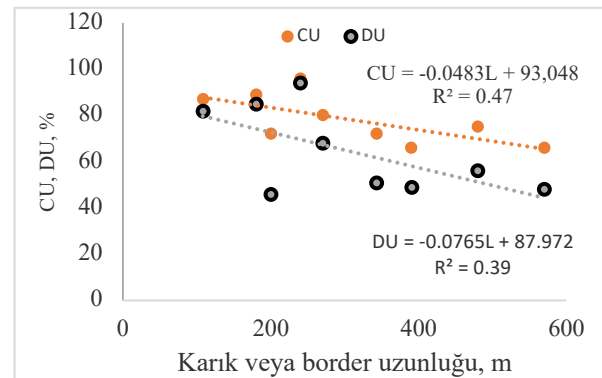


Figure 3. Variation of CU and DU values with irrigation length
Şekil 3. CU ve DU sulama uzunluğu ile değişimi

4. Sonuç

İzlenen sulamalarda çiftçilerin su temini konusunda probleminin olmadığı söylenebilir. Ancak su dağıtım rotasyon yöntemi ile yapıldığından, tersiyerlerde her zaman su bulunmamaktadır. Oadaki işletim sistemine göre tersiyerlere 15 günde bir su verilmektedir. Onun için belirlenen bir zamanda ve sürede sulama yapılması gerekmektedir.

Gözlemlenen tüm sulamaların karık veya border yöntemi ve sürekli akış ile yapıldığı görülmüştür. Sulayıcılar kürek dışında herhangi bir alet veya ekipman kullanmamaktadır. Karık ve borderlerde akış debisi, suyun saptırılması ve dağıtım göz kararı ile yapılmaktadır. Su önu karık sonuna ulaştığında sulama sonlandırılmaktadır. İzlenen sulama olaylarında tarla içinde sulamadan ileri gelen önemli bir su erozyonu gözlenmemiştir. Ancak gece boyunca kontrolsüz olarak drenaj kanallarına akış nedeniyle kanallarda önemli düzeyde siltasyon olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar, sulamaların 2 tarlanın %100'ünde, bir tarlanın %80'inde, bir sulama olayında tarlanın %60'ında yetersiz olduğunu, 6 sulama olayında tarlaların %30-40'ının yetersiz olduğunu, kalan kısımların aşırı olduğunu göstermiştir.

Karık ve borderlerin sonunda, sulama suyunun açık drenaj kanallarına akmasını sınırlamak veya durdurmak için karık ve border sonları kapatılmaktadır. Gözlemler, tarla ve toprak özelliklerinin benzer olmasına rağmen, farklı karık/border uzunlukları kullanıldığını göstermiştir. Genellikle tarla uzunluğu ile karık veya border uzunluğunun eşit olduğu görülmüştür.

Sulama suyu fiyatı, su hacmine göre değil, alansal büyüklüğüne ve ürün türüne bağlı olduğundan, özellikle denetimsiz gece sulamalarında ihtiyaçtan çok daha fazla su drenaj kanallarına akmaktadır. Dolayısıyla yüksek su kayıpları, Harran ovasının mansabındaki düşük kotlu arazilerde birikerek, yeraltı suyunun yükselmesine ve tuzlanma sorunlarının artmasına neden olmaktadır.

Kaynakça

- Anthony, D. (1995). On-farm productivity, current and potential: options, outcomes and costs, *Irrig. Aust.* 10 (1995), pp. 20–23.
- ASAE (1994). Standards Engineering Practices Data. ASAE Standards. EP409.1 DEC93. St Joseph, MI., p: 738-740, 724-727, 760-765
- Assefa, S., Kedir, Y., Alamirew, T. (2017). Effects of Slopes, Furrow Lengths and Inflow Rates on Irrigation Performances and Yield of Sugarcane, *Plantation at Metehara*, Ethiopia, January 2017. DOI: 10.4172/2168-9768.1000179
- Azmi, M., Sarmadi, L.F. (2012). Evaluation of surface irrigation system performance using System Dynamics (SD) approach, *Irrigation and Drainage Systems* 25(4) DOI: 10.1007/s10795-011-9123-0
- Criddle, W.D., Davis, S., Pair, CH, Shockley, D.G. (1956). Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agricultural Handbook No. 82, SCS, USDA, Washington, D.C.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Yılmaz, K., Sarı, M., Yeğingil, İ., Yeşilsoy, M.Ş. Çolak, A.K. Özbek, H. Kara, E.E. (1991). The physical, chemical and biological properties and classification-mapping of soils of the Harran Plain. In (Eds. U.Dinç and S.Kapur) Soils of the Harran Plain. TUBITAK Pub. Project N. 534. Ankara. 1-10.
- DMİ (2015). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa, İklim verileri (1929-2020), <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme>
- DSİ, (2004). Şanlıurfa Harran Ovası Sulama Drenaj İzleme Raporu, Devlet Su İşleri XIV. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- Hart, W.E., Collins, H.G., Woodward, G., Humpherys, A.S. (1980). Design and Operation of Gravity or Surface Irrigation Systems. “Design and Operation of Farm Irrigation Systems, M.E. Jensen (ed).” *ASAE Monograph 3*, St. Joseph, MI: 501-580.
- Holzapfel, E.A., Leiva, C., Marino, M.A., Arumí, J.L., Billib, M.H.A. (2010). Furrow Irrigation Management and Design Criteria Using Efficiency Parameters and Simulation Models, *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(2) DOI: [10.4067/S0718-58392010000200012](https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000200012)
- Horst, M.G., Shamutalov, S.S., Pereira, L.S., Gonçalves, J.M. (2005). Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea Basin. *Agric Water Management*, 7: 210-231.
- James, L.G. (1988). *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley and Sons Inc., New York, 543 p.
- Jaynes, D.B., Clemmens, A.J. (1986). Accounting for spatially variable infiltration in border irrigation models. *Water Resources Research*, 22(8): 1257-1262.
- Jensen, M.E., Howe, O.W. (1965). Performance and design of border-checks on a sandy soil. *Transactions of the ASAE*, 8(1): 141-145.
- Karaata, H. (1991). Urfa Harran Ovası Sulama Rehberi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Topraksu Gen. Md., Bölge Topraksu Araştırma Enst. Yayınları Genel No.874 s, Urfa.
- Kanber, R., Köksal, H., Önder, S., Kapur, S., Sahan, S. (2001). Comparison of surge and continuous furrow methods for cotton in the Harran plain, *Agricultural Water Management*, 47(2): 119-135.
- Kanber, R. (2003). Sulama ve Drenaj Mühendisliği, (Editörler: KANBER, R., ÇAKIR, R. ve TARI A.F.), Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müd., Yayın No:122, 531p.
- Ley, T.W., Clyma, W. (1981). Furrow irrigation practices in northern Colorado. *Transactions of the ASAE*, 24(3): 610-616.
- Linderman, C.L., Stegman, E.C. (1971). Seasonal variation of hydraulic parameters and their influence upon surface irrigation application efficiency. *Transactions of the ASAE*, 15(5): 914-918.
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, 108: 39-51.
- Pereira, L.S., Gonçalves, J.M. (2018). Surface Irrigation, Sustainability and Solutions, Agriculture and the Environment, Online Publication Date: Feb 2018. *Oxford Research Encyclopedias* DOI:10.1093/acrefore/9780199389414.013.248
- Shafique, M.S., Skogerboe, G.V. (1983). Impact of seasonal infiltration function on furrow irrigation performance. In Advances in infiltration. Proceedings of a national conference on advances in infiltration, St Joseph, MI, ASAE: 292-301.
- Şener, M., Yüksel, A.N., Konukcu, F. (2007). Evaluation of Hayrabolu Irrigation Scheme in Turkey Using Comparative Performance Indicators. *JOTAF, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 4(1): 43-54.
- Şener, M., Kurç, H.C. (2012). Küçük Sulama Şebekelerinde Performans Değerlendirmesi: Trakya Bölgesi Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 82-91, Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19039/201372>
- USDA-SCS. (1983). Furrow irrigation. National Engineering Handbook. Section 15, chapter 5, U.S. Gover. Print. Office, Washington, D.C.
- Viera, S.R., Nielsen, D.R., Biggar, J.W. (1981). Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 1040-1048.
- Walker, W.R., Skogerboe, G.V. (1987). Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 375 p.
- Walker, W.R. (1989). Guidelines for Designing and Evaluation “Surface Irrigation Systems”. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No: 25, Rome, 167 p.

Enhancement of Androgenesis and Plant Regeneration From Wheat Anther Culture by Seed Pre-Sowing Gamma Irradiation

Ekim Öncesi Tohumların Gamma Işınlaması ile Buğday Anter Kültüründen Adnrogenesis ve Bitki Rejenerasyonunun Artırılması


Oğuz BİLGİN¹, Soner Yiğit SARIER², İsmet BAŞER³, Alpay BALKAN⁴


Abstract


Combination breeding and mutation breeding are widely used methods in plant breeding. Intensive studies are carried out on biotechnological methods that will allow obtaining homozygous lines in a short time in populations obtained with these two techniques. Numerous studies have been carried out by different researchers on mutation breeding in wheat. There are few studies on anther culture response in mutagen-treated genotypes. Two different bread wheat promising advanced lines were used as the material in the study, in which the possibilities of combining mutation breeding with anther culture through ionizing radiation in high quality wheat breeding were investigated. In the study, the responses of advanced bread wheat mutant lines to anther culture, to which eight different doses of gamma rays (0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 Gy) were applied, including the control, were investigated. There are significant differences between genotypes and irradiation doses for all traits studied. It has been shown that it is possible to decrease albinism and increase the response of anther culture with dose-dependent gamma irradiation depending on bread wheat varieties. In the multiple comparison test to classify the difference between doses; statistically, 150 gray dose 5.60 is in the first statistical class and in the first place with the number of transferred green plants. After that, it ranks second in the same class with the number of green plants transferred with a 300 gray dose of 5.21. In the total number of regenerated green plants excluding controls (888), 635 unit (71.5%) and 205 unit (23.1%) haploids and spontaneous double haploid plants were obtained, respectively. In the study integrated into the bread wheat breeding program, a total of 205 spontaneous double haploid mutant lines were produced. According to the data obtained, it was shown that the gamma ray doses of 150 and 200 Gy had a significant stimulation effect on all parameters studied and ultimately the success index of anther culture in bread wheat compared to control.

Keywords: Anther culture, Doubled haploid, Embryo-like structure, Gamma ray, Plantlets, Wheat

¹ Oğuz BİLGİN, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tekirdağ/Türkiye. E-mail: obilgin@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-4338-9912

² Yiğit Soner SARIER, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tekirdağ /Türkiye. E-mail: vygtss@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2517-3541

³*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İsmet BAŞER, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tekirdağ /Türkiye. E-mail: ibaser@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6748-3750

⁴ Alpay BALKAN, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tekirdağ/Türkiye. E-mail: abalkan@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9203-6144

Atıf/Citation: Bilgin, O., Saruer, Y.S., Başer, İ., Balkan, A. Enhancement of Androgenesis and Plant Regeneration From Wheat Anther Culture by Seed Pre-Sowing Gamma Irradiation. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 354-365.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Bitki ıslahında kombinasyon ıslahı ve mutasyon ıslahı yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu iki teknikte elde edilen populasyonlardan homozigot hatların kısa sürede elde edilmesini olanak sağlayacak biyoteknolojik yöntemler üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Buğdayda mutasyon ıslahı üzerine farklı araştırmacılar tarafından çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Buğdayda mutagen uygulanmış genotiplerde anter kültürü yanıtı üzerine ise az sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Yüksek kaliteli buğday ıslahında iyonlaştırıcı radyasyon yoluyla mutasyon ıslahının anter kültürü ile etkin bir şekilde birleştirilebilme olanaklarının araştırıldığı çalışmada, iki farklı ekmeklik buğday ileri hattı materyal olarak kullanılmıştır. Kontrol dahil sekiz farklı gamma ışını dozu (0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 Gy) uygulanmış 2 farklı ileri ekmeklik buğday mutant hattının anter kültürüne yanıtları araştırılmıştır. İncelenen tüm özellikler için genotipler ve ışınlama dozları arasında önemli farklılıklar vardır. Bu çalışma, ekmeklik buğday çeşitlerine bağlı olarak doza bağlı gama ışınlaması ile albinizmin azaldığı ve anter kültürü yanıtının artırılabilirliğinin mümkün olabileceğini göstermiştir. Dozlar arasındaki farkı sınıflandırmak için yapılan çoklu karşılaştırma testinde; istatistiki olarak 50 gray doz 5.60 adet aktarılan yeşil bitki sayısı ile ilk sırada yer almış, bunu yine aynı sınıfta 5.21 adet aktarılan bitki sayısı ile 300 gray doz uygulaması ikinci sırada izlemiştir. 150 ve 200 Gy gama ışını dozlarının, kontrole kıyasla ekmeklik buğdayda anter kültürünün incelenen tüm parametrelerinde ve nihai olarak başarı indeksi üzerinde önemli bir stimülasyon etkisi olduğu gösterülmüştür. Kontroller hariç toplam rejenerasyon yeşil bitki sayısından (888), 635 adet (%71.5) ve 205 adet (%23.1) sırasıyla haploidler ve spontan double haploid bitkiler elde edilmiştir. Ekmeklik buğday ıslah programına entegre edilen çalışmada toplam 205 spontan double haploid mutant hattı üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anter kültürü, Double haploid, Embriyo benzeri yapı, Gamma ışını, Bitkicikler, Buğday

1. Introduction

The double haploid system is increasingly being used in many large crop main breeding programs (Kasha and Maluszynski, 2003). The first green plants from anther culture in hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) was obtained by Ouyang et al. (1973), then protocol improvements have been made (Tuvešson et al., 2000; Barnabás et al., 2001; Zheng et al., 2001). These developments led to further understanding by growers of the importance of double haploid plants and resulted in the development of more than 280 varieties in various crops (Sadasivaiah et al., 2004; Szarejko and Forster, 2007; Weyen, 2009) in some other countries, mainly in Hungary. (Barnabás et al., 2000; Pauk et al., 2003). Low calli/embryoid formation frequency, high albino frequency, genotype-dependent response, poor regeneration of green plantlets and chimera plant formation are among the most important factors limiting double haploid production from AC (Larsen et al., 1991; Gosal et al., 1997; Szarejko, 2003; Wedzony et al., 2009; Parmar et al., 2012). One of the frequently encountered problems in androgenetic research is the emergence of mixed ploidy plants due to a fusion of haploid nuclei in the early stages of androgenesis or endopolyploidy (Sangwan-Norreel, 1983). The use of mutation breeding through gamma rays together with anther culture to overcome these problems can be considered as an "ideal system" for plant breeding programs (Vagera et al., 1976; Maluszynski et al., 1995; Szarejko, 2003; Ahloowalia et al., 2004; Vagera et al., 2004; Arabi et al., 2005; Xu et al., 2012). Also, the integration of DH technology with existing biotechnological tools will increase genetic gains and breeding efficiency and ultimately lead to the rapid development of hybrids (Patil et al., 2017). More effective results are expected to be obtained especially when applied to self-pollinating plants such as wheat, which is stated to have narrow genetic gains of 0-1% (Baenziger and Peterson, 1992).

The gamma rays are effective mutagenic agents that can be applied easily to any stage of anther culture (Nakamura and Hattori, 1997). Two different approaches to applying mutagenesis in combination with haploid *in vitro* culture are described. The first, called *in vitro* haploid mutagenesis, is the application of mutagens to the plant organs and haploid cells such as anthers, spikes, panicle, flower buds, embryos, calli or protoplasts. There is also an alternative approach in which gametes of M_1 plants originating from seeds treated with mutagen before sowing can be used as donor material for haploid culture (Maluszynski et al., 1996; Szarejko, 2011). *In vitro* haploid mutagenesis has been reported to have some disadvantages (Mkuya et al., 2005; Szarejko, 2011; Sharma et al., 2017). First, the irradiated media can produce some toxic substances that can be harmful to anthers or calli, so they have to be transferred to a fresh medium immediately after irradiation. Second, anther-derived calli show a mixture of haploid and doubled haploid cells; radiation-induced mutation can make the homozygous diploid calli revert to a heterozygous state, eliminating the advantage of anther culture for breeding. Third, microspores isolated in the uni-nucleate stage, which is the best target for *in vitro* mutagenesis, are very sensitive to mutagenic treatments and post-treatment manipulations. Fourth, the magnitude of the contribution of additive mutagenesis to somaclonal variation is uncertain.

In contrast, the alternative approach has been reported to have some important advantages over *in vitro* haploid mutagenesis. First, all mutant DH plants regenerated from gametes of M_1 plants are completely homozygous and do not segregate in the progeny. Second, it is possible to use much higher doses of mutagen for dormant seeds than using microspores, anthers or inflorescences. Generally, however, doses applied to produce M_1 donor plants that serve as a source of gametic cells for culture are within the range of recommended dosage in conventional mutagenesis. However, before a large-scale experiment, it would be useful to assess the viability of microspores produced by M_1 plants, as too high doses of mutagen can result in a large reduction in the survival of microspore (Szarejko, 2011).

Since the above explanations and considerations, seed irradiation has to be aforesought an effective and practical method to induce genetic variation in wheat anther culture, *in vitro* haploid mutagenesis is considered to have little practical value (Gao et al., 1988, Balkan, et al. 2019). One of the main objectives in breeding studies is the development of high-yielding advanced lines (Bilgin and Korkut, 2005). Although most studies on *in vitro* culture, particularly those combined with the induced mutation using gamma rays, have been performed with fresh explants, there are almost no reported studies on the anther culture response after gamma irradiation of the seed in wheat. We report here an investigation of the response of two bread wheat genotypes in anther

culture following their treatment with one of a range of doses of gamma radiation. This study also seeks to examine the mutual effects in terms of overcoming limitations of anther culture and mutation breeding of wheat anthers when anther culture and gamma irradiation are combined.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material and Induced gamma irradiation

Two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) advanced lines, BSB (Bezostaja/Saraybosna; tall, mid-early, awnless, superior in flour quality for bread making, but inferior in lodging resistance and yield capacity) and FA (Flamura80/Atilla12; tall, mid-early, awned and moderate in flour quality for bread making, but inferior in lodging and disease resistance and yield capacity) and their 16 M₁ combinations together with the un-irradiated (control) were selected as the plant material. The moisture contents of seeds of wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) used in the study were 12.1% for BSB and 12.5% for FA. For each genotype, grains were divided into eight groups, each containing 2000 grains. One group was kept free from irradiation (control), while other groups were irradiated with various levels of gamma rays (100, 150, 200, 250, 300, 350 and 400 Gy). Seeds were treated by gamma rays from ⁶⁰Cobalt, Ob-Servo Sanguis Co-60 Research Irradiator with isotope model, while the dose rate was 2.190 kGy h⁻¹ before the 2011-12 growing season at the Turkish Atomic Energy Authority, Sarayköy Nuclear Research and Training Center, Ankara, Turkey. The unit for the absorbed dose of radiation energy is the gray (Gy), which is equivalent to 1 J Kg⁻¹ and 100 rads.

2.2. Anther Culture

After irradiation, the donor seeds of the genotypes were sown in the experimental field of the Field Crops Department of the Faculty of Agriculture of Tekirdağ Namık Kemal University during the growing season of 2011-12. Sowing was done on Nov 11, 2011, by hand at the rate of 400 seeds per m². Nitrogen and P₂O₅ at 140 and 70 kg ha⁻¹, respectively, were incorporated into the soil as compound fertilizer (20-20-0) before sowing, urea during tillering and ammonium nitrate before heading. Donor plants were protected with fungicides and pesticides. The crop was kept free of weeds by hand hoeing when necessary. The remaining seeds were sown in the greenhouse to guarantee the work.

The totally 35-40 appropriate main spikes per genotype with anthers containing microspores at the vacuolated, early-mid uninucleate stage (checked by Olympus inverted microscope), approximately at stage 38 according to Zadoks Scale (Zadoks et al., 1974), were collected, put in Erlenmeyer flasks with tap water, covered with PVC (polyvinyl chloride) bags and cold transferred to pre-treatment conditions (2-4 °C, two weeks). After pre-treatment, the selected donor spikes at the uni-nucleated microspores stage were surface sterilized in 250 mL 2% NaOCl solution containing a drop of Tween-80 for 20 min of a shaker and then rinsed three or four times with sterile distilled water. Anthers from the top of sterilized heads of donor genotypes were isolated in 90 mm diameter petri dishes containing induction media namely W₁₄mf medium (Ouyang et al., 1989; Lantos et al., 2014). In total, 25-30 cold pre-treated main spikes per genotype were used as donor spikes. Petri dishes in incubators were controlled and the evolving embryo-like structures were observed weekly. Transferred anthers were incubated at 32 °C for 3 days in the dark to increase microspore division. At the end of this period, cultures were kept in the dark at 28 °C for approximately 5-8 weeks to induce ELS (embryo-like structures). After 5 weeks cultivation period (in the dark incubator at 25°C), the ELS with a size of 1-2 mm were transferred onto 90 mm diameter plastic petri dishes with 30 mL of a 190-2Cu regeneration medium (Zhuang and Jia, 1983) with 0.1 mg l⁻¹ gibberellic acid (GA₃) plus 5 mg l⁻¹ IBA and placed in the controlled climate room. After about 2-3 weeks, the green plantlets, 20 to 30 mm long, were transferred into test tubes with 3 cm diameter and 15 cm length, only one plantlet per tube was selected from ELS when the regenerates could be recovered into 50 mL glass tubes with the same medium, and kept in a growth room (25 °C, 16/8 h light/dark photoperiod, fluorescent light at 200 µmol/m²/s) for entire plantlets regeneration. Regenerated green and albino plantlets were counted and the albino plantlets were discarded.

The green plantlets were transferred to test tubes containing MS medium (Murashige and Skoog, 1962) without growth regulators, and the well-rooted green plantlets were transplanted into small pots, covered with plastic bags to maintain high humidity and kept in a cold room (+4 °C) to vernalize. Finally, the plantlets about 10 cm tall with strong roots were transferred to the greenhouse for acclimatization (3-4 days). The acclimatized

plants were grown in the greenhouse. Haploid and spontaneous doubled haploid plants were identified based on seed set production, the spontaneous doubled-haploid plants were transferred to ground soil and grown with the necessary cultural practices, and each plant was harvested and threshed separately.

In the experiment, the data concerning ELS, the number of green and albino plantlets, transplanted plantlets were collected. To characterize anther culture response, following some additive parameters suggested by Bhaskaran et al. (1983), Redha et al. (1998), Barnabás (2003) and Pauk et al. (2003) was calculated. These are Embryo Like Structures (ELS = embryo-like structures regenerated from plated anthers); Embryo-Like Structures Initiation Rate (ELSIR = the ratio of embryo-like structures to plated anthers); Albino Regenerated Plantlets (ARP = the number of albino plantlets regenerated from embryo-like structures); Green Regenerated Plantlets (GRP = the number of green plantlets regenerated from embryo-like structures); Plant Regeneration Rate (PRR = the ratio of green and albino plants regenerated to embryo-like structures); Transplanted plantlets (TP = the total number of green plants regenerated from callus and transferred to greenhouse); Number of Haploid Plant (NHP = the total number of haploid plants from green plants transferred to greenhouse -the numeral in brackets are percentage per green plant regenerant); Number of Spontaneous Doubled-Haploid Plants (NSDHP = the total number of spontaneous doubled-haploid plants from green plants transferred to greenhouse-the numeral in brackets is doubling index = [green DHs divided by total number of green plants] x1); and Final Success Index (FSI = number of green plants/number of cultured anthers).

2.3. Statistical analysis

The study carried out a completely randomized split-plot design with 5 replicated. To evaluate the effect of genotype, mutation doses and their interaction, the data of androgenic parameters concerning ELS, number of green and albino plantlets, transplanted plantlets were analysed by two-way ANOVA using Microsoft Exel 2007 statistical software (Redmond, WA, USA).

3. Results

The effect of genotype, mutagen dose and their interaction was studied using two-way ANOVA for the androgenic parameters (Table 1). The statistical analysis revealed that the effects of genotype, mutagen doses and their interactions on all tested androgenic parameters were significant at P<0.01.

Table 1. The two-way ANOVA for the androgenic parameters in the mutated population of bread genotypes

Source of variance	df	No. of ELS	No. of GRP	No. of ARP	No. of TP
Genotype	1	1445.000**	732.050**	54.450**	400.512**
Mutagen dose	7	2186.393**	582.050**	74.600**	396.098**
Genotype x Mutagen dose interaction	7	268.086**	69.593**	5.821**	52.941**
Error	56	1.387	2.259	1.367	1.631

**The values significantly differ at P<0.01; ELS-embryo-like structures; GRP- Green regenerated plantlets; ARP- Albino regenerated plantlets; TP- Transplanted plantlets

3.1. Evaluation of androgenic response

Table 2 summarizes the significant differences in the genotypes and mutation doses for all examined characters. Although the BSB genotype gave higher averages for ELS and ARP than the FA genotype, the averages of the FA genotype for GRP and TP were higher.

To gather with genotype, mutagen doses influenced the number of ELS in AC, significant differences were observed among the mutagen doses (Table 2). The highest mean was 65.1 ELS in AC of 150 Gy gamma ray dose, while the lowest value was 15.1 ELS in AC of 400 Gy gamma ray dose. In the experiment, an average of 8 gamma doses was 35.5 ELS. The seven gamma ray doses except 400 Gy were able to produce more ELS than the control.

Table 2. The androgenic response of embryo-like structures (ELS), Green regenerated plantlets (GRP), albino regenerated plantlets (ARP) and Transplanted plantlets (TP) for genotypes and mutagen doses in anther culture

Genotypes	No. of ELS	No. of GRP	No. of ARP	No. of TP
BSB	39.7±0.639 a	10.7±0.090 b	9.6±0.188 a	9.4±0.174 b
FA	31.2±0.556 b	16.8±0.358 a	7.9±0.398 b	13.8±0.289 a
<i>LSD</i> (0.01)	2.184	1.282	1.355	1.601
Mutagen doses				
0	26.3±1.086 e	5.1±0.526 f	13.6±0.542 a	4.0±0.394 f
100	34.4±0.542 c	9.0±1.106 e	11.2±0.512 b	7.4±1.035 e
150	65.1±4.270 a	28.0±0.650 a	9.1±0.879 c	23.2±0.772 a
200	46.0±0.789 b	21.2±2.190 b	9.3±0.300 c	17.4±1.284 b
250	35.0±0.943 c	15.4±2.377 c	8.1±0.482 cd	13.8±1.837 c
300	31.4±2.212 d	12.3±1.096 d	7.2±0.416 de	9.7±1.155 d
350	30.5±3.209 d	11.5±1.241 d	6.6±0.521 e	10.5±1.213 d
400	15.1±1.663 f	7.3±0.300 e	4.9±0.888 f	6.7±0.367 e
<i>Mean</i>	35.5	13.7	8.8	11.6
<i>LSD</i> (0.01)	1.411	1.801	1.401	1.531

Table 3. The androgenic response of embryo-like structures (ELS), Green regenerated plantlets (GRP), Albino regenerated plantlets (ARP) and Transplanted plantlets (TP) for genotypes x mutagen dose interactions in anther culture

Genotypes x Mutagen Interaction	No. of ELS	No. of GRP	No. of ARP	No. of TP
BSB-0	29.2±0.735 i	3.6±0.245 g	14.0±0.548 a	3.0±0.316 h
BSB-100	33.2±0.490 h	6.0±0.548 fg	12.2±0.583 ab	4.4±0.245 gh
BSB-150	77.8±0.735 a	28.2±1.114 a	9.6±0.510 cd	25.0±0.775 a
BSB-200	47.4±1.123 c	14.8±0.860 c	9.2±0.374 cde	14.0±1.049 c
BSB-250	32.6±0.510 h	8.4±0.400 ef	8.8±0.490 cde	8.4±0.400 de
BSB-300	37.8±1.020 f	9.4±0.748 e	7.8±0.374 def	6.4±0.245 efg
BSB-350	40.0±0.837 e	8.0±0.548 ef	7.6±0.510 d-g	7.0±0.633 ef
BSB-400	19.8±1.068 k	7.2±0.374 ef	7.4±0.509 efg	6.6±0.510 efg
FA-0	23.4±0.748 j	6.6±0.245 f	13.2±0.970 a	5.0±0.316 fgh
FA-100	35.6±0.600 g	12.0±0.837 d	10.2±0.583 bc	10.4±0.510 d
FA-150	52.4±0.927 b	27.8±0.800 a	8.6±0.510 c-f	21.4±0.678 b
FA-200	44.6±0.748 d	27.6±0.600 a	9.4±0.509 cde	20.8±0.735 b
FA-250	37.4±0.927 fg	22.4±0.872 b	7.4±0.748 efg	19.2±0.663 b
FA-300	25.0±0.707 j	15.2±0.800 c	6.6±0.678 fg	13.0±0.707 c
FA-350	21.0±0.707 k	15.0±0.707 c	5.6±0.678 g	14.0±0.316 c
FA-400	10.4±0.510 l	7.4±0.510 ef	2.4±0.400 h	6.8±0.583 ef
<i>Mean</i>	35.5	13.7	8.8	11.6
<i>LSD</i> (0.01)	2.140	2.521	1.999	2.199

The green plantlets was regenerated from AC-derived ELS of each gamma dose. The number of green plantlets ranged from 5.1 to 28.0. The gamma ray dose of 150 and 200 Gy showed high values of GRP (28.0 and 21.2, respectively) while 0 and 400 Gy were the lowest values (5.1 and 7.3, respectively). The overall mean of GRP was 13.7 (Table 2).

Albino plantlets were observed in each mutagen dose. However, the values varied from 4.9 (400 Gy) to 13.6 (0 Gy). The average of albino plantlets production was 8.8 in the experiment (Table 2). Table 2 shows the range of the transplanted plantlets varied from 4.0 to 23.2. The dose with a high value was 150 Gy (23.2 TP) while the overall mean was 11.6.

The effect of genotype x mutagen dose interaction on ELS, GRP, ARP and TP was significant at $P < 0.01$ (Table 3). The values of ELS ranged from 10.4 to FA (400 Gy) and 77.8 in BSB (150 Gy) while the overall mean was 35.5 ELS (Table 3). The highest values were counted for 150 Gy dose of each genotype. An average of GRP varied between 3.6 in BSB (0 Gy) and 28.2 in BSB (150 Gy). The other highest values were obtained in 150 and 200 Gy dose of FA (27.8 and 27.6, respectively). Regarding ARP, the means of interaction were varied between 2.4 in FA (400 Gy) and 14.0 in BSB (0 Gy) while the overall average was 8.8 ARP (Table 3). The values of TP ranged between 3.0 in BSB (0 Gy) and 25.0 in BSB (150 Gy), with an overall mean of 11.6.

3.2. Evaluation of anther culture response

In our experiment, to the characterization of anther culture response of the genotypes, the other calculated AC parameters such as embryo-like structure initiation rate, plantlet regeneration rate, final success index concerning data for ELS, the number of green and albino plantlets, transplanted plantlets are given Table 4.

The average of embryo-like structure initiation rate (ELSIR) for BSB and FA were 3.97% and 3.12%, respectively. The controls (0 Gy) were 2.92% and 2.34%, and that of irradiation treatments ranged from 1.98% (400 Gy) to 7.78% (150 Gy) for BSB and 1.04% (400 Gy) to 5.24% (150 Gy) for FA. Table 4 shows that there are nonlinear increases in ELSIR up to 350 Gy gamma irradiation applications compared with the control, then decreases. The rate of total plantlet (albino and green) regeneration was calculated for and mutagen doses of both genotype (Table 4). The Green plantlet regeneration rate (GPRR) varied between 12.33% (0 Gy) and 36.36% (400 Gy) for the BSB genotype and between 49.25% (0 Gy) and 76.92% (100 Gy) for the FA genotype. The mean values for genotypes were 25.61 (BSB) and 62.80 (FA). Table 4 also shows decreasing albino plantlets rate as the irradiation dose increases. The rates of albino plantlet regeneration for genotypes ranged between 27.55% in BSB and 27.31% in FA. The controls (0 Gy) were 47.95% (BSB) and 56.41% (FA), and that of irradiation treatments ranged from 12.34% (150 Gy) to 37.37% (400 Gy) for BSB and 16.41% (150 Gy) to 28.65% (100 Gy) for FA.

The plantlets transplanted into the greenhouse were harvested after maturation. Based on the seed set production, three types of spike among the AC-derived plants such as fertile, partial fertile and sterile. The plants with sterile spike are haploid. The mean of haploid plants ranged from 1.6 (0 Gy) to 13.2 (150 Gy) in BSB with an overall mean was 5.80 and ranged from 5.0 (0 Gy) to 16.8 (200 Gy) in FA with an overall mean was 11. The fertile and partially fertile plants produced a small amount of seeds due to spontaneous diploidization. The rate of DHP varied from 14% (FA-350 Gy) to 46% (BSB-100 Gy). The average spontaneous doubled- haploid rates of genotypes were 33% and 18% (BSB and FA, respectively). 205 spontaneous double haploid mutant lines were obtained in the experiment, which has been integrated into the winter wheat breeding program. In the experiment, the spontaneous doubled-haploid rate was 23.1%. Although the SDHP rates of the BSB genotype are higher than those of the FA genotype, it is seen that there is an inverse trend when final success indexes are compared. When compared with their controls, it is understood that the highest final success index was calculated for both genotypes at 150 and 200 Gy gamma ray doses (Table 4).

4. Discussion

In the anther culture of wheat, the production of a high percentage of green plants is necessary for the efficient and successful application of the doubled haploid approach in wheat breeding programs. In wheat, anther culture ability can be divided into three components that are inherited independently, such as embryogenesis, plant regeneration, and green plant formation (Larsen et al., 1991). Each of them is governed by more than one gene (Lazar et al., 1984; Szakacs et al., 1988; Chaudhary et al., 2003). The production of DH lines of wheat from anther culture is limited by a relatively low callus/embryoid induction frequency, genotype-dependent response, poor regeneration and a large number of albino plants (Jauhar et al., 2009; Parmar et al., 2012). It has been explained that these difficulties can be overcome by integrating mutagen with anther culture, especially gamma irradiation (Patil et al., 2017; Sharma et al., 2017).

In the present study, the data also showed a highly significant effect between the two tested wheat genotypes under different doses of gamma rays. There was a surpassing response for BSB which gave the highest percentage (3.97%) of ELSIR, but FA gave the lowest (3.12%) (Table 4). Therefore, it could be concluded that genotypes differed in their response to different doses of gamma rays depending on the genetic makeup of ELS.

The average ELSIR at 150 and 200 Gy showed a highly significant increase (62.47-38.40% for BSB; 55.34-47.53% for FA) for both genotypes, with the large reduction (-11.43% and -125.00%) for FA only obtained with gamma ray treatments at 350 and 400 Gy, respectively, compared to control. However, the increase of gamma irradiation had a significant simulation effect on ELSIR as compared to control, except 400 Gy. This reduction at 400 Gy is due to the inhibiting effect of high doses of gamma-ray (Ashraf and Foolad, 2005), while 150 Gy stimulated ELS in all studied wheat genotypes. It is reasonably conjectured that gamma rays could stimulate ELS regeneration by some mechanism such as activation of retrotransposons (Hirochika, 2001). It can be concluded that the low dose of gamma ray caused an increase in ELS induction, while higher doses reduced it as stated by Szarejko (2011). Higher culture ability makes the application of seed radiation possible both for breeding and mutagen induction. The seed irradiation, or more precisely, the mature embryo irradiation, seemed to play an active role in promoting ELS induction while keeping the same regeneration capacity as the untreated one. Furthermore, seed irradiation also helped to extend the duration of plant regeneration by about 10 days, leading to a 10% increase in plantlet production (Gao et al., 1988). It is another benefit for irradiation of wheat seed that any potential mutation induced by gamma rays will be homozygous in anther-derived plantlets, while the mutagen-induced in radiated calli or anther will make the regenerated plantlets heterozygous. Similar results were obtained by Abdrabou and Salam (1992), Rashed et al. (2000), Abdel-Hady and Abou-Deif (2001) and Abdel-Hady and Ali (2006).

Table 4. The anther culture response parameters for gamma-irradiated bread wheat genotypes

Genotype	ELS (mean)	ELSIR (%)		GRP (mean)	ARP (mean)	PRR (%)		TP (mean)	NHP (mean)	NSDHP (mean)	FSI
		Mean	Range			Green Plantlets	Albino Plantlets				
BSB-0	29.2	2.92	0.00	3.6	14.0	12.33	47.95	3.0	2.0 (67)	1.0 (33)	0.003
BSB-100	33.2	3.32	12.05	6.0	12.2	18.07	36.75	4.4	2.0 (46)	2.0 (46)	0.004
BSB-150	77.8	7.78	62.47	28.2	9.6	36.25	12.34	25.0	13.0 (52)	7.0 (28)	0.025
BSB-200	47.4	4.74	38.40	14.8	9.2	31.22	19.41	14.0	10.0 (71)	4.0 (29)	0.014
BSB-250	32.6	3.26	10.43	8.4	8.8	25.77	26.99	8.4	5.0 (60)	3.0 (36)	0.008
BSB-300	37.8	3.78	22.75	9.4	7.8	24.87	20.64	6.4	4.0 (63)	2.0 (31)	0.006
BSB-350	40.0	4.00	27.00	8.0	7.6	20.00	19.00	7.0	5.0 (71)	2.0 (29)	0.007
BSB-400	19.8	1.98	-47.48	7.2	7.4	36.36	37.37	6.6	5.0 (76)	2.0 (30)	0.007
<i>Mean</i>	<i>39.7</i>	<i>3.97</i>	<i>17.95</i>	<i>10.7</i>	<i>9.6</i>	<i>25.61</i>	<i>27.55</i>	<i>9.4</i>	<i>5.75 (61)</i>	<i>2.88 (33)</i>	<i>0.009</i>
FA-0	23.4	2.34	0.00	6.6	13.2	49.25	56.41	5.0	5.0 (100)	1.0 (20)	0.005
FA-100	35.6	3.56	34.27	12.0	10.2	76.92	28.65	10.4	9.0 (87)	2.0 (19)	0.010
FA-150	52.4	5.24	55.34	27.8	8.6	53.05	16.41	21.4	15.0 (70)	5.0 (23)	0.021
FA-200	44.6	4.46	47.53	27.6	9.4	61.88	21.08	20.8	17.0 (82)	4.0 (19)	0.021
FA-250	37.4	3.74	37.43	22.4	7.4	59.89	19.79	19.2	15.0 (78)	3.0 (16)	0.019
FA-300	25.0	2.50	6.40	15.2	6.6	60.80	26.40	13.0	11.0 (85)	2.0 (15)	0.013
FA-350	21.0	2.10	-11.43	15.0	5.6	71.43	26.67	14.0	10.0 (71)	2.0 (14)	0.014
FA-400	10.4	1.04	-125.00	7.4	2.4	69.16	23.08	6.8	6.0 (88)	1.0 (15)	0.007
<i>Mean</i>	<i>31.2</i>	<i>3.12</i>	<i>6.36</i>	<i>16.8</i>	<i>7.9</i>	<i>62.80</i>	<i>27.31</i>	<i>13.8</i>	<i>11.00 (83)</i>	<i>2.50 (18)</i>	<i>0.014</i>

Success in plant regeneration rate is measured by the relative numbers of albino and green regenerated plantlets, and the final number of successfully regenerated green plants in anther culture. Albinism is one of the most serious problems encountered in routine anther culture experiments due to the production of high rates of albino plants from pollen (Wedzony et al., 2009). This limits the application of doubled haploid technology in some breeding programs due to the low overall yield of regenerated green plants. It is generally considered as a recessive nuclear trait driven by one or two genes with low heritability, especially in cereals (Kumari et al., 2009). However, low heritability for green plant regeneration in wheat anther culture has recently been reported by Redha and Talaat (2008), suggesting that this may be more dependent on environmental conditions. On the contrary, in harmony with some publications (Tuveson et al., 2000; Kondic-Spika et al., 2011), in this study wheat genotype significantly influenced the tested parameters (green plantlets, albino plantlets and well regenerated green plants). Genotypic differences were found for green vs. albino plantlets and green plants. The most striking promising results for these parameters were obtained for both genotypes at 150 and 200 Gy gamma irradiation doses (Table 4). This study gave no evidence that radiation doses which generally raise response in culture decrease the green and albino regeneration ratio. The absolute number of green plants was raised, while albinos decreased for both genotypes and gamma irradiation treatments. Therefore, the process determining the proportion of albino regenerants appears to be affected by different levels of

gamma radiation within this dose range. While the production of albino regenerants per se is undesirable, their frequency does assist in assessing the overall regeneration potential of any genotype.

Albinism is difficult to eradicate; however, altering the number of green and albino plantlets by appropriate means such as the use of cold pretreatments and/or irradiation (Ding et al., 1991) or the development of interspecies crosses and double haploids (Kumari et al., 2009) can contribute to the reduction (Kumari et al., 2009). Our results agree with findings by Vagera et al. (2004) and Lu et al. (1999) who stated that it is possible to enhance the frequency of *in vitro* pollen embryogenesis through decreasing albino plant formation by mutagenic treatment of seeds.

Haploids must be chromosome doubled to restore fertility for use in plant breeding. Chromosome doubling of microspore-derived plantlets and calli is a critical step in haploid breeding programs. Therefore, rather than having a high number of spontaneous haploid plants, it is desirable to obtain more spontaneous doubled-haploid plants. In some studies, rates of the spontaneous genome doubling are given as 10%-40% in *Brassica napus*, 70%-90% in barley, 50%-60% in rice, 50%-90% in the rye and 25%-70% in bread wheat (Castillo et al., 2009; Henry, 1998; Segui-Simarro and Nuez, 2008). Stober and Hess (1997) achieved 15-44% spontaneous doubling in German spring wheat varieties, while Barnabás (2003) reported a frequency of 25% to 68% in winter varieties in Central and Eastern Europe. Lantos and Pauk (2016) found that the spontaneous double haploid rate in 10 winter bread wheat F₁ combinations was 32.72%. In the study, spontaneous doubled-haploid plants via spontaneous genome doubling ranged between 7-80% for genotypes with varying gamma doses, with an overall mean was 26%. The genotype FA had a higher potential to develop haploid plants from green plants, whereas the genotype BSB had a lower response. Regarding spontaneously doubled haploid plants, the situation is the opposite of the haploid plant. The results are supported by the findings of Grauda et al. (2016) who showed that genotype significantly affected haploid plant and spontaneous doubled-haploid plants developed from green plants.

Due to independent inheritance and the frequently observed negative correlations between embryogenesis, regeneration and percentage of green plants (Chaudhary et al., 2003), the percentage of green regenerated plants was the determining factor in calculating the final success index of wheat anther culture (Redha et al., 1998). In other words, success in the routine application of double haploid in wheat breeding mainly depends on obtaining acceptable highly regenerated green plants from the targeted genotypes. In combining methods to increase the production of embryos with high regeneration ability, the optimal doubling procedure will result in an improved SI. The magnitude of the SI is very important to breeders in deciding whether and to what extent the production of DHs will play a role in breeding programs. Redha et al. (1998) reported that FSI ranged from 0 to 2.0 by different colchicine treatments. FSI was calculated higher with gamma irradiation treatment compared to controls. The highest FSI was with 150 Gy and followed by 200 Gy. In addition to this, the average effect of gamma rays on FSI was higher compared to control (Table 4). These findings indicate that gamma irradiation treatments can be increased FSI.

5. Conclusion

This study demonstrated the importance of *in vitro* haploid induction via androgenesis through gamma irradiation in a bread wheat breeding program. In conclusion, it was noted that an increasing level of gamma rays up to 300 Gy positively affected androgenesis. Gamma irradiation on seeds of bread wheat could allow alleviating the albinism phenomenon and improve green plant frequency. The doses of 150-200 Gy gamma rays on seeds have an obvious stimulation effect on all AC parameters (embryogenesis, plant regeneration and green plant formation) and spontaneous genome doubling confirms that the technique of anther culture applied in connection with induced mutations by seed irradiation can be considered a speedy, cheap and safe method to induce haploid and spontaneous doubled-haploid formation, which causes genetic variation in response to bread wheat anther culture. As a result of this study, a total of 888 green plants were regenerated from mutated populations of genotypes. From the total number of regenerated green plants, 635 (71.5%) were haploids and 205 (23.1%) were spontaneous doubled haploids. The remaining green plants were unable to survive. Altogether, 205 spontaneous doubled-haploid mutant lines were produced in the experiment, which has been integrated into the bread wheat breeding program.

References

- Abdel-Hady, M.S., Abou-Deif, M.H. 2001. The effect of gamma radiation on callus induction and plant regeneration of maize. *Bull. NRC, Egypt* 26(3): 383-394.
- Abdel-Hady, M.S., Ali, Z.A. 2006. Effect of Gamma Irradiation on Wheat Immature Culture Regenerated Plants. *Journal of Abdrabou, R.T., Salam, T.Z. 1992. Varietal differences on callus induction and plant regeneration under irradiated treatment. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ, Cairo* 37(2): 433-438.
- Ahloowalia, B.S., Maluszynski, M., Nichterlein, K. 2004. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica* 135: 187- 354 204.
- Arabi, M.I.E, Al-Safadi, B., Jawhar, M., Mir-Ali, N. 2005. Enhancement of embryogenesis and plant regeneration from barley anther culture by low doses of gamma irradiation. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 41:762-764.
- Ashraf, M., Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under salina and none-salina conditions. *Advanced Agronomy* 88: 223-271.
- Balkan, A., Bilgin, O., Başer, İ., Balaban, D.G., Demirkan, A.K. ve Devrien, B. 2019. Improvement of Grain Yield and Yield Associated Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes Through Mutation Breeding Using Gamma Irradiation. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16 (1).
- Baenziger, P.S., Peterson, C.Y. 1992. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: Stalker, H.T. & Murphy, J.P. (Eds). *Plant Breeding In The 1990s*. CAB International, Kew, Surrey p. 69-92.
- Barnabás, B., Szakacs, E., Karsai, I., Bedő, Z. 2001. In vitro androgenesis of wheat: From fundamentals to practical application. *Euphytica* 119:211–216.
- Barnabás, B. 2003. Protocol for producing doubled haploid plants from anther culture of wheat (*Triticum aestivum* L.). In: Maluszynski, M., Kasha, K.J., Forster, B.P. & Szarejko, I. (Eds). *Doubled Haploid Production In Crop Plants, A Manual*. Dordrecht: Kluwer pp. 65-70.
- Barnabás, B., Szakacs, E., Karsai, I., Bedo, Z. 2000. In vitro androgenesis of wheat from fundamentals to practical application. In: Bedo, Z. & Lang, L. (Eds). *Wheat In A Global Environment*. Kluwer Acad Publishers, Dordrech pp. 517-525.
- Bhaskaran, S., Smith, R.H., Schertz, K. 1983. Sodium chloride tolerant callus of *Sorghum bicolor* (L.). *Z. Pflanzenphysiol* 112: 459-463.
- Bilgin, O. Ve Korkut, K.Z. 2005 Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşit ve Hatlarının Tane Verimi ve Bazı Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2(1).
- Castillo, A.M., Cistu, E.L., Valles, M.P., Soriano, M. 2009. Chromosome Doubling In Monocots. In: Touraev, A., Forster, B.P. & Jain, S.M. (Eds). *Advances in Haploid Production in Higher Plants* pp. 329-338. Netherlands: Springer.
- Chaudhary, H.K., Dhaliwal, I., Singh, S., Sethi, G.S. 2003. Genetics of androgenesis in winter and spring wheat genotypes. *Euphytica* 132: 311-319.
- Ding, X.L., Lockett, D.J., Darvey, N.L. 1991. Low-dose Gamma Irradiation Promotes Wheat Anther Culture Response. *Aust. J. Bot* 39: 467-74.
- Gao, M.W., Liang, Z.G., Chen, Z.Y. 1988. Effect of gamma radiation on immature wheat embryo culture. In: *Semi Dwarf Cereal Mutants and their use in Cross Breeding III*. IAEA, Vienna, Austria pp 177-182
- Gosal, S.S., Sindhu, A.S., Sandhu, J.S., Sandhu-Gill, R., Singh, B., Khehra, G.S., Sidhu, G.S., Dhaliwal, H.S. 1997. Haploidy in rice. In: Jain, S.M., Sopory, S.K. & Veilleux, R.E. (Eds). *Cereals. In Vitro Haploid Production in Higher Plants*, 4, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London pp. 1-35.
- Grauda, D., Žagata, K., Lanka, G., Strazdina, V., Fetere, V., Lisina, N., Krasnevskaya, N., Fokina, O., Mikelsone, A., Ornicans, R., Belogradova, I., Rashal, I. 2016. Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants-regenerants produced by anther culture. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 20(4):537-544.
- Henry, Y. 1998. Origin of microspore-derived dihaploid and polyploid in vitro plants. *Plant Tissue Cult. Biotech* 4: 127-135.
- Hirochika, H. 2001. Contribution of the Tos17 retrotransposon to rice functional genomics. *Curr. Opin. Plant. Biol* 4:118-122.
- Jauhar, P.P., Xu, S.S., Baenziger, P.S. 2009. Haploidy in cultivated wheats: induction and utility in basic and applied research. *Crop Sci* 49: 737-755.
- Kasha, K.J., Maluszynski, M. 2003. Production of doubled haploids in crop plants. In: Maluszynski, M., Kasha, K.J., Forster, B.P. & Szarejko, I. (Eds). *Doubled Haploid Production in Crop Plant*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers p. 1-4.
- Kondic-Spika, A., Vukosavljev, M., Kobiljski, B., Hristov, N. 2011. Relationship among androgenetic components in wheat and their responses to the environment, *J. Biol. Res.-Thessalon* 16: 217-223.
- Kumari, M., Clarke, H.J., Small, I., Siddique, K.H.M. 2009. Albinism in Plants: A Major Bottleneck in Wide Hybridization, Androgenesis and Doubled Haploid Culture. *Critical Reviews in Plant Science* 28: 393-409.
- Lantos, C., Bona, L., Boda, K., Pauk, J. 2014. Comparative analysis of in vitro anther-and isolated microspore culture in hexaploid triticales (\times Triticosecale Wittmack) for androgenic parameters. *Euphytica* 197: 27-37.

- Lantos, C., Pauk, J. 2016. Anther culture as an effective tool in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding. *Russian Journal of Genetics* 52(8): 794-801.
- Larsen, E.T., Tuvesson, I.K.D., Andersen, S.B. 1991. Nuclear genes affecting percentage of green plants in barley (*Hordeum vulgare* L.) anther culture. *Theor. Appl. Genet* 82: 417-420.
- Lazar, M.D., Baenziger, P.S., Schaeffer, G.W. 1984. Combining abilities and heritability of callus formation and plantlet regeneration in wheat (*Triticum aestivum* L.) anther cultures. *Theor. Appl. Genet* 68:131-134.
- Lu, Y.M., Wang, C.L., Shen, M., Chen, Q.F. 1999. Effect of γ -irradiation on the formation of calli and regeneration of green plants in rice anther culture. *Acta Agric Zhejiangensis* 9(3): 123-216.
- Maluszynski, M., Ahloowalia, B.S., Sigurbjörnsson, B. 1995. Application of in vivo and in vitro Mutation techniques for crop improvement. *Euphytica* 85:303-315.
- Maluszynski, M., Szarejko, I., Sigurbjörnsson, B. 1996. Haploidy and mutation techniques. In: Jain, S.M., Sapory, S.K. & Veilleux, R.E. (Eds). *In Vitro Haploid Production In Higher Plants*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht pp. 67-93.
- Mkuya, M.S., Si, H.M., Liu, W.Z., Sun, Z.X. 2005. Effect of 137Cs gamma rays to panicles on rice anther culture. *Rice Sci* 12:299-302.
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Nakamura, K., Hattori, K. 1997. Effect of 60Co gamma-ray irradiation at different culture stages on rice anther culture. *Breeding Sci* 47(2): 101-105.
- Ouyang, J.W., Hu, H., Chuang, C.C., Tseng, C.C. 1973. Induction of pollen plants from anther of *Triticum aestivum* L. cultured in vitro. *Sci Sin* 16:79-95.
- Ouyang, J.W., Jia, S.E., Zhang, C., Chen, X.D., Feng, G.H. 1989. A new synthetic medium (W14 medium) for wheat anther culture. *Annual Report, Institute of Genetics, Academia Sinica (1986-1988)*: 91-92.
- Parmar, S.S., Sainger, M., Chaudhary, D., Jaiwal, P.K. 2012. Plant regeneration from mature embryo of commercial Indian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Physiol Mol Biol Plants* 18(2):177-183.
- Pauk, J., Mihály, R., Puolimatka, M. 2003. Protocol of wheat (*Triticum aestivum* L.) anther culture. In: Maluszynski, M., Kasha, K.J., Forster, B.P. & Szarejko, I. (Eds). *Doubled Haploid Production In Crop Plants, A Manual*. Dordrecht: Kluwer pp. 423 59-64. Overview. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 898(1): 27-41.
- Rashed, M.A., Abou Deif, M.H., Abdel-Hady, M.S., Atta, A.H., Fahmy, K.H. 2000. Effect of gamma irradiation on maize embryo culture regenerated plants. *Annals of Agricultural Science* 2: 765-779.
- Redha, A., Attia, T., Büter, B., Saisingtong, S., Stamp, P., Schmid, J.E. 1998. Improved production of doubled haploids by colchicine application to wheat (*Triticum aestivum*) anther culture. *Plant Cell Rep* 17: 974-979.
- Redha, A., Talaat, A. 2008. Improvement of green plant regeneration by manipulation of anther culture induction medium of hexaploid wheat. *Plant Cell Tiss Org Cult* 92: 141-146.
- Sadasivaiah, R.S., Perkovic, S.M., Pearson, D.C., Postman, B., Beres, B.L. 2004. Registration of 'AC Andrew' wheat. *Crop Sci* 44: 696-697.
- Sangwan-Norreel, B.S. 1983. Male gametophyte nuclear DNA content evolution during androgenic induction in *Datura innoxia* Mill. *Z. Pflanzenphysiol* 111: 47-54.
- Segui-Simarro, J.M., Nuez, F. 2008. Pathways to doubled haploidy: chromosome doubling during androgenesis. *Cytogenet. Genome Res* 120: 358-369.
- Sharma, A., Sharma, S., Kaushik, A. 2017. A new method to increase callus induction and plant regeneration from mature embryo of wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(5): 2658-2661.
- Stober, A., Hess, D. 1997. Spike pre-treatment, anther culture conditions, and anther culture response of 17 German varieties of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Breed* 116: 443-447
- Szakacs, E., Kovacs, G., Pauk, J., Barnabás, B. 1988. Substitution analysis of callus induction and plant regeneration from anther culture in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Rep* 7: 127-129.
- Szarejko, I., Forster, B.P. 2007. Doubled haploidy and induced mutation. *Euphytica* 158: 359-370.
- Szarejko, I. 2003. Anther culture for doubled haploid production in barley (*Hordeum vulgare* L.). In: Maluszynski, M., Kasha, K., Forster, B.P. & Szarejko, I. (Eds). *Doubled Haploid Production In Crop Plants. A manual*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht p. 35-42.
- Szarejko, I. 2011. Haploid mutagenesis. In: Shu, Q.Y., Forster, B.P. & Nakagawa, H. (Eds). *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Plant Breeding and Genetics Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Tuvesson, S., Ljungberg, A., Johansson, N., Karlsson, K.E., Suijs, L.W., Josset, J.P. 2000. Large-scale production of wheat and triticales doubled haploids through the use of a single-anther culture method. *Plant Breeding* 119:455-459.

- Vagera, J., Novak, F.J., Vyskot, B. 1976. Anther cultures of *Nicotiana tabacum* L. mutants. *Theor Appl Gen* 47: 109-114.
- Vagera, J., Novotny, J., Ohnoutkova, L. 2004. Induced androgenesis in vitro in mutated populations of barley, *Hordeum vulgare*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 77: 55-61.
- Wedzony, M., Forster, B.P., Zur, I., Golemic, E., Szechynska-Hebda, M., Dubas, E., Gotebiowska, G. 2009. Progress In Doubled Haploid Technology In Higher Plants. In: Touraev, A., Forster, B.P. & Jain, S.M. (Eds). *Advances in Haploid Production in Higher Plants*, (Dordrecht: Springer Science + Business Media B.V.) pp.1-34.
- Weyen, J. 2009. Barley and wheat doubled haploids in breeding. In: Touraev, A., Forster, B.P. & Jain, S.M. (Eds). *Advances in Haploid Production in Higher Plants*, (Dordrecht: Springer Science + Business Media B.V.) pp. 179-187.
- Xu, L., Najeeb, U., Naeem, M., Wan, G., Jin, Z., Khan, F., Zhou, W. 2012. In vitro mutagenesis and genetic improvement. In: Gupta S (Ed). *Technological Innovations in Major World Oil Crops*. Springer-Verlag pp. 151-173.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. *Weed Research* 14: 415-421.
- Zheng, M.Y., Liu, W., Weng, Y., Polle, E., Konzak, C. 2001. Culture of freshly isolated wheat (*Triticum aestivum* L.) microspores treated with inducer chemicals. *Plant Cell Rep* 20: 685-690.
- Zhuang, J.J., Jia, X. 1983. Increasing differentiation frequencies in wheat pollen callus. In: Hu, H. & Vega, M.R. (Eds). *Cell and Tissue Culture Techniques for Cereal Crop Improvement*. Science Press, Beijing pp. 431-432.

Multi-criteria Decision-making Technique Approach to Assess the Microbial Quality and Safety of Fresh-cut Salads Sold at Retail in Istanbul, Turkey


İstanbul, Türkiye’de Perakende Olarak Satılan Taze Kesilmiş Salataların Mikrobiyal Kalitesini ve Güvenliğini Değerlendirmek İçin Çok Kriterli Karar Verme Tekniği Yaklaşımı


Gulsum UCAK OZKAYA^{1*}, Umit GECGEL², Muhammed Zeki DURAK³


Abstract

The goal of this study was to investigate the microbial quality and safety of fresh-cut salads sold in restaurants that were located at Esenler, Fatih, Besiktas, Uskudar, Kadikoy and Umraniye in Istanbul, Turkey. In total, 180 samples were assayed for microbiological analysis including enumeration of total aerobic mesophilic (TMAB), aerobic psychotropic (AP) bacteria, yeast and mold (YM), fecal coliforms bacteria, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, isolation of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. Meanwhile, a coagulase test was conducted out for *S. aureus*. Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS)-based multi-criteria decision-making technique (MCDM) approach was used to rank six districts in terms of microbial count. The enumeration of TMAB in Esenler, Fatih and Besiktas ranged from 4.34 to >7.48 log CFU g⁻¹, 3.69 to >7.48 log CFU g⁻¹ and 4.05 to >7.48 log CFU g⁻¹, respectively. However, the enumeration of TMAB in Uskudar, Kadikoy and Umraniye ranged from 2.57 to >7.48 log CFU g⁻¹, 4.01 to >7.48 log CFU g⁻¹ and 4.24 to >7.48 log CFU g⁻¹, respectively. The enumeration of AP, YM and *S. aureus* ranged from 2.00 to >7.48 log CFU g⁻¹, 2.00 to >7.48 and 2.00 to 6.13 log CFU g⁻¹, respectively. Coagulase-positive staphylococci were found in 43 samples. When total coliforms counts were calculated for the samples, Esenler had the highest count (3588.1 MPN/g). The highest and lowest count of fecal coliform was found in Esenler and Fatih, respectively. *E. coli* was isolated 7.22% in samples. *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* were not found in any of the samples. According to TOPSIS, Esenler had very bad values of TMAB and AP, *S. aureus*, coliform and fecal coliform. As for YM, Fatih had the worst scores. Uskudar was found as the best district considering the count of all microbial groups. On the other hand, it has been discovered that the microbial safety of fresh-cut salads sold in Istanbul is adequate for consumption.

Keywords: Fresh-cut salads, Microbial quality, Microbial safety, Multi-criteria decision technique, TOPSIS

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gulsum UCAK OZKAYA, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Kanik School of Applied Sciences, Bitlis Eren University, 13000, Bitlis, Turkey. E-mail: gucak@beu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-4207-6797

² Umit GECGEL, Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Namik Kemal University, 59030, Istanbul, Turkey. E-mail: ugecgel@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7092-5899

³ Muhammed Zeki DURAK, Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Yildiz Technical University, 34210, Istanbul, Turkey. E-mail: mzdurak@yildiz.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7245-1116.

Atıf/Citation: Ucak Ozkaya G., Gecgel U., Durak M.Z. .Multi-criteria Decision-making Technique Approach to Assess the Microbial Quality and Safety of Fresh-cut Salads Sold at Retail in Istanbul, Turkey *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 366-379.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Bu çalışmanın amacı İstanbul, Türkiye’de Esenler, Fatih, Beşiktaş, Üsküdar, Kadıköy ve Ümraniye’de bulunan restoranlarda satılan taze kesilmiş salataların mikrobiyal kalite ve güvenliğini belirlemektir. Toplam aerobik mezofilik (TMAB), aerobik psikrotrofik (AP) bakteriler, maya ve küf (YM), fekal koliform bakterileri, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. ve *Listeria monocytogenes* izolasyonu dahil olmak üzere mikrobiyolojik analiz için toplam 180 numune test edilmiştir. Bu arada, *S. aureus* için koagülaz testi gerçekleştirilmiştir. Altı ilçeyi mikrobiyal sayı açısından sıralamak için çok kriterli karar verme tekniği (MCDM) yaklaşımına dayalı ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama performansı tekniği (TOPSIS) kullanılmıştır. Esenler, Fatih ve Beşiktaş’ta TMAB sayımı sırasıyla 4.34->7.48 log KOB g⁻¹, 3.69->7.48 log KOB g⁻¹ ve 4.05->7.48 log KOB g⁻¹ arasında değişmektedir. Ancak Üsküdar, Kadıköy ve Ümraniye’de TMAB sayımı sırasıyla 2.57->7.48 log KOB g⁻¹, 4.01->7.48 log KOB g⁻¹ ve 4.24->7.48 log KOB g⁻¹ arasında değişmektedir. AP, YM ve *S. aureus* sayımı sırasıyla 2.00 ->7.48 log KOB g⁻¹, 2.00-7.48 log KOB g⁻¹ ve 2.00-6.13 log KOB g⁻¹ arasında değişmiştir. Örneklerin 43’ü koagülaz pozitif stafilocok olarak tespit edilmiştir. Örnekler için toplam koliform sayıları hesaplandığında en yüksek sayıya (3588.1 EMS/g) Esenler’in sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ve en düşük fekal koliform sayısı sırasıyla Esenler ve Fatih’te bulunmuştur. Örneklerin %7.22’sinde *E. coli* izole edilmiştir. Örneklerin hiçbiri *Salmonella* spp. ve *L. monocytogenes* için pozitif olarak tespit edilmemiştir. TOPSIS’e göre, Esenler TMAB, AP, *S. aureus*, koliform ve fekal koliform bakımından en kötü değerlere sahip olduğu bulunmuştur. YM’de ise en kötü skoru Fatih ilçesi almıştır. Tüm mikrobiyal grupların sayısı göz önüne alındığında, Üsküdar en iyi ilçe olarak bulunmuştur. Öte yandan İstanbul’da satışı sunulan taze kesilmiş salataların mikrobiyal güvenliğinin tüketilmek için yeterli olduğu çalışmanın sonuçları ile ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taze kesilmiş salatalar, Mikrobiyal kalite, Mikrobiyal güvenlik, Çok kriterli karar tekniği, TOPSIS

1. Introduction

Fresh vegetables are significant ingredients in the human diet, which boost the nutritional content and quality of all diets by supplying important vitamins, minerals, fiber, and biopsychological agents, which assist the body function (Niyaz and Demirbas, 2018; Saini et al., 2017; Slavin and Lloyd, 2012). The WHO (2002) states that a daily consumption of at least 400 g of fruit and vegetables is required. It is predicted to be able to save up to the lives of 2.7 million individuals a year by sufficient intake of fruits and vegetables (FAO, 2004). Vegetable consumption on a regular basis is widely recommended since it lowers the risk of certain ailments like cardiovascular disease, obesity, and cancer (CDC, 2018).

Depending upon an increase in the quantity of vegetable consumption, it has been observed that outbreaks linked with these products have increased (Bennett et al., 2018; de Oliveira Elias et al., 2018). Vegetables may threaten public health if they are contaminated with the most common pathogenic microorganisms including *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* or others (CRS, 2019; Faour-Klingbeil et al., 2016; Korir et al., 2016; Losio et al., 2015). The majority of pathogenic bacteria have existed in animal source foods rather than raw vegetables. However, processes like simply trimming, peeling, slicing/shredding, and washing which are carried out on raw vegetables are able to lead to contamination of these products, which in turn might give rise to serious problems threatening public health such as foodborne diseases, poisoning, and death. Therefore, researchers have conducted various studies on ready-to-eat foods specific to their own countries and have reported different results (Allen et al., 2013; Cardamone et al., 2015; De Giusti et al., 2010; Fröder et al., 2007; Gao et al., 2018; Graça et al., 2017). In our country, various studies have been also conducted on the microbiological quality of ready-to-eat foods, which are served hot and cold, and researchers generally report low microbiological quality (Gurler et al., 2015; Pamuk et al., 2013; Şenses-Ergül et al., 2015; Gumus et al., 2005; Temelli et al., 2005).

The presence of various microorganism groups is being studied in order to evaluate the microbial quality and safety of food. Multi-criteria approaches can be used to combine all of the microbiological analysis criteria. Multi-criteria decision-making (MCDM) enables deciding between alternatives using qualitative and quantitative data (Kumar et al., 2017). The technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) which is the one of the MCDM techniques might be used to facilitate the comparison of the samples according to the results (Ozturk and Batuk, 2011). Even though MCDM techniques are implemented in various areas such as integrated manufacturing systems, evaluation of technology investment, water and agriculture management and energy planning (Erdin and Ozkaya, 2019, 2020a, 2020b; Ozkaya, 2017), there has not been a lot of research done in the food field (Dogan et al., 2016; Hosseinzadeh Samani et al., 2020; Şimşek, 2019).

The primary aim of present study is to assess the microbial properties of fresh-cut salads at the different districts of Istanbul and to rank those so as to find the best district by TOPSIS techniques based on microbial analysis results. To the best of our knowledge, multi-criteria decision approaches have not been employed in the literature to rank regions based on microbiological quality and safety. The findings of this research will provide an overview of the prevalence of some indicators and pathogenic microorganisms that are commonly found in salads and threaten human health, as well as data that can be used for risk assessment.

2. Materials and Methods

2.1. Sample Collection

A total of 180 vegetable salads were gathered from various restaurants in Esenler, Fatih and Besiktas (European side), Uskudar, Kadikoy and Umraniye (Asian side) in Istanbul, Turkey. All samples were immediately transported to the laboratory in insulated boxes with ice bags and kept in freezers at -18 °C to be tested on the following days. All materials for microbiological analysis were purchased from Merck (Darmstadt, Germany).

2.2. pH Value and Vegetable Content

A 10 g portion of each sample was placed in a stomacher bag and homogenized using a stomacher (VWR Star Blender LB 400) with 90 ml of distilled water for 1 min (Reale et al., 2019). The pH of each sample was then

measured by pH meter (Hanna HI 2211) as four parallel. The pH values of samples were determined by averaging the obtained results (Şimşek and Esmer Kizilirmak, 2017). The vegetable content of each sample was also specified.

2.3. Microbiological Analysis

All the 180 fresh-cut salads samples were analyzed for each of the following microorganisms or microbial groups: total aerobic mesophilic (TMAB), psychrotrophic bacteria (AP), yeast and mold (YM), fecal coliforms bacteria, and *E. coli*, coagulase-positive staphylococci, *Salmonella* spp., and *L. monocytogenes*.

2.3.1. Enumeration of Total Aerobic Mesophilic, Psychotropic Bacteria and Yeast and Molds

Total aerobic mesophilic (TMAB), aerobic psychotropic (AP) bacteria and yeast and mold (YM) were enumerated by the spread plate method on Plate Count Agar (PCA), followed by incubation for 48 h at 37 °C (Rosmini et al., 2004), on PCA, followed by incubation for 10 days at 7 °C (Silva et al., 2007) and on Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC), followed by incubation for 5-7 days at 25 °C (Beuchat and Mann, 2016), respectively. The colonies were expressed as colony-forming units per gram (CFU g⁻¹).

2.3.2. Isolation and Enumeration of Fecal Coliform Bacteria and *E. coli* with MPN Method

Most Probable Number (MPN) method was used to enumerate fecal coliform bacteria and *E. coli*. LST (Lauril Sulfat Triptoz), BGBB (Brilliant Green Bile Broth) and EC (*E. coli*) broth were mediums used to carry out the analysis after which results were recorded and examined based on the MPN table. The culture-produced gas in EC tubes was streaked onto EMB agar plate for 24 h at 35 °C and confirmed as *E. coli* after being treated with Gram stain and IMViC biochemical tests (Cakir, 2000; Erkmen, 2000).

2.3.3. Determination of *S. aureus*

Determination of *S. aureus* was done by the spread plate method on Baird Parker Agar (BPA) supplemented with egg yolk Tellurite enrichment suspension, followed by incubation at 35 °C for 24 h; the results were expressed as colony-forming units per gram (CFU g⁻¹) (Ayççek et al., 2004; Meldrum et al., 2009). The colonies with typical *S. aureus* morphology (i.e., black, convex and with or without light halo on BP agar) were evaluated as a suspicious coagulase-positive colony. Up to 3 typical colonies were tested for coagulase production (Ghosh et al., 2007).

2.3.4. Isolation and Identification of *Listeria monocytogenes*

Twenty-five grams of each sample was weighed aseptically into a sterile stomacher and homogenized using a stomacher (VWR Star Blender LB 400) with 225 ml of sterile Listeria Enrichment Broth (LEB) for 2 min and incubated for 24 h at 30 °C. After the incubation period, the resultant homogenate of 0.1 ml was transferred into tubes containing 10 ml LEB and incubated for 48 h at 30 °C. All tubes were evaluated and a loopful suspension from positive tubes was streaked on Listeria Selective Agar (LSA) with Listeria-selective supplement and incubated up to 48 h at 37 °C. Brownish green or black halo of colonies breeding on LSA was considered as presumptive colonies. Then, the suspected colonies of loopful were inoculated on Trypticase Soy Agar supplemented with 0.6% yeast extract (TSAYE) plates and incubated for 24 h at 37 °C (Öğüt and Polat, 2009).

Colony PCR technique was used for screening the presence of the Listeriolysin O (*hlyA*) gene which is present at *L. monocytogenes*. Forward *hlyA* 634F: 5'-ACTTCGGCGCAATCAGTGA-3' and Reverse *hlyA* 770R: 5'-TTGCAACTGCTCTTTAGTAACAGCTT-3' were the oligonucleotide primer sets. The extraction of DNA and cycling conditions were performed according to Al-Ashrawy et al. (2014). PCR-amplified DNA fragments were run with ethidium bromide-stained 1.2% agarose gel electrophoresis. The separated DNA fragments were then visualized under UV light and photographed.

2.3.5. Isolation and Identification of *Salmonella* spp.

Twenty-five grams of each sample was homogenized with 225 ml of sterile 1% (w/v) buffered peptone water (BPW) for 2 min and incubated at 37 °C for 24 h. After the completion of the pre-enrichment process, 0.1 ml aliquots were transferred into the Rappaport-Vassiliadis (RV) Broth for the enrichment step and incubated for 48 h at 42 °C (Gurler et al., 2015; Nguz et al., 2005). Then, the positive cultures were finally plated onto Bismuth Sulfite Agar, Xylose Lysine Desoxycholate Agar and Hectoen Enteric Agar and incubated for 24-48 h at 37 °C. Triple Sugar Iron Agar (TSIA) was used for presumptive confirmation of colonies (Sant'Ana et al., 2011).

2.4. Statistical Analysis

Excel software (Microsoft Office 2016) was used to calculate arithmetic averages and standard deviations. The average results collected from the microbiological assessment for fresh-cut salads were analyzed using a Windows-based JMP statistical analysis software (SAS Institute. Inc. Cary, NC, USA) with one-way and two-way analysis of variance (ANOVA) and subjected to Tukey's multiple comparison test to ascertain any statistically significant difference ($p < 0.05$) among the means. All counted data were converted to log values before statistical analysis.

2.5. Application of Multi-Criteria Decision-Making Method

Determining the microbial quality and safety of fresh-cut salads and comparing them according to districts is a multi-criteria decision-making (MCDM) problem and requires evaluation of many conflicting criteria (Forman and Selly, 2001). When the MCDM methods are classified with regard to their different aims, the TOPSIS method is applied to choose the best options and ratings.

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) was developed by Yoon and Hwang (1995). It involves a 5-step solution process and calculation was conducted using equation (1-9). The steps of the TOPSIS method are described below.

Step 1: Normalization of the decision matrix

The R matrix is built by employing the r_{ij} values computed in this stage:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (\text{Eq. 1})$$

Step 2: Computing v_{ij} matrix using the v_{ij} -weighted normal values. w_j defines the weight of the j th criterion or indicator.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (\text{Eq. 2})$$

Step 3: Positive (A^*) and negative (A^-) ideal solutions:

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in C_b \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in C_c \right) \right\} = \{v_j^* \mid j = 1, 2, \dots, m\} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in C_b \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in C_c \right) \right\} = \{v_j^- \mid j = 1, 2, \dots, m\} \quad (\text{Eq. 4})$$

If the j is a benefit indicator,

$$v_j^+ = \max\{v_{ij}, i = 1, \dots, m\}, v_j^- = \min\{v_{ij}, i = 1, \dots, m\} \quad (\text{Eq. 5})$$

If the j is a cost indicator,

$$v_j^- = \max\{v_{ij}, i = 1, \dots, m\}, v_j^+ = \min\{v_{ij}, i = 1, \dots, m\} \quad (\text{Eq. 6})$$

Step 4: Calculation of deflections of all options from positive and negative solutions employing the m-dimensional Euclidean distance:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^*)^2}, j = 1, 2, \dots, m \quad (\text{Eq. 7})$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2}, j = 1, 2, \dots, m \quad (\text{Eq. 8})$$

Step 5: Determination of relative proximities to the A^* . Then the relative closeness (RC_i) of the alternative defined as A_i to the ideal solution is obtained. Then these values are ordered from largest to smallest.

$$RC_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (\text{Eq. 9})$$

3. Results and Discussion

3.1. Vegetable Content and pH Values

Table 1 displays the pH values of salad samples used in this study. The mean pH of vegetable salads ranged between 2.87 and 6.17. The highest pH values were obtained from Esenler, Kadikoy, and Umraniye, respectively ($p < 0.05$). The European side had a lower mean pH value compared to the Asian side ($p < 0.05$). The average pH values of the European and Asian sides were 4.37 ± 0.03 and 4.60 ± 0.32 , respectively. Salads were largely composed of lettuce, iceberg lettuce, tomato, carrot, kale, pepper, onion, parsley, and cucumber.

Table 1. pH values of samples

Regions	Number of samples	Minimum pH	Maximum pH	Mean pH
Esenler	30	3.39	5.63	4.67 ± 0.71^A
Fatih	30	2.87	4.77	3.96 ± 0.38^{CD}
Besiktas	30	3.62	6.17	4.47 ± 0.54^{AB}
Uskudar	30	3.39	5.23	4.15 ± 0.50^{BC}
Kadikoy	30	3.53	5.63	4.72 ± 0.69^A
Umraniye	30	3.86	5.38	4.79 ± 0.48^A

Means with various letters (^{A-C}) according to ANOVA ($p < 0.05$) are substantially different. Mean pH values in table are given as average values \pm standard deviations.

3.2. Microbial Flora

The incidence and levels of foodborne pathogen contamination in food products at the retail level are crucial for the development of risk assessment models, particularly for estimating consumer exposure to diverse microorganisms. At any point of the process, from agriculture to consumption, pathogenic bacteria can contaminate fresh vegetables and fruits. Salads available for purchase in Turkey comprise fresh or boiled vegetables, cooked chicken meat, tinned tuna fish, and mayonnaise. However, in our study, 180 fresh cut vegetable salads without any meat product sold in Esenler, Fatih, Besiktas, Uskudar, Kadikoy and Umraniye in Istanbul were analyzed for total aerobic mesophilic (TMAB), aerobic psychotropic (AP) bacteria, yeast and mold (YM), fecal coliforms bacteria, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, isolation of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*.

The results of TMAB, AP bacteria, YM, and *S. aureus* counts were shown in Table 2-5, respectively. The mean total aerobic mesophilic bacteria (TMAB) count of the salads was ~ 5.85 log CFU g⁻¹, with a range of 2.57- >7.48 log CFU g⁻¹ (Table 2). The enumeration of TMAB in Esenler, Fatih and Besiktas ranged from 4.34 to 7.48 log CFU g⁻¹, 3.69 to >7.48 log CFU g⁻¹ and 4.05 to 7.48 log CFU g⁻¹, respectively. However, the enumeration of TMAB in Uskudar, Kadikoy and Umraniye ranged from 2.57 to 7.48 log CFU g⁻¹, 4.01 to >7.48 log CFU g⁻¹ and 4.24 to 7.21 log CFU g⁻¹, respectively. According to ANOVA results, the highest count of TMAB was recorded in Esenler with the number of 6.42 log CFU g⁻¹, whereas the lowest count was found in Uskudar with the number of 5.32 log CFU g⁻¹ ($p < 0.05$). On the other hand, the TMAB count on the European side had a lower count with the mean 5.69 log CFU g⁻¹ compared to the Asian side which had the mean 6.01 log CFU g⁻¹ count. The levels of aerobic bacteria counts obtained from fresh-cut salads in this study are comparable to findings of previous studies.

Table 2. Results of TMAB count in the analyzed samples

Regions	Number of samples	Percentage (%) of samples in the indicated interval						Range ^a	Mean ^a
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
Esenler	30	0.0	0.0	10.0	26.6	23.3	40.0	4.34-7.48	6.42 ± 1.01^A
Fatih	30	6.6	0.0	23.3	26.6	23.3	20.0	3.69-7.48	5.61 ± 1.17^{BC}
Besiktas	30	0.0	0.0	16.6	36.6	20.0	26.6	4.05-7.48	6.32 ± 1.04^{BA}
Uskudar	30	5.0	10.0	20.0	35.0	25.0	5.0	2.57-7.48	5.32 ± 1.19^C
Kadikoy	30	0.0	0.0	40.0	12.0	32.0	16.0	4.01-7.48	5.64 ± 1.17^{BC}
Umraniye	30	0.0	0.0	15.0	20.0	50.0	15.0	4.24-7.21	6.13 ± 0.93^{BA}

Means with various letters (^{A-C}) according to ANOVA ($p < 0.05$) are substantially different. ^a The measurement unit is log CFU g⁻¹.

This study showed a mean TMAB count for freshly cut salads similar to the recent study by Seow et al. (2012). Furthermore, a study in Turkey by Aycicek et al. (2006) reported that a total of 180 samples (including lettuce, parsley, dill and carrots) were found to have a mean TMAB of 5.8 log CFU g⁻¹. Similarly, another study found that TMAB levels in 140 ready-to-eat lettuce samples from 16 university restaurants ranged from 3.01 to 7.81 log CFU g⁻¹ (Soriano et al. 2000) and a research performed by Szabo et al. (2000) reported that TMAB of 120 ready-to-eat lettuce samples were found to range from 3.00 to 9.00 log CFU g⁻¹. The findings of another study also showed that TMAB was present in the between 4.00-7.00 log CFU g⁻¹ (Ahmed et al., 2019).

The mean count of psychotropic bacteria (AP) in all collected samples was ~6.10 log CFU g⁻¹, with a range of 2.00->7.48 log CFU g⁻¹ (Table 3). While the highest AP count was obtained from Esenler with the number of 6.41 log CFU g⁻¹, the samples collected in Uskudar had the lowest value with the number of 5.66 log CFU g⁻¹. In terms of AP counts, there were no statistically significant differences between the samples obtained from the European side (Esenler, Fatih, and Besiktas) (p>0.05). The mean AP counts of the European and Asian sides were 6.36 and 5.86 log CFU g⁻¹, respectively, which means there were significant differences in the AP microbial counts (p<0.05). The means of aerobic psychotropic bacteria of fresh-cut salads varied from 2.00 to >7.48 log CFU g⁻¹. The results of an investigation performed by Silva et al. (2007) revealed that AP count was found as ranging from 6.89 to 8.43 log CFU g⁻¹. The outcomes of this study were significantly higher than the results obtained in this present study. Regardless of whether the count of these bacteria is low or high, the ability of aerobic psychotropic microorganisms to proliferate at refrigerated temperatures promotes the spoiling of vegetables, with the exception of a few psychotropic species (Graça et al., 2017).

Table 3. Results of AP count in the analyzed samples

Regions	Number of samples	Percentage (%) of samples in the indicated interval						Range ^a	Mean ^a
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
Esenler	30	0.0	2.66	10.0	13.3	26.6	43.3	3.85-7.48	6.41±1.17 ^A
Fatih	30	0.0	0.0	3.3	36.6	36.6	23.3	4.16-7.48	6.34±0.88 ^A
Besiktas	30	0.0	0.0	13.3	23.3	30.0	33.3	4.38-7.48	6.32±0.95 ^A
Uskudar	30	5.0	5.0	10.0	35.0	35.0	10.0	2.00-7.48	5.66±1.27 ^B
Kadikoy	30	0.0	0.0	20.0	24.0	28.0	24.0	3.47-7.48	5.91±1.21 ^{BA}
Umraniye	30	0.0	0.0	20.0	25.0	35.0	20.0	4.14-7.48	5.98±1.04 ^{BA}

Means with various letters (^{A-C}) according to ANOVA (p<0.05) are substantially different. ^a The measurement unit is log CFU g⁻¹.

The mean count of yeast and molds (YM) for salads was ~4.77 log CFU g⁻¹. The count of YM in Esenler, Fatih and Besiktas ranged from 2.47 to >7.48 log CFU g⁻¹, 2.84 to >7.48 log CFU g⁻¹ and 3.60 to >7.48 log CFU g⁻¹, respectively, while the enumeration of YM in Uskudar, Kadikoy and Umraniye ranged from 2.00 to 6.34 log CFU g⁻¹, 2.00 to 5.85 log CFU g⁻¹ and 3.43 to 7.37 log CFU g⁻¹, respectively (Table 4). These findings found no statistically significant differences between samples (p>0.05). The samples collected from the European side had the higher YM counts, with the mean 5.06 log CFU g⁻¹ count, and the mean YM count of the Asian side was 4.47 log CFU g⁻¹. YM counts of samples collected from two sides were significantly (p <0.05) different.

Table 4. Results of YM count in the analyzed samples

Regions	Number of samples	Percentage (%) of samples in the indicated interval						Range ^a	Mean ^a
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
Esenler	30	3.3	23.3	23.3	36.6	6.6	6.6	2.47-7.48	4.82±1.29 ^A
Fatih	30	3.3	0.0	36.6	33.3	20.0	6.6	2.84-7.48	5.30±1.06 ^A
Besiktas	30	0.0	20.0	33.3	30.0	13.3	3.3	3.60-7.48	5.05±1.07 ^A
Uskudar	30	10.0	30.0	20.0	35.0	5.0	0.0	2.00-6.34	4.41±1.09 ^A
Kadikoy	30	16.0	20.0	44.0	20.0	0.0	0.0	2.00-5.85	4.16±1.04 ^A
Umraniye	30	0.0	30.0	25.0	25.0	15.0	5.0	3.43-7.37	4.91±1.12 ^A

Means with various letters (^{A-C}) according to ANOVA (p<0.05) are substantially different. ^a The measurement unit is log CFU g⁻¹.

In our study, YM showed their incidence level between 2.00 and >7.48 log CFU g⁻¹. Fruits, raw and ready-to-eat vegetables were collected in a study carried out by Badosa et al. (2008) and the YM count of these samples was found as ranging from 5.00 to 6.00 log CFU g⁻¹. In another study, a total of 116 samples were collected by Pingulkar (2001) to determine the microbial quality of salad samples and YM counts ranged from 2.00 to 5.00 log CFU g⁻¹. As for a study conducted in Brazil (Dos Santos et al., 2021) researchers found that the count of YM was between 3.40 and > 6.30 log CFU g⁻¹. A lower count of YM with a mean of 3.69 log CFU g⁻¹ was observed in another study (Schuh et al., 2019) Mold growth in fresh-cut salads, in fact, is not the cause of microbial degradation in these foodstuffs. Some molds, on the other hand, may be linked to health hazards in fruits and vegetables due to the production of mycotoxins and the induction of allergies (Seow et al., 2012).

S. aureus is a frequent foodborne pathogen that has been isolated from a variety of foods. In the food sector, the agent exploits a variety of contamination sources (Fetsch and Johler, 2018). *S. aureus* in food is usually caused by direct or indirect contact with infected food. *S. aureus* has identified contaminated hands, nostrils, mouths of personnel, contaminated food contact surfaces, and equipment. Humans play an important role in the food-human chain (Bilgin et al., 2019). Hence, the existence of *S. aureus* in our salads was also investigated. The enumeration of *S. aureus* ranged from 2.00 to 3.29 log CFU g⁻¹ (Table 5). The enumeration of *S. aureus* in Esenler, Fatih and Besiktas ranged from 2.00 to 6.13 log CFU g⁻¹, 2.00 to 4.60 log CFU g⁻¹ and 2.00 to 4.86 log CFU g⁻¹, respectively. However, the enumeration of *S. aureus* in Uskudar, Kadikoy and Umraniye ranged from 2.00 to 3.29 log CFU g⁻¹, 2.00 to 5.30 log CFU g⁻¹ and 2.00 to 4.54 log CFU g⁻¹, respectively. Fatih was the lowest *S. aureus* count with 1.73 log CFU g⁻¹ (p<0.05). However, the European and Asian sides had no substantial (p>0.05) differences. In contrast to our study, a survey conducted in Norway by Johannessen et al. (2002) found no *S. aureus* in the samples collected. In contrast, 50 vegetable salads samples sold in India were collected and the results revealed that *S. aureus* was detected in 15.1% of vegetable salads (Tambekar and Mundhada, 2006). Interestingly, the results of a study revealed no *S. aureus* in salad samples (Aghalari et al., 2021). In our study, coagulase test was also applied to some picked *S. aureus* colonies (3-5 colonies from each sample). A total of 43 samples were determined by coagulase-positive staphylococci. Of these, 51.2% belonged to the samples collected in Esenler, Besiktas and Fatih while 48.8% belonged to Uskudar, Kadikoy and Umraniye. On the contrary to our results, Becker et al. (2019) found the level of coagulase-positive staphylococci strains undetectable.

Table 5. Results of *S. aureus* count in the analyzed samples

Regions	Number of samples	Percentage (%) of samples in the indicated interval						Range ^a	Mean ^a
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
Esenler	30	60.0	20.0	16.6	0.0	3.3	0.0	2.00-6.13	2.23±1.93 ^{BA}
Fatih	30	86.6	10.0	3.3	0.0	0.0	0.0	2.00-4.60	1.73±1.36 ^B
Besiktas	30	80.0	16.6	3.3	0.0	0.0	0.0	2.00-4.86	2.51±0.73 ^A
Uskudar	30	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.00-3.29	2.44±0.47 ^A
Kadikoy	30	84.0	8.0	4.0	4.0	0.0	0.0	2.00-5.30	2.50±0.88 ^A
Umraniye	30	85.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	2.00-4.54	2.26±0.62 ^{BA}

Means with various letters (^{A-C}) according to ANOVA (p<0.05) are substantially different. ^a The measurement unit is log CFU g⁻¹.

MPN method was used to determine the count of coliform and fecal coliform. Table 6 shows the results of coliform and fecal coliform count in the samples analyzed with MPN.

On the European side, the highest number of coliform was found in Esenler, whereas the lowest number was in Fatih. Likewise, the highest and lowest count of fecal coliform was found in Esenler and Fatih, respectively. A verification test was performed to the colonies which were thought to be probable *E. coli*. Of collected samples, 7 samples from the European side verified as *E. coli*.

On the Asian side, Umraniye scored the highest coliform count, while Kadikoy had the lowest coliform count (Table 6). As for the count of fecal coliform on the Asian side, the highest and lowest count of fecal coliform was found in Umraniye and Kadikoy, respectively. As mentioned above, the verification test was performed on samples considered to be possible *E. coli*. After all, *E. coli* was found positive in a total of 6 samples on the Asian side. As a result, *E. coli* was found in 7.2% (13 of 180) of all samples. Of the positive *E. coli*, 53.8% were found on the European side and 46.2% on the Asian side. The presence of *E. coli* is comparable to those found by other researchers. A survey performed by Mukherjee et al. (2004) was reported that *E. coli* was present in 9.7% of the samples. In India, Tambekar and Mundhada (2006) examined a total of 50 samples of salad and found *E. coli* in

38.2% of the analyzed samples. Regarding the survey carried out in Pakistan, *E. coli* had been found in positive nine of the twelve types of samples tested (Ejaz et al., 2020). In a previous conducted study, *E. coli* count of salads was found to be 11.57% (Xylia et al., 2019). Compared to the above-mentioned surveys, our results were found to be lower.

Table 6. Results of coliform and fecal coliform count in the analyzed samples with MPN

Regions	Number of samples	Coliform			Fecal Coliform		
		Minimum	Mean	Maximum	Minimum	Mean	Maximum
Esenler	30	92	3588.1	>11000	92	2790.8	>11000
Fatih	30	<30.0	1046.5	>11000	<30.0	955.5	>11000
Besiktas	30	<30.0	2745.2	>11000	<30.0	25.19.8	>11000
Uskudar	30	<30.0	1650.1	>11000	<30.0	1205.5	>11000
Kadikoy	30	<30.0	1520.08	>11000	<30.0	1019.04	>11000
Umraniye	30	<30.0	1917.2	>11000	<30.0	918.50	>11000

On the European side, *Listeria* spp. was found in 46.6%, 30.0% and 36.3% of the samples analyzed in Esenler, Fatih and Besiktas, respectively. On the Asian side, *Listeria* spp. was determined in 10.0%, 16.0% and 25.0% of the samples analyzed in Uskudar, Kadikoy and Umraniye, respectively (Table 7). In the present study, 45 of the collected 180 samples were found to be positive for *Listeria* spp. PCR was applied to presumptive colonies to find out the presence of some genes that determine whether the bacterium is associated with Listeriosis and none of them were identified as *L. monocytogenes*. In the current study, 45 of the collected 180 samples were found to be positive for *Listeria* spp. The high counts of presumptive *Listeria* spp. were reported in a study, as well (Ssemenda et al., 2017). Nevertheless, *Listeria* spp. was not confirmed as *L. monocytogenes*. Our results were similar to an investigation conducted by De Giusti et al. (2010). Contrary to our results, *L. monocytogenes* were isolated from conventionally produced salad samples in a study (Becker et al., 2019). Besides, some contrary results were also obtained from researches performed by other scholars (Cardamone et al. 2015; Gurler et al. 2015).

Table 7. The incidence of pathogens in the analyzed samples

Regions	Number of samples	Percentage (%) of samples with presumptive colonies	
		<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.
Esenler	30	^a ND	46.6
Fatih	30	ND	30.0
Besiktas	30	ND	36.3
Uskudar	30	ND	10.0
Kadikoy	30	ND	16.0
Umraniye	30	ND	25.0

a ND: not detected.

Salmonella spp. may contaminate fruits and vegetables throughout the harvesting, processing, and transportation and preparation steps. *Salmonella* spp. were not isolated from any of the samples in our investigation. Therefore, no identification test such as PCR was applied for the detection of *Salmonella*. This is supported by the findings of various investigations. No *Salmonella* spp. were discovered in a study on Brazilian origins (Maffei et al. 2013). A similar investigation was carried out in Portugal, and *Salmonella* spp. were not found in any of the samples (Santos et al., 2012). This is supported by a previous study of Xylia et al. (2019) who reported no prevalence of *Salmonella* spp. in vegetables salads.

In our study, the microbiological quality and safety along with some physicochemical attributes of the salads were analyzed. The effects of season, salad producer and type of salad and/or their interactions with the tested parameters were not investigated as other researchers (Xylia et al., 2019). Later studies may conduct on these attributes, as well.

3.3. TOPSIS results

One of the most preferred MCDM methods is TOPSIS. With the use of this method in this regard, it is aimed to provide a new contribution to the field. In the present study, the ranking of the districts was made with the help of ANOVA and TOPSIS. However, comparison of the data can also be made by using other MCDM methods.

According to the ANOVA results, while one district is superior based on one criterion, another district is superior based on a different criterion. As a result, comparing alternatives or samples is quite difficult. The TOPSIS approach was used as an MCDM strategy to determine district ranking based on microbiological quality and safety of fresh-cut salads in order to make comparisons easier. The criteria used in TOPSIS analysis were TMAB, AP, YM, *S. aureus*, coliform, and fecal coliform bacteria count. Before TOPSIS analysis, the count of bacteria (log values for TMAB, AP, YM, *S. aureus* and MPN results for coliform, and fecal coliform bacteria) was normalized to evaluate criteria with different units together. Therefore, the values of each criteria were converted to be between 0 and 1. This also prevents the analysis from being affected by extreme values. In the evaluation, districts are required to have minimum values for each criteria.

Table 8 summarizes the TOPSIS analysis results for microbial safety and quality by district. Table 9 shows the microbial count values for each district at general criteria level. According to the results (Table 8), Uskudar was defined as the most suitable district for TMAB and AP count. Based upon Table 8, Kadikoy was found to be the best district in terms of YM count. In terms of *S. aureus*, coliform and fecal coliform criteria, Fatih had the best values with 0.642598, 0.696173 and 0.760257, respectively. Esenler had very bad values of TMAB and AP, *S. aureus*, coliform and fecal coliform. As for YM, Fatih had the worst scores. Upon determining the general comparison of districts in Table 9, Uskudar was at the top of the ranking followed by Kadikoy, Fatih, Besiktas, Umraniye. There were no significant differences between Uskudar (0.622451) and Kadikoy (0.611779). Esenler had the worst scores (0.469538) considering all microorganism count.

Table 8. Comparison of districts with TOPSIS method in terms of TMAB, AP, YM, *S. aureus*, coliform and fecal coliform bacteria

Raking		TMAB		AP		YM
1	Uskudar	0.624761	Uskudar	0.556921	Kadikoy	0.695579
2	Fatih	0.558363	Kadikoy	0.526103	Uskudar	0.593599
3	Kadikoy	0.550451	Umraniye	0.48182	Umraniye	0.525903
4	Besiktas	0.447955	Besiktas	0.439515	Esenler	0.501697
5	Umraniye	0.399797	Fatih	0.406436	Besiktas	0.492622
6	Esenler	0.398304	Esenler	0.390423	Fatih	0.435144
Raking						
1	Fatih	0.642598	Fatih	0.696173	Fatih	0.760257
2	Umraniye	0.612393	Uskudar	0.690001	Umraniye	0.704425
3	Uskudar	0.588401	Kadikoy	0.688461	Kadikoy	0.687015
4	Kadikoy	0.556822	Besiktas	0.650184	Uskudar	0.649603
5	Besiktas	0.544825	Umraniye	0.571863	Besiktas	0.570672
6	Esenler	0.439811	Esenler	0.554388	Esenler	0.53177

Table 9. General comparison of districts based on TMAB, AP, YM, *S. aureus*, coliform and fecal coliform bacteria with TOPSIS method

	Districts	Ranking by TOPSIS
1	Uskudar	0.622451
2	Kadikoy	0.611779
3	Fatih	0.575374
4	Besiktas	0.536703
5	Umraniye	0.533344
6	Esenler	0.469538

4. Conclusions

This study focused on comparing the microbial quality and safety of fresh-cut salads according to different districts in Istanbul. The ANOVA and TOPSIS results were found to be comparable. In the TOPSIS method, equal

weighting was applied to the criteria to avoid subjective evaluation. While there was no difference among Uskudar, Kadikoy and Umraniye in TMAB results obtained from the ANOVA, Uskudar was found as the best district in TMAB results obtained from the TOPSIS. The best district for AP was found compatible with the TOPSIS and ANOVA. According to the ANOVA, no difference was found among the districts in the YM results but the best district for YM results was Kadikoy according to the TOPSIS. In the ANOVA, Esenler, Fatih, and Umraniye had close values for *S. aureus*, while Fatih was at the top of list in the TOPSIS. As the general comparison could not be made in the ANOVA, districts have been ranked by using the TOPSIS method in terms of all criteria including TMAB, AP, YM, *S. aureus*, coliform, and fecal coliform. Based on the TOPSIS results, the best and worst district were found to be Uskudar and Esenler, respectively.

As a conclusion, the findings of this study gave information on the microbiological quality of fresh-cut salads marketed commercially in Istanbul, Turkey. Although the results of the current study show that fresh-cut salads could be conveniently consumed in Istanbul, the execution of the cold chain and the correct storage and sanitation condition of the fresh products should be maintained in order to ensure acceptable quality.

Acknowledgment

This research was financially assisted by Namik Kemal University Scientific Research Projects Coordination Department, project number NKUBAP.00.24.YL.13.06. This article is produced from M.S. thesis of Gulsum UCAK.

References

- Aghalari, Z., Hosseini, S. R., Jafarian, S., Rezazadeh, M., Mirzaei, M., Esmaceli, E., Hasanzadeh, P. (2021). Evaluation of chemical and microbial quality of food in northern Iran. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 40(1), 1-6.
- Ahmed, S., Siddique, M. A., Rahman, M., Bari, M. L., Ferdousi, S. (2019). A study on the prevalence of heavy metals, pesticides, and microbial contaminants and antibiotics resistance pathogens in raw salad vegetables sold in Dhaka, Bangladesh. *Heliyon*, 5(2), e01205.
- Al-Ashmawy M.A., Gwida M.M., Abdelgalil K.H. (2014). Prevalence, Detection Methods and Antimicrobial Susceptibility of *Listeria monocytogenes* Isolated from Milk and Soft Cheeses and its Zoonotic Importance. *World Applied Sciences Journal*, 29, 869-878.
- Allen K.J., Kovacevic J., Cancarevic A., Wood J., Xu J., Gill B., Allen J.K., Mesak L.R. (2013). Microbiological survey of imported produce available at retail across Canada. *International journal of food microbiology*, 162(2), 135-142.
- Aycicek, H., Oguz, U., Karci, K. (2006). Determination of total aerobic and indicator bacteria on some raw eaten vegetables from wholesalers in Ankara, Turkey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 209(2), 197-201.
- Ayçiçek, H., Sarimehmetoğlu, B., Çakiroğlu, S. (2004). Assessment of the microbiological quality of meals sampled at the meal serving units of a military hospital in Ankara, Turkey. *Food Control*, 15(5), 379-384.
- Badosa, E., Trias, R., Parés, D., Pla, M., Montesinos, E. (2008). Microbiological quality of fresh fruit and vegetable products in Catalonia (Spain) using normalised plate-counting methods and real time polymerase chain reaction (QPCR). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(4), 605-611.
- Becker, B., Stoll, D., Schulz, P., Kulling, S., Huch, M. (2019). Microbial contamination of organically and conventionally produced fresh vegetable salads and herbs from retail markets in Southwest Germany. *Foodborne Pathogens and Disease*, 16(4), 269-275.
- Bennett, S., Sodha, S., Ayers, T., Lynch, M., Gould, L., Tauxe, R. (2018). Produce-associated foodborne disease outbreaks, USA, 1998–2013. *Epidemiology & Infection*, 146(11), 1397-1406.
- Beuchat, L. R., Mann, D. A. (2016). Comparison of new and traditional culture-dependent media for enumerating foodborne yeasts and molds. *Journal of food protection*, 79(1), 95-111.
- Bilgin, Z., Bayrakal, G. M., Dümen, E., Ekici, G. (2019). Prevalence and PCR Sensitivity Comparison of *Toxoplasma gondii*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in Salads and Appetizers Consumed in Istanbul. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(5), 737-742.
- Cakir, I. (2000). Koliform grup bakteriler ve *E. coli*, Gıda mikrobiyolojisi ve uygulamaları (Vol. 2, pp. 335-344.). Ankara: Sim Matbaacılık Ltd. Şti.
- Cardamone, C., Aleo, A., Mammina, C., Oliveri, G., Di Noto, A. M. (2015). Assessment of the microbiological quality of fresh produce on sale in Sicily, Italy: preliminary results. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 22(1), 1-6.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2018). Fruit and Vegetables. URL: <https://www.cdc.gov/nutrition/data-statistics/2018-state-indicator-report-fruits-vegetables.html> . Accessed 20 May 2019.
- Congressional Research Service (CRS). (2019). Foodborne Illnesses and Outbreaks from Fresh Produce. URL: <https://fas.org/sgp/crs/misc/IF11092.pdf>. Accessed 19 March 2020.
- De Giusti, M., Aurigemma, C., Marinelli, L., Tufi, D., De Medici, D., Di Pasquale, S., De Vito, C., Boccia, A. (2010). The evaluation of the microbial safety of fresh ready-to-eat vegetables produced by different technologies in Italy. *Journal of applied microbiology*, 109(3), 996-1006.
- De Oliveira Elias, S., Tombini Decol, L., Tondo, E. C. (2018). Foodborne outbreaks in Brazil associated with fruits and vegetables: 2008 through 2014. *Food Quality and Safety*, 2(4), 173-181.
- Dogan, M., Aslan, D., Aktar, T., Sarac, M. G. (2016). A methodology to evaluate the sensory properties of instant hot chocolate beverage with different fat contents: multi-criteria decision-making techniques approach. *European Food Research and Technology*, 242(6), 953-966.
- Dos Santos, L. S., da Silva, L. V., Lepaus, B. M., de São José, J. F. B. (2021). Microbial quality and labeling of minimally processed fruits and vegetables. *Bioscience Journal*, 37, e37059-e37059.
- Ejaz, F., Nawaz, M. F., Dasti, Z. A., Gul, S., Islam, U., Waqar, M. (2020). Risk assessment of heavy metal and microbial contamination in commercially available salad vegetables of faisalabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 52(4), 1397-1403.
- Erdin, C., Ozkaya, G. (2019). Turkey's 2023 Energy Strategies and investment opportunities for renewable Energy sources: site selection based on ELECTRE. *Sustainability*, 11(7), 2136.
- Erdin, C., Ozkaya, G. (2020a). Contribution of small and medium enterprises to economic development and quality of life in Turkey. *Heliyon*, 6(2), e03215.
- Erdin, C., Ozkaya, G. (2020b). R&D investments and quality of life in Turkey. *Heliyon*, 6(5), e04006.
- Erkmen, O. (2000). Basic methods for the microbiological analysis of foods, Nobel.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2004). Fruit and Vegetables for Health. URL: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/c9fd5e95-b228-5f57-a451-bccd5c6c8f57/>. Accessed 24 August 2020.
- Faour-Klingbeil, D., Murtada, M., Kuri, V., Todd, E. C. (2016). Understanding the routes of contamination of ready-to-eat vegetables in the Middle East. *Food Control*, 62, 125-133.
- Fetsch, A., Johler, S. (2018). Staphylococcus aureus as a foodborne pathogen. *Current Clinical Microbiology Reports*, 5(2), 88-96.
- Forman, E. H., Selly, M. A. (2001). Decision by objectives: how to convince others that you are right. *World Scientific*.
- Fröder, H., Martins, C. G., De Souza, K. L. O., Landgraf, M., Franco, B. D., Destro, M. T. (2007). Minimally processed vegetable salads: microbial quality evaluation. *Journal of food protection*, 70(5), 1277-1280.
- Gao, X., Liu, Y., Chang, Q., Zhang, Z., Guo, X., Yi, X. (2018). Microbiological survey of field-grown and retail lettuce in Beijing. *Journal of Food Safety*, 38(4), e12479.
- Ghosh, M., Wahi, S., Kumar, M., Ganguli, A. (2007). Prevalence of enterotoxigenic Staphylococcus aureus and Shigella spp. in some raw street vended Indian foods. *International Journal of Environmental Health Research*, 17(2), 151-156.
- Graça, A., Esteves, E., Nunes, C., Abadias, M., Quintas, C. (2017). Microbiological quality and safety of minimally processed fruits in the marketplace of southern Portugal. *Food Control*, 73, 775-783.
- Gumus, T., Daglioglu, O., Konyali, A. M. (2005). Tekirdağ'da Tüketime Sunulan Yaş Pastaların Mikrobiyolojik Kalitesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(3), 215-220.
- Gurler, Z., Pamuk, S., Yildirim, Y., Ertas, N. (2015). The microbiological quality of ready-to-eat salads in Turkey: A focus on Salmonella spp. and Listeria monocytogenes. *International journal of food microbiology*, 196, 79-83.
- Hosseinzadeh Samani, B., Behruzian, A., Khoshtaghaza, M. H., Behruzian, M., Ansari Ardali, A. (2020). The investigation and optimization of two combined pasteurization methods of ultrasonic-pulse electric field and hydrodynamic-pulse electric field on sour cherry juice using RSM-TOPSIS. *Journal of food processing and preservation*, e14700.
- Johannessen, G. S., Loncarevic, S., Kruse, H. (2002). Bacteriological analysis of fresh produce in Norway. *International journal of food microbiology*, 77(3), 199-204.
- Korir, R. C., Parveen, S., Hashem, F., Bowers, J. (2016). Microbiological quality of fresh produce obtained from retail stores on the Eastern Shore of Maryland, United States of America. *Food microbiology*, 56, 29-34.
- Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., Bansal, R. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609.
- Losio, M.N., Pavoni, E., Bilei, S., Bertasi, B., Bove, D., Capuano, F., Farneti, S., Blasi, G., Comin, D., Cardamone, C., Decastelli, L. (2015). Microbiological survey of raw and ready-to-eat leafy green vegetables marketed in Italy. *International journal of food microbiology*, 210, 88-91.
- Maffei, D. F., de Arruda Silveira, N. F., Catanozi, M. d. P. L. M. (2013). Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. *Food Control*, 29(1), 226-230.
- Meldrum, R., Mannion, P., Garside, J. (2009). Microbiological quality of ready-to-eat food served in schools in Wales, United Kingdom. *Journal of food protection*, 72(1), 197-201.
- Mukherjee, A., Speh, D., Dyck, E., Diez-Gonzalez, F. (2004). Preharvest evaluation of coliforms, Escherichia coli, Salmonella, and Escherichia coli O157: H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *Journal of food protection*, 67(5), 894-900.
- Nguz, K., Shindano, J., Samapundo, S., Huyghebaert, A. (2005). Microbiological evaluation of fresh-cut organic vegetables produced in Zambia. *Food Control*, 16(7), 623-628.
- Niyaz, Ö. C., Demirbas, N. (2018). Food Safety Perceptions of Fresh Fruits and Vegetables Consumers. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15 (2): 36-44.
- Öğüt, S., Polat, M. (2009). Bazı beş yıldızlı otellerde hazırlanan gıdaların mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi. *SDÜ Yaşam Dergisi*, 1(2), 12-16.
- Ozkaya, G. (2017). Determination of Priorities of Smart City Selection Criteria by ANP Method and an Application. Yildiz Technical University.
- Ozturk, D., Batuk, F. (2011). Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) for spatial decision problems. Paper presented at the Proceedings ISPRS.
- Pamuk, Ş., Gürler, Z., Yildirim, Y., Ertas, N. (2013). The microbiological quality of ready to eat salads sold in Afyonkarahisar, Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(6), 1001-1006.
- Pingulkar, A. K., Dilip Bongirwar, Kiran. (2001). Microbiological quality of fresh leafy vegetables, salad components and ready-to-eat salads: an evidence of inhibition of Listeria monocytogenes in tomatoes. *International journal of food sciences and nutrition*, 52(1), 15-23.

- Reale, A., Di Renzo, T., Preziuso, M., Panfili, G., Cipriano, L., Messia, M. C. (2019). Stabilization of sourdough starter by spray drying technique: New breadmaking perspective. *LWT*, 99, 468-475.
- Rosmini, M., Signorini, M., Schneider, R., Bonazza, J. (2004). Evaluation of two alternative techniques for counting mesophilic aerobic bacteria in raw milk. *Food Control*, 15(1), 39-44.
- Saini, R. K., Ko, E. Y., Keum, Y.-S. (2017). Minimally processed ready-to-eat baby-leaf vegetables: Production, processing, storage, microbial safety, and nutritional potential. *Food Reviews International*, 33(6), 644-663.
- Sant'Ana, A. S., Landgraf, M., Destro, M. T., Franco, B. D. (2011). Prevalence and counts of *Salmonella* spp. in minimally processed vegetables in São Paulo, Brazil. *Food microbiology*, 28(6), 1235-1237.
- Santos, M., Cavaco, A., Gouveia, J., Novais, M., Nogueira, P., Pedrosa, L., Ferreira, M. (2012). Evaluation of minimally processed salads commercialized in Portugal. *Food Control*, 23(1), 275-281.
- Schuh, V., Schuh, J., Fronza, N., Foralosso, F. B., Verruck, S., Vargas, A., Silveira, S. M. d. (2019). Evaluation of the microbiological quality of minimally processed vegetables. *Food Science and Technology*, 40, 290-295.
- Şenses-Ergül, Ş., Sari, H., Ertas, S., Berberoğlu, U., Cesaretli, Y., Irmak, H. (2015). Determination of microbiological characteristics of several kinds of ready-to-eat meals presented for consumption. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, 72(3), 199-208.
- Seow, J., Ágoston, R., Phua, L., Yuk, H.-G. (2012). Microbiological quality of fresh vegetables and fruits sold in Singapore. *Food Control*, 25(1), 39-44.
- Silva, S. R., Verdin, S. E. F., Pereira, D. C., Schatkoski, A. M., Rott, M. B., Corção, G. (2007). Microbiological quality of minimally processed vegetables sold in Porto Alegre, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(4), 594-598.
- Şimşek, F., Esmer Kizilirmak, Ö. (2017). Taze Doğranmış Kırmızı lahananın Raf Ömrünün Analitik ve Matematiksel Olarak Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 5(4), 425-434.
- Şimşek, S. T. (2019). Vacuum-combined baking to enhance quality properties of gluten-free cake: Multi-response optimization study. *LWT*, 116, 108557.
- Slavin, J. L., Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4), 506-516.
- Soriano, J., Rico, H., Moltó, J., Mañes, J. (2000). Assessment of the microbiological quality and wash treatments of lettuce served in University restaurants. *International journal of food microbiology*, 58(1-2), 123-128.
- Ssemanda, J. N., Reij, M., Bagabe, M. C., Muvunyi, C. M., Joosten, H., Zwietering, M. H. (2017). Indicator microorganisms in fresh vegetables from "farm to fork" in Rwanda. *Food Control*, 75, 126-133.
- Szabo, E., Scurrah, K., Burrows, J. (2000). Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology*, 30(6), 456-460.
- Tambekar, D., Mundhada, R. (2006). Bacteriological quality of salad vegetables sold in Amravati City (India). *Journal of biological Sciences*, 6(1), 28-30.
- Temelli, S., Cem, S., Evrensel, S. S., Yuksek, N. (2005). Soğuk olarak tüketime sunulan bazı hazır gıdaların mikrobiyolojik kalitelerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1-2-3-4), 69-74.
- World Health Organization (WHO), (2002). Promoting fruit and vegetable consumption around the world. URL: <https://www.who.int/home/cms-decommissioning>. Accessed 15 March 2019.
- Xylia, P., Botsaris, G., Chrysargyris, A., Skandamis, P., Tzortzakos, N. (2019). Variation of microbial load and biochemical activity of ready-to-eat salads in Cyprus as affected by vegetable type, season, and producer. *Food microbiology*, 83, 200-210.
- Yoon, K. P., Hwang, C.-L. (1995). Multiple attribute decision making: an introduction (Vol. 104): Sage publications.

Kırklareli Koşullarında Farklı Damla Sulama Lateral Derinliklerinin Yalın ve Karışım Halinde Ekilen Yoncanın Verimi ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi


The Effect of Different Drip Irrigation Lateral Depth on the Efficiency and Quality Parameters of Alone and Mixture Planted Alfalfa in Kırklareli Conditions


Ozan ÖZTÜRK^{1*}, Canan ŞEN²

Öz

Bu araştırma Kırklareli koşullarında bölge üreticisine kısıtlı sulanabilir tarım arazileri içerisinde mevcut kaba yem açığını kapatabilmek adına, yüzey altı damla sulama sisteminin yalın ve karışım halde ekilen yonca bitkisinin verimine ve kalite parametrelerine etkisinin sunulması amacıyla planlanmıştır. Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinde “Faktöriyel Düzenlenmiş Tesadüf Blokları Deneme Deseni”ne göre tarla denemesi olarak dört tekerrürlü toplam 24 parselde 2019 ve 2020 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada yalın ekim (yonca) ve yonca (*Medicago sativa* L.), domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.), çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) ve kılçıksız brom (*Bromus inermis* L.) bitkilerinden oluşan karışık ekim olmak üzere iki ekim şekli kullanılmıştır. Karışımında bulunan bitkilerin oranları baklagiller için %25, buğdaygiller için %75 olarak tercih edilmiştir. Sulama yöntemi olarak yağışa dayalı koşullar, toprağın 20 cm derinliğine yerleştirilen damla sulama lateralleri ve 40 cm derinliğine yerleştirilen damla sulama laterallerinin kullanıldığı yüzey altı damla sulama sistemi tercih edilmiştir. Araştırmada en yüksek yeşil ot verimi (11.031,19 kg da⁻¹) ve en yüksek kuru ot verimi (1.880,51 kg da⁻¹) 40 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan yalın ekimden elde edilmiştir. Karışık ekimde 20 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan parsellerde en yüksek yeşil ot (10.166,32 kg da⁻¹) ve kuru ot verimi elde edilmiştir. Her iki ekim şeklinde de en düşük verim yağışa dayalı konulardan alınmıştır. Elde edilen verilere göre; yalın ekilen yonca parsellerinde yeşil ot ve kuru ot verimleri, ham protein, hamselüloz, ADF, NDF ve ham kül oranları dikkate alındığında; 40 cm toprak derinliğine yerleştirilen laterallerle sulama, karışık ekimde ise 20 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulama önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yonca, Yüzey altı damla sulama, Yem bitkileri karışımı, Yem kalitesi, Baklagiller, Buğdaygiller

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ozan Öztürk, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli, Türkiye
E-mail: ozan2006@gmail.com  OrcID: 0000-0001-8329-2739

² Canan Şen, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: csen@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7100-6934.
Atıf/Citation: Öztürk, O., Şen, C. Kırklareli Koşullarında Farklı Damla Sulama Lateral Derinliklerinin Yalın ve Karışım Halinde Ekilen Yoncanın Verimi ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 380-389.

*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

This research was planned to present the effect of subsurface drip irrigation system on the yield and quality parameters of alfalfa of alone and mixture planted form in order to close the roughage deficit in the limited irrigable agricultural lands to the regional producer in Kırklareli conditions. The field experiment was carried out in a total of 24 plots with four replications in 2019 and 2020 according to the "Factorial Arranged Random Blocks Trial Design" on the land of Kırklareli Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute. Two planting methods from alone planting (clover) and mixed planting consisting of alfalfa (*Medicago sativa* L.), Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), perennial grass (*Lolium perenne* L.) and smooth brome (*Bromus inermis* L.) were used in the study. The ratios of the plants in the mixtures were determined as 25% for legume and 75% for poaceae. As the irrigation method, precipitation-based conditions, drip irrigation laterals placed at a depth of 20 cm in the soil and a subsurface drip irrigation system using drip irrigation laterals placed at a depth of 40 cm were preferred. In the research, the highest green grass yield (11.031,19 kg da⁻¹) and the highest hay yield (1,880.51 kg da⁻¹) was obtained from irrigated alone planting with laterals placed at a depth of 40 cm. In mixed planting, the highest yield of green (10.166,32 kg da⁻¹) and hay was obtained in the plots irrigated with laterals placed at a depth of 20 cm. In both planting forms, the lowest yield was obtained from the treatments based on precipitation. According to the data obtained; Considering the green grass and hay yields, crude protein, crude cellulose, ADF, NDF and raw ash ratios in planted alone alfalfa plots; Irrigation with laterals placed at a depth of 40 cm in the soil, and irrigation with laterals placed at a depth of 20 cm in mixed planting can be recommended.

Keywords: Alfalfa, Subsurface drip irrigation, Forage mix, Hay quality, Legume, Poaceae

1. Giriş

Ülkemizde ekilebilir tarım alanlarının toplamı 23 milyon hektar civarındadır. Yem bitkisi ekili alanların toplamı ise 2020 yılı itibariyle yaklaşık 2.260.000 hektardır. Bu haliyle yem bitkisi ekili alanların tüm ekilebilir alanlar içerisindeki oranı %10 dur. Hayvan varlığımızın Büyük Baş Hayvan Birimi (BBHB) cinsinden ifadesi yaklaşık 19 milyon BBHB'ne denk gelmektedir. Yıllık kaba yem ihtiyacı 87 milyon ton kuru ot kadardır. Ülkemizde 2020 yılında üretilen toplam kuru ot miktarının 25 milyon ton olduğu görülmektedir. Mevcut üretimin kaba yem ihtiyacını karşılama oranı %29'dur ve yaklaşık 61 milyon ton kuru ot yem açığımız bulunmaktadır. Kırklareli ilinin hayvan varlığına bakıldığında; 164.943 BBHB hayvan varlığının yıllık kuru ot kaba yem ihtiyacı 752.552 ton dur. Bu ilde kaba yem üretiminin 161.000 ton olduğu göz önünde bulundurulduğunda kaba yem ihtiyacının karşılanma oranı sadece %21 olup, 2020 yılı itibariyle kaba yem açığı 600.000 ton civarındadır (TÜİK, 2021). Bu açığın giderilmesi için kuru ve sulu tarım sistemlerinin en yüksek kaba yem üretiminin sağlanacak şekilde planlanması yapılmalıdır. Bu bağlamda özellikle sulu tarım sistemlerinde minimum su kullanılarak maksimum yem verimi hedeflenmelidir. Günümüzde; iklim değişiklikleri ve küresel ısınmanın etkisi ile mevsimsel yağışlar daha kısa süre içerisinde daha fazla miktarda yağmakta, bitkiler ihtiyaç duydukları suyu uzun süre bulamamakta veya belli dönemlerde ihtiyacından çok fazla su ile karşı karşıya kalmaktadır. Artan dünya nüfusunu besleyebilmek için ekili tarımsal alanların arttırılması mümkün görülmediğinden; mevcut tarım alanlarında sulama yaparken sulama kayıplarının en aza indiği, su ve enerji tasarrufu sağlayan, çevre dostu basınçlı sulama sistemlerinin kullanılması önemlidir.

Kırklareli ilinin tarım alanları incelendiğinde sulanabilir alanlar tüm tarım alanları içerisinde %17'lik bir orana sahiptir. Bu oranın azlığı su kaynaklarının kısıtlı olması ve sulama maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bölgede çok yıllık yem bitkisi olarak yetiştirilen en yaygın bitki olan yonca ekili alanların tamamına yakını yağmurlama sulama ile sulanmaktadır. Sulama imkânı olan tarım alanlarında genellikle birim alana getirisinin daha yüksek olduğu düşünülen tek yıllık endüstri bitkileri ve yem bitkisi olarak silajlık mısır ekilmektedir. Çalışma ilk tesisi yılı dışında işçiliğin üretim maliyetinde çok az yer tuttuğu yüzey altı damla sulama sisteminin kullanımının verime ve kaliteye etkisini kapsamaktadır.

Yonca Dünyanın ve Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirilen, otu proteince zengin bir yem bitkisidir (Arslan ve ark., 2020). Yem bitkilerinin kraliçesi olarak adlandırılan yonca; geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip çok farklı şekillerde faydalanılan, yüksek verimli bir yem bitkisidir. Çok farklı iklim ve toprak koşullarına uyum gösterdiği için ülkemizin hemen her bölgesinde yetiştirilmektedir. Yonca, yüksek protein, mineral ve vitamin içeriğine sahip olması nedeniyle hayvanlar için oldukça besleyici bir yem bitkisidir (Engin ve Mut, 2018)

Çalışmada kullanılan bitki türleri (yonca, domuz ayrığı, kılçıksız brom ve çok yıllık çim) bir üretim sezonu içerisinde birden çok biçim yapılan çok yıllık yem bitkileridir. Kurulan tesisler de buna bağlı olarak çok yıllık tesislerdir. Seçilen karışım oranı da en çok kullanılan karışım şeklidir. Bölgede Tarım ve Orman Bakanlığı destekli "Çayır Mera Amenajman ve Islah Projelerinde" bu karışım bitkileri tercih edilmektedir. Günümüzde hayvancılık tesislerinde entansif tarımda kaba yem ihtiyacının karşılanmasında yapay çayır ve meralar ön plana çıkmaktadır. Bu tür işletmelerde yapay çayır mera tesislerinde de çokça kullanılan karışım türleri araştırmanın bitki materyali olarak seçilmiştir.

Araştırma ile bölge üreticisine kısıtlı sulanabilir tarım arazileri içerisinde mevcut kaba yem açığını kapatabilmek adına, buharlaşma kayıplarının daha az olduğu farklı derinlikte yüzey altı damla sulama sisteminin yalın ve karışım halde ekilen yonca bitkisinin verimine ve kalite parametrelerine etkisinin sunulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma Kırklareli şehir merkezinin güneyinde 41.7010 kuzey enlemi, 27.2098 doğu boylamı koordinatında kalan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinde yürütülmüştür. Marmara bölgesinin Trakya yöresinde yer alan Kırklareli ilinde karasal iklim görülmektedir (Tablo 1). İl merkezi her mevsim yağış almaktadır. Yıllık ortalama yağış 583.6 mm'dir. En yüksek sıcaklık ortalamaları ve en düşük yağış miktarı Temmuz-Ağustos aylarında görülmektedir.

Tablo 1. Araştırma yerinin 2019 ve 2020 yıllarına ait iklim verileri

Table 1. Climate data of research area in 2019 and 2020 years

Yıl	Aylar	Ort. Sıc. (°C)	Ort. Mak. Sıc. (°C)	Ort. Min. Sıc. (°C)	Yağışlı Gün Sayısı	Yağış (mm)
2019	Ocak	4.23	14.98	-9.93	16	111.1
	Şubat	5.37	18.37	-4.89	7	27
	Mart	9.05	22.20	-2.14	3	4.2
	Nisan	11.55	24.70	-0.49	18	120.9
	Mayıs	18.49	31.28	5.85	18	48.6
	Haziran	25.29	35.08	12.00	3	22
	Temmuz	25.39	37.49	12.34	8	63.9
	Ağustos	26.70	35.83	12.74	3	20.4
	Eylül	21.68	32.57	7.10	5	16.8
	Ekim	16.21	23.59	6.65	12	71.9
	Kasım	14.24	24.30	4.99	11	36.8
	Aralık	7.77	17.74	-1.21	20	26.6
2020	Ocak	3.58	15.89	-6.01	11	35.9
	Şubat	6.19	17.77	-6.62	9	31
	Mart	9.16	22.06	-3.13	9	19.3
	Nisan	10.88	26.12	-0.12	6	42.1
	Mayıs	17.05	33.05	4.89	11	61.6
	Haziran	20.83	32.37	9.73	15	111.3
	Temmuz	24.27	35.08	12.58	0	0
	Ağustos	24.73	36.71	14.09	1	2.6
	Eylül	22.32	36.16	11.66	4	7.8
	Ekim	17.73	38.07	8.47	6	40.4
	Kasım	9.83	22.50	-0.66	1	0.4
	Aralık	13.00	26.12	-0.12	10	67.6

Araştırma yeri ve araştırma parsellerinin kurulduğu alan topoğrafik olarak düz bir yapıdadır. Toprak katmanının 0-90 cm arası derinliği kumlu-tın, 90-120 cm arası derinliği ise kumlu-killi-tın bünyeye sahiptir. Kullanılan sulama T₃A₁ sınıfında yer almaktadır.

Yoncanın yalın ve bölgede en çok tercih edilen yapay merada kullanılan buğdaygillerle karışımı araştırmanın bitki materyalini oluşturmuştur. Yalın ekilen yoncada 2.5 kg da⁻¹ ekim normu kullanılmıştır. Karışık ekimde ise; %25 yonca (*Medicago sativa* L.), %25 domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.), %25 çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) ve %25 kılçıksız brom (*Bromus inermis* L.), olacak şekilde karışımında bulunma oranları ayarlanmıştır. Tohumlar Mayıs ayının ilk haftasında 20 cm sıra arası mesafeli el markörüyle ekilmiş ve merdane ile bastırılmıştır. Deneme süresince yabancı ot kontrolüne ihtiyaç duyulmamıştır. Ekimle birlikte 20 kg da⁻¹ DAP (18.46.0) gübre uygulaması yapılmıştır. Çalışma süresince başka gübreleme yapılmamıştır.

Denemede sulama yapılacak parseller için toprak altına 70 cm aralıkla yerleştirilen damla sulama boruları kullanılmıştır. Toprak yüzeyinin 20 cm ve 40 cm olmak üzere iki farklı derinliğine yerleştirilen lateraller 40 cm damlatıcı aralıklı, 4 lt sa⁻¹ debili ve Ø16 mm çapındadır. Araştırma, “Faktöriyel Düzenlenmiş Tesadüf Blokları Deneme Deseni”ne göre tarla denemesi olarak dört tekerrürlü toplam 24 parselde 2019-2020 yıllarında yürütülen araştırmanın ana konularını ekim şekli, alt konularını ise lateral derinlikleri oluşturmuştur.

Araştırma süresince, toprak nemi toprak profilinin ilk katmanında (0 - 30 cm) gravimetrik yöntemle, 30 - 90 cm arasında ise 30 cm aralıklarla nötronmetre yöntemiyle takip edilmiştir. 7 günlük sulama aralığıyla tüm parseller etkili kök derinliği olan 90 cm derinlik tarla kapasitesine tamamlanacak şekilde sulanmıştır.

Kalite analizlerine esas bitki örnekleri biçim makasıyla alınmıştır. Hasat zamanı olarak %10 çiçeklenme dönemi dikkate alınmıştır. Araştırmanın kalite analizlerinden, kuru madde analizi, ham kül analizi ve ham protein analizi Kutlu (2008)'e göre, ADF, NDF ve ham selüloz analizler Van Soest ve ark. (1991)'e göre yapılmıştır.

Araştırmada, istatistiksel analizler için “JPM” ve “SPSS “ paket programları kullanılmıştır. Grafiklerin ve denklemlerin oluşturulmasında “Ms Excel” programından yararlanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırmanın birinci yılı olan 2019 yılı içerisinde sulanan parsellerden 7 biçim, yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen parsellerden ise 6 biçim alınmıştır. Araştırmanın ikinci yılı olan 2020 yılı içerisinde sulanan parsellerden 7 biçim, yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen parsellerden ise 5 biçim alınmıştır. Makalede ot verimlerinde toplam biçim, kalite analizleri sonuçlarında ise ortalama sonuçları verilmiştir.

Araştırmada elde edilen yeşil ot verimleri (kg da⁻¹) *Tablo 2*'de verilmiştir. Deneme yıllarının, ekim şeklinin, lateral derinliklerinin, lateral derinliği*ekim şekli interaksyonunun ve yıl*ekim şekli*lateral derinliği interaksyonunun yeşil ot verimi üzerine etkisi %5 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Ekim şekline göre incelendiğinde en yüksek verim yalın ekilen yoncadan elde edilmiştir. Karışık ekilen yoncanın verimi daha düşük gerçekleşmiştir. Ekim şekli*lateral derinliği interaksyonuna göre yapılan analizlerde yalın ekilen yoncanın 40 cm toprak derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan parsellerinde en yüksek verim elde edilirken, karışık ekimde 20 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan parsellerde en yüksek verim elde edilmiştir (*Tablo 2*). Bunun nedeni olarak karışık ekimde bulunan buğdaygillerin saçak köklerinin olmasının sonucu daha yüzlek kökler oluşturması ve 20 cm derinliğe yerleştirilen laterallerin yakınlarda suyu buldukça bu bölgedeki sudan daha iyi yararlanması gösterilebilir. Sonuç olarak bu bölgedeki kökler de yüzeysel gelişmiştir. Aynı şekilde yalın ekilen konularda bulunan yonca bitkisi ise kazık köke sahiptir ve bitki kökleri daha derinlerdeki sudan iyi yararlanabilmektedir. Her iki ekim şeklinde de en düşük verim yağışa dayalı konulardan alınmıştır. Yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen parsellerden 2020 yılında 2019 yılına göre bir biçim eksik alınmıştır. Bunun nedeni b yağış alınması olarak görülmüştür. En yüksek yeşil ot verimi 40 cm derinliğe yerleştirilen laterallerle sulanan yalın ekilen yoncadan (11.031,19 kg da⁻¹) elde edilirken en düşük verim yağışa dayalı karışık ekilen yoncadan (4.487,56 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Tesisin ikinci yılı, denemenin birinci yılı olan 2019 yılında elde edilen ortalama yeşil ot verimi 8.535,75 kg da⁻¹ 2020 yılında elde edilen yeşil ot verimi ise 8.297,86 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (*Tablo 2*). 2020 yılında yağışa dayalı parsellerde 2019 yılına göre bir biçim eksik alınmıştır. Eksik alınan bu biçim de yıllar ortalama verim değerlerine yansımıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar Kazumba ve ark. (2010), Engin ve Mut (2017), Yelsiz (2019) ve Li ve Su (2017) çalışmalarıyla benzerlik göstermiştir.

Tablo 2. Yeşil ot verimleri

Table 2. Green grass yields

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	4.752,40g	4.623,11g	4.687,76e	8.694,60a
	20 cm	10.474,72bc	10.254,97cd	10.364,85b	
	40 cm	11.386,40a	10.675,98b	11.031,19a	
Ortalama		8.871,17a	8.518,02b	8.694,60	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	4.778,85g	4.196,27h	4.487,56f	8.139,02b
	20 cm	10.246,94cd	10.085,70de	10.166,32c	
	40 cm	9.575,22f	9.951,15e	9.763,18d	
Ortalama		8.200,34c	8.077,71c	8.139,02	
Yıllar Ort.		8.535,75a	8.297,86b	8.416,81	
Yağışa Dayalı		4.765,62c	4.409,69d	4.587,66c	
	20 cm	10.360,83a	10.170,34b	10.265,58b	
	40 cm	10.480,81a	10.313,57ab	10.397,19a	
LSD: LD*EŞ=167.56 Yıl= 185.147 EŞ= 185.147 Y*EŞ= 261.838 LD= 118.486 CV= 0.0193					

Araştırmada elde edilen kuru ot verimleri (kg da⁻¹) *Tablo 3*'te verilmiştir. Deneme yıllarının, ekim şeklinin lateral derinliklerinin, lateral derinliği*ekim şekli interaksyonunun ve yıl*ekim şekli*lateral derinliği interaksyonunun kuru ot verimi üzerine etkisi %5 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Ekim şekline göre en yüksek kuru ot verimi yalın yoncadan (1.880,51 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Karışık ekimde kuru ot verimi 1.772,23

kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarında yıllar arası kuru ot verimleri arasında meydana gelen fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Tesisin ikinci yılı denemenin birinci yılı olan 2019 yılında elde edilen ortalama kuru ot verimi 1.872,09 kg da⁻¹ 2020 yılında elde edilen yeşil ot verimi ise 1.780,66 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Yıllar arası farkın ortaya çıkma nedeni 2019 yılı ile 2020 yılı arasındaki Temmuz Ağustos aylarını yağış toplamının yağışa dayalı yetiştirilen parsellerde meydana getirdiği verim düşüklüğü olarak görülmüştür. 2020 yılında bu parsellerde 2019 yılına göre bir biçim eksik alınmıştır. Eksik alınan bu biçim de yıllar ortalama verim değerlerine yansımıştır. Ekim şekli*lateral derinliği interaksyonuna göre yapılan analizlerde yalın ekilen yoncannın 40 cm toprak derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan parsellerinde en yüksek verim (2.329,62 kg da⁻¹) elde edilirken, karışık ekilen yoncannın ise 20 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulanan parsellerinde (2.072,31 kg da⁻¹) en yüksek verim elde edilmiştir. Her iki ekim şeklinde de en düşük verim yağışa dayalı parsellerden alınmıştır. En yüksek kuru ot verimi 40 cm derinliğe yerleştirilen laterallerle sulanan yalın ekilen yoncadan (2.329,62 kg da⁻¹) elde edilirken en düşük verim yağışa dayalı yetiştirilen yalın ve karışık ekimden (1.203,73 ve 1.198,92 kg da⁻¹) elde edilmiştir.

Tablo 3. Kuru ot verimleri*Table 3. Dry grass yields*

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	1.270,07f	1.137,39g	1.203,73d	1.880,51a
	20 cm	2.171,54c	2.044,82d	2.108,18b	
	40 cm	2.390,11a	2.269,14b	2.329,62a	
Ortalama		1.943,91a	1.817,12b	1.880,51	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	1.316,02f	1.081,82g	1.198,92d	1.772,23b
	20 cm	2.088,14d	2.056,49de	2.072,31bc	
	40 cm	1.996,64e	2.094,29de	2.045,46c	
Ortalama		1.800,27b	1.744,20c	1.772,23	
Yıllar Ort.		1.872,09a	1.780,66b	1.826,37	
Yağışa Dayalı		1.293,05d	1.109,61e	1.201,33c	
20 cm		2.129,84a	2.050,66c	2.090,25b	
40 cm		2.193,37a	2.181,72b	2.187,54a	
LSD: LD*EŞ=46.23 Yıl= 31.38 EŞ= 31.38 Y*EŞ= 44.37 LD= 32.69 CV= 0.0245					

Araştırmada elde edilen ham protein oranları (%) Tablo 4'te verilmiştir. Deneme yıllarının, ekim şeklinin lateral derinliklerinin, lateral derinliği*ekim şekli interaksyonun ve yıl*ekim şekli*lateral derinliği interaksyonunun ham protein oranına etkisi %5 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Araştırmada ekim şekline göre yapılan karşılaştırmada yalın ekilen yoncannın ham protein içeriğinin karışık ekilene oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir Serin ve ark. (1998), Güney ve ark. (2016), Albayrak ve Ekiz (2005), Bayraktar (2005), Ball ve ark. (2001), ve Baytekin ve Gül (2009)'un bildirdiğine göre baklagillerle karışım halinde ekilen buğdaygillerin ham protein oranları yalın ekilen buğdaygillerden daha yüksek, yalın ekilen baklagillerin ham protein değerleri de buğdaygillerle karışım halinde ekilen baklagillerden daha yüksektir.

Tablo 4. Ham protein oranları*Table 4. Crude protein ratios*

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	19.42def	20.22c	19.82bc	20.01a
	20 cm	18.85gh	21.68a	20.27a	
	40 cm	18.61h	21.27ab	19.94b	
Ortalama		18.96a	21.06b	20.01a	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	19.07fg	19.82cd	19.44d	19.69b
	20 cm	19.34ef	19.73de	19.53cd	
	40 cm	19.15fg	21.05b	20.10ab	
Ortalama		19.19c	20.20c	19.69b	
Yıllar Ort.		19.07b	20.63a	19.85	
Yağışa Dayalı		19.24d	20.02c	19.63b	
20 cm		19.09de	20.71b	19.89a	
40 cm		18.88e	21.16a	20.02a	
LSD: LD*EŞ=0.303 Yıl= 0.264 EŞ= 0.264 Y*EŞ= 0.374 LD= 0.214 CV= 0.0148					

Araştırma sonucuna göre de diğer araştırmacıların bildirdiği gibi yalın ekilen yoncanın ham protein oranı %20.01 olarak belirlenirken buğdaygillerle karışık ekilen yoncanın ham protein oranı %19.69 olarak belirlenmiştir. Lateral derinliklerinin karşılaştırılmasında 20 cm toprak derinliğine gömülen damlatıcılarla 40 cm toprak derinliğine gömülen damlatıcıların bitkilerin ham protein içeriği üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır.

Araştırmada elde edilen ham selüloz oranları (%) *Tablo 5*'te verilmiştir. Deneme yıllarının, ekim şeklinin lateral derinliklerinin, lateral derinliği*ekim şekli interaksyonunun ve yıl*ekim şekli*lateral derinliği interaksyonunun ham selüloz oranı üzerine etkisi %5 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Araştırmada ekim şekline göre yapılan karşılaştırmada karışık ekimin ham selüloz oranlarının (%32.96), yalın ekimden daha yüksek olduğu görülmüştür (%31.97). Lateral derinliklerine göre yapılan karşılaştırmada en yüksek ham selüloz oranı 40 cm derinliğe yerleştirilen laterallerle sulanan karışık ekilen yoncadan (%34.94) elde edilirken en düşük oran yağışa dayalı yetiştirilen yalın ve karışık ekimden (%30.32 ve 31.02) elde edilmiştir. Okuyucu (2018) yürüttüğü çalışmada üç farklı dönemde hasat edilen yonca silajının yem değerlerini incelediğinde hemiselüloz içeriğinin çiçeklenme başlangıcı döneminde hasat edilen bitkilerde %13.35, selüloz oranının ise %31.35 oranında olduğunu, Güngör ve ark. (2008), %23.37 ile 34.89 arasında, Ünalp (2014), çiçeklenme başlangıcında %28.39 – 32.23, tam çiçeklenme döneminde %31.86 – 33.92 ve meyve bağlama döneminde %34.87 – 41.86 arasında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmada bitkiler %10 çiçeklenme döneminde hasat edilmişlerdir. Elde edilen ham selüloz oranları daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. (Yavuz ve ark., 2009). Yıllar arası karşılaştırmada ve sulanma durumlarına göre karşılaştırmada hava sıcaklık ortalamalarının daha yüksek olduğu 2019 yılında ve sulama yapılan konularda ham selüloz oranları yüksek tespit edilmiştir.

Tablo 5. Ham selüloz oranları
Table 5. Crude cellulose ratios

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	31.74de	30.31f	31.02cd	31.97b
	20 cm	33.60c	32.61cd	33.10b	
	40 cm	33.58c	30.01f	31.79c	
Ortalama		32.97a	30.97b	31.97	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	30.79ef	29.84f	30.32d	32.96a
	20 cm	33.53c	33.72bc	33.63b	
	40 cm	34.81ab	35.07a	34.94a	
Ortalama		33.05a	32.88a	32.96	
Yıllar Ort.		33.01a	31.92b	32.47	
Yağışa Dayalı		31.27d	30.07e	30.67b	
20 cm		33.57ab	33.16bc	33.37a	
40 cm		34.19a	32.54c	33.37a	
LSD: LD*EŞ=0.791 Yıl= 0.617 EŞ= 0.617 Y*EŞ= 0.873 LD= 0.559 CV=0.0236					

Araştırmada elde edilen ADF oranları (%) *Tablo 6*'da, NDF oranları (%) *Tablo 7*'de verilmiştir. Deneme yıllarının, ekim şeklinin lateral derinliklerinin, lateral derinliği*ekim şekli interaksyonunun ADF oranı üzerine etkisi %5 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek ADF oranı 20 cm derinliğe yerleştirilen laterallerle sulanan yalın yoncadan (%28.47) elde edilirken en düşük oran yağışa dayalı karışık ekilen yoncadan (%23.44) elde edilmiştir (*Tablo 6*). Lateral derinliği açısından değerlendirildiğinde ise en düşük ADF içeriğinin yağışa dayalı yetiştirilen parsellerden (%24.12) elde edildiği gözlenmiştir. Lateral derinliğinin 20 cm veya 40 cm derinlikte olmasının yoncanın ADF oranı üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır. Ekim şekline göre karşılaştırmada yalın ekimin ADF içeriği (%26.93), karışık ekime oranla daha yüksek (%26.33) tespit edilmiştir (*Tablo 6*). Yapılan varyans analizi sonucunda deneme yıllarının ve lateral derinliklerinin, NDF oranı üzerine etkisi %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Ekim şekillerinin NDF oranları üzerine etkisi anlamlı bulunmazken en düşük NDF oranı %32.27 ile yağışa dayalı yetiştirilen konulardan elde edilmiştir (*Tablo 7*).

Araştırmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan Cabot ve ark. (2017), Çınar (2012), Erbeyi (2017), Mutlu (2019), Turan ve Seydoşoğlu (2020)'nun çalışmalarının sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Yalın ekilen yoncada elde edilen NDF içeriği (36.36), karışık ekimden (36.13) daha yüksek tespit edilmiştir, ancak aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 6. ADF oranları

Table 6. ADF ratios

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	25.60e	23.99f	24.79c	26.93a
	20 cm	29.58ab	27.37	28.47a	
	40 cm	28.76abc	26.29de	27.53ab	
Ortalama		27.98a	25.88b	26.93	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	23.99f	22.89f	23.44d	26.33b
	20 cm	28.40cd	26.56de	27.48b	
	40 cm	29.85a	26.32e	28.08ab	
Ortalama		27.41a	25.25c	26.33	
Yıllar Ort.		27.70a	25.57b	26.63	
Yağışa Dayalı		24.80c	23.44d	24.12b	
20 cm		28.99a	26.96b	27.97a	
40 cm		29.31a	26.30b	27.81a	
		25.60e	23.99f	24.79c	

LSD: LD*EŞ=0.009 Yıl= 0.006 EŞ= 0.006 Y*EŞ= 0.009 LD= 0.006 CV= 0.0348

Tablo 7. NDF oranları

Table 7. NDF ratios

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	33.22c	31.71d	32.47b	36.36 ö.d.
	20 cm	38.73ab	37.43b	38.08a	
	40 cm	39.05ab	38.01ab	38.53a	
Ortalama		37.00a	35.72b	36.36	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	32.63c	31.50d	32.07b	36.13 ö.d.
	20 cm	38.19ab	38.63a	38.41a	
	40 cm	38.22a	37.62ab	37.92a	
Ortalama		36.35a	35.92b	36.13	
Yıllar Ort.		36.68a	35.82b	36.25	
Yağışa Dayalı		32.93b	31.61c	32.27b	
20 cm		38.46a	38.03a	38.25a	
40 cm		38.64a	37.82a	38.23a	
		33.22c	31.71d	32.47b	

LSD: LD*EŞ=0.008 Yıl= 0.006 EŞ= 0.006 Y*EŞ= 0.008 LD= 0.006 CV=0.0237

Araştırmada elde edilen ham kül oranları (%) Tablo 8'de verilmiştir. Araştırmada ekim şekillerinin, lateral derinliklerinin ve lateral derinliği*ekim şekli interaksyonunun ham kül içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 8. Ham kül oranları

Table 8. Crude ash ratios

Ekim Şekli	Lateral Derinliği	2019	2020	Ortalama	Ekim Şekli Ort.
Yalın Ekim	Yağışa dayalı	14.61abc	14.97a	14.79	14.41 ö.d.
	20 cm	13.44d	14.81ab	14.12	
	40 cm	13.71bcd	14.93a	14.32	
Ortalama		13.92c	14.90a	14.41	
Karışık Ekim	Yağışa dayalı	15.33a	13.56a	14.45	14.56 ö.d.
	20 cm	14.49abcd	14.85a	14.67	
	40 cm	14.54abcd	14.59abc	14.56	
Ortalama		14.79ab	14.34c	14.56	
Yıllar Ort.		14.35a	14.62a	14.49	
Yağışa Dayalı		14.98a	14.2abc	14.62	
20 cm		13.96c	14.83ab	14.40	
40 cm		14.12bc	14.76abc	14.44	

LSD: LD*EŞ=0.808 Yıl= 0.382 EŞ= 0.382 Y*EŞ= 0.540 LD= 0.571

Yolcu (2005) yaptığı çalışmasında çapraz, karışık ve alternatif ekim yöntemleriyle ekilen bitkilerin ham kül oranlarının sırasıyla %11.59, 11.47 ve 11.33 oranında olduğunu bildirmiştir. Kır ve Soya (2008) bazı yonca

çeşitlerinde yaptığı çalışmada 5 farklı yonca çeşidini incelemiştir. Çeşitlerin ham kül oranları çalışmanın yıllarına göre sırasıyla %9.99, 10.38 ve 11.19 olarak tespit edildiğini bildirmiştir. Turan (2010), yaptığı çalışmada ham kül oranlarının %8.8 ile %9 arasında olduğunu, en yüksek ham kül oranının %9.1 ile denemenin ikinci yılında elde edildiğini bildirmiştir. Ünalp (2014) yürüttüğü çalışmada farklı gelişme dönemlerinde yoncanın bazı kalite parametrelerini incelemiştir. Araştırmada ham kül oranları çiçeklenme başlangıcında %9.18 ile %10.95 arasında değişmiştir.

Araştırmada elde edilen ham kül oranları daha önce yapılan araştırmacıların çalışmalarında elde edilen ham kül oranlarından yüksek gerçekleşmiştir. Meydana gelen farkın çeşit, bölge ve iklim faktörlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Araştırma sonucunda sulama yönteminin, lateral derinliklerinin ve ekim şeklinin yalın ve karışık ekilen yoncanın ham kül içeriğine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Araştırma ile bölge üreticisine kısıtlı sulanabilir tarım arazileri içerisinde mevcut kaba yem açığını kapatılmak adına, buharlaşma kayıplarının daha az olduğu farklı derinlikte yüzey altı damla sulama sisteminin yalın ve karışım halde ekilen yonca bitkisinin verimine ve kalite parametrelerine etkisinin sunulması amaçlanmıştır. Araştırmada tarla kapasitesinin %100'e tamamlanması ile sulama programı oluşturulmuş ve yağışa dayalı koşullarla karşılaştırılması yapılmıştır. Araştırmada bundan önce yapılan çalışmalara ek olarak 4'lü yem bitkisi karışımlarında yüzey altı damla sulama sistemine yer verilmiştir. Yalın ekilen yonca ile buğdaygiller familyasına ait yem bitkileri ile karışık ekilen yonca bitkisinin verim ve kalite parametreleri analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre; yalın ekilen yonca parsellerinde yeşil ve kuru ot verimleri, ham protein, hamselüloz, ADF, NDF ve ham kül oranları dikkate alındığında; 40 cm toprak derinliğine yerleştirilen laterallerle sulama, karışık ekimde ise 20 cm derinliğine yerleştirilen laterallerle sulama önerilebilir. Her iki ekim şeklinde de en düşük verim yağışa dayalı konulardan alınmıştır. Kırklareli koşullarında sadece yağışa dayalı olarak yetiştirilse dahi yonca tesislerinin hayatiyetini ve verimliliğini devam ettirebildiği tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından NKUBAP.03.DR.19.232 Nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynakça

- Albayrak, S., Ekiz, H. (2005). An investigation on the establishment of artificial pasture under Ankara's ecological conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29(1): 69-74.
- Arslan, M., Bıçakçı, T., Aksu, E. (2020). Kaplanmış yonca (*Medicago sativa* L.) tohumlarının kuraklık stresi koşullarında çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2): 124-136.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., ... & Wolf, M. W. (2001). Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication, 1(01).
- Bayraktar, E. (2005). *Tekirdağ koşullarında bazı yem bitkilerinin farklı gelişme dönemlerinde kök ve gövdelerinde biriktirilen kimi besin maddelerinin değişimi*. (Yüksek Lisans Tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Baytekin, H., Gül, İ. (2009). Yem Bitkilerinde Hasat, Kuru Ot Verimi ve Depolama Yem Bitkileri (Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ, Y Editör) Cilt III. TÜGEM, Emre Basımevi, İzmir, 121-141.
- Cabot, P., Brummer, J., Gautam, S., Jones, L., Hansen, N. (2017). Benefits and impacts of partial season irrigation on alfalfa production. *In Proceedings of the 2017 Western Alfalfa ve Forage Symposium*, P. 28-30 Reno, NV, USA.
- Çınar, S. (2012). *Çukurova taban koşullarında bazı çok yıllık sıcak mevsim buğdaygil yem bitkilerinin yonca (Medicago sativa L.) ile uygun karışımlarının belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Engin, B., Mut H. (2017). Farklı yonca çeşitlerinin ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 27(2): 212-219.
- Engin, B., Mut, H. (2018). Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin nispi yem değerleri ile kimi mineral madde içeriklerinin biçim sıralarına göre değişimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(02): 119-127.
- Erbeyi, B. (2017). *Bursa ekolojik koşullarında bazı yonca (Medicago sativa L.) çeşitlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Güney, M., Bingöl, N., Aksu, T. (2016). Kaba yem kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan göreceli yem değeri (GYD) ve göreceli kaba yem kalite indeksi (GKKİ). *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* 11(2): 254-258.
- Güngör, T., Başalan, M., Aydoğan, İ. (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 55, 111-115.
- Kazumba, S., Gillerman, L., DeMalach, Y., Oron, G. (2010). Sustainable domestic effluent reuse via subsurface drip irrigation (SDI): alfalfa as a perennial model crop. *Water Science and Technology* 61(3): 625-632.
- Kır, B., Soya, H. (2008). Kimi Mera tipi yonca çeşitlerinin bazı verim ve kalite özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1): 11-19.
- Kutlu, H.R. (2008). Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Ders Notu, Adana.
- Li, Y., Su, D. (2017). Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North arid regions of China. *Sustainability*, 9(8), 1380.
- Mutlu, Z. (2019) *Bazı yonca çeşitlerinde farklı biçim zamanı uygulamalarının ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Okuyucu, B. (2018). *Laktik asit bakterisi ve enzim karışımı inokulant ilavesinin yonca silajlarında fermantasyon, aerobik stabilite ve yem değeri üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Serin, Y., Gökkuş, A., Tan, M., Koç, A., Çomaklı, B. (1998). Suni çayır tesisinde kullanılabilecek uygun yem bitkileri ve karışımlarının belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22(1): 13-20.
- Turan, N. (2010). *Bazı yonca (Medicago sativa L.) çeşitlerinin farklı ekim zamanlarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi üzerinde bir araştırma*. (Doktora Tezi) Van Yüzüncüyıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Turan, N., Seydoşoğlu, S. (2020). Yalın ve farklı oranlarda yonca, korunga ile ryegrass hâsıllarının silaj ve yem kalitesine etkisinin araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(3): 526-532.
- TÜİK (2021). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> (Erişim tarihi: 01.06.2021).
- Ünalp, E. (2014). *Farklı gelişme dönemleri ve biçim sıralarında yonca (Medicago sativa L.) kuru otunun ham protein, selüloz ve bazı mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597.
- Yavuz, M., İptaş, S., Ayhan, V., Karadağ, Y. (2009). Yem Bitkilerinde Kalite Tayini ve Kullanım Alanları. Yem Bitkileri Genel Bölüm, 1: 163-172.
- Yelsiz M.E. (2019). *Toprak altı damla sulama yöntemi ile uygulanan farklı sulama programlarının yoncanın (Medicago sativa L.) ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Yolcu, H. (2005). *Farklı ekim şekli ve gübrelemenin yonca kılçıksız brom karışımında ot verimine ve otun bazı özelliklerine etkileri* (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri ABD, Erzurum

Parçalama Makinelerinin Tasarımında Kullanılmak Üzere Farklı Budama Artıklarının Bazı Kesme Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Cutting Properties of Different Pruning Wastes for Use in the Design of Shredding Machines


F. Göksel PEKİTKAN^{1*}, Murad ÇANAKÇI², Abdullah SESSİZ³, Reşat ESGİCİ⁴


Öz


Bağ ve bahçelerde budama, bakım ve hasat işlemleri sonucu büyük miktarlarda ortaya çıkan budama artıkları üreticiler için sorun haline gelmektedir. Bu sorunu gidermek amacıyla budama artıklarının parçalanarak toprağa karıştırılması, böylece erozyonun engellenmesi, toprak organik madde içeriğinin artırılması, buna bağlı olarak tarımsal verimin artırılarak daha çevreci ve sürdürülebilir çözüm yöntemleri giderek önem kazanmaktadır. Parçalama işlemi, bu amaç için geliştirilmiş dal parçalama/öğütme makinalarıyla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla söz konusu makinaların daha etkin ve verimli bir şekilde parçalama işlemini yapabilmesi için parçalanacak artıkların kesme özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu amaçla yapılan çalışma kapsamında, budama artıklarının parçalanması için kullanılacak bir makinanın tasarımında dikkate alınması gereken kesme kuvveti ve enerji değerleri 7 farklı bitki türü için (Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum), 2 farklı nem düzeyinde ve kesme ekseninde, çap değerleri de göz önüne alınarak kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak kesme ekseninin değiştirilmesi tüm çeşitlerde kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerini önemli oranda etkilemiş olup, yatay eksen için bulunan değerler, dikey eksen için bulunan değerlere göre oldukça yüksek olmuştur. Örneklere ait nem ve çap durumlarındaki değişimler ve etkileri incelenecek olursa, Çalı, Çam, İğde ve Şeftali çeşitlerine ait nem oranları sırasıyla % 34.5, % 30.1, % 28.6 ve % 35.6 oranları arasında düşürülmüş olsalar bile, bu nem oranlarının kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmamıştır. Andız, Ateşdikeni ve Zakkum çeşitlerinde ise diğer çeşitlerin aksine nem durumlarının değişimi ele alınan parametreler üzerinde önemli derecede etkili olmuştur. Çalışmada elde edilen bu sonuçlardan, denemeye alınan çeşitlerin budama artıklarının etkin ve verimli şekilde parçalanması için geliştirilecek bir makinanın tasarımında yararlanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Dal parçalama, Kesme kuvveti, Kesme eksen, Toprak ıslahı, Enerji verimliliği

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: F. Göksel Pekitkan, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: pekitkan@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0002-7791-7963

²Murad Çanakçı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. E-mail: mcanakci@akdeniz.edu.tr  ORCID: 0000-0002-1985-8387.

³Abdullah Sessiz, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: asessiz@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0002-3883-0793.

⁴Reşat Esgici, Dicle Üniversitesi Bismil Meslek Yüksekokulu, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: resgici@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0003-3875-5647.

Atıf/Citation: Pekitkan, F.G., Çanakçı, M., Sessiz, A., Esgici, R. Parçalama Makinelerinin Tasarımında Kullanılmak Üzere Farklı Budama Artıklarının Bazı Kesme Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 390-403.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Pruning residues that occur in large quantities as a result of pruning, maintenance and harvesting processes in vineyards and orchards become a problem for producers. In order to solve this problem, more environmentally friendly and sustainable solution methods are gaining importance by shredding the pruning residues and mixing them into the soil, thus preventing erosion, increasing the soil organic matter content, and accordingly increasing the agricultural yield. Shredding process is carried out with branch shredding/grinding machines developed for this purpose. Therefore, it is important to know the cutting properties of the residues to be shredded so that these machines can work more effectively and efficiently. For this purpose, the cutting force and energy values to be considered in the design of a machine to be used for shredding pruning residues were determined for 7 different plant species (Juniperus Drupacea, Pyracantha Coccinea, Shrub, Pine, Oleaster, Peach and Oleander), at different moisture levels and in the cutting axis, considering the diameter values. The effects of these variables were researched on cutting force, strength, energy and specific energy consumption. As a result, changing the cutting axis significantly affected the cutting force, strength, energy and specific energy consumption values in all varieties, and the values found for the horizontal axis were quite high compared to the values found for the vertical axis. When the changes in the moisture content and diameter of the samples and their effects were examined, although the moisture values of Shrub, Pine, Oleaster and Peach cultivars were reduced (respectively % 34.5, % 30.1, % 28.6, % 35.6), these moisture rates did not have a statistically significant effect on the cutting force, strength, energy and specific energy consumption. The variation of moisture content of Juniperus Drupacea, Pyracantha Coccinea and Oleander cultivars had a significant effect on the cutting parameters. These results obtained in the study can be used in the design of a machine to be developed for the effective and efficient shredding of the pruning residues of the tested varieties.

Keywords: Branch shredders, Cutting force, Cutting axis, Soil remediation, Energy efficiency

1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde bağ ve bahçe faaliyetleri yoğun olarak yapılmaktadır. Bu faaliyetler ile birlikte budama, bakım ve hasat işlemleri sonucunda fazla miktarlarda tarımsal artık meydana gelmektedir. Tarımsal artıkların üretim alanından uzaklaştırılması ve değerlendirilmesi büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu yüzden etkili çözüm yolları ile artıkların yararlı hale getirilebilmesi üretimde önemli ölçüde avantaj sağlayacaktır. Bitkisel artıklar önemli derecede organik madde kaynağı olmakla birlikte içermiş oldukları bitki besin maddeleri yönünden de önemli bir potansiyele sahiptirler (Çıtak ve ark., 2006; Öngören, 2021). Ayrıca çevresel kaygıların ve sürdürülebilir tarım kavramının her geçen gün önem kazanmasıyla birlikte, tarımsal uygulamaların hem verimi artırıcı hem de çevreye daha duyarlı yapılabilmesi yönünde birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların arasında bahçe tarımındaki budama artıklarının söz konusu hassasiyetleri de göz önüne alarak çeşitli şekillerde değerlendirilmesini kapsayan çalışmalar da vardır. Budama işlemi sonucu ortaya çıkan bu artıklar genel olarak bahçe dışında yakılmakta, boş ve kullanılmayan alanlara bırakılmakta veya makineler ile parçalanıp farklı amaçlar için değerlendirilmektedir (Çanakçı ve ark., 2018). Budama artıklarının yakılması veya boş alanlara bırakılmasının çevreye olumsuz etkileri bulunmakta, bu nedenle söz konusu artıkların hızlı, etkili, çevreci ve mümkün olabilecek en az maliyetle değerlendirilmesi daha da önem kazanmaktadır. Tarımsal artıkların değerlendirilmesi halinde, enerji açısından ekonomik bir girdi sağlanabilecek, çevre açısından da sürdürülebilir kaliteli bir çevrenin sağlanması dolayısıyla kırsal gelişime de katkısı olabilecektir (Aybek ve ark., 2015). Ülkemizde de budama artıklarının yerinde parçalanmasından sonra direkt olarak toprağa karıştırılması üreticiler tarafından daha tercih edilir bir uygulama haline gelmiştir. Bu amaçla parçalama işlemi için genellikle gücünü traktörün kuyruk milinden alan doğrama makineleri, parçalanmış materyalin toprağa karıştırılması için de toprak işleme makineleri kullanılmaktadır (Çanakçı ve ark., 2019). Özellikle geleneksel toprak işleme uygulamaları sonrası erozyona oldukça duyarlı hale gelen toprağı koruma çalışmalarının büyük bir kısmı da erozyonun önlenmesi ve bitki artıklarının tekrar toprağa kazandırılmasıyla toprağın kimyasal yapısının korunması ve iyileştirilmesi, ayrıca tarımsal faaliyetler sonucu bozulan toprak fiziksel yapısının korunması ve geri kazanılmasına dayanmaktadır (Kocabıyık ve Kayışoğlu, 2005; Kayışoğlu ve ark., 2007). Bu uygulamadaki esas amaç parçalanmış artıkların toprağa karıştırılmasıyla erozyonun engellenmesi, toprak organik madde içeriğinin artırılması, dolayısıyla hem tarımsal verimin artırılması hem de bu artıkların yakılarak ortadan kaldırılması gibi çevreye zararlı uygulamaların önüne geçerek daha çevreci bir yaklaşım sergilemektir.

Budama artıklarının parçalanması için kullanılacak makinelerin daha etkin çalışabilmeleri ve enerjiyi daha verimli kullanabilmeleri açısından parçalanacak materyalin kesme özelliklerinin bilinmesi büyük öneme sahiptir. Bitkinin kesme özelliklerine göre tasarlanan ve imal edilen dal parçalama makinelerinin kullanımı insan iş gücünün azaltılması ve etkin kullanılması açısından faydalı örnek oluşturmaktadır. Dal parçalama makineleri ile artıkların parçalanması sonucunda çevrenin korunması, artık yönetimi ve üretimde sürdürülebilirlik gibi faydalar sağlanmaktadır. Aynı zamanda mekanik yöntemler ile zamanın etkin kullanımı sonucu arazi işlerinin zamanında yapılmasına olanak sağlamaktadır. Benzer durum, Öngören (2021) tarafından farklı üzüm çeşitlerinin budama artıklarının parçalanmasında kullanılan bir makinenin performansının değerlendirilmesine yönelik yaptığı çalışmada da ifade edilmiştir. Sessiz ve ark. (2018), bağ çubuklarının kesme işleminde kullanılabilecek bir makinenin tasarımında temel parametreler olan kesme kuvveti, kesme gerilmesi ve enerji gereksinimini belirlemiştir. Çalışmada, 8 farklı üzüm çeşidi için sürgün çapına ve neme bağlı olarak kesme özelliklerinin değişimi incelenmiş ve istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bitkinin kesme özelliklerinin sürgün kesit alanıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Çeşitler arasında kesme özellikleri bakımından önemli farklılıklar saptanmıştır. Çalışma sonucunda, budama ve benzeri kesme işlerinde bir makina tasarımında mutlaka üzüm çeşidinin kesme özelliklerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Aynı şekilde Pekitkan ve ark. (2019) tarafından yapılan benzer bir diğer çalışmada ise Şire, Öküzgözü ve Boğazkere üzüm çeşitlerinin bıçak tipi, kesme açısı ve kesme hızına bağlı olarak asmaların sürgün kesme özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, her üç çeşit için kesme özellikleri, bıçak tipi, kesme açısı ve yükleme durumuna göre değişiklikler göstermiştir. Kesme kuvveti ve enerji gereksinimi her çeşit ve bıçak tipi için ayrı olmuştur. İnceleme sonucunda; genel olarak tırtıklı ağza sahip bıçaklarda kesme kuvveti ve enerji değerinin düz-ince ağza sahip olan bıçak tipine göre daha yüksek olduğu, bıçak kesme açısı arttıkça kesme kuvveti ve kesme enerjisinin azaldığı ve kesme hızlarının artışının kesme kuvveti, kesme gerilmesi, kesme enerjisi ve spesifik kesme enerjisini hafif bir şekilde arttırdığı belirtilmiştir.

Bu nedenle söz konusu makinaların tasarım aşamasında bu parametrelerin belirlenmesi gerekir (Ghahraei ve ark., 2011; Nesvadba ve ark., 2004; Özdemir ve ark., 2015; Sessiz ve ark., 2019; Esgici ve ark., 2019; Eliçin ve ark., 2019; Pekitkan ve ark., 2020). Uygun olmayan ekipmanlar, makine kapasitesinin azalmasına, makinenin kısa zamanda yıpranmasına, arızalara ve yakıt tüketiminin artmasına neden olur. Ayrıca elde edilen veriler uygulamalar esnasındaki motor yük değerlerini ve yakıt tüketimlerini belirlemek için de kullanılabilir (Rotz ve Muhtar, 1992).

Bu çalışmanın amacı, 7 farklı bitkiye (Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum) ait budama artıklarının daha etkin ve verimli bir şekilde parçalanması için kullanılacak bir makinenin tasarımında göz önüne alınması gereken kesme kuvveti ve enerji değerlerinin belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

Denemelerde kesme özellikleri belirlenen Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum çeşitlerine ait budama artıkları 2019 yılında Antalya ilindeki üretim alanlarından temin edilmiştir. Materyallerin nem kayıplarını önlemek için de 5°C'ye ayarlı bir buzdolabında 1 ay boyunca muhafaza edilmiştir. Kesme testleri, budama artıklarının 2 farklı nem düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Budama artıklarının kesme özelliklerini belirlemek için öncelikle mevcut durumdaki nem durumları ASABE (2006) standartlarına göre 105°C'de 24 saat etüvde kurutma yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Budama artıklarına ait ölçülen nem içerikleri Andız çeşidi için %48.2, %26, Ateşdikeni için %42.2, %25.5, Çalı için %33.4, %21.9, Çam için %50, %34.9, İğde için %40.5, %28.9, Şeftali için %41.1, %26.5, Zakkum için %51, %39 olmuştur.

Kesme testlerinde Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Llyod LRX marka 2500 N kuvvet ölçme sensörüne sahip olan biyolojik malzeme test cihazı ve NEXYGEN Data Analysis yazılımı kullanılmıştır.

Testler, budama artıklarının 5 mm s⁻¹ hızda, düz kenarlı bıçakla 4 cm'lik aralıklarla yatay eksen ve kesilen bu materyallerin yine düz kenarlı bıçakla dikey eksen kesilmesi şeklinde yürütülmüştür. Her çeşit, kesme eksen ve nem için kesme işlemi 15 kez tekrarlanmıştır. Her kesme işleminden önce kesilen materyalin çap değeri ölçülüp kaydedilmiştir. Çap değerleri dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve kesit alanından yola çıkılarak kesme kuvveti ve kesme enerjisi değerleri hesaplanmıştır. 2 farklı nem düzeyinde gerçekleşen kesme işlemlerinde ölçülen çap değerleri Andız çeşidi için 11.73 – 13.53 mm, Ateşdikeni için 8.29 – 9.72 mm, Çalı için 8.64 – 8.92 mm, Çam için 11.27 – 12.32 mm, İğde için 9.86 – 9.97 mm, Şeftali için 9.45 – 10.47 mm, Zakkum için 13.43 – 13.49 mm olmuştur.

Testlerde elde edilen maksimum kesme kuvveti değerlerinden yola çıkılarak Eşitlik (1) yardımıyla kesme gerilmesi hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986; Sessiz ve ark., 2018):

$$G_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (\text{Eş.1})$$

Burada;

G_{\max} : Maksimum kesme gerilmesi (MPa),

F_{\max} : Maksimum kesme kuvveti (N),

A : Kesit alanını (mm²) ifade etmektedir.

Özgül enerji tüketimi ise Eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$E_{\text{öet}} = \frac{Et}{A} \quad (\text{Eş.2})$$

Burada;

$E_{\text{öet}}$: Özgül enerji tüketimi (J mm⁻²)

Et : Maksimum kesme enerjisini (J) ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçların istatistiki açıdan karşılaştırılması için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Denemeler varyans analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak tesadüfi parsel deneme desenine göre planlanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Alınan örneklerin kesme testleri sırasındaki ortalama nem ve çap durumları *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Kesme testleri yapılan örneklere ait nem ve çap değerleri
Table 1. Moisture contents and diameter values of the samples

Budama artıkları	Nem ve çap değerleri	1.		2.		Değişim (%)
			VK (%)		VK (%)	
Andız	Nem (%)	48.2	5.8	26	5.1	46.2
	Çap (mm)	11.73	14.1	13.53-12.90	7.9-7.1	15.4-10
Ateşdikeni	Nem (%)	42.2	1.3	25.50	5.9	39.5
	Çap (mm)	9.72	7.8	8.29	19.8	14.6
Çalı	Nem (%)	33.4	1.1	21.90	4.8	34.5
	Çap (mm)	8.92	7.4	8.64	14.0	3.1
Çam	Nem (%)	50	0.7	34.90	14.9	30.1
	Çap (mm)	11.27	12.7	12.32	10.0	9.4
İğde	Nem (%)	40.5	2.8	28.90	9.3	28.6
	Çap (mm)	9.97	15.7	9.86	12.6	1.1
Şeftali	Nem (%)	41.1	0.3	26.50	5.9	35.6
	Çap (mm)	9.45	8.2	10.47	21.9	10.9
Zakkum	Nem (%)	51	1.9	39.00	1.7	23.6
	Çap (mm)	13.49	7.4	13.43	5.8	0.5

Kesme testleri yapılan Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 1, 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

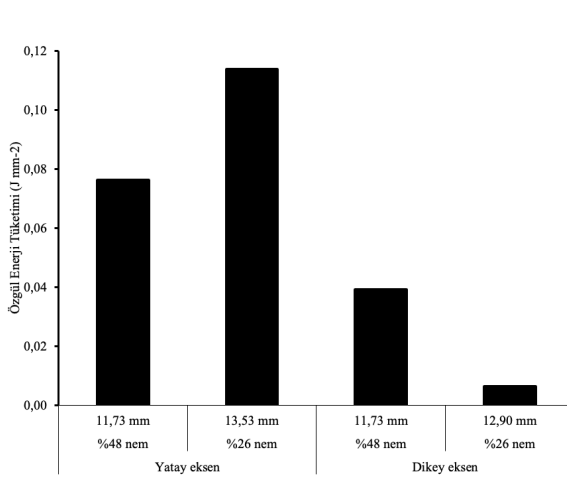


Figure 1. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Juniperus Drupacea variety

Şekil 1. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

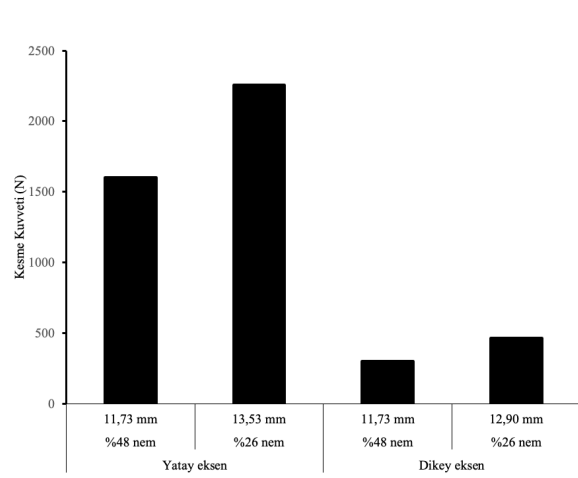


Figure 2. Average cutting force values obtained from pruning residues of Juniperus Drupacea variety

Şekil 2. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

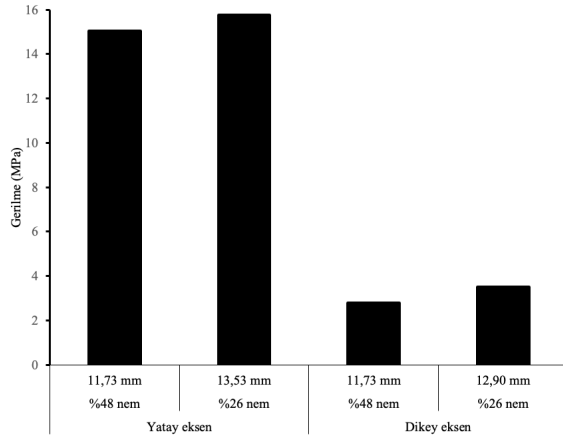


Figure 3. Average strength values obtained from pruning residues of *Juniperus Drupacea* variety

Şekil 3. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

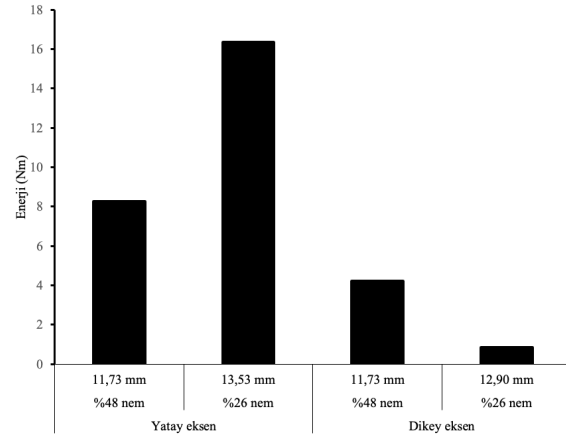


Figure 4. Average energy values obtained from pruning residues of *Juniperus Drupacea* variety

Şekil 4. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Şekil 2’de görüldüğü gibi kesme testlerinde elde edilen en büyük kesme kuvveti değeri yatay eksende 2. nemde (2255.47 N), dikey eksende ise yine 2. nemde (466.59 N) bulunmuştur. Gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine bakıldığında en büyük değerler yatay eksende 2. nemde sırasıyla 15.77 MPa, 16.34 Nm, 0.114 J mm⁻² olarak bulunmuştur. Dikey eksende yapılan kesme testlerinde ise gerilme değeri 2. nemde daha yüksek bulunurken, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri 1. nemde daha yüksek bulunmuştur. Yapılan istatistik analizlerde kesme ekseninin kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine etkisi önemli bulunurken (sırasıyla F=367.70, F= 1097.77, F= 79.57, F= 145.10), çap durumunun etkisi önemsiz olmuştur (sırasıyla F=0.18, F= 0.14, F= 0.55, F= 0.55) (p<0.05). Nem durumunun kesme kuvveti ve gerilmeye olan etkisi önemsizken (sırasıyla F= 0.85, F= 3.76), enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine olan etkisi önemli bulunmuştur (sırasıyla F= 5.27, F= 14.96) (p<0.05).

Kesme testleri yapılan Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 5, 6, 7 ve 8’de verilmiştir.

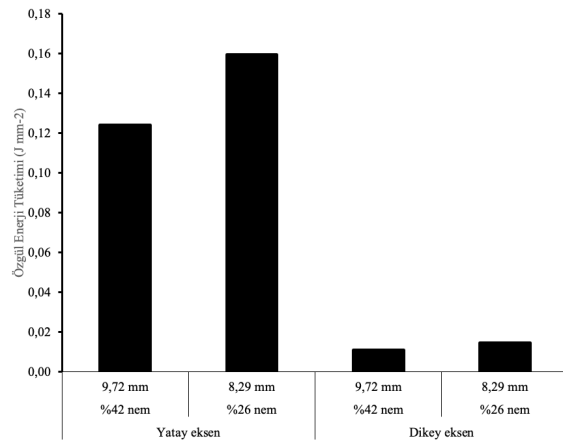


Figure 5. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 5. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

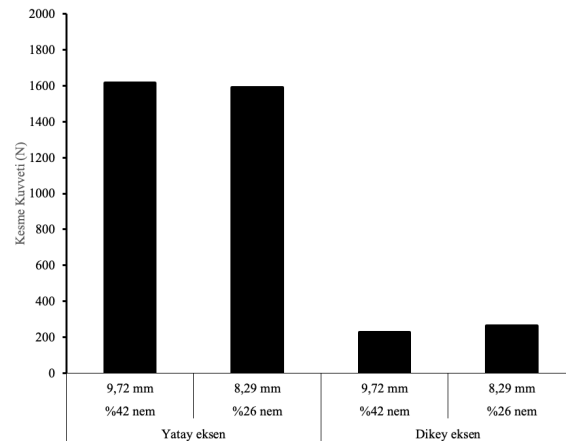


Figure 6. Average cutting force values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 6. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

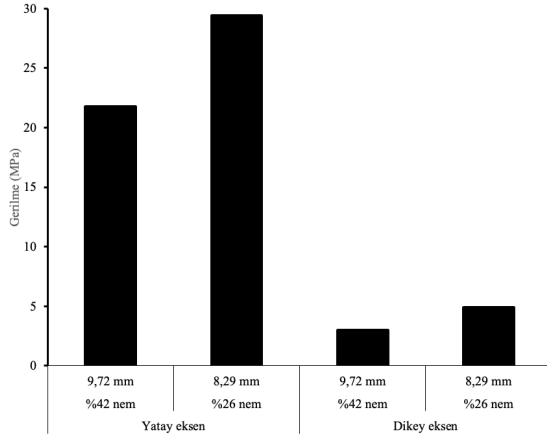


Figure 7. Average strength values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 7. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

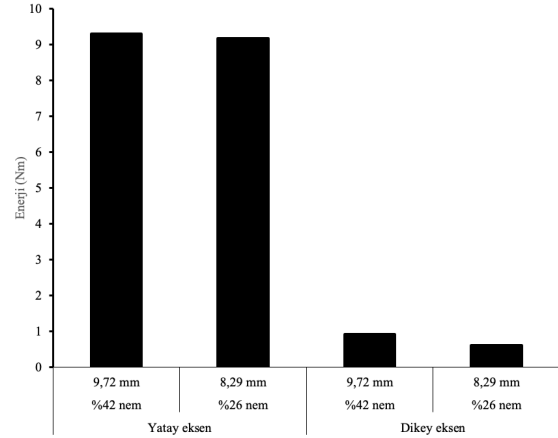


Figure 8. Average energy values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 8. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Ateşdikeni çeşidinde yapılan kesme testlerinde elde edilen en büyük ortalama kesme kuvveti değeri yatay ekseninde, 1. nemde (1616.17 N), dikey ekseninde ise 2. nemde (1592.23 N) bulunmuştur. Yapılan istatistik analizlerde kesme ekseninin kesme kuvvetine etkisi önemli bulunurken ($F=344.32$), çap ve nem durumunun etkisi önemsiz olmuştur (sırasıyla $F=0.41$, $F=0.56$) ($p<0.05$). Gerilme ve özgül enerji tüketimi değerlerine bakıldığında en büyük değerler yatay ekseninde 2. nemde sırasıyla 29.39 MPa, 0.16 J mm⁻² olarak bulunmuştur. En yüksek ortalama enerji değeri ise yatay ekseninde, 1. nemde (9.30 Nm) bulunmuştur. Kesme kuvveti, gerilme, özgül enerji tüketiminde en küçük ortalama değerler dikey ekseninde, 1. nemde bulunmuştur (sırasıyla 228.07 N, 3.01 Mpa, 0.011 J mm⁻²). İstatistik analizlere göre kesme ekseninin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine olan etkisi önemli olurken (sırasıyla $F=541.54$, $F=161.08$, $F=743.52$), nem durumunun gerilme ve özgül enerji tüketimine etkisi önemli (sırasıyla $F=7.27$, $F=4.44$), enerjiye olan etkisi önemsiz olmuştur ($F=0.41$). Çapın ise kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (sırasıyla $F=0.41$, $F=0.17$, $F=0.66$, $F=0.26$) ($p<0.05$).

Kesme testleri yapılan Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 9, 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

Çalı çeşidinden elde edilen en büyük ortalama kesme kuvveti değeri yatay ekseninde, 2. nemde (1438.37 N), dikey ekseninde ise yine 2. nemde (232.07 N) bulunmuştur. İstatistik analizler sonucu kesme ekseninin kesme kuvvetine etkisinin önemli olduğu ($F=533.84$), çap ve nem durumunun etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla $F=0.34$, $F=1.17$) ($p<0.05$). En büyük gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde yapılan testlerde bulunmuştur (sırasıyla 24.44 MPa, 7.33 Nm, 0,120 J mm⁻²). Kesme kuvveti ve gerilmeye ait en küçük ortalama değerler dikey ekseninde, 1. nemde (sırasıyla 152.18 N, 2.42 MPa), enerji ve özgül enerji tüketimine ait en küçük değerleri ise dikey ekseninde, 2. nemde tespit edilmiştir (sırasıyla 0.31 Nm, 0.006 J mm⁻²). Yapılan istatistik analizlere göre kesme ekseninin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine olan etkisi önemli olurken (sırasıyla $F=3106.71$, $F=196.55$, $F=1404.48$), nem durumunun ve çapın etkisi önemsiz olmuştur (nem için sırasıyla $F=2.46$, $F=0.50$, $F=1.01$, çap için sırasıyla $F=0.11$, $F=0.65$, $F=0.22$) ($p<0.05$).

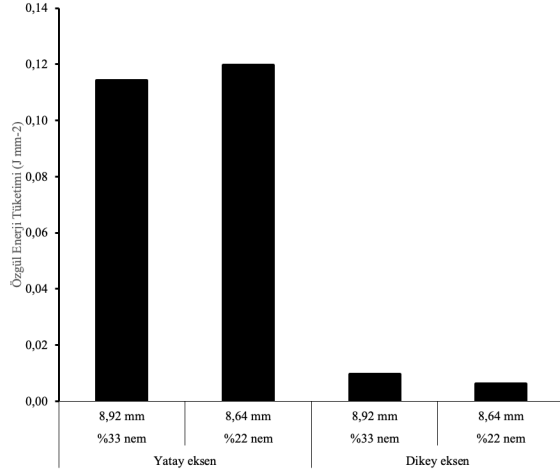


Figure 9. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Shrub variety

Şekil 9. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

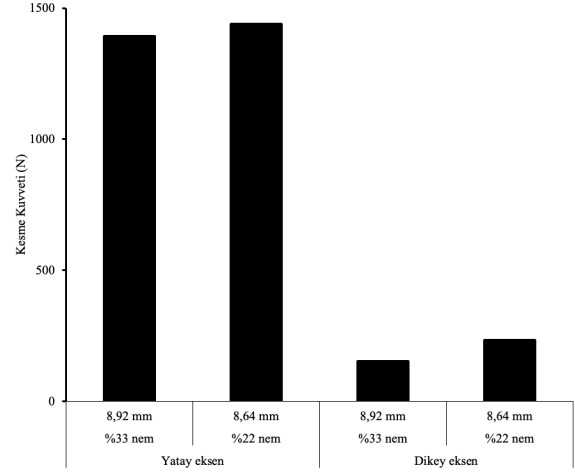


Figure 10. Average cutting force values obtained from pruning residues of Shrub variety

Şekil 10. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

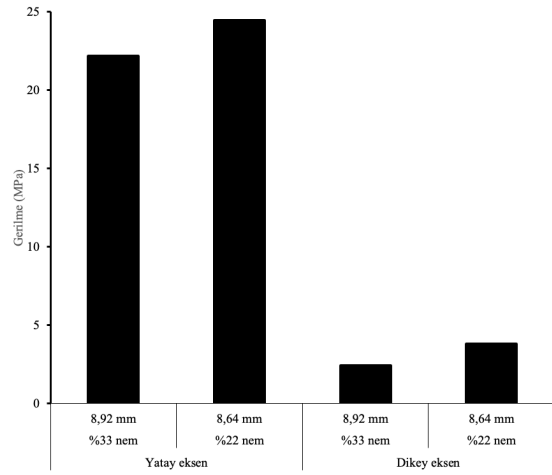


Figure 11. Average strength values obtained from pruning residues of Shrub variety

Şekil 11. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

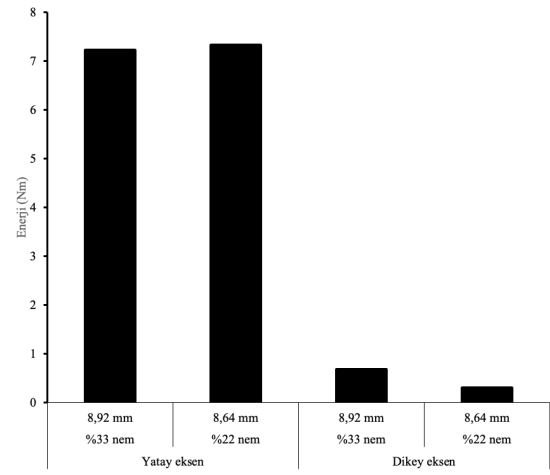


Figure 12. Average energy values obtained from pruning residues of Shrub variety

Şekil 12. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Kesme testleri yapılan Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 13, 14, 15 ve 16'da verilmiştir.

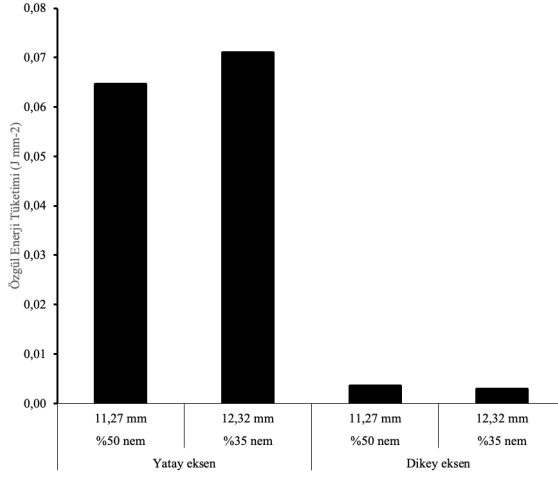


Figure 13. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 13. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

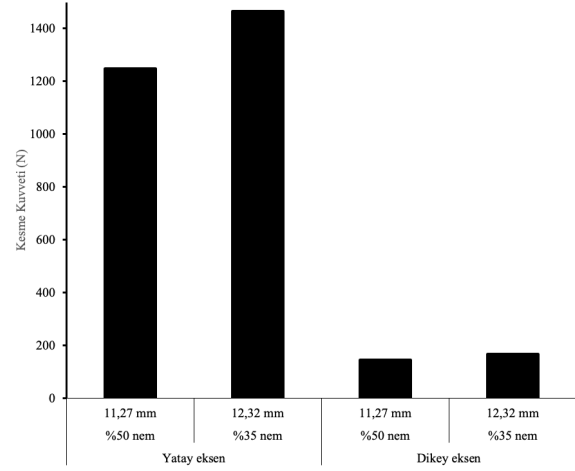


Figure 14. Average cutting force values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 14. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

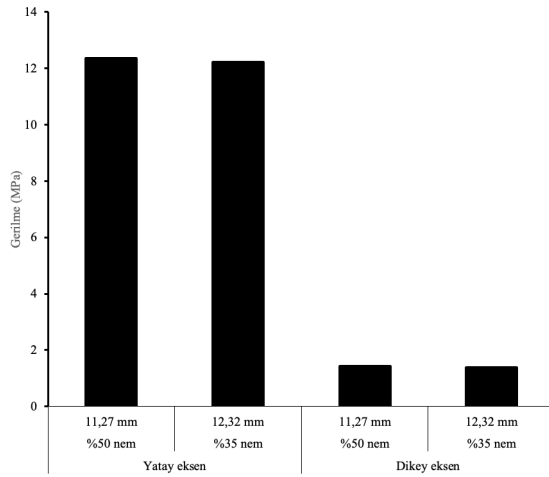


Figure 15. Average strength values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 15. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

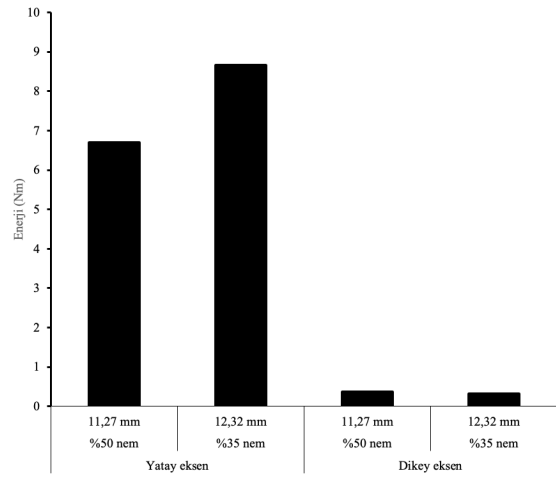


Figure 16. Average energy values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 16. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Çam çeşidinde yapılan kesme testlerinde en yüksek kesme kuvveti yatay eksen, 2. nemde (1464.95 N), en düşük kesme kuvveti ise dikey eksen, 1. nemde (144.71 N) tespit edilmiştir. Kesme ekseninin kesme kuvvetine olan etkisi istatistiksel açıdan önemli ($F= 357.67$), nem ve çap değerlerinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur (sırasıyla $F= 2.46$, $F= 0.409$) ($p<0.05$). Özgül enerji tüketimi ve enerji değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama değerler yatay eksen, 2. nemde (sırasıyla 0.071 J mm^{-2} , 8.67 Nm), en küçük ortalama değerler ise dikey eksen, 2. nemde yapılan kesme testlerinde (sırasıyla 0.003 J mm^{-2} , 0.32 Nm) tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucunda Çam çeşidindeki nem ve çap değerlerinin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine etkisi önemsiz bulunurken (nem için sırasıyla $F= 0.74$, $F= 3.21$, $F= 1.59$, çap için sırasıyla $F= 0.10$, $F= 0.66$, $F= 0.23$), kesme ekseninin etkisi önemli bulunmuştur (sırasıyla $F= 3922.23$, $F= 186.37$, $F= 1104.80$) ($p<0.05$).

Kesme testleri yapılan İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 17, 18, 19 ve 20'de verilmiştir.

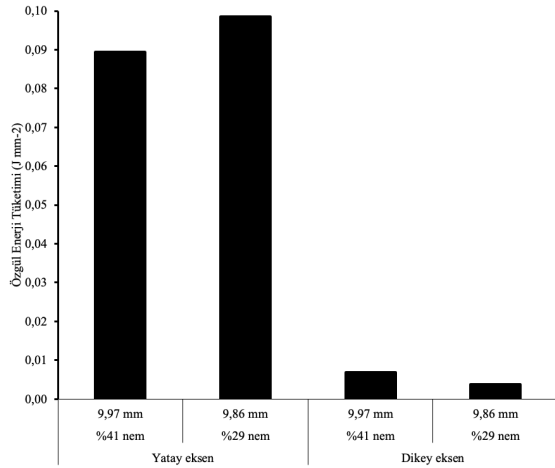


Figure 17. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 17. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

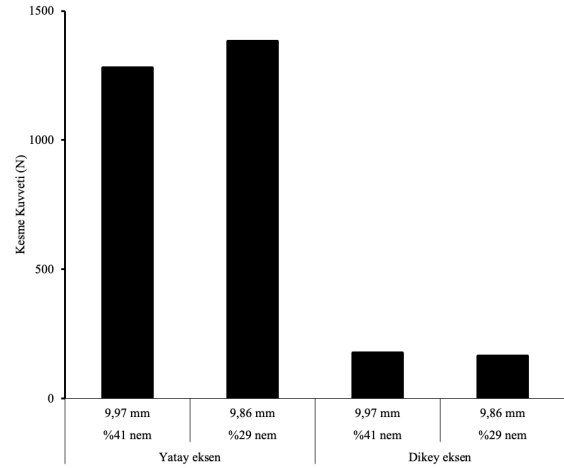


Figure 18. Average cutting force values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 18. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

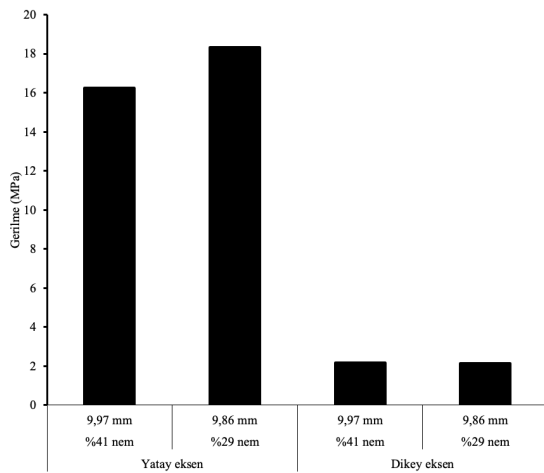


Figure 19. Average strength values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 19. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

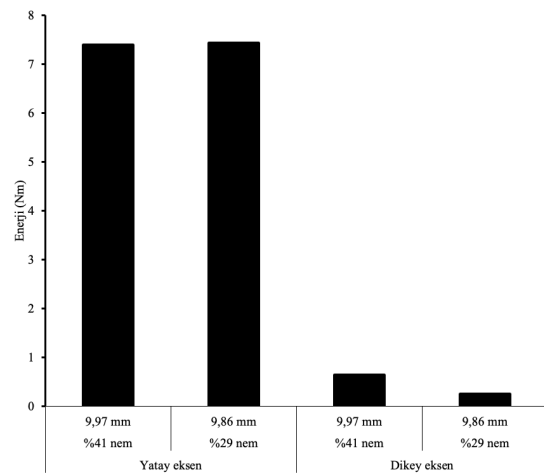


Figure 20. Average energy values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 20. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Kesme testleri yapılan İğde çeşidinde tespit edilen en yüksek kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 1382.80 N, 18.33 MPa, 7.43 Nm, 0.099 J mm⁻²), en düşük kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri ise dikey ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 165.34 N, 2.15 MPa, 0.26 Nm, 0.004 J mm⁻²) bulunmuştur. İstatistik analizler sonucu İğde çeşidinin nem ve çap durumlarının, kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketim değerlerine etkisi önemsiz olurken (nem için sırasıyla F= 1.24, F= 2.09, F= 0.42, F= 1.30, çap için sırasıyla F= 0.26, F= 0.10, F= 0.41, F= 0.20), kesme ekseninin etkisi önemli olmuştur (sırasıyla F= 401.96, F= 1133.21, F= 151.34, F= 313.31) (p<0.05).

Kesme testleri yapılan Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 21, 22, 23 ve 24'te verilmiştir.

Şeftali çeşidinde yapılan kesme testleri sonucunda en yüksek kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 1434.43 N, 17.12 MPa, 8.65 Nm, 0.101 J mm⁻²), en düşük kesme kuvveti ve gerilme değerleri dikey ekseninde, 1. nemde (sırasıyla 144.05 N, 2.02 MPa), en düşük enerji ve

özgül enerji tüketimi değerleri ise dikey eksende, 2. nemde (sırasıyla 0.20 Nm, 0.003 J mm⁻²) bulunmuştur. Yapılan istatistik analizler sonucunda nem ve çap değerlerinin kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine olan etkisinin önemsiz (nem için sırasıyla F= 2.88, F= 0.94, F= 2.57, F= 0.75, çap için sırasıyla F= 0.43, F= 0.06, F= 0.46, F= 0.08), kesme ekseninin ise söz konusu değişkenler üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla F= 322.05, F= 756.28, F= 273.55, F= 1403.20) (p<0.05).

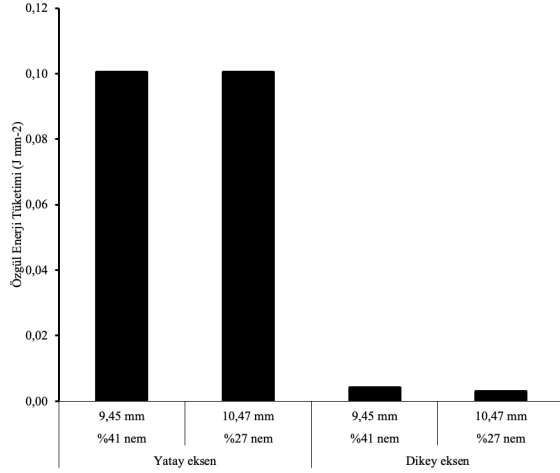


Figure 21. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 21. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

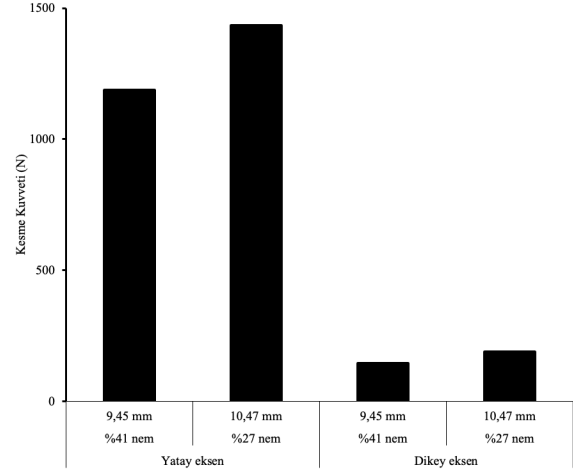


Figure 22. Average cutting force values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 22. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

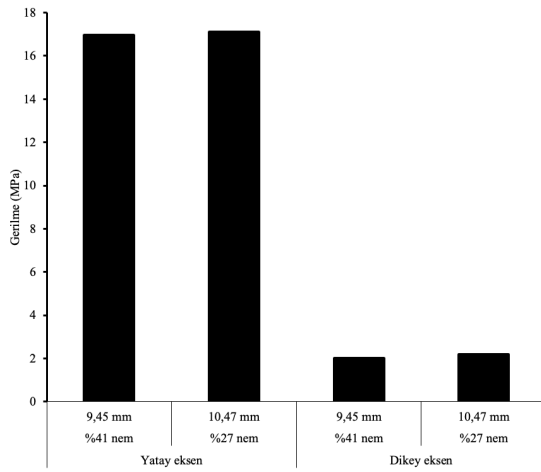


Figure 23. Average strength values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 23. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

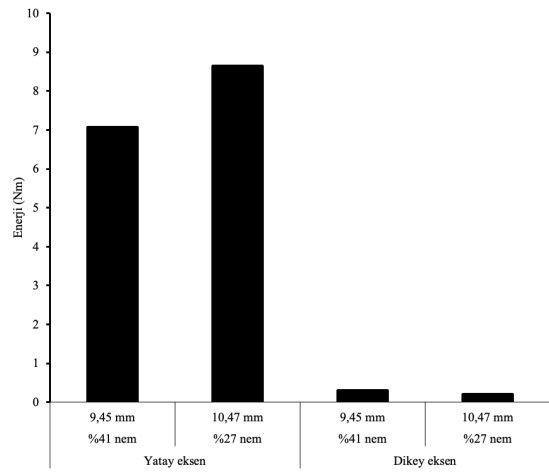


Figure 24. Average energy values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 24. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Kesme testleri yapılan Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 25, 26, 27 ve 28'de verilmiştir.

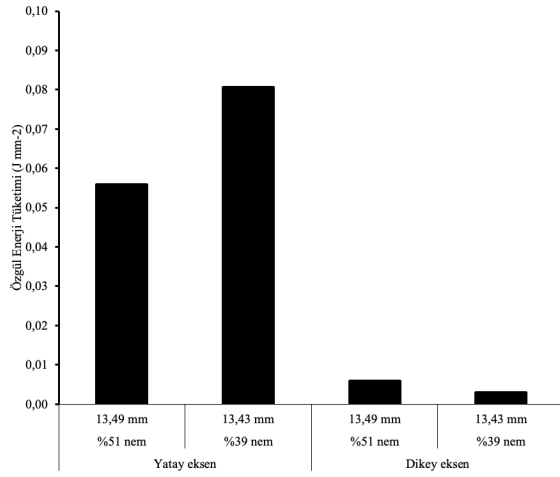


Figure 25. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Oleander variety

Şekil 25. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

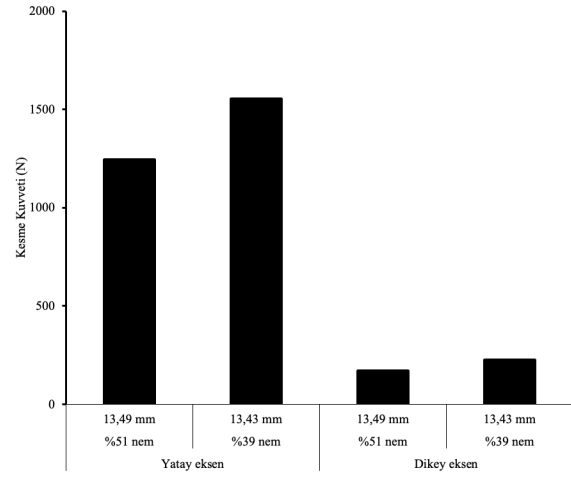


Figure 26. Average cutting force values obtained from pruning residues of Oleander variety

Şekil 26. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

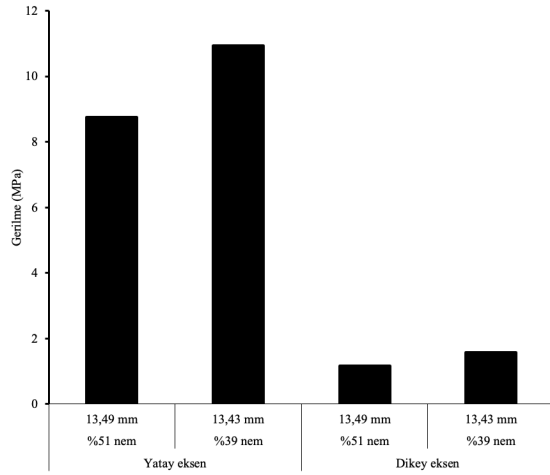


Figure 27. Average strength values obtained from pruning residues of Oleander variety

Şekil 27. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

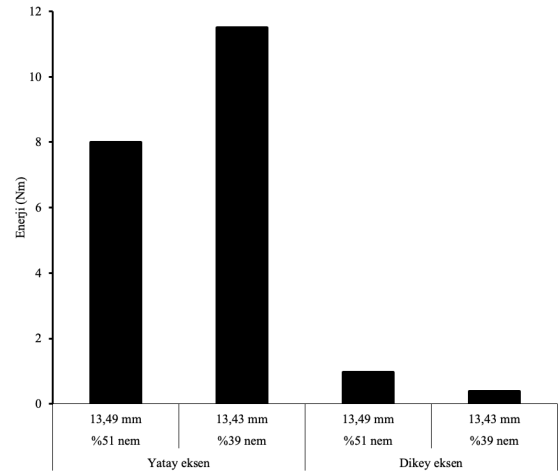


Figure 28. Average energy values obtained from pruning residues of Oleander variety

Şekil 28. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Şekil 26'da görüldüğü gibi Zakkum çeşidinde gerçekleştirilen kesme testlerinde elde edilen en büyük kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay eksende 2. nemde (sırasıyla 1553.38 N, 10.94 MPa, 11.50 Nm, 0.081 J mm⁻²), en düşük kesme kuvveti ve gerilme değeri ise dikey eksende, 1. nemde (sırasıyla 168.94 N, 1.17 MPa) tespit edilmiştir. Enerji ve özgül enerji tüketimi açısından ise en küçük değerler dikey eksende 2. nemde (sırasıyla 0.39 Nm, 0.003 J mm⁻²) bulunmuştur.

Yapılan istatistik analizlerde nem durumunun kesme kuvveti üzerine etkisi önemsiz olurken (F= 3.86), gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri üzerinde etkisi önemli olmuştur (sırasıyla F= 4.17, F= 4.87, F= 5.38). Kesme ekseninin ise kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri üzerine etkisi önemliyken

(sırasıyla $F=786.71$, $F=1093.94$, $F=304.49$, $F=441.86$), çapın etkisi önemsiz bulunmuştur (sırasıyla $F=0.34$, $F=0.21$, $F=0.50$, $F=0.30$) ($p<0.05$).

4. Sonuç

Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum çeşitlerine ait budama artıklarının kesme testlerinden elde edilen sonuçlara göre kesme ekseninin değiştirilmesi, tüm çeşitlerde kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerini önemli oranda etkilemiş olup, yatay eksen için bulunan değerler, dikey eksen için bulunan değerlere göre oldukça yüksek olmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda da kesme ekseninin etkisi bütün çeşitlerde önemli bulunmuştur. Özellikle Andız çeşidine ait örneklerin düşük nem oranında ve yatay ekseninde yapılan kesme testlerinin bir kısmı malzeme test cihazı ölçüm üst sınırı olan 2500 N'un da üzerine çıktığı için yapılamamıştır. Bu yüzden söz konusu çeşidin düşük neminde, yatay ve dikey ekseninde kesme testleri yapılan örneklerin ortalama çap değerleri birbirinden farklı olmuştur.

Alınan örneklerin kesme testleri sırasındaki nem ve çap durumlarındaki değişimler ve etkileri incelenecek olursa, Çalı, Çam, İğde ve Şeftali çeşitlerine ait nem oranları sırasıyla % 34.5, % 30.1, % 28.6 ve % 35.6 düşürülmüş olsalar bile bu nem oranlarının kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmamıştır. Çeşitlerin iki farklı nem oranlarında yapılan kesme testlerinde Çalı ve İğde çeşitlerinin çap değerleri arasında büyük farklar yoktur (sırasıyla %3.1 ve %1.1). Çam ve Şeftali çeşidinde ise nem oranı düşerken, çap değerlerinin sırasıyla %9.4 ve % 10.9 oranında artış göstermesi de önemli bir fark yaratmamıştır. Bulunan bu sonuçların materyallerin çeşit özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Andız, Ateşdikeni ve Zakkum çeşitlerinde ise diğer çeşitlerin aksine nem durumlarının değişimi ele alınan parametreler üzerinde önemli derecede etkili olmuştur. Söz konusu çeşitlerden elde edilen verilerin istatistik analizi sonucunda ise çapın etkisi önemsiz bulunmuştur. Bunun sebebi olarak çeşitlerin çapları arası farkların küçük olmasından (min. % 0.5, maks. % 15.4) dolayı meydana geldiği söylenebilir. Çalışmada elde edilen bütün bu sonuçlardan, denemeye alınan çeşitlerin budama artıklarının etkin ve verimli şekilde parçalanması için geliştirilecek bir makinanın tasarımında yararlanılabilir.

Kaynakça

- ASABE Standards (2006). S358.2: 1:1 Measurement Forages. 52nd edn. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph MI.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M.A., Bilgili, M.E. (2015). Türkiye’de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty (JOTAF)*, 12 (03): 109-120.
- Canakci, M., Topakci, M., Karayel, D., Unal, I., Cakir, M., Yigit, M., Ozdemir, E. (2018). Determination of the management costs for self-propelled pruning residue shredder. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 14 (2): 127-134.
- Çanakçı, M., Çakır, M., Ünal, İ., Karayel, D., Topakçı, M. (2019). Kendi yürür bir budama atığı parçalama makinası prototipinin geliştirilmesi. TÜBİTAK TOVAG Proje, Syf: 89, Proje No: 214O260.
- Canakci, M., Topakci, M., Karayel, D., Agsaran, B., Kabas, O., Yigit, M. (2019). The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (5): 1052–1059.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Öktüren, F. (2006). Bitkisel kökenli atıkların tarımda kullanılabilme olanakları. *Derim*, 23: 40-53.
- Eliçin, A.K., Sessiz, A., Pekitkan, F.G. (2019). Effect of various knife type, cutting angle and speed on cutting force and energy of grape cane. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (European Journal of Science and Technology)*, 15: 519-525.
- Esgici, R., Pekitkan, F.G., Ozdemir, G., Guzel, E., Sessiz, A. (2019). Cutting parameters of some grape varieties subject to the diameter and age of canes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (1): 167-170.
- Ghahraei, O., Ahmad, D., Khalina, A., Suryanto, H., Othman, J. (2011). Cutting tests of kenaf stems. *Transactions of the ASABE*, 54(1): 51-56.
- Kayıoğlu, B., Bayhan, Y., Taşeri, L. (2007). Effects of secondary tillage implement on some properties of soil and yield of sunflower. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4 (1): 81-89.
- Kocabıyık, H., Kayıoğlu, B. (2005). Sap parçalama makinalarının performans ve enerji maliyetlerinin değerlendirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1 (3): 183-188.
- Mohsenin, N.N. (1986). *Physical properties of plant and animals materials* (2nd edition). Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Nesvadba, N., Houska, M., Wolf, W., Gekas, V., Jarvis, D., Sadd, P.A., Johns, A.I. (2004). Database of physical properties of agro-food materials. *Journal of Food Engineering*, 61: 497-503.
- Öngören, N. (2021). Bağ budama atıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın modifikasyonu ve performansının değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Özdemir G., Sessiz A., Esgici R., Elicin A.K., (2015). Cutting properties of wine grape cultivars. *Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LIX:* 151-158.
- Pekitkan, F.G., Eliçin, A.K., Sessiz, A. (2019). Effects of knives type, cutting angle and loading speed on force and energy requirement of grape cane. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 6 (2): 9552-9556.
- Pekitkan, F.G., Eliçin, A.K., Sessiz, A. (2020). Bazı yerli tip üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin budama sürgünlerinin kesme özelliklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 33–40.
- Rotz, C.A., Muhtar, H.A. (1992). Rotary power requirements for harvesting and handling equipment. *Applied Engineering in Agriculture*, 8 (6): 751-757.
- Sessiz, A., Güzel, E., Bayhan, Y. (2018). Bazı yerli ve yabancı üzüm çeşitlerinde sürgünlerin kesme kuvveti ve enerjisinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi (Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences)*. 5 (4): 414–423.
- Sessiz, A., Elicin, A.K., Bayhan, Y. (2019). Cutting force and energy requirement of Bogazkere grape (*Vitis vinifera* L.) cane. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 63 (1): 265-270.

Determination of The Loss Ratio on Some Melon Varieties From The Melon Fly, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae)

Kavun sineği, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae)'nin Bazı Kavun Çeşitlerindeki Zarar Oranının Belirlenmesi


Abdulfatah ALABOUID^{1*}, Erol BAYHAN²

Abstract

It is well known that the homeland of the Melon (*Cucumis melo*), which is a one-year reptile body, belonging to the Cucurbitaceae family, is Asia. Iran, Caucasus, Turkey, Afghanistan and melon species that are encountered in the wild in Turkistan form and is believed that it was spread to the world from the regions concerned. Melon fly, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera:Tephritidae) is one of the most important pests in melon grown areas in the Southeastern Anatolia Region. When the melon approximately reaches the size of a hazelnut, the larvae hatched from the eggs that have been left by the female in the fruit shell feed on the flesh and move towards the house of fruit seed with the tunnels they open, leading to various damages. Such damaged melons are not preferred by consumers. Moreover, invincible losses decrease the commercial market value of melon. In this research, data related to different methods of struggle of melon fly which has caused significant economic losses in Southeastern Anatolia region were obtained in the nature conditions. This study was carried out in Diyarbakır Province Çınar District Şükürlü Village (Diyarbakır city, Turkey) in 2018-2019 under field conditions. Four melon varieties (Balhan, Balözü, VT21B and the local variety Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") were taken into the experiment and designed with 3 replications. In order to determine the damage rate of the melon fly, 100 fruits were checked in each melon variety parcel. Control procedures were carried out weekly, counts were made and continued until the end of the season. Fruits with dishes were removed from the application plots. In the experiment studies carried out to identify the number of holes in the melon fruits, it was detected that there was no difference when considering the hole number between Balözü, Balhan, Local (winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon varieties. when the data collected from this study were under analysis it was revealed that, the lowest number of holes was found in Domestic (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") melon varieties, and the highest hole number was found in Balözü melon variety. In this study, the damage rates of melon fly on some melon varieties were determined.

Keywords: *Myiopardalis pardalina*, Melon varieties, Damage rate, Diyarbakır, Turkey.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Abdulfatah ALABOUID, Department of Plant Protection, Institute of Science and Technology, Dicle University, Diyarbakır / Turkey. E-mail: fooh2005@gmail.com  OrcID: 0000-0003-2349-3306

² Erol BAYHAN, Department of Plant Protection, Agricultural Faculty, Dicle University, Diyarbakır/Turkey. E-mail: erolbayhan@gmail.com  OrcID: 0000-0002-7579-586X.

Atıf/Citation: Alaboud, A., Bayhan E. Determination of The Loss Ratio on Some Melon Varieties From The Melon Fly, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 404-411.

*Bu çalışma Doktora çalışmasından üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Cucurbitaceae familyasına bağlı olan tek yıllık kavunun (*Cucumis melo* L.) anavatanının Asya olduğu bilinmektedir. İran, Kafkasya, Türkiye, Afganistan ve Türkistan'da vahşi doğada rastlanan kavun türlerinin ilgili bölgelerden dünyaya yayıldığı düşünülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kavun yetiştirilen alanlarda en önemli zararlıların başında Kavun sineği, *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae) gelmektedir. Ayrıca kavunda thrips gibi birçok çok Bitki Koruma sorunları da meydana gelmektedir. Kavun meyveleri fındık büyüklüğüne ulaştığında Kavun sineği dişi bireyleri tarafından meyve kabuğuna bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar, meyve etiyile beslenmekte ve açtıkları tüneller içinde meyve çekirdek evine doğru ilerleyerek çeşitli zararların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Böyle zarar gören kavunların tüketiciler tarafından tercih edilmemesi ve yenilmemesi sonucunda kavunun ticari pazar değeri düşmektedir. Bu nedenle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde önemli ekonomik zarar neden olan Kavun sineği ile farklı mücadele yöntemlerine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada ise dört kavun çeşidinde (Balhan, Balözü, VT21B ve yerel çeşit olan Kışlık kavun “dilimli” yerel genotip “VN2136”) Kavun sineği'nin zarar oranı incelenmiştir. Deneme 2018-2019 yıllarında Diyarbakır ili Çınar ilçesine bağlı Şükürlü köyünde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Kavun sineği'nin zarar oranı her bir kavun çeşidi parselinde meyve fındık büyüklüğüne ulaştığında 100 adet meyve kontrol edilerek meyvedeki delik sayısı kaydedilerek belirlenmiştir. Kontrol işlemleri haftalık yapılmış ve sayımlara mevsim sonuna kadar devam edilmiştir. Her kontrolde bulaşıklı meyveler uygulama parsellerinden uzaklaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmede her iki yılda da Balözü, Balhan, Yerli (Kışlık kavun “dilimli” yerel genotip “VN2136”) ve VT21 kavun çeşitlerindeki bulaşma oranı ve delik sayısı açısından istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ancak sayısal olarak en düşük delik sayısı Yerli (Kışlık kavun “dilimli” yerel genotip “VN2136”) kavun çeşidinde, en yüksek delik sayısı ise Balözü kavun çeşidinde saptanmıştır. Bu çalışma ile kavun sineğinin bazı kavun çeşitlerindeki zarar oranları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Myiopardalis pardalina*, Kavun çeşitleri, Zarar oranı, Diyarbakır, Türkiye

1. Introduction

It is well known that the homeland of the Melon (*Cucumis melo*), which is a one-year reptile body, belonging to the Cucurbitaceae family, is Asia. Iran, Caucasus, Turkey, Afghanistan and melon species that are encountered in the wild in Turkistan form and is believed that it was spread to the world from the regions concerned. The homeland of this plant, known as Cantaloupe melon, which is known and discerned in Europe and America today, is Van and Diyarbakır region, and it is recognized that melon seeds spread to Italy and then to other countries of the world (Anonim, 2011).

Turkey is ranked second in the world in melon cultivation (Anonim, 2019a). Melon production is implemented on an area of approximately 750 thousand decare in our country, and Adana comes first as the province where it is produced the most. In 2018, the average melon yield per decare was 2.386 kg and the melon production was reported to be 1.753.942 tons (Anonim, 2019b). Melon is consumed in different ways (as fresh table fruit, jam, cake, ice cream, fruit juice, yoghurt with fruit, pickles, soup, fruit salad, perfume industry, etc.) (Aras, 2015; Keçe and Kamber, 2016).

During the cultivation of melons, many plant protection problems arise. In addition, many Plant Protection problems such as thrips occur in melon (Kaplan and Bayhan, 2017). In Turkey, Azerbaijan, Iran, Armenia, Pakistan, Afghanistan and India (northern part) there is an important pest on the melon fruit namely: *Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae) and the last 10 years in Central Asia (Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan and Tacikistan), it creates significant economic losses. Although studies on melon flies are not sufficient in the world and have been known in the Caucasus, Middle East and West Asia for about 100 years, their economic importance has not decreased due to the fact that the producers do not know much about this pest (Anonim, 2009).

The Tephritidae family, which is affiliated to Diptera and includes many species, is a family that has spread over wide areas in the world. Species relate to this family generally include species that cause economic damage in some fruit species. Since the larvae of the species belong to the Tephritidae family generally feed on the fruits of cultivated plants or wild plants, these are called "fruit flies". In the world, 481 genera belonging to Tephritidae family and 4.400 species belonging to this genus have been identified. In the Palearctic Region, 900 species belonging to 137 genera adhere to this family, and in our country, a total of 167 tephritid species were determined in studies conducted until 2020 (Görmez and Kütük, 2020). Fruit flies feed on plant parts such as fruit (pulp, seed), stem, flower, bud, root and leaf (Khalid, 2008).

Although the main host plant of *Myiopardalis pardalina* is melon, it is also fed in other plants of the Cucurbitaceae family [watermelon, gherkin, cucumber and some weeds (*Cucumis trigonus* Roxb., *Ecballium elaterium* (L.)) (Anonim, 2013).

The aim of this study is to determine the damage rates of melon fly on melon varieties. The results obtained will form the basis of similar studies to be conducted on this subject.

2. Material and Methods

2.1. Plant production

Seeds of melon kinds were planted in viols to be used in trials in the yards at Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. Ready-made peat was placed in the trays and one seed was planted in each tray from the seeds of the melon kinds discussed in the study. Trays were checked regularly every day. Trays were irrigated at two-day intervals.

Soil cultivation and herbicide (Touchdown Premium, Glyphosate diammonium salt) application was conducted on the field in Şükürlü village (Çınar-Diyarbakır) where the study was done. Thus, the land was made fitted out for melon seedling planting. The seedlings grown in the yards environment were transported to the land in Şüküre village (Çınar-Diyarbakır, Turkey) where doctoral studies were going to be managed during the period with 4-6 seasons and melon seedlings were planted.

2.2. Determination of damage rate of the Melon fly in melon varieties

The experiment was administrated in Diyarbakır Province, Çınar District, Şükurlu Village in 2018-2019 under field conditions. In order to determine the damage rate of the melon fly, 100 fruits were checked in each melon variety parcel in 2018 and 2019. Control procedures were performed weekly, counts were made and continued until the end of the season. Fruits with dishes were removed from the application plots every sampling date. Four melon varieties (Balhan, Balözü, VT21B and the local variety Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") were taken into the experiment and designed with 3 replications. The parcel size has been taken as 60 m². Trials were conducted on a total area of 720 m² in 180 m² for each of the local genotype "VN2136" melon varieties of Balhan, Balözü, VT21B and the local variety Winter melon "sliced". There is a 2 m safety strip margin between application repetitions. It is arranged to be 2m between the rows and 1m above the rows in the planting of the plots. In total, a trial was established on an area of 1020 m² with safety strips. During the growing season, no insecticide spraying was applied in the experimental fields.

2.3. Determination of contamination rates of the melon fly in melon varieties in field conditions

The experiment was conducted in Diyarbakır Province, Çınar District, Şüküre Village, in field conditions in 2018-2019. In order to determine the damage rate of the melon fly, 100 fruits were checked one by one in each melon variety parcel in 2018 and 2019. The counts in the trial area were made once a week and these counts continued until the end of the season. Fruits with dishes have been removed from the parcels every sampling data. Four melon varieties (Balhan, Balözü, VT21B and local genotype (winter melon "sliced" local genotype "VN2136")) were taken into the experiment and designed with 3 replications.

2.4. Determination of number of holes in melon varieties of the melon fly under field conditions

It was carried out under field conditions in the village of Şüküre Village in Çınar district of Diyarbakır in 2018-2019. 100 fruits were checked for each melon variety parcel. The counts were made weekly and continued until the end of the season 4 melon varieties (Balhan, Balözü, VT21B and local genotype (winter melon "sliced" local genotype "VN2136")) were taken into the experiment and designed as 3 replications (Figure 1).



Figure 1. Melon species used in the trials (Balhan, Balözü, VT21 and Local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136"))

2.5. Evaluation of Data

All the data obtained from these studies were analyzed using the analysis of variance (ANOVA) ready-made statistical software (SPSS IBM, SPSS Statistics 26 version). Comparison of the means was made according to Duncan (at the level of $P \leq 0.05$). Also, Excel program was used for mathematical operations.

3. Results and Discussion

3.1. Determination of contamination rate of the melon fly in land conditions

It was discovered that there is no difference considering the melon fly and the contamination rate between Balözü, Balhan, Yerli (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon kinds. The lowest Contamination rate of 5.29% was uncovered in the VT21 melon variety. The highest contamination rate of 8.24% was dicoverd in the Balözü melon varieties in 2018 (Table 1).

Table 1. The ratio of melon dish fruits among some melon varieties of *Myiopardalis pardalina* in 2018 in Diyarbakır province (100 fruits)

Sampling dates Melon varieties	20/07/ 2018	27/07/ 2018	03/08/ 2018	10/08/ 2018	17/08/ 2018	24/08/ 2018	31/08/20 18	Mean ± SE
BALÖZÜ	2.33	6.00	9.33	10.00	10.67	10.00	9.33	8.24±1.13 a
BALHAN	2.00	3.67	5.33	4.00	2.67	10.00	17.33	6.43±1.20 a
LOCAL VARIETY	3.00	5.67	8.00	8.67	9.33	5.33	1.33	5.90±0.99 a
VT21	1.00	3.00	4.67	4.33	4.00	8.00	12.00	5.29±1.26 a

* Different letters in the same column constitute statistically different groups (P <0.05)

The studies for 2019 were implemented using the same method (100 fruit control) conducted in 2018. Counts were made by checking 100 fruits a week and continued until harvest.

Balözü, Balhan, Local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon kinds did not differ in terms of the rate of contamination by melon fly. The local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") was determined with the lowest Contamination rate of 1.52% in the melon variety. It was determined with the highest contamination rate of 3.14% in the melon variety VT21 (Table 2).

Table 2. The ratio of melon dish fruits among some melon varieties of *Myiopardalis pardalina* in the province of Diyarbakır in 2019 (100 fruits)

Sampling dates Melon varieties	17/08/ 2019	24/08/ 2019	31/08/ 2019	07/09/ 2019	14/9/ 2019	21/9/ 2019	28/9/ 2019	Mean ± SE
BALÖZÜ	0.00	0.00	0.00	5.33	0.00	5.00	0.67	1.57±0.9 a
BALHAN	4.33	0.00	2.67	2.00	1.00	2.00	1.00	1.86±0.57 a
LOCAL VARIETY	0.00	4.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.67	1.52±0.6 a
VT21	5.33	2.67	5.33	0.00	4.33	2.00	2.33	3.14±0.86 a

* Different letters in the same column constitute statistically different groups (P <0.05)

In the study undertaken by Mete (2006) in Karaman province, Irıkırkağaç, Kırkağaç 637, Kırkağaç 589, Hasanbey, Sarıkışlık, Ananas, Dalaman and Süperhıdır melon varieties were used and the difference between the damage rate on these varieties was statistically insignificant. Al-obaidi (2010) stated in a study he did in Baghdad (Iraq) that Melon fly preferred Sukary kind (5.20 insects / 3 plants) among 10 types of melon.

According to the results of this study; The lowest population of Ananas melon variety was 0.63 insects / 3 plants. As a result of a study conducted by Barış and Çobanoğlu (2013), it was reported that the damage rates

caused by the melon fly in İpsala and Kırkağaç melon kinds were around 20% in both kinds. The researchers also reported that there was no statistical difference between the varieties in terms of the damage caused by the melon fly. It is similar to the case stated by different researchers (Metek 2006; Barış 2011) and obtained from this study.

3.2. Determination of Number of Holes in Melon Types of Melon Fly Under Field Conditions

Balözü, Balhan, Local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon varieties were determined that there was no difference between melon fly and the number of holes. The local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") was determined with the lowest number of holes in the variety of 26.19. In the Balözü melon variety, 53.19 was determined with the highest number of holes in 2018 (Table 3).

Table 3. Number of holes in melon among some melon varieties of *Myiopardalis pardalina* in Diyarbakır province in 2018 (100 fruits)

Sampling dates Melon varieties	20/07/ 2018	27/07/ 2018	03/08/ 2018	10/08/ /2018	17/08/ 2018	24/08/ 2018	31/08/ 2018	Mean ± SE
BALÖZÜ	6.00	31.67	57.33	59.33	61.33	72.67	84.00	53.19±7.84 a
BALHAN	2.00	18.00	34.00	21.00	8.00	78.67	149.33	44.43±11.19 a
LOCAL VARIETY	8.33	15.67	22.67	28.67	34.67	36.00	37.33	26.19±6.8 a
VT21	5.67	17.67	29.33	21.33	13.33	61.33	109.33	36.86±13.48 a

* Different letters in the same column constitute statistically different groups (P <0.05)

The studies for 2019 were carried out using the same method (100 fruit control) conducted in 2018. Counts were made by checking 100 fruits a week and continued until harvest. It was stated that there was no difference connecting to the melon fly and the number of holes between Balözü, Balhan, Yerli (winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon varieties. Local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") was determined with the lowest number of Holes in the local melon variety of 3.29. In the Balözü melon variety, the highest number of Holes was determined with 17.05 (Table 4).

Table 4. Number of holes in melon among some melon varieties of *Myiopardalis pardalina* in Diyarbakır province in 2019 (100 fruit)

Sampling dates Melon varieties	17/08/2 019	24/08/2 019	31/08/2 019	07/09/2 019	14/9/ 2019	21/9/ 2019	28/9/ 2019	Mean ± SE
BALÖZÜ	0.00	0.00	0.00	72.00	0.00	38.33	9.00	17.05±10.93 a
BALHAN	5.67	0.00	3.33	18.67	12.33	0.00	2.33	6.05±3.07 a
LOCAL VARIETY	0.00	4.67	0.00	0.00	9.00	8.33	1.00	3.29±1.44 a
VT21	6.67	18.67	36.00	0.00	26.67	15.67	8.67	16.05±5.81 a

* Different letters in the same column constitute statistically different groups (P <0.05)

In the field studies carried out considering the number of holes in the melon fruits, it was determined that there was no difference considering the melon fly and the hole number between Balözü, Balhan, Yerli (winter melon "sliced" local genotype "VN2136") and VT21 melon varieties. When the data obtained from this study were examined, the lowest number of holes was found in Local (Winter melon "sliced" local genotype "VN2136") melon variety, and the highest hole number was found in Balözü melon variety.

In this study, according to the results obtained in 2018 and 2019, the damage rate in the local melon variety was lower than the other melon varieties.

Acknowledgment

We would like to thank Dicle University Scientific Research Projects Coordinator (Project No: AGRICULTURE.18.011) for the financially supporting to this study.

References

- Al-obaidi, S., H. (2010). Study the density of some insects bests on some melon cultivars. Tikrit Journal for Agricultural Sciences. Volume 10, Issue 1. S 139-144. Iraq.
- Anonim, (2009). Insect Pest Control Newsletter, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and FAO/IAEA Agriculture and Biotechnology Laboratory. No:73. 47 s. Austria.
- Anonim, (2011). Bahçecilik Kavun Yetiştiriciliği 621ech061, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. 41 s. Ankara.
- Anonim, (2013). Reporting Service–Pests and Diseases Outbreaks of *Myiopardalis pardalina* (Baluchistan melon fly) in Central Asia: addition to the EPPO Alert List, 128.
- Anonim, (2019a). Fao, Türkiye'nin Biyoçeşitliliği: Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemlerine Katkısı. licence: cc by-nc-sa 3.0 ıgo. 222 s. Ankara.
- Anonim, (2019b). Kavun raporu / 2019. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. Türkiye. http://zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=31622&tipi=17&sube=0
- Aras, V. (2015). Kavun Yetiştiriciliği. T.C. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü. 2 s. Erdemli-Mersin.
- Barış, A. (2011). Ankara ilinde kavunlarda zararlı kavun sineği [*Myiopardalis pardalina* (bigot,1891) (diptera: tephritidae)]'nin biyolojisi ve mücadelesi üzerinde araştırmalar, Doktora tezi, 202 s, Ankara.
- Barış, A. ve Çobanoğlu S., (2013). Kavun Sineği [*Myiopardalis pardalina* (Bigot, 1891) (Diptera: Tephritidae)]'nin Farklı Kavun Çeşitlerindeki Zarar Oranlarının Belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 53 (1), 43-49.
- Görmez, V. ve Kütük M., (2020). Fruit fly (Diptera: Tephritidae) fauna of Çorum and Sinop Provinces with two new records for Turkey. Türk. entomol. derg., 2020, 44 (1): 23-38.
- Kaplan, M. ve Bayhan E., (2017). Mardin İli Bazı Bağ Alanlarındaki Thysanoptera Türlerinin Zarar Oranlarının Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 14 (01): 1-8.
- Keçe, M. A. ve Kameroğlu M. A., (2016). Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Karpuz Yetiştirilen Alanlarda Karpuz Mozayik Virüsü (WMV-2)'nin Biyolojik, Serolojik ve Moleküler Olarak Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 13 (03): 156-164.
- Khalid, A. (2008). *Studies on Behavioral Responses of Adult Fruit Flies To Food and Sex Lures in Relation to Their Management*. Doktora tezi. Gomal Üniversitesi. 218 s. Pakistan.
- Mete, D. (2006). *Farklı Kavun Çeşit ve Ekim Zamanlarının Kavun Sineği (Myiopardalis pardalina Bigot.) (Diptera: Trypetidae)'nin Zarar Oranı Üzerine Etkileri*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 26 s.

Factors Affecting Mobile Phone Usage by Farmers As A Source of Agricultural Information In Sharqia Governorate, Egypt

Tamer MANSOUR

Abstract

Mobile phones are one of the most important ICTs that contribute to farmers' adoption of agricultural innovations around the world, this study was conducted to identify the factors influencing mobile phone usage as a source of agricultural information for farmers in Sharqia Governorate, Egypt. A random sample of 355 respondents was interviewed during the period from January to April 2021. The results showed the diversity of sources that farmers depend on to obtain agricultural information such as fertilizer and supplies dealers, experienced farmers, relatives, and neighbors which were the main sources of agricultural information for respondents. Results indicated that only 9.9% of the respondents had a high mobile phone usage as a source of agricultural information, while 69.3% of them had a low degree of usage. A negative statistically significant relationship was found between the total degree of respondents' use of mobile phones as a source of agricultural information and their age at a 0.01 level of significance. while the relationship was positive with variables such as educational level, farm size, possession of a smartphone, and membership in social organizations. The mobile network's weak coverage in the village, lack of knowledge about agricultural applications, lack of knowledge about mobile phone operation, and the high cost of internet services were at the forefront of these problems facing the surveyed farmers who use mobile phones for agricultural purposes. Therefore, this study recommends the agricultural extension to make greater efforts to spread the use of ICT tools, including mobile phones technology among farmers.

Keywords: Agricultural extension, Extension methods, Mobile technologies, Information and communication technology (ICT), Agricultural innovations, Phone usage

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tamer Mansour, Agricultural Economic Department, National Research Centre, Giza, Egypt. E-mail: tj.mansour@nrc.sci.eg <https://orcid.org/0000-0002-8244-0119>

Atıf/Citation: Mansour, T. Factors Affecting Mobile Phone Usage By Farmers As A Source Of Agricultural Information In Sharqia Governorate, Egypt. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 412-425.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

1. Introduction

Many rural communities in many countries, specifically in developing countries, are currently experiencing an unprecedented revolutionary trend in agricultural development due to the development and widespread adoption of ICT technologies based on contemporary mobile phones (Khidir, 2019). Modern information and communication technologies (ICTs), such as mobile phones connected to the Internet, have invaded many areas of life such as education, health, agriculture, commerce, etc. The world has witnessed the rapid development of mobile phone-based communications until it has become the most popular means of information and communication technology that we use in the current era. Statistics indicate that there are 4.68 billion users of this technology on this planet, representing 62.9% of the world's population. (STATISTA, 2019). The African continent has witnessed a civilizational shift and unprecedented growth in information and communication technology as a result of the huge investment in the infrastructure of this technology (World Bank Group, 2018). The rapid spread of mobile technology offers greater opportunities to overcome spatial barriers and reach distant and dispersed farmers and those who are not covered by agricultural extension services (Baumüller, 2017). Agriculture is no longer the same as it was in the past, techniques have changed, the information and needs of farmers have changed accordingly. In this changing context, no society can increase agricultural production using the same old techniques so the adoption of modern technologies by farmers is central to the agricultural development process (Asif et al., 2017). No developmental work in the agricultural sector can be accomplished without access to reliable, relevant, and timely information (Kaske et al., 2018). Information is an important factor of production factors, perhaps no less important than land, labor, and capital. Rapid exchange of reliable information in the agricultural sector is an essential factor in the farmer's adoption of new agricultural innovations, as a result of the lack of budget and inefficient infrastructure in developing countries, farmers do not have timely access to the latest agricultural knowledge (Baloch and Thapa, 2014). So, ICT tools such as ubiquitous mobile phones, in particular, are now an important economic resource for the dissemination of agricultural knowledge with the potential to reach many farmers across rural environments (Santosham and Lindsey, 2015). Hence, ICTs such as mobile phones can enable smallholders to easily access the production and marketing information they need in a smooth and timely manner. (Zhang et al., 2016, Chikuni and Kilima, 2019)

Studies show that mobile technologies save farmers energy and time, and ultimately improve their incomes (Mansingh & Erena, 2016). The use of ICT by farmers in marketing their products contributes to removing intermediaries, reducing costs and quickly reaching potential customers (Bachaspati, 2018). Farmers' access to the Internet via mobile phones may enable them to manage risks and support an appropriate response to climate change. (Baumüller, 2013) With the widespread availability of smartphones, many agricultural websites, pages, and apps have been created to meet the needs of farmers' renewable knowledge and it is undoubtedly an easier and better method compared to SMS texts. (Kaske, et al., 2018), which can be considered as one of the electronic agricultural extension tools that seek to provide an extension service in a modern way and tries to overcome the chronic problems of the existing agricultural extension systems. The national extension systems that rely on traditional methods to provide their advisory services suffer from a significant shortfall in the number of agricultural extension agents (Faostat & Production, 2016). As many extension workers are retired and due to poor budgets new extension workers are not hired, and the current percentage of extension workers is unable to meet the information needs of agricultural communities (Baloch and Thapa, 2014). In the Arab Republic of Egypt, for example, the number of agricultural extension agents decreased from 25,000 in 1990 to only 1,800 in 2021 (CAAES, 2021). Therefore, there is an urgent need to adopt new approaches to the dissemination of agricultural knowledge based on information and communication technology, provided that it is a complement and not a substitute for traditional agricultural extension, Mobile phones can play this role as the fastest tool for the dissemination of agricultural knowledge among farmers.

In this regard, the number of mobile Internet users in Egypt continued to rise to 36.51 million users, and the number of mobile phone subscribers increased from 22.9 million users in 2006 to 94 million in 2019, distributed among 4 service providers (*Figure 1*)(Capmas, 2020).

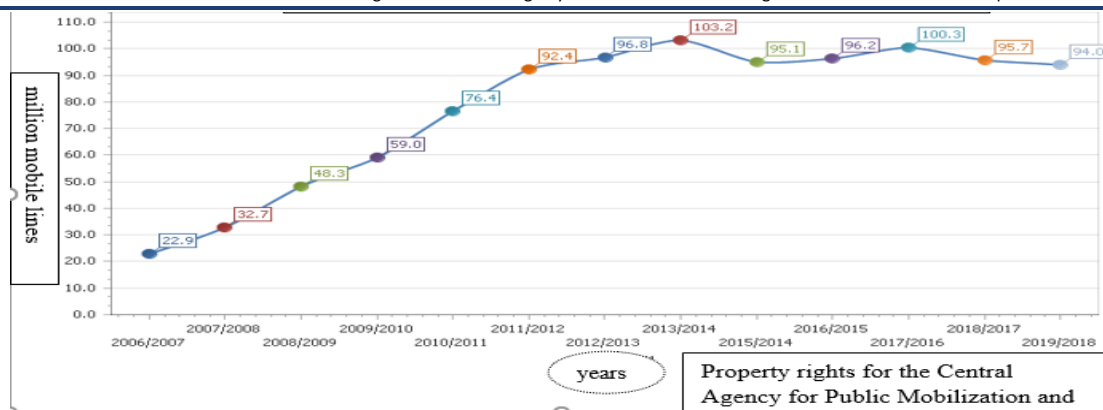


Figure 1. Number of mobile phone subscribers in Egypt 2006-2019

Source: [Central Agency for Public Mobilization and Statistics \(capmas.gov.eg\)](http://capmas.gov.eg)

Despite the availability of infrastructure and the huge number of subscribers, the Egyptian farmer, like other farmers in developing countries, still uses many different sources of information in his search for agricultural knowledge, but unfortunately most of these sources are old, less accurate and unreliable. Which creates knowledge gaps that the mobile phone can help to overcome (Miller et al., 2013). The main objective of this paper is to study the mobile phone usage degree among farmers in Sharkia Governorate, Egypt. As a source of agricultural information and the factors affecting it. The specific objectives of this study were to:

- 1- Examine the socio-economic characteristics of the respondents.
- 2- Identify Agricultural Information sources accessed by respondents using a mobile phone.
- 3- Identify the most important types of information's that farmers seek to obtain through the mobile phone
- 4- Identify the most important applications that respondents use to access information and news on agriculture
- 5- Identify the respondents' mobile phone usage degree as a source of agricultural information.
- 6- Identify the respondents' socioeconomic characteristics affecting their usage of the mobile phone as a source of agricultural information.
- 7- Identify the most important constraints facing the respondents regarding their usage of the mobile phone as a source of their agricultural information.

There are many variables that affect the degree of respondents' usage of the mobile phone as a source of agricultural information, Some of these variables were selected based on the results of previous studies. The conceptual framework of the study that shows the independent variables and the dependent variable is presented in the *Figure 2* below.

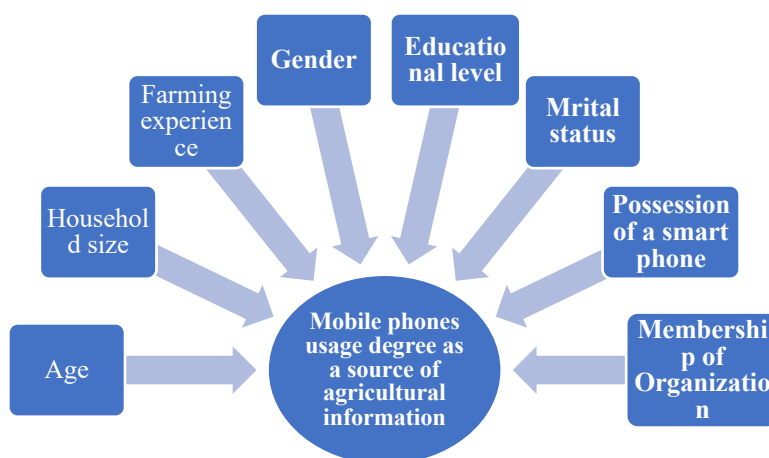


Figure 2. Study conceptual framework

Measurement of Variables;

The dependent variable (the overall degree of respondent's usage of the mobile phone in agricultural work): This variable was measured by asking the respondents about their mobile phone usage in agricultural work using a Likert scale consisting of 6 phrases that express the degree of respondents' usage of the mobile phone in agricultural work. Where the respondent chooses one of the following responses (always-sometimes-rarely-never) to the six scale statements. Numerical values (3-2-1-zero) were given in the case of positive statements and vice versa in the case of negative statements. The total scores obtained by the respondent reflect the respondent's usage degree of the mobile phone in agricultural work, whose theoretical range ranged between zero degrees to 18 degrees.

Independent Variables: The independent variables were represented in 8 variables: Age, gender, educational status, marital status, size of agricultural holdings, farm experience, possession of a smart phone, and membership in social organizations. The variables of age, agricultural holding size, and farm experience were measured by the total raw number in the data analysis, as for the variables of gender, possession of a smartphone, and membership in social organizations, the respondents were divided into two categories, male and female for gender, possessing or not possessing the variable of possession of a smart phone, and member or non-member for the variable of membership of social organizations. For educational level, the respondents were divided into 5 categories: illiterate, adult education, primary, secondary, and Tertiary education. As for marital status, the respondents were divided into 4 categories: single, married, divorced, widow.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

This study was conducted in Sharqia Governorate, as it is one of the largest governorates of the Republic in terms of agricultural area and population. It is the second Egyptian governorate after Beheira governorate in terms of agricultural area (880670 feddan), distributed among vegetables, fruits, and field crops, producing about 21% of agricultural production in Egypt. It has 682.325 holders, and the governorate is considered the third Egyptian governorate in terms of population after Cairo and Giza governorates, with a population of 8 million, and an area of 4.911 km² distributed among 13 administrative districts and two industrial cities (Directorate of Agriculture in Sharkia Governorate, 2020) *Figure 3*.



Figure 3: Map of Egyptian delta explained Al-Sharqiya governorate

http://www.sharkia.gov.eg/exploring_sharkia/default.aspx

2.2 Sampling and data collection

The two largest administrative centers (districts) were chosen in terms of cultivated area for 2020/2021, which are Al-Hussainiya districts 333926 feddans, Faqous 83.778 feddans as a geographic area (Al Sharqiya Governorate portal website, 2020). The largest village was chosen from each administrative center in terms of the number of farm holders. The selected villages were the Samakin Al Gharb village in Al-Hussainiya, with 1620 farm holders and the village of Didamon in Faqous, with 3010 farm holders.

Thus, the research population reached 4.630 farmers. To determine the sample size, Krejcie & Morgan equation was used (Krejcie and Morgan, 1970) so that the study sample size was 355 respondents (Representing 7.7% of the total landholders in the two villages) they were relatively distributed to the two selected villages. On the basis of the relative weight of the number of holders in the selected villages, so that the number of holders was (124 respondents from Samakin al-Gharb and 231 respondents from Didamon village) were chosen randomly, as shown in *Table 1*.

Table 1. Distribution of the research sample in the selected villages

District	Selected villages	Number of holders in each village	Sample Representation Ratio	Sample size
Al-Hussainiya	Samakin al-Gharb	1620	34.9	124
Faqous	Didamon	3010	65.1	231
Totall		4630	100.00	355

Source: Sharkia Directorate of Agriculture, Agricultural Extension, unpublished data, 2020

Data were collected through a personal interview with the respondents during the period from January to April 2021, a questionnaire form was designed to serve the objectives of the research. A pretest was conducted on a sample of (30) respondents in the village of Ekyad in order to ensure the validity of the questionnaire and the extent of the respondents' understanding of it. The questionnaire included 6 sets of questions related to the characteristics profile of the farmers surveyed, Agricultural Information sources accessed by respondents using a mobile phone, agricultural purposes that respondents use mobile phones for, the applications that respondents use to obtain their agricultural information, mobile phone usage degree, and the most important problems facing the respondents regarding mobile phone usage as a source of agricultural information. Some statistical analysis tools were used, such as frequencies, percentages, mean score, and Pearson Product Moment correlation coefficient.

3. Results and Discussion

3.1 Characteristics profile of the farmers surveyed

The results (*Table2*) showed that only 20.6% of the respondents are less than 36 years old, which indicates that young people have left the agricultural profession. Where the results indicated that 44.2% of the respondents are elderly people over 50 years old, which is an age group that is mostly inactive and responds less to learning. Similar results were found by Das (2014); Mittal and Mehar, (2015) and Gbigbi, (2021). The results also indicated that the vast majority of respondents (89.8%) are men, as agricultural work in Egypt is mostly associated with men, despite the active participation of women in agricultural work. Similar results were found by William et al., (2021) in his study about the using mobile phone technology for increasing Banana productivity in Uganda, which stated that 67.7% of mobile phone users in agriculture were men, which reflects men's control over agricultural work despite the different environments and contexts. The level of education is one of the most important determinants of raising public awareness (Madenci, 2020) The results also indicated that 59.5% of the respondents had a high school diploma or more. However, the proportion of those who did not exceed the primary level of the respondents is still a large percentage (40.5%), which reflects a major problem facing the modernization of the agricultural sector. Where the world has overcome digital illiteracy, Egypt is still suffering from illiteracy at a time when farmers are required to use ICT tools to modernize their farms. The results also indicated that 77% of farmers were married and that divorce rates do not exceed 4% of the respondents, a result that may reflect family stability in the study area, which must be strengthened and built upon to serve the objectives of rural development. It is worth noting that Egypt suffers from the fragmentation of agricultural holdings, as these dwarf areas affect agricultural production as it is difficult to use modern agricultural technology tools. The results indicate that the majority of respondents (76.4%) have agricultural holdings of less than a feddan (feddan = 0.42 ha). These fragmented agricultural areas also affect incomes and access to ICT as confirmed by previous studies by Senthilkumar et al. (2013) and Ogutu et al. (2014), that farmers with large holdings have better access to modern technology.

Among the variables that this study focused on was the agricultural farming experience of the respondents, which is positively related to farmer's attitude to use information and communication technology such as mobile

phones to obtain agricultural information, as mentioned by Abebe and Mammo Cherinet (2018). The results indicated that 47.6% of the respondents have experience of more than 20 years in agricultural work, which is a long experience that is expected to be reflected in their agricultural performance and their use of ICTs. The results also indicated that 89.6% of the respondents have a smartphone, which reflects the spread of smartphones among farmers in Egypt, which is an opportunity that should be used by extension workers to deliver extension messages to farmers easily and in a short time, and they must also benefit from the involvement of the majority of respondents (75.3%) in social organizations in developing extension messages that support the formal and informal participation of farmers in such organizations.

Table 2 socio-economic characteristics of respondents (n=355)

socio-economic variables	Percentage	Mean	SD
Age (Years)			
Young (up to 35)	20.6		
Middle aged (36-50)	35.2	42.3	9.8
Old (above 50)	44.2		
Gender			
Male	89.8		
Female	10.2		
Educational level			
Illiterate	18.9		
Adult Eaducation	6.4		
Primary	15.2		
Secondary	35.8		
Tertiary	23.7		
Mrital status			
Single	12.7		
Married	77.2		
Divorce	3.7		
Widow	6.4		
Household size (feddan)			
<1 feddan	76.4		
1-1.99 fedddan	19.0	0.86	0.6
> 2 feddan	4.6		
Farming experience (Years)			
< 10	15.6		
10-20	36.8	18.9	8.77
> 20	47.6		
Possession of a smartphone			
Yes	89.6		
No	10.4		
Membership of social Organization			
Yes	75.3		
No	24.7		

Sources: Field Survey, 2021

3.2 Agricultural Information sources accessed by respondents using a mobile phone

Studies have indicated that farmers do not rely on one source to obtain their agricultural information, but rather rely on more than one source, which was confirmed by Alavion et al. (2016), Das (2014), and Mittal and Mehar (2015). Fertilizer and input supplies came at the forefront of the sources from which the respondents derive their agricultural information with 51.5%, followed by experienced farmers with 38.6% of the respondents, then relatives and neighbors 36.1%, while agricultural extension came in fourth place as indicated by 21.4% of the respondents (Table 3).

Similar results were reported by Khan et al. (2019) in their study about Pakistani farmers' access to agricultural information mobile phones, where private companies and traders of agricultural supplies ranked first (87.2%), while agricultural extension services came in the second rank with a percentage of 33.5% (Khan et al., 2019) which indicates to the decline in the role of agricultural extension compared to the role played by traders of fertilizers and agricultural supplies as an important source of information for agricultural respondents. Hence, the government must work hard to restore agricultural extension to its position as a reliable source of information for farmers.

Table 3. Distribution of the respondents according to their agricultural information sources (n = 355)

Sources of agricultural information	F	%	Rank Order
Seed and supplies dealers	183	51.5	1
Experienced farmers	137	38.6	2
Relatives and neighbors	127	36.1	3
agricultural extension workers	76	21.4	4
expert or consultant	18	5.1	5
Researchers	12	3.4	6
I don't call anyone	9	2.5	7

Sources: Field Survey, 2021

* Multiple response

3.3 Respondents' Use of Mobile Phones for Agricultural Purpose

The results presented in *Figure 4* indicated that the majority of the respondents do not use mobile phones as a source of their agricultural information. However, there are some types of agricultural information that farmers use mobile phones to obtain, such as information related to pest control and disease management which ranked first with 42.8%, followed by the information related to agricultural recommendations on varieties, planting dates, irrigation, plowing, etc., that came in the second rank as mentioned by 37.5% of respondents, while information related to marketing and weather came in the last ranks, which is consistent with the study results obtained by Ramli et al. (2019) in Selangor Province, Malaysia on the rice farmers' search for agricultural information through the mobile phone. In the forefront of this information, those related to pest control, while recommendations for weather and marketing information came in the last ranks. These findings also agreed with that mentioned by Alibu et al. (2016) where information on pest control ranked first, while weather information came in a lagging position. as well, as confirmed by Osadebamwen and Ideda (2015) in their study about mobile phones technology using by farmers in Nigeria, all these studies confirm that information on diseases and pests receives particular importance to farmers in more than one country due to the diversity of diseases and pests and the farmers' lack of knowledge of many of them, and because the losses caused by diseases and pests are great, so it cannot be ignored, so the farmers seek to search for information that facilitates them to get out of the crisis. Thus the agricultural extension should give this information a priority when planning new extension programs.

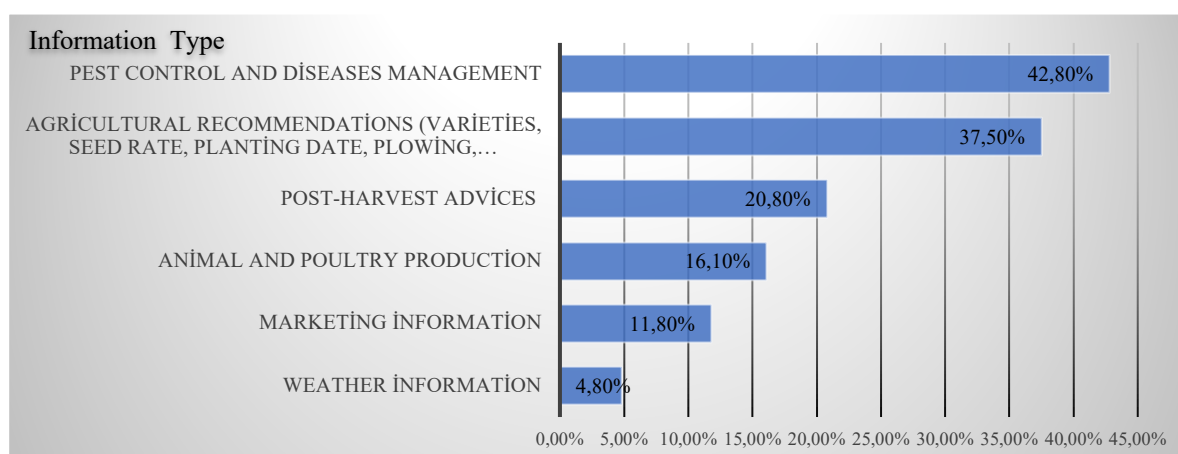


Figure 4. Using mobile phones as a source of agricultural information n=355

Sources: Field Survey, 2021

* Multiple response

3.4 Applications that respondents use to obtain their agricultural information

The results presented in *Figure 5* indicated that there are many applications that the respondents use to access agricultural information. Regardless of the phone calls, most of these applications are of limited use. The majority of farmers do not use these applications for many reasons, including illiteracy and not having smartphones.

Moreover, most of these applications depend on the Internet, in light of the presence of a large percentage of farmers who are not proficient in dealing with ICT tools or cannot afford the cost of operating most of these tools. The respondents' use of voice calls came first with a rate of 50.3%, perhaps because it is the easiest and fastest in light of many limitations and problems facing other methods, followed by Facebook with 39.9%, WhatsApp 35.5%, browsing the Internet 20.4%, SMS and e-mail came in the late rank with 6.9% and 4.8%, respectively. This is consistent with what was mentioned by Anselme et al (2012) in their study about the determinants of rice farmers' usage of information and communication technology in Benin, where they indicated that only 10% of the rice farmers in Benin use SMS and only 3.2% of the respondents use e-mail applications, and this result does not differ from what was mentioned by Jaji et al. (2017) in their study on mobile phone utility by women farmers in Lagos State, Nigeria, they found that 15.2% of the respondents used SMS to access market information. From the above, it is clear the weak use of mobile phones among farmers, hence the need to spread information and communication technology tools such as mobile phones among farmers in light of the sharp erosion in the number of extension workers in Egypt.

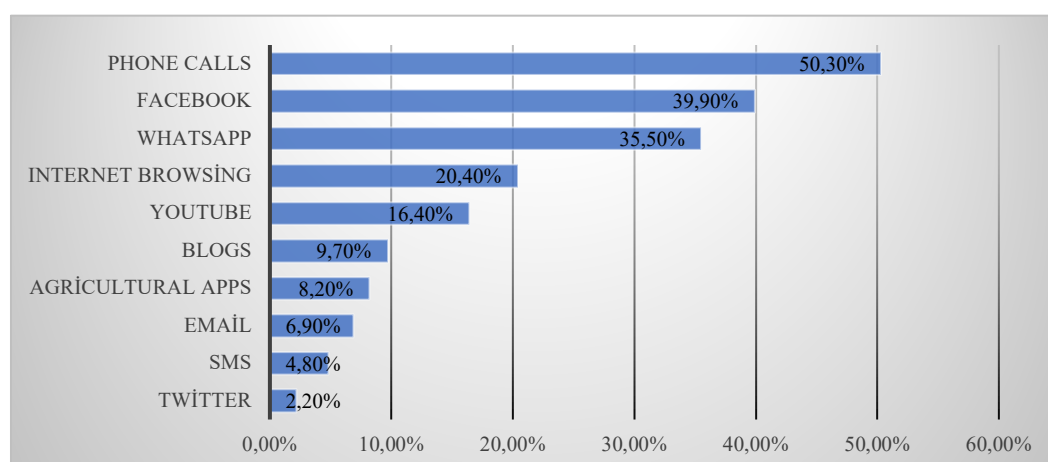


Figure 5. Using a smart phone, how do you access agricultural information
 Sources: Field Survey, 2021 * Multiple response N=355

3.5 Mobile phone usage degree as a source of agricultural information

It is known that mobile phones are one of the most important ICTs that contribute to the adoption of agricultural innovations by farmers around the world by providing easy paths to access agricultural information. Results in Table 4 indicated that only 9.9% of the respondents had a high mobile phone usage as a source of agricultural information, while the vast majority of respondents (69.3%) had a low degree of usage, This may be due to old age of the respondents and the dwarfing of the tenure owned by them, which in turn leads to a decrease in income and a decrease in the use of information and communication technology. Illiteracy and the presence of a large percentage of respondents only who can read and write are among the reasons for the low degree of use of mobile phones by farmers.

Table 4. Distribution of respondents according to their overall use of mobile phone as a source of agricultural information (n = 355)

Characteristics	Farmer's categories	F	%	Mean	SD.
Use of mobile phone	Low usage (up to 6)	246	69.3		
	Moderate usage (7-12)	74	20.8	6.37	4.02
	High usage (above 12)	35	9.9		

Sources: Field Survey, 2021

These results are in line with what Asif et al. (2017) mentioned in their study on the factors affecting the use of mobile phones by farmers in receiving information about vegetable cultivation in Bangladesh where they emphasized that the use of mobile phones by farmers to obtain marketing information was low, as 70% of the respondents fall into the low-use category of mobile phones and 30% in the medium-use category, and

there is no one in the high-use category. These results necessitate the agricultural extension to make greater efforts to spread the use of ICT tools, including mobile phones technology among farmers.

3.6 Relationship between the Respondents Selected Characteristics and Mobile phone usage degree as a source of agricultural information

Previous studies confirm the influence of personal characteristics on the use of ICT tools among farmers (Aldosari et al., 2019) One of the most important factors is the respondents' age, which is a pivotal characteristic that has an important role in the respondents' behavior and decisions (Khan et al., 2019). Whereas, farmers' adoption of ICTs is highly correlated with age (Sikundla et al., 2018). The results (*Table 5*) showed a negative, statistically significant relationship between the total degree of respondents' usage of mobile phones as a source of agricultural information and their age at a level of significance of 0.01. This result is consistent with what was mentioned by Islam and Grönlund (2012); they report that young and middle-aged people use mobile phones more than the elderly, and this may be because the elderly tend to the traditional pattern of agriculture, which many of them do not want to change and perhaps the belief of many of them that their agricultural experience is great It makes them not bother to look for new technologies and they don't use ICTs tools like mobile phone to search for agricultural information. This fact is confirmed by Roy et al. (2018) in India, they found that older farmers were more attached to traditional beliefs and did not rely on new ICTs. Similar results are supported by Asif et al. (2017). In Bangladesh, Xiaolan and Shaheen (2012) in India, and Aldosari et al. (2019) in Saudi Arabia, where these studies showed a negative relationship between the age of respondents and the extent of their use of mobile phones and attributed this to increased responsibilities with age and the difficulty of spending on information technology technologies such as mobile phone. Concerning the farm size, Studies indicated that farmers with larger farms are more able to adopt modern technologies because they have a greater ability to bear the costs of this technology, unlike small farmers. (Khanna et al., 2012), In contrast to small farmers, farmers' use of ICTs tools increases with the increase in agricultural holdings. Mittal and Mehar, (2015) mentioned that Indian farmers who own larger areas of agricultural land have more potential to benefit from ICTs, unlike small farmers, which was confirmed by the current study, where there was a significant relationship at the 1% level between the farm size and the respondents' use of the mobile phone. Concerning farming experience, results (*Table 5*) indicated that there was no relationship between respondents' agricultural experience and their use of information and communication technology. This contradicts the findings of Abdul -Aziz, et al. (2015) which confirmed the existence of a positive relationship between respondents' agricultural experience and the level of their use of the mobile phone as a source of agricultural information, this can be explained by the association of experience mostly with the age of the respondent, for which many studies have shown a negative relationship between it and the use of information and communication technology.

Table 5. Correlation Coefficient Values Between using mobile phone degree and Studied independent Variables

Independent variables	The values of correlation coefficient	P-value
Age	0.457 - **	0.00
Household size	0.343 **	0.00
Farming experience (Years)	0.059	0.631

* Significant at 0.05 ** significant at 0.01

Previous studies (Kwapong, 2009; Nyamba, 2017) indicated that men and women do not show differences in terms of ICT usage, this is in agreement with the results presented in *Table 6*, which indicate that there is no correlation relationship between the gender of the respondent and the total degree of using the mobile phone as a source of agricultural information. This may be due to the existence of equal opportunities for male and female respondents to access information and communication technology tools. Regarding education level: The educational level is closely related to the farmers' use of information and communication technology, as higher educational levels affect the individual's ability to use modern technology (Piccoli et al., 2001). Certainly, the higher level of farmers education, the greater their ability to understand and use ICTs tools, which has been confirmed by studies of (Abebe et al., 2018; Alavion et al., 2016; Mittal and Mehar, 2015). The results (*Table 6*)

indicated a positive correlation between the respondent's educational level and their use of the mobile phone to obtain agricultural information, which comes in parallel with the study of Obong et al. (2018), which confirmed that respondents with higher educational levels have greater agricultural knowledge and often use mobile phones in obtaining agricultural information. The results presented in Table No. 6 indicated that there is no relationship between respondents' marital status and their total degree of mobile phone usage to obtain agricultural information. This may be due to the lack of significant variation in this variable, as the vast majority of respondents are married, and the researcher did not find any study that proves or denies the existence of such a relationship. Concerning Possession of a smartphone: The results in Table 6 indicated that there is a positive relationship between respondents' possession of a smartphone and their total degree of using the mobile phone as a source of agricultural information, and this is normal, as analog phones have become obsolete and do not enable farmers to make optimal use of ICT tools. Membership of social organizations: The membership of social organizations makes people more open and more willing to search for new. The results in Table 6 indicate that there is a positive relationship between respondents' level of membership in social organizations and the overall degree of mobile phone use as a source of agricultural information. These results come in line with studies of (Ogutu et al., 2014; Mittal and Mehar, 2015; Alavion et al., 2016)

Table 6. Chi-Square values of the Nominal studied variables and the respondents job satisfaction level

Independent variables	The values of Chi-Square coefficient	Df	P-value
Gender	6.246	2	0.613
Educational level	9.556 **	8	0.025
Mrital status	8.011	6	0.531
Possession of a smartphone	6.880 **	2	0.00
Membership of social Organization	7.390 *	2	0.02

Source: Field data 2018. χ^2 = Chi-square; df=degree of freedom * Significant at 0.05 ** significant at 0.01

3.7 The most important problems facing the respondents regarding mobile phone using as a source of agricultural information:

Results in Table 7. indicated that there are many problems facing the farmers surveyed regarding their using mobile phones for agricultural purposes.

Table 7. Constraints of using mobile phones as a source of agricultural information by the respondents (n = 355)

Constraints	Number of respondents indicating constraints			WMS	Rank Order
	High	Moderate	Low		
Weak Mobile network coverage in the village	157	164	34	2.34	1
Lack of knowledge regarding agricultural applications	216	30	109	2.30	2
Lack of proper knowledge regarding mobile operation	150	97	108	2.11	3
Illiteracy	130	127	98	2.09	4
High charges on internet services	112	99	144	1.90	5
High cost of using smart phones	98	114	143	1.87	6
Lack of adequate training about internet browsing	77	63	215	1.61	7
The agricultural extension agents phone numbers are not available	55	98	202	1.58	8
Agricultural mobile apps in English	33	74	248	1.39	9

Sources: Field Survey, 2021

WMS – Weighted Mean Score

The forefront of these problems was the weak mobile network coverage in the village, the lack of knowledge about agricultural applications, the lack of knowledge about mobile phone operation, in addition to the problem of illiteracy The high cost of Internet services, the high cost of owning a mobile phone, the lack of training on how to browse the internet, and the presence of some applications in English. This was confirmed by several studies. It

is natural that the order of these problems varies according to the environment and the context of each study. While Salau et al. (2017) saw that the poor coverage of the internet and the high cost of access to the internet were the first of these obstacles, as they were the last obstacles in order according to Khan et al. (2019) Other studies such as Abebe and Mammo (2018). About the use of information and communication technology for grain farmers in Ethiopia confirmed that the most important of these problems was the weak mobile network, poor knowledge about using mobile applications, and the high cost of mobile use, while Huda et al. (2017) indicated that the poor training on how to browse the Internet and the weak knowledge of how to operate the phone, which were the most important of these obstacles, other studies pointed to the risk of digital illiteracy as a barrier to mobile phone usage (Saroj et al., 2017), while Hoang, (2020) found that the lack of mobile phone knowledge, language barriers, and poor network coverage were the most important of these obstacles.

As we mentioned earlier, these problems are considered similar, although their arrangement and importance differ according to the study environment. So National agricultural extension systems must strive to develop solutions to make ICT tools accessible to simple farmers everywhere.

4. Conclusions

Access to agricultural information through mobile phones is easier and faster than traditional agricultural extension methods, however, it cannot be considered a substitute for the majority of rural farmers in light of the presence of many limitations such as illiteracy, mobile network's weak coverage in the village, lack of knowledge about agricultural applications, lack of knowledge about mobile phone operation, and the high cost of Internet services. The majority of respondents do not use mobile phones app for many reasons, including illiteracy and not having smartphones. Moreover, most of these applications depend on the Internet, in light of the presence of a large percentage of farmers who are not proficient in dealing with ICT tools or cannot afford the cost of operating most of these tools. It was clear the significant decline in the role of agricultural extension compared to Fertilizer and supplies dealers, experienced farmers, relatives, and neighbors which were the main sources of agricultural information for respondents.

It was clear the low use of mobile phones among farmers, however, young respondents, those with large holdings, those with higher educational qualifications, as well as those who are members of social organizations were the most likely to use mobile phones as a source of agricultural information. Hence, the need to spread information and communication technology tools such as mobile phones among farmers in light of the sharp erosion in the number of extension workers. These results necessitate the agricultural extension to make greater efforts to spread the use of ICT tools, including mobile phones technology among Egyptian farmers.

Acknowledgment

The author thanks the staff of the Directorate of Agriculture in Sharqia Governorate, as well as the study respondents for their sincere cooperation and kind help.

References

- Abebe, A. and Mammo Cherinet, Y.(2018) Factors Affecting the Use of Information and Communication Technologies for Cereal Marketing in Ethiopia. *Journal of Agricultural & Food Information*, [online] 20(1), pp.59-70.
- Abdul-Aziz, H., Haruna, S.K. and Jamilu, A.A. (2015). Contributions of information communication technology use to female farmers in Kaduna State. *Proceedings of the 20th Annual National Conference of Agricultural Extension Society of Nigeria held at NAERLS, Ahmadu Bello University, Zaria, Kaduna State, Nigeria.*
- Asef, A., Muhammaed Nasir, U., Debashish, S. D. and Md. Abdul Momen, M. (2017). Factors affecting mobile phone usage by farmers in receiving information on vegetable cultivation in Bangladesh. *Journal of Agricultural Informatics*. 8(2), 33-43
- Alavion, S., Allahyari, M., Al-Rimawi, A. and Surujlal, J., 2016. Adoption of Agricultural E-Marketing: Application of the Theory of Planned Behavior. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 29(1), pp.1-15.
- Aldosari, F., Al Shunaifi, M., Ullah, M., Muddassir, M. and Noor, M.(2019). Farmers' perceptions regarding the use of Information and Communication Technology (ICT) in Khyber Pakhtunkhwa, Northern Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, [online] 18(2), pp.211-217.
- Alibu, S., Otim, M., Okello, S., Lamo, J., Ekobu, M. and Asea, G., 2016. Farmer's Knowledge and Perceptions on Rice Insect Pests and Their Management in Uganda. *Agriculture*, [online] 6(3), p.38.
- Anselme, B. A., Romeo, M., Faustin, V. and Desire, A. (2012). Determinants of ICT use by rice farmers in Benin: from the perception of ICT characteristics to the adoption of the technology. *J of Research in International Business and Management*, 2(11), 273-284
- Bachaspati, S. (2018). An economics study of electronic trading portal for national agriculture market (e-NAM) on selected agricultural produce market committees (APMCs) of Chhattisgarh. (Master thesis), Indira Gandhi Krishi Vishwavidhyalaya, Raipur, India.
- Baloch, A. M.; B. G. Thapa. (2014) Agricultural extension in Balochistan, Pakistan: Date palm farmers' access and satisfaction. *Journal of Mountain Science*, v.11, n.4, p.1035-1048.(2014) A. doi: 10.1007/s11629-013-2837-8
- Baumüller, H. (2013). Mobile technology trends and their potential for agricultural development (ZEF Working Paper 123).
- Baumüller, H. (2017). Assessing the role of mobile phones in offering price information and market linkages: The case of M-Farm in Kenya. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 68(6), 1–16. <https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2015.tb00492.x>
- CAAES. (2021). Extension personnel in Egypt. Unpublished statistics. Central Administration for Agricultural Extension and Environment. The Technical office.
- Capmas (Central Agency for Public Mobilization and Statistics), (2020) Available at: https://www.capmas.gov.eg/Pages/IndicatorsPage.aspx?page_id=6134&ind_id=2262
- Central Agency for Public Mobilization and Statistics (capmas.gov.eg),(2020)
- Available at: https://www.capmas.gov.eg/Pages/IndicatorsPage.aspx?page_id=6134&ind_id=2262
- Chikuni, T., Kilima, F. T. M. (2019). Smallholder farmers' market participation and mobile phone-based market information services in Lilongwe, Malawi. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 85(6), 1-13.
- Das, B. (2014). ICTs Adoption for Accessing Agricultural Information: Evidence from Indian Agriculture. *Agricultural Economics Research Review*, 27(2), 199
- FAO (2016) Crop Production, Extension, and ResearchCrops Africa. Working Paper 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. <http://faostat3.fao.org/2014>
- Gbigbi T.M. (2021). Technical Efficiency and Profitability of Cassava Production in Delta State: A Stochastic Frontier Production Function Analysis. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* , 18 (1), 21-31.
- Hoang, G., 2020. Adoption of mobile phone for marketing of cereals by smallholder farmers in Quang Dien District of Vietnam. *Journal of Agricultural Extension*, [online] 24(1), pp.106-117.
- Huda, S., Hasan, M. R., Rahman, M. S., Noman, M. R. F., Muhammad, N. (2017). Effect of Mobile Phone Technology in Improving Small Farm Productivity. *Advances in Computer Science and Information Technology*, 4(3), 193-19
- Islam, S., Grönlund, Å. (2012). Factors Influencing the Adoption of Mobile Phones among the Farmers in Bangladesh: Theories and Practices. *International Journal on Advances In ICT For Emerging Regions (Icter)*, 4(1), pp 4-14.
- Jaji, M., Abanigbe, S., Abass, B. (2017). Mobile Phone as an extension tool among female agricultural practitioners in Lagos State Nigeria. *Journal Of Agricultural Extension*, 21(3), 66.
- Kaske, D., Mvena, Z. S. K., & Sife, A. S. (2018). Mobile phone usage for accessing agricultural information in Southern Ethiopia. *Journal of Agricultural and Food Information*, 19(3), 284–2980.
- Khan, N., Qijie, G., Sertse, S., Nabi, M., & Khan, P. (2019). Farmers' use of mobile phone-based farm advisory services in Punjab, Pakistan. *Information Development*, 36(3), 390-402.

- Khidir, A. A. (2019). Awareness and use of mobile phone apps by farmers in North West Nigeria. A PhD Thesis submitted to the Dept of Agricultural Economics and Extension, North-West University, South Africa.
- krejcie, R.V., Morgan, D.W., (1970). Determining Sample Size for Research Activities. Educational and Psychological Measurement.
- Kwapong O. (2009). A Comparison of ICT Knowledge and Usage among Female Distance Learners in Endowed and Deprived Communities of a Developing Country. *E-Learning and Digital Media*, 6(2),164-174.
- Khanna, A., Singh, A., Soni, J., Quiraishi, H. and Quiraishi, M. (2012). "Edutainment based Mobile Phone Games for Health Communication in India", *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(1), 371-374
- Madenci, A. B., Bayramoğlu, Z., Türker, S., Ağızan, K., Eyiz, V. (2020), Determination of Consumer's Willingness to Pay for Halal Food. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 346-356.
- Mansingh, P., Erena, F. A. (2016). Impact of mobile phone technology on agriculture and rural development: An analysis. *International Journal of Current Research*, 8(5), 31311– 31317.
- Miller, C., Saroja, V. N., Linder, C. (2013). ICT uses for inclusive agricultural value chains. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Nyamba, S. Y. (2017). The use of mobile phones in communicating agricultural information in Tanzania: the roles of different stakeholders (Doctoral dissertation, Sokoine University of Agriculture).
- Mittal, S., & Mehar, M. (2015). Socio-economic Factors Affecting Adoption of Modern Information and Communication Technology by Farmers in India: Analysis Using Multivariate Probit Model. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(2), 199-212.
- Obong, R., Mugonola, B., & Phillips, D. P. (2018). Determinants of mobile phones usage in sweet potato vine business in Gulu district northern Uganda. *African Journal of Agricultural Research*, 13(21), [1https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12213](https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12213)
- Ogutu, S., Okello, J., & Otieno, D. (2014). Impact of Information and Communication Technology-Based Market Information Services on Smallholder Farm Input Use and Productivity: The Case of Kenya. *World Development*, 64, 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.06.011>
- Osadebamwen, A.O. and Ideba, E. (2015). Smallholder farmers and mobile phone technology in Sub-Saharan Agriculture. *Mayfair Journal of Information and Technology Management in Agriculture*, 1(1), 1-19. Available at <https://mayfairjournals.com/smallholder-farmers-and-mobile-phone-technology-in-sub-sahara-agriculture-2/>
- Piccoli, G., Ahmad, R., & Ives, B. (2001). Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training. *MIS Quarterly*, 25(4), 401– 426. <https://doi.org/10.2307/3250989>
- Ramli, N., Hassan, M., Man, N., Samah, B., Omar, S., Rahman, N., Yusuf, S. and Ibrahim, M.,(2019). Seeking of Agriculture Information through Mobile Phone among Paddy Farmers in elangor. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(6).
- Roy, M. L., Chandra, N. K., Mukherjee, A., Jethi, R., Joshi, K. (2018). Extent of use of ICT tools by hill farmers and associated social factors. *Indian Research Journal of Extension Education*, 18, 27–31
- Salau, E., Kachiro, S., Darason, Y., & Cyril, J. (2017). Benefits of Mobile Phone Usage among Cassava Processors in Lafia Local Government Area of Nasarawa State. *Journal of Agricultural Extension*, 22(1), 87-96. <https://doi.org/10.4314/jae.v22i1.10s>
- Santosham, S., Lindsey, D. (2015). Bridging the gender gap: Mobile access and usage in low-and middle-income countries. Retrieved from <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2016/02/Connected-Women-Gender-Gap.pdf>
- Saroj, K., Nishi, S., Raman, J. (2017). Sociopersonal factors with impact assessment of mobile based advisory services in Haryana. *Annals of Agri Bio Research*, 22(2), 299-302. available at:<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183035377>
- Senthilkumar, S., Chander, M., Serma Saravana Pandian, A., Sudeep Kumar, N. (2013). Factors associated with utilization of ICT enabled Village Information Centres by the dairy farmers in India: The case of Tamil Nadu. *Computers And Electronics in Agriculture*, 98, 81-84. [doi/10.1016/j.compag.2013.07.018](https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.018)
- Sharqia Directorate of Agriculture, Agricultural Extension, unpublished data,(2020http://sharkia.gov.eg/Info_services/Indicators/default.aspx
- Sikundla, T., Mushunje, A., & Akinyemi, B. (2018). Socioeconomic drivers of mobile phone adoption for marketing among smallholder irrigation farmers in South Africa. *Cogent Social Sciences*, 4(1), 1505415. <https://doi.org/10.1080/23311886.2018.1505415>
- Statista (2019). Mobile phone users' worldwide Technology and Telecommunication statistics 2019-2020. Retrieve from: <https://www.statista.com/statistics/274774/forecastof-mobile-phone-users-worldwide/>. Accessed: 3 August 2021.
- William, T., Elias, O., Christophe, B., Jamie, A., Vincent, J. (2021). Mobile phone technology for increasing banana productivity among smallholder farmers in Uganda. *Journal Of Agricultural Extension and Rural Development*, 13(1), 1-13. <https://doi.org/10.5897/jaerd2020.1191>
- World Bank Group (2018, October). Information and communications for development: Data-driven development (Tech. Rep. No. 128301). World Bank. Available at <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-1-4648-1325-2>

- Xiaolan, F. and Shaheen A. (2012). Impact of the mobile telephone on the quality and speed of agricultural extension services delivery: Evidence from the rural e-Services project India, *The J of Development Studies*, 52(11), 1561-1576, [DOI: 1080/00220388.2016.1146700](https://doi.org/10.1080/00220388.2016.1146700)
- Zhang, Y., Wang, L., & Duan, Y. (2016). Agricultural information dissemination using ICTs: A review and analysis of information dissemination models in China. *Information Processing in Agriculture*, 3(1), 17-29. [DOI:10.1016/J.INPA.2015.11.002](https://doi.org/10.1016/J.INPA.2015.11.002)

Evaluation of Variation on Myostatin (MSTN) Gene of Turkish Donkey Populations in Thrace Region of Turkey

Türkiye'nin Trakya Bölgesindeki Türk Eşek Populasyonlarındaki Myostatin (MSTN) Genindeki Varyasyonun Değerlendirilmesi


Raziye IŞIK^{1*}, Fulya ÖZDİL², Sena MERAL³


Abstract

The study aimed to determine the *MSTN* gene variation in 90 donkeys reared in the Thrace region of Turkey. Myostatin (MSTN), also named GDF-8 (growth differentiation factor 8) is a part of the transforming growth factor β (TGF- β) superfamily and it has a negative regulator role on muscle mass, growth and development in mammalian species. *MSTN* gene regulates the skeletal muscle growth in a negative way and has a significant role in homeostasis of skeletal muscles. Also, in muscle fibers balance of protein has been promoted by Myostatin factor. The total of 866 bp long partial intron 1 and 2, whole exon 2 regions of *MSTN* gene was amplified and PCR products analysed using DNA sequencing. In this study, a novel synonymous SNP was determined as g.4183919 G>A in the second exon region of the *MSTN* gene which does not cause an amino acid change in the protein. The G>A transition caused a silent mutation in leucine (Leu) amino acid. Alterations in mRNA level and functionality of protein can occur due to synonymous mutations. Since leucine is an important amino acid that can avoid muscle mass loss and inhibits the expression of Myostatin, it can be said that silent mutation of Leu in donkeys may have altered the muscle mass and physical factor of donkeys in this study. Mutant leucine may have a lower efficient effect on preventing loss of muscles and causes more Myostatin protein expression. The identified SNP was firstly released and the DNA sequences of the *MSTN* gene in Turkish donkeys was revealed for the first time with recent study. Turkish donkeys lacked these mutations that were identified before in horses, which cause for the less might require for race ability of donkeys. The sequences of *MSTN* gene were submitted to the NCBI GenBank with the accession number: MW970078- MW970079. Further studies are needed to conduct, on protein and molecular levels, SNPs on the *MSTN* gene and their association with the morphological characters that may affect economic traits in donkey breeds.

Keywords: MSTN, Donkey, Thrace, SNP, Sequencing

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Raziye IŞIK, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: risik@nku.edu.tr  ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2982-6562>

²Fulya ÖZDİL, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: fozdil@nku.edu.tr  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5298-6997>

³Sena MERAL, Faculty of Science, Department Of Molecular Biology and Genetics, The İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey. E-mail: senameral1234@gmail.com  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0116-6366>

Atıf/Citation: IŞIK, R., ÖZDİL, F., MERAL, S. Evaluation of variation on Myostatin (MSTN) gene of Turkish donkey populations in Thrace Region of Turkey. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 426-434.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Çalışma, Türkiye’de Trakya bölgesinde yetiştirilen 90 eşekte *MSTN* genindeki varyasyonunu belirlemeyi amaçlamıştır. GDF-8 (growth differentiation factor 8) olarak da adlandırılan miyostatin (*MSTN*), farklılaşma büyüme faktörü β (TGF- β) süper ailesinin bir parçasıdır ve memeli türlerinde kas kütlesi, büyüme ve gelişme üzerinde negatif düzenleyici rolü bulunmaktadır. *MSTN* geni, iskelet kası büyümesini olumsuz yönde düzenler ve iskelet kaslarının homeostazında önemli bir role sahiptir. Ayrıca, kas liflerinde protein dengesi Myostatin faktörü tarafından desteklenmektedir. *MSTN* geninin toplam 866 bç uzunluğunda kısmi intron 1, 2 ve ekzon 2 bölgeleri çoğaltılmış ve PCR ürünleri DNA dizilimi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada *MSTN* geninin ikinci ekzon bölgesinde proteinde amino asit değişikliğine neden olmayan yeni bir sinonim SNP g.4183919 G>A belirlenmiştir. G>A değişimi, lösin amino asidinde sessiz bir mutasyona neden olmuştur. Sinonim mutasyonlar nedeniyle mRNA düzeyinde ve proteinin işlevselliğinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Lösin, kas kütlesi kaybını önleyebilen ve miyostatin ekspresyonunu engelleyen önemli bir amino asit olduğundan, bu çalışmada eşeklerde Leu'nun sessiz mutasyonunun eşeklerin kas kütlesini ve fiziksel yapısını değiştirebileceği söylenebilir. Mutant lösin, kas kaybını önlemede daha düşük bir etkiye sahip olduğundan, daha fazla Myostatin protein ekspresyonuna neden olabilmektedir. Türk eşeklerinde daha önce atlarda bulunan bu mutasyonlar tespit edilememiştir, bu da eşeklerin yarış kabiliyeti için daha az gereksinime sahip olduklarını göstermektedir. Tespit edilen SNP ilk olarak ortaya konmuş ve mevcut çalışma ile Türk eşeklerinde *MSTN* geninin DNA dizileri ilk kez ortaya çıkartılmıştır. *MSTN* geninin dizileri, MW970078-MW970079 erişim numarasıyla NCBI GenBank'a girilmiştir. Eşek ırklarında *MSTN* genindeki SNP'lerin ve bunların ekonomik öneme sahip morfolojik karakterlerle ilişkisinin protein ve moleküler düzeyde belirlenmesi amacıyla daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: *MSTN*, Eşek, Trakya, SNP, Sekanslama

1. Introduction

Myostatin (MSTN), also named GDF-8 (growth differentiation factor 8) is a part of the transforming growth factor β (TGF- β) superfamily and it has a negative regulator role by increasing via glucocorticoids that caused the overexpression of MSTN gene on muscle mass, growth and development in most of mammalian species (Grobet et al., 1997; 1998; Gilson et al., 2007; Bertolini et al., 2015). Additionally, *MSTN* gene regulates the skeletal muscle growth in a negative way and has a significant role in homeostasis of skeletal muscles. Besides, in muscle fibers balance of protein has been promoted by Myostatin factor (Khaerunnis et al., 2016). Augmentation in the muscle size and fiber number in myostatin-null mice have led to containing considerably more muscle mass in contrast to normal mice models. Myogenic differentiation is autocrine and paracrine managed by growth factors such as insulin-like growth factors (IGF) and MSTN. The *MSTN* gene is expressed in the skeletal muscle early developmental stage and its expression continues to adult stage in skeletal muscle fibers (Khaerunnis et al., 2016). Moreover, *MSTN* gene has a crucial role in the regulation of adipose tissue development (Feldman et al., 2006). The *MSTN* gene located on chromosome 18, consists of three exons that coded 375 amino acids and two introns with a total of 7957 bp long (Accession number NW_014637147: 4181432 - 4189388) in equine (O'Hara et al., 2021). The studied *MSTN* gene sequences located on partially intron 1 and 2, spanning exon 2 regions in equine MSTN gene.

There are many studies conducted effect on the insertion/deletions (indels) or variation of *MSTN* gene on muscle mass and growth traits in livestock (McPherron and Lee, 1997; Grobet et al., 1997; 1998; Marcq et al., 1998; Marshall et al., 1999; Karim et al., 2000; Tay et al., 2004; Feldman et al., 2006; Bignell et al., 2010). The mutations or indels of *MSTN* have been shown to produce a double-muscling phenotype caused by muscular hyperplasia and hypertrophy in some of livestock species, such as cattle breeds (Belgian Blue, Piedmontese) (Grobet et al., 1997; McPherron and Lee, 1997; Kambadur et al., 1997; Miranda et al., 2002) and sheep (Texel sheep, East Friesian sheep) (Walling et al., 2004; Johnson et al., 2005; Clop et al., 2006; Bignell et al., 2010) and chickens (Gu et al., 2002). Furthermore, double-muscling is an autosomal recessive gene that can be inherited and it is occurred due to abnormal growth of muscles (Khaerunnis et al., 2016). A single nucleotide variation in intron region of the *MSTN* gene (g.66493737T>C) is using as a molecular marker for the breeding parameter such as race distance ability in horses and many morphological characters in livestock (Binns et al., 2010; Tozaki et al., 2010; 2011; 2012; Hill et al., 2010a; 2010b; 2012a; 2012b; Dall'Olio et al., 2010; 2014; Stefaniuk et al., 2014; 2016; Pereira et al., 2016; Işık et al., 2017; Tüten sevim et al., 2017; Cieslak et al., 2018). Many studies have been carried out *MSTN* gene polymorphisms in horses and its association with racing performances and body condition but in donkeys, there were a few published articles till now (Bertolini et al., 2015; Tozaki et al., 2010; 2011; 2012; Hill et al., 2010a; 2010b; 2012a; 2012b; Dall'Olio et al., 2010; 2014; Stefaniuk et al., 2014; 2016; Pereira et al., 2016; Cieslak et al., 2018; Dong-hua et al., 2017). Overall, in terms of growth, development, and performance in domesticated animals *MSTN* gene has a significant role. Thus, the *MSTN* gene is a preferable factor to take into consideration for animal breeding, and even specifically mutated animals for the *MSTN* gene can be opted in selective breeding (Dong-hua et al., 2017). The study aimed to determine the *MSTN* gene variation in donkeys reared in the Thrace region of Turkey using DNA sequencing.

2. Materials and Methods

2.1. Sampling and processing

In recent study, a total of 90 donkey individuals were taken from the Thrace Region of Turkey, Tekirdağ (20) and Kırklareli (70) Provinces that is a farm which collected donkeys from varied places of Turkey as Nevşehir, Mardin, Urfa and Iğdır (Figure 1). Blood samples were collected to 5 mL of vacuum tubes, including EDTA and preserved at -20°C in the freezer to the DNA extraction procedure. DNA was extracted by using phenol chloroform method (Sambrook et al., 1989). The quantity and purity of DNA samples were checked by UV-Vis spectrophotometers (NanoDrop™ 2000/2000c, Thermo Fisher Scientific).

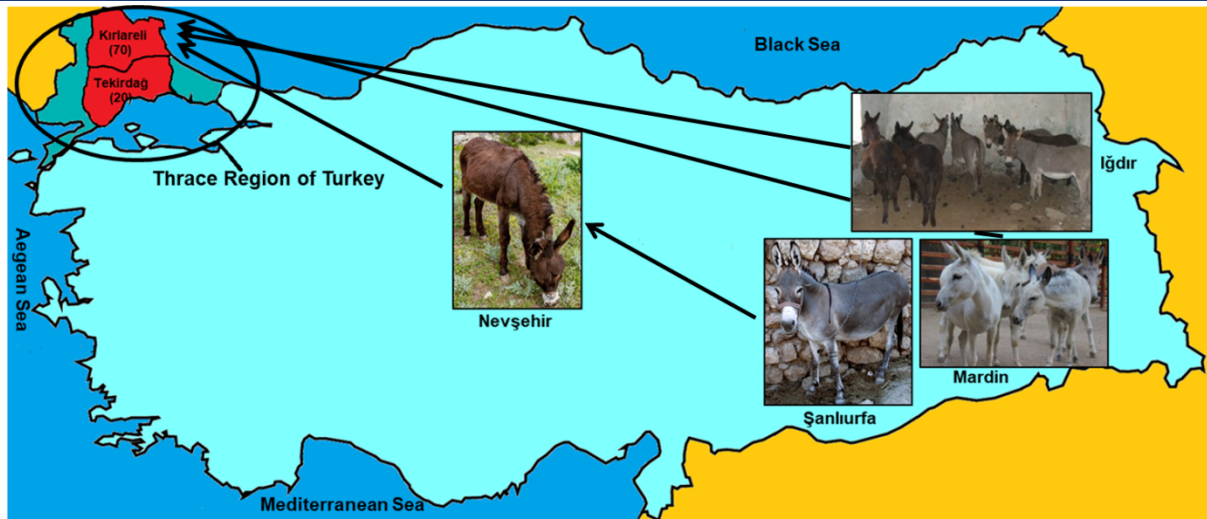


Figure 1. Location of sampling provinces of Turkey

2.2 PCR primers and PCR conditions

Primer sequences were designed using the donkey *MSTN* gene sequence in NCBI GenBank database (Accession number NW_014637147.1) using Primer3web (version 4.1.0) algorithm (<https://primer3.ut.ee/>). Primer sequences of *MSTN* gene are F: 5'-ATGTTCCCTCCACGGTGTCTC-3', and R: 5'-GCTGCCATTGGGGTAAGATA-3'. The PCR amplification mixture was included 40 ng genomic DNA, 1 μ M of each primer, 1 \times PCR Buffer ((NH₄)₂SO₄), 200 μ M dNTP, 2.0 mM MgCl₂ and 0.1U i-Taq™ DNA polymerase (5U/ml) (iNtRON Biotechnology Inc., US) and finalizing to a final volume of 25 μ L. The PCR reaction procedure prepares 4 min at 95°C for initial denaturation, 37 cycles of amplification; 95°C for 45 s, 60°C annealing for 60 s, 72°C for 40s and 10 min at 72°C for final extension. Then, the PCR products of *MSTN* gene region were run on 2.0 % agarose gel electrophoresis that stained with SafeView™ Classic (Applied Biological Material Inc. Canada). PCR products were checked under UV light in the Gel Documentation System.

2.3 Sanger sequencing and Phylogenetic tree

The amplified 866 bp fragment of the *MSTN* gene containing partial intron 1 and 2, whole exon 2 regions were sequenced directly by Applied Biosystems 3500XL Genetic Analyzer System (Applied Biosystems, USA) using the designed primers. The *MSTN* gene sequences were carefully checked the chromatogram by ChromasPro Version 2.1.8 (Technelysium Pty. Ltd. Australia). The checked sequences file including of *MSTN* gene region were controlled by the MEGA7 software (version 7.0, Molecular Evolutionary Genetics Analysis) (Kumar et al., 2016).

Evolutionary analyses were conducted and distances and groupings were defined using the MEGA 7 software by Neighbour Joining (NJ) method (Kimura 2) (Kumar et al., 2016). The bootstrap consensus tree is inferred from 1000 replicates. This analysis involved 13 published NCBI GenBank *MSTN* gene nucleotide sequences as *Bubalus bubalis*, *Bos Taurus*, *Capra hircus*, *Ovis aries*, *Equus asinus*, *Equus caballus*. The total of 851 positions have analyzed in the final data set.

3. Results and Discussion

In the current study, we have conducted the donkey *MSTN* gene in that were detected in relation with muscle mass and growth traits in cattle, sheep and goats. The studied donkey *MSTN* gene region has spanned between 2nd exon and partial 1st, 2nd intron and it includes 866 bp and 124 amino acid residues (Figure 2).

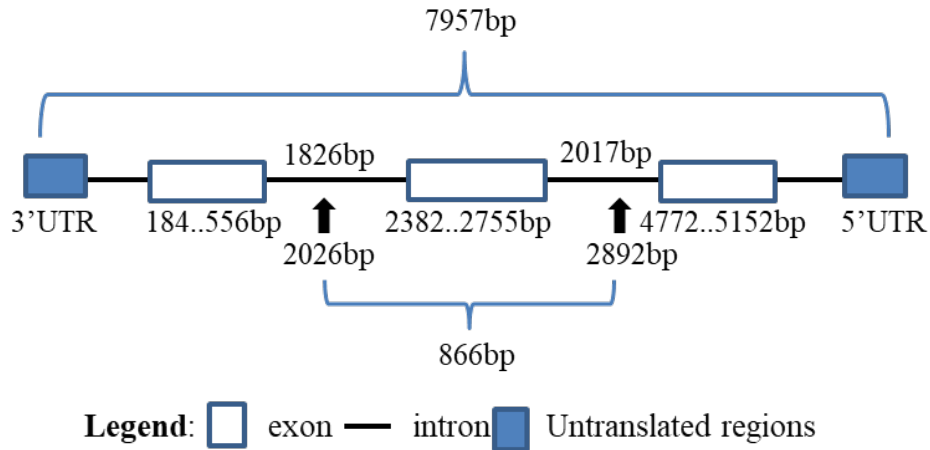


Figure 2. Localization of studied partially MSTN gene in donkey MSTN gene.

The variation of the *MSTN* gene was identified using DNA sequencing and novel single nucleotide variation as g.4183919 G>A determined in the second exon region of the *MSTN* gene (Figure 3). The G>A transition had caused a silent mutation (CTG>CTA) in leucine (Leu) amino acid. The novel single nucleotide polymorphism (SNP) of *MSTN* gene region was firstly revealed and the partial DNA fragments of the *MSTN* gene in donkeys were conducted for the first time with recent study. The sequences of the *MSTN* gene were submitted to the NCBI GenBank with the accession number: MW970078- MW970079.

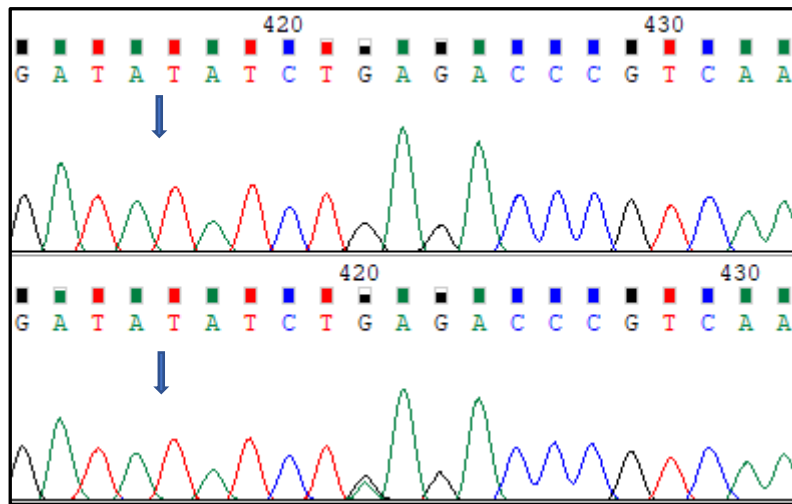


Figure 3. The silent mutation as g.4183919 G>A in the second exon region of the MSTN gene

The Neighbour Joining tree using the sequences of *MSTN* from donkeys and various species taken from NCBI GenBank is shown in Figure 4. For the NJ tree, which was characterized using the distance matrix; the fragment of studied *MSTN* gene region (*Equus asinus*) was clustered in the close clade with *Equus caballus* Pak Thoroughbred racehorses.

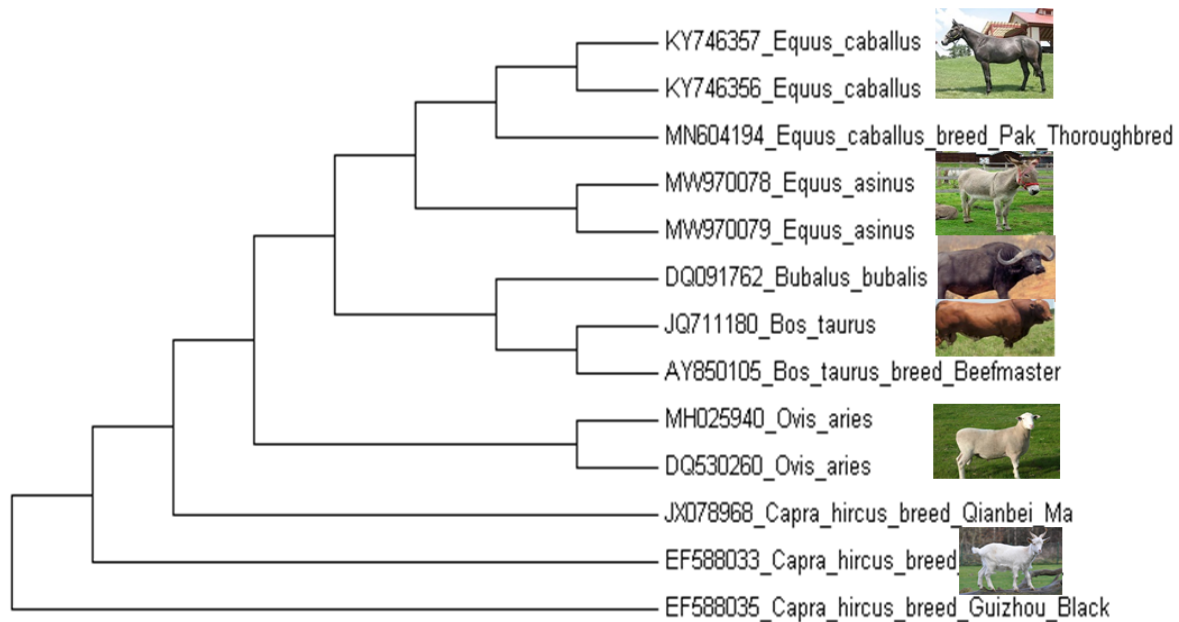


Figure 4. The phylogenetic tree is estimated using the NJ method

Li et al. (2014) were identified six SNPs as g.26 T>C and g.156 T>C in promotor region, g.587A>G and g.598C>T in the 5'-UTR, g.1485C>T and g.2115A>G in first exon region of *MSTN* in 15 Chinese horse breeds. The SNPs as g.587A>G and g.598C>T in the 5'UTR region of the *MSTN* gene were detected by Li et al. (2014) for the first time. Baron et al. (2012) detected ten SNPs (2275C>T; 2279A>C; 2287G>A; 2389T>A; 2405T>C; 2407T>C; 2431G>C; 2478G>C; 2524G>A; 2525A>G in AY840554) which eight of them cause amino acid sequence change in the second exon of *MSTN* gene in horses. In this study, an SNP as g.4183919G>A (NW_014637147) which is located at g.2313G>A in the horse genome (AY840554) was identified in the second exon of the *MSTN* gene in Turkish donkeys.

Synonymous (silent) mutations in amino acids do not alter the amino acid coding but its sequence differs. So, although the mutant amino acid type is identical with the wild-type it cannot be counted as exactly the same. (Kristofich et al., 2018). It has been announced that silent (synonymous) mutations can affect several aspects at the molecular level (Kristofich et al., 2018). As known, mRNA is a template using for protein synthesis in the cell and thus has a vital role in translation processes. Synonymous mutation can differentiate the stability and efficient translation of mRNA (Kristofich et al., 2018). Besides, since the mutant amino acid not identical with the wild-type, the translation rate can differ which may lead to a change in protein functionality, protein folding, and its pathways (Kristofich et al., 2018). As mentioned, silent mutations of G>A in leucine (Leu) amino acid were found in this study. The investigation about the Leucine effect on Myostatin expression on skeletal muscles of Wistar rats (Cruz et al; 2020) demonstrated and confirm the importance of Leucine. They have found leucine prevents the loss of skeletal muscle mass and causes a decrement in the Myostatin expression, even block it in some circumstances (Cruz et al; 2020). Since leucine alters the Myostatin expression and synonymous mutations can affect the amino acid and lead to several alterations as mentioned above, it can be interpretable that silent mutation in leucine in this study may affect the *MSTN* gene expression. Mutant leucine may have a lower efficient effect on preventing loss of muscles and causes more Myostatin protein expression. Hence, donkeys that contain silent mutated leucine may have had more loss of muscles, and the difference in physical factors such as containing less muscle mass, lower tempo on physical activities can also be interpreted. These findings can be considered in the breeding of donkeys.

Many studies were conducted on *MSTN* gene polymorphism and its association with racing performances and growth traits in horses (Binns et al., 2010; Tozaki et al., 2010; 2011; 2012; Hill et al., 2010a; 2010b; 2012a; 2012b; Dall'Olio et al., 2010; 2014; Stefaniuk et al., 2014; 2016; Pereira et al., 2016; Cieslak et al., 2018). In previous studies, it was revealed that the SNP as g.2115A>G (g.66493737T>C) in the first exon region of the *MSTN* gene were associated with racing performances in Chinese domestic horses and elite Flat races are known as Group

(Europe and Australasia) or Stakes races (North America) (Hill et al. 2010b; Li et al. 2014). Cieslak et al. (2018) have identified SNPs as g.66495696T>C, g.66495826T>C, and 272 bp SINE insertion in the 5'-flanking of the *MSTN* gene and their associations with biometric traits. They have revealed that the association g.66495696-CC genotypes with differences in cannon bone circumference and height at the withers ($P<0.05$). Hill et al. (2010a) have detected an SNP as g.2115A>G (g.66493737T>C) is strongly related with best race distance in Thoroughbred horses. They have identified that the horses with CC genotype are fast; besides TT genotype horses have a great stamina condition. Tozaki et al. (2011) have investigated that the relations of four SNPs as g.65809482T>C, g.65868604G>T, g.66493737C>T, and g.66539967A>G with body composition traits (mass to height ratio) in Thoroughbred racehorses. Similar with Hill et al. (2010a), Tozaki et al. (2011) have revealed that g.66493737-CC genotype animals had advantage for short-distance racing while CT genotype animals had high body weight/withers height. Hill et al. (2010b) confirmed that the SNP (g.66493737C>T) in *MSTN* gene was a useful predictor of racing distance and speed indices for Thoroughbred racehorses using the EquineSNP50 Bead Chip (Hill et al., 2012a). Binns et al. (2010) investigated the effect of *MSTN* gene variations to athletic ability and racing distance parameters in the Thoroughbred horse. They found that among 54 600 SNPs, only two SNPs as BIEC2-417274 and BIEC2-417495 in *MSTN* gene had genome-wide significance using Equine SNP50 bead chip (Illumina).

Dong-hua et al. (2017) have found four SNPs (g.229T>C, g.872A>G, g.2014G>A, and g.2395C>G) in 13 Chinese donkey breeds. They detected an SNP as g.229T>C in the promotor region, one SNP (g.872A>G) in the first exon and two SNP (g.2014G>A, g.2395C>G) in the first intron region of *MSTN* gene. In this study, an SNP (g.4183919 G>A) was found in the second exon of the *MSTN* gene in Turkish donkeys that Dong-hua et al. (2017) have not identified before in Chinese donkeys. Some researchers conducted that silent mutations might change the secondary structure of proteins (Ramamurthi and Schneewind, 2005).

4. Conclusions

Novel single gene variation of g.4183919 G>A in the 2nd exon region and a synonymous mutation G>A (CTG>CTA) in leucine amino acid in the *MSTN* gene were found in this study. Alterations in mRNA level and functionality of protein can occur due to synonymous mutations. Since leucine is an important amino acid that can avoid muscle mass loss and inhibits the expression of myostatin, it can be said that silent mutation of Leu in donkeys may have altered the muscle mass and physical factor of donkeys in this study. Thus, further studies on protein and molecular levels are needed. Many studies were conducted to investigate the effect of the *MSTN* gene on the race performance of horses. Turkish donkeys lacked these mutations that were identified before in horses, which cause for the less might require for race ability of donkeys. To explore the potential effect of this SNP of the donkey *MSTN* gene, further studies on protein and molecular levels are needed.

Acknowledgment

Data curation: R. Işık. Formal analysis: R. Işık, F. Özdil. Investigation: R. Işık. Methodology: R. Işık, F. Özdil. Software: R. Işık. Validation: S. Meral. Writing-original draft: R. Işık, S. Meral, F. Özdil. Writing-review & editing: R. Işık, S. Meral, F. Özdil.

References

- Baron, E., Lopes, M., Mendonça, D., da Câmara Machado, A. (2012). SNP identification and polymorphism analysis in exon 2 of the horse myostatin gene. *Animal Genetics* 43: 229–232, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02229.x>
- Bertolini, F., Scimone, C., Geraci, C., Schiavo, G., Utzeri, V.J., Chiofalo, V., Fontanesi, L. (2015). Next generation semiconductor based sequencing of the donkey (*Equus asinus*) genome provided comparative sequence data against the horse genome and a few millions of single nucleotide polymorphisms. *PLoS ONE* 10: 7:e0131925, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131925>
- Bignell, C.W., Malau-Aduli, A.E.O., Nichols, P.D., McCulloch, R., Kijas, J.W. (2010). East Friesian sheep carry a Myostatin allele known to cause muscle hypertrophy in other breeds. *Animal Genetics* 41: 445–446, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02021.x>
- Binns, M.M., Boehler, D.A., Lambert, D.H. (2010). Identification of the myostatin locus (MSTN) as having a major effect on optimum racing distance in the Thoroughbred horse in the USA. *Animal Genetics* 41 (1-2): 154-8, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02126.x>
- Cieslak, J., Borowska, A., Wodas, L., Mackowski, M. (2018). Interbreed Distribution of the Myostatin (MSTN) Gene 5'-Flanking Variants and Their Relationship with Horse Biometric Traits. *Journal of Equine Veterinary Science* 60: 83-89, <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.08.002>
- Clop, A., Marcq, F., Takeda, H., Pirottin, D., Tordoir, X., Bibé, B., Bouix, J., Caiment, F., Elsen, J.M., Eychenne, F., Larzul, C., Laville, E., Meish, F., Milenkovic, D., Tobin, J., Charlier, C., Georges M.A. (2006). Mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nature Genetics* 38 (7): 813-8, <https://doi.org/10.1038/ng1810>
- Cruz, A., Ferian, A., Alves, P., Silva, W. J., Bento, M. R., Gasch, A., Labeit, S., Moriscot, A. S. (2020). Skeletal Muscle Anti-Atrophic Effects of Leucine Involve Myostatin Inhibition. *DNA and Cell Biology* 39 (12): 2289-2299, <https://doi.org/10.1089/dna.2020.5423>
- Dall'Olio, S., Fontanesi, L., Nanni Costa, L., Tassinari, M., Minieri, L., Falaschini, A. (2010). Analysis of horse myostatin gene and identification of single nucleotide polymorphisms in breeds of different morphological types. *Journal of Biomedical Biotechnology* 542945: 1-11, <https://doi.org/10.1155/2010/542945>
- Dall'Olio, S., Wang, Y., Sartori, C., Fontanesi, L., Mantovani, R. (2014). Association of myostatin (MSTN) gene polymorphisms with morphological traits in the Italian Heavy Draft Horse breed. *Livest Science* 160: 29-36, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.002>
- Dong-hua, L., Hao-yuan, H., Xin, Z., Ting, S., Xian-yong, L., Hong, C., Lei, C., Dang, R. (2017). The genetic diversity analysis in the donkey myostatin gene. *Journal of Integrative Agriculture* 16 (3): 656-663, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61445-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61445-4)
- Feldman, B. J., Yamamoto, K. R. (2006). Myostatin modulates adipogenesis to generate adipocytes with favorable metabolic effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 15675-15680, <https://doi.org/10.1073/pnas.0607501103>
- Gilson, H., Schakman, O., Combaret, L., Lause, P., Grobet, L., Attaix, D., Ketelslegers, J.M., Thissen, J.P. (2007). Myostatin gene deletion prevents glucocorticoid-induced muscle atrophy. *Endocrinology* 148 (1): 452–460, <https://doi.org/10.1210/en.2006-0539>
- Grobet, L., Martin, L.J.R., Poncelet, D., Pirottin, D., Brouwers, B., Riquet, J., Schoeberlein, A., Dunner, S., Ménéssier, F., Massabanda, J., Fries, R., Hanset, R., Georges, M. (1997). A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscling phenotype in cattle. *Nature Genetics* 17: 71–74, <https://doi.org/10.1038/ng0997-71>
- Grobet, L., Poncelet, D., Royo, L.J., Brouwers, B., Pirottin, D., Michaux, C., Ménéssier, F., Zanotti, M., Dunner, S., Georges, M. (1998). Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. *Mammalian Genome* 9: 210–213, <https://doi.org/10.1007/s003359900727>
- Gu, Z.L., Zhang, H.F., Zhu, D.H., Li, H. (2002). Single nucleotide polymorphism analysis of the chicken Myostatin gene in different chicken lines. *Yi Chuan Xue Bao* 29: 599–606.
- Hill, E.W., Gu, J., Eivers, S.S., Fonseca, R.G., McGivney, B.A., Govindarajan, P., Orr, N., Katz, L.M., MacHugh, D.E. (2010a). A sequence polymorphism in MSTN predicts sprinting ability and racing stamina in Thoroughbred horses. *PLoS ONE* 5 (1): 10.1371/annotation/de9e11b9-eb92-4ee5-a56a-908e06d1ed6c, <https://doi.org/10.1371/annotation/de9e11b9-eb92-4ee5-a56a-908e06d1ed6c>
- Hill, E.W., McGivney, B.A., Gu, J., Whiston, R., MacHugh, D.E. (2010b). A genome-wide SNP-association study confirms a sequence variant (g.66493737C>T) in the equine myostatin (MSTN) gene as the most powerful predictor of optimum racing distance for Thoroughbred racehorses. *BMC Genomics* 11 (11): 552, <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-552>
- Hill, E.W., Fonseca, R.G., McGivney, B.A., Gu, J., MacHugh, D.E., Katz, L.M. (2012a). MSTN genotype (g.66493737C/T) association with speed indices in Thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology* 112: 86–90, <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00793.2011>
- Hill, E. W., Ryan, D. P., MacHugh, D. E. (2012b). Horses for courses: A DNA-based test for race distance aptitude in Thoroughbred racehorses. *Recent Patents on DNA & Gene Sequences* 6: 203–208, <https://doi.org/10.2174/187221512802717277>
- İşik, R., Bilgen, G., Koşum, N., Kandemir, Ç., Taşkın, T. (2017). Polymorphism in exon 7 of β -Lactoglobulin (β -LG) gene and its association with milk yield in saanen goats. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, The Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress*, May 16-18, 35-40. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/31157/336406>
- Johnson, P. L., McEwan, J. C., Dodds, K. G., Purchas, R. W., Blair, H. T. (2005). Meat quality traits were unaffected by a quantitative trait locus affecting leg composition traits in Texel sheep. *Journal of Animal Science* 83: 2729–2735.

- Kambadur, R., Sharma, M., Smith, T. P. L., Bass, J. J. (1997). Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscled Belgian Blue and Piedmontese cattle. *Genome Research* 7: 910–915, <https://doi.org/10.1101/gr.7.9.910>
- Karim, L., Coppeters, W., Grobet, L., Valentini, A., Georges, M. (2000). Convenient genotyping of six myostatin mutations causing double-muscling in cattle using a multiplex oligonucleotide ligation assay. *Animal Genetics* 31 (6): 396-9, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.2000.00684.x>
- Khaerunnis, I., Pramujo, M., Arief, I. I., Budiman, C., Gunawan, A., Jakaria Sumantri, C. (2016). Polymorphism of the T4842G myostatin gene is associated with carcass characteristics in Indonesian chickens. *International Journal of Poultry Science* 15: 316-324, <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2016.316.324>
- Kristofich, J., Morgenthaler, A. B., Kinney, W. R., Ebmeier, C. C., Snyder, D. J., Old, W. M., Cooper, V. S., Copley, S. D. (2018). Synonymous mutations make dramatic contributions to fitness when growth is limited by a weak-link enzyme. *PLoS genetics* 14 (8): e1007615, <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007615>
- Kumar, S., Stecher, G., Tamura, K. (2016). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33: 1870–1874, <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>
- Li, R., Liu, D., Cao, C., Wang, S., Dang, R., Lan, X., Chen, H., Zhang, T., Liu, W., Lei, C. (2014). Single nucleotide polymorphisms of myostatin gene in Chinese domestic horses. *Gene* 538 (1): 150-154, <https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.12.027>
- Marcq, F., Barkouki, S.E., Elsen, J., Grobet, L., Royo, L., Leroy, P., Georges, M. (1998). Investigating the role of myostatin in the determinism of muscling characterizing Belgian Texel sheep. *Animal Genetics* 29 (1): 52.
- Marshall, K., Henshall, J., Banks, R. G., Van der Werf, J. (1999). Finding major gene effects in Australian meat sheep – feasibility study for a Texel dataset. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13: 86–89.
- McPherron, A.C., Lee, S. (1997). Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *PNAS* 94 (23): 12457-12461, <https://doi.org/10.1073/pnas.94.23.12457>
- Miranda, M.E., Amigues, Y., Boscher, M.Y., Ménessier, F., Cortés, O., Dunner, S. (2002). Simultaneous genotyping to detect myostatin gene polymorphism in beef cattle breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 119: 361–366, <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2002.00352.x>
- O'Hara, V., Cowan, A., Riddell, D., Massey, C., Martin J., Piercy R.J. (2021). A highly prevalent SINE mutation in the myostatin (MSTN) gene promoter is associated with low circulating myostatin concentration in Thoroughbred racehorses. *Scientific Reports* 11: 7916. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86783-1>
- Pereira, G.L., de Matteis, R., Regitano, L.C.A., Chardulo, L.A.L., Curi, R.A. (2016). MSTN, CKM, and DMRT3 gene variants in different lines of quarter horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 39: 33-37, <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.09.001>
- Ramamurthi, K.S., Schneewind, O. (2005). A Synonymous Mutation in Yersinia enterocolitica yopE affects the function of the YopE type III secretion signal. *Journal of Bacteriology* 187 (2): 707-715, <https://doi.org/10.1128/jb.187.2.707-715.2005>
- Sambrook, J., Fritsch, E.F., Maniatis, T. (1989). Molecular Cloning: A laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Stefaniuk, M., Kaczor, U., Augustyn, R., Gurgul, A., Kulisa, M., Podstawski, Z. (2014). Identification of a new haplotype within the promoter region of the MSTN gene in horses from five of the most common breeds in Poland. *Folia Biologica (Krakow)* 62 (3): 219-22, https://doi.org/10.3409/fb62_3.219
- Stefaniuk, M., Ropka-Molik, K., Piorkowska, K., Kulisa, M., Podstawski, Z. (2016). Analysis of polymorphisms in the equine MSTN gene in Polish populations of horse breeds. *Livestock Science* 187: 151e7, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.03.012>
- Tay, G.K., Iaschi, S.P.A., Bellinge, R.H.S., Chong, F.N., Hui, J. (2004). The development of sequence-based-typing of myostatin (GDF-8) to identify the double muscling phenotype in the goat. *Small Ruminant Research* 52 (1–2): 1-12, [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00248-7](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00248-7)
- Tozaki, T., Miyake, T., Kakoi, H., Gawahara, H., Sugita, S., Hasegawa, T., Ishida, N., Hirota, K., Nakano, Y. A. (2010). A genome-wide association study for racing performances in Thoroughbreds clarifies a candidate region near the MSTN gene. *Animal Genetics* 41: 28–35, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02095.x>
- Tozaki, T., Sato, F., Hill, E.W., Miyake, T., Endo, Y., Kakoi, H., Gawahara, H., Hirota, K., Nakano, Y., Nambo, Y., Kurosawa, M. (2011). Sequence variants at the myostatin gene locus influence the body composition of Thoroughbred horses. *The Journal of Veterinary Medical Science* 73: 1617–1624, <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0295>
- Tozaki, T., Hill, E.W., Hirota, K., Kakoi, H., Gawahara, H., Miyake, T., Sugita, S., Hasegawa, T., Ishida, N., Nakano, Y., Kurosawai M. (2012). A cohort study of racing performance in Japanese Thoroughbred racehorses using genome information on ECA18. *Animal Genetics* 43: 42–52, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02201.x>
- Tüten Sevim, E., Özdil, F., Özkan Ünal, E. Arat, S. (2017). Nükleer transfer ile elde edilen klon sığır ve yavrularının mtDNA ve mikrosatellit belirteçlerle karakterizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 14 (2): 150-157, <https://dergipark.org.tr/en/pub/jotaf/issue/29441/315432>
- Walling, G.A., Visscher, P.M., Wilson, A.D., McTeir, B.L., Simm, G., Bishop, S.C. (2004). Mapping of quantitative trait loci for growth and carcass traits in commercial sheep populations. *Journal of Animal Science* 82: 2234–2245, <https://doi.org/10.2527/2004.8282234x>

Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması

Using Artificial Intelligence Methods for Power Estimation in Photovoltaic Panels

Dinçer AKAL¹, İlhan UMUT^{2*}

Öz

Fosil kaynakların sınırlı rezervleri, fiyatlarındaki dalgalanmalar ve çevreye verdikleri zarar, ülkeleri birincil enerji kaynaklarına alternatif arayışlarına yöneltmiştir. Sınırsız ve çevre dostu bir kaynak olan güneş enerjisi, diğer enerji kaynaklarına göre güçlü bir alternatiftir. Avrupa Birliği ülkelerinin büyük çoğunluğu güneş enerjisinden elektrik üretiminde tüketicilere birçok teşvik mekanizması ile çeşitli fırsatlar sunmakta ve yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Dünyanın pek çok yerinde; güneş, rüzgâr, hidrojen ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi de artmaktadır. Tüm bunların yanında, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji eldesinin daha verimli hale getirilmesi için araştırmalar devam etmektedir. Güneş enerjisinden elektrik eldesi için gerekli olan ışınım değeri, gün içindeki hava durumuna ve mevsim özelliklerine göre değişmektedir. Güneş enerjisi santrallerinin kurulduğu bölgedeki iklim koşulları, fotovoltaik panellerden elde edilecek çıkış gücünü ve enerji maliyetini doğrudan etkiler. Çevresel şartlara göre fotovoltaik panellerden üretilen çıkış gücünün tahminlenmesi, güneş enerji sistemlerinin kurulumunda şirketlere rehberlik etmesi, maksimum enerji eldesi, enerjinin yönetimi ve sistemin verimli çalıştırılabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kurulumu yapılan fotovoltaik panellerden elde edilen veriler (Sıcaklık, Nem, Basınç, Işınım) kullanılarak güç değerlerinin tahminlenmesi için ileri beslemeli geriye yayımlı yapay sinir ağları ve KNN (K-Nearest Neighbors) yöntemleri kullanılmıştır. Böylece gerçek saha şartlarında elde edilen panel değerleri her iki yöntemle de eğitilerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak panelin güç değerleri en yüksek %98.7945 doğrulukla geliştirilen yapay sinir ağı modeli kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen güneş enerjisi tahmini için kullanılan makine öğrenmesi modellerinin yüksek performansa sahip olduğu ve gerçek değerlere çok yakın sonuçlar üretebildiği görülmüştür. Ayrıca belirlenen yük talebine göre farklı özelliklere sahip lokasyonlarda geliştirilen her iki yapay zekâ modelinin de kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik panel, Yapay zeka, Verim, Enerji, Güç

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İlhan UMUT, Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Edirne TÜRKİYE. E-mail: ilhanumut@trakya.edu.tr 
OrCID: 0000-0002-5269-1128.

¹Dinçer AKAL, Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Edirne TÜRKİYE. E-mail: dincerakal@trakya.edu.tr 
OrCID: 0000-0003-0055-5471

Atıf/Citation: Dinçer AKAL, İlhan UMUT. Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 435-445.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

The limited reserves of fossil resources, the fluctuations in their prices and the damage they cause to the environment have led countries to seek alternatives to primary energy resources. Solar energy, which is an unlimited and environmentally friendly resource, is a powerful alternative to other energy sources. The majority of the European Union countries offer various opportunities to consumers in electricity generation from solar energy with many incentive mechanisms and ensure their widespread use. In many parts of the world, interest in renewable energy sources such as solar, wind, hydrogen and geothermal is also growing. In addition to all these, researches are continuing to use alternative energy sources and to make energy production more efficient. The radiation value required to obtain electricity from solar energy varies according to the weather conditions during the day and seasonal characteristics. The climatic conditions in the area where solar power plants are installed directly affect the output power and energy cost to be obtained from photovoltaic panels. Estimating the output power produced from photovoltaic panels according to environmental conditions, guiding companies in the installation of solar energy systems, obtaining maximum energy, energy management and efficient operation of the system are of great importance. In this study, feedforward back propagation artificial neural networks and KNN (K-Nearest Neighbors) methods were used to estimate power values using the data (Temperature, Humidity, Pressure, Radiation) obtained from the installed photovoltaic panels. Thus, the panel values obtained under real field conditions were trained with both methods and the results were compared. As a result, the power values of the panel were classified using the artificial neural network model developed with the highest accuracy of 98.7945%. It has been seen that the machine learning models used for solar energy estimation developed within the scope of this study have high performance and can produce results very close to the real values. In addition, it was concluded that both artificial intelligence models developed in locations with different characteristics according to the determined load demand can be used.

Keywords: Photovoltaic panel, Artificial intelligence , Efficiency, Energy, Power

1. Giriş

Fotovoltaik panellerden elde edilecek elektrik enerjisinde maksimum verimlilik; coğrafi konum, çevresel iklim verileri ve kurulum özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle panel kurulumlarında güvenli ve ekonomik olarak güç çıkış değerlerinin kestirilmesi ve etkili olan parametrelerin belirlenmesi gibi bir süreç ortaya çıkmaktadır. Kullanımı giderek yaygınlaşan fotovoltaik panellerin değişken çevre şartlarına göre ürettiği gücün tahmini ve panel çıkış gücüne etki eden faktörlerin etkisinin araştırılması her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu konudaki yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde;

Literatürde, fotovoltaik panel verimliliği ve çıkış gücünün pek çok faktöre göre değişim göstermesinden dolayı, güneş enerji sistemlerinde farklı modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Yapay sinir ağlarını (YSA) kullanan bir güneş enerji sisteminde fotovoltaik modülü modellemek için iki sinir ağı yapısı, yani genel regresyon sinir ağı (GRNN) ileri beslemeli geri yayılım (FFBP) kullanılmışlardır. Panel çıkış gücü ve üretilen gücün yaklaşık değerleri maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve ışınım; değerlerine göre modellenmiştir. Modellemede FFBP, GRNN ile karşılaştırıldığında daha iyi bir performans elde edilmiştir (Saberian ve ark., 2014).

Fotovoltaik (PV) enerji santralleri için güç tahmini, fotovoltaik gücünün sabit olmayan özellikleri nedeniyle doğrusal veya zaman serisi modellerine dayalı geleneksel güç tahmin yöntemleri yerine dalgacık ayırıştırma (WD) ve yapay sinir sisteminin avantajlarını birleştiren bir yöntem sunulmuştur. YSA'nın doğrusal olmayan ilişkileri ele alma yeteneği ile teorik güneş ışınması ve meteorolojik değişkenler, WD ve YSA tabanlı hibrit modelin girdisi olarak seçilmiştir. Yapılan çalışmada WD ve YSA temelinde PV enerji santrallerinin güç çıkışını tahmin etmek için bir yöntem ortaya koyulmuştur. Bir PV'nin güç çıkışı serisinin periyodik ve durağan olmayan özellikleri nedeniyle santralde, PV çıkışının çok ölçekli ayırıştırmasını gerçekleştirmek için dalgacık analizi yöntemi benimsenmiştir. YSA aracılığıyla farklı sinyal katmanlarındaki tahmin modelleri oluşturularak fotovoltaik santralinin tahmin sonuçları elde edilmiştir (Zhu ve ark., 2016).

Farklı bir ülkede yapılan çalışmada (Adrar çölünde) şebekeye bağlı bir fotovoltaik istasyonun performansı üzerinde meteorolojik değişkenlerin önemli bir etkisi olduğu ifade edilmiştir. Buradaki meteorolojik değişkenleri kullanarak güç üretimini tahmin etmek için bileşenlerin analizi geliştirilmiştir. Tahmin modelleri, hesaplama süresi, doğruluk ve çeşitli istatistiksel göstergeler değerlendirilmiştir. Performans değerlendirmesi ve üretim tahmini açısından özellikle ışınım ve hava sıcaklığının önemli etkisi olduğu ifade edilmiştir (Ziane ve ark., 2021).

Taiwanda yapılan bir çalışmada fotovoltaik panelin yüzey sıcaklığının tahminini için yeni bir YSA modeli önerilmiştir. Önerilen YSA modeli eğitiminde, dış sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı giriş değeri kullanılmıştır. Giriş katmanındaki değişkenlere bağlı olarak fotovoltaik panelin yüzey sıcaklığı çıktı olarak modellenmiştir. Bu çalışmada üç farklı tip algoritma kullanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. En iyi tahmini Leveberg-Marquardt (LM) algoritmasının verdiği tespit edilmiştir. YSA'nın yüzey sıcaklığı tahmininde, konvansiyonel bağıntı metotlarından daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Coşkun ve ark., 2016).

Almanyadaki bir çalışmada, fotovoltaik bir sistemden elde edilen güç tahmini için radyasyonun etkisi araştırılmıştır. Avrupa Orta Vadeli Hava Durumu Tahminleri Merkezi (ECMWF) tarafından öngörülen üç gün öncesine dayanan tahminlere dayalı olarak bölgesel fotovoltaik panellerin enerji güç tahminine yönelik Almanya da bölgesel olarak veya Almanya'nın tamamı için RMSE değeri hesaplanmıştır. Tahmin doğruluğunun artması, esas olarak fotovoltaik sistemlerin bulunduğu bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir (Lorenz ve ark., 2009).

Gerçek bir santral üzerinde yapılan çalışmada, fotovoltaik santraldeki enerji tahmini için yapay bir sinir ağı önerilmiş ve giriş veri setlerine göre hassasiyet, yöntemin doğruluğu, eğitim veri setlerinin ve hata tanımlarının bir fonksiyonu olarak incelenmiştir. Santral üzerindeki deneysel faaliyetlere dayanan bu analizde 48 saat ileri hava tahminine dayalı olarak, ertesi günün tüm gün ışığı saatleri için saatlik enerji tahminini ele alınmıştır. Bu durum, akıllı şebeke uygulamasının talep ettiği öngörücü özellikler nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının planlanması, özellikle depolama sistemi boyutlandırması ve 24 saat öncesinden fotovoltaik çıkış gücünün YSA tahminlerinin analizi için önemli olduğu ifade edilmektedir (Leva ve ark., 2017).

Farklı bir çalışmada, bir fotovoltaik paneldeki modüllerin ana karakteristikleri olarak, nem oranı, voltaj, akım, güç değerlerinin verimlilik üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ortam sıcaklığı ve bağıl nem ile rüzgâr hızı ve ışınım da dahil olmak üzere etkili parametrelere dayalı olarak voltaj ve akımı tahmin etmek için modeller geliştirilmiştir.

Aynı kapasitede ve aynı boyutlarda mono ve polikristal güneş modülleri karşılaştırılmıştır. Genel olarak, polikristal, mono kristal tipe göre bağıl neme daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca güneş modülünün üzerindeki nem artışı, iklim şartlarına bağlı olarak; voltaj, akım, güç ve verimlilik değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir (Sohani ve ark., 2020).

Akdeniz bölgesindeki meteoroloji istasyonundan alınan 1993 ile 2010 yılları arasındaki iklim verileri kullanılarak yatay yüzeye gelen aylık ortalama güneş ışınım şiddetini MJ m² cinsinden tahmin etmek için yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Bölgedeki 7 farklı iklim verisi (ortalama hava sıcaklığı, minimum toprak üstü sıcaklığı, toprak sıcaklığı, bağıl nem, bulutluluk, hava basıncı, güneşlenme süresi) alınmış çıktı parametresi olarak aylık ortalama güneş ışınım tahminini elde edilmiştir. İstatistik yöntemler kullanılarak oluşturulan YSA modelinden elde edilen değerler ile çevre verileri karşılaştırıldığında oldukça uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Geliştirilen bu YSA modeli ile farklı yerleşim yerlerindeki tahminlemede kullanılabileceği ifade edilmektedir (Şahan ve Okur, 2021). Farklı bir çalışmada ise Horasan istasyonundaki meteorolojik eksik sıcaklık verilerini tamamlamak amacı ile YSA modellemesi yapılmıştır. Benzer iklim özelliklerine sahip komşu istasyonların aylık ortalama sıcaklık değerlerinden data seti oluşturularak Horasan istasyonundaki aylık ortalama sıcaklık değerleri çıkışı hesaplanmıştır. Çeşitli istatistiksel datalar karşılaştırılarak eksik sıcaklık verilerinin tahmin edilmesi için en iyi ağ mimarisi ve YSA modeli oluşturulmuştur (Katipoğlu ve Acar, 2021).

Güneş ışınım şiddeti tahmini için Karadeniz bölgesinde yapılan bir çalışmada; Zonguldak iline ait 1995 ile 2004 yılları arasındaki (10 yıllık ortalama değerler) güneş ışınımı, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı deklinasyon açısı, toprak sıcaklığı, , nem miktarı, gibi iklim verileri alınarak YSA modeli ve regresyon analiz yöntemi uygulanmıştır. Yapılan analizlerin sonunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki hatalar karşılaştırıldığında regresyon analiz yöntemindeki hata payının % 1.28, YSA modellemesinde ise % 3.25 olduğu tespit edilmiştir (Deniz ve Kemal, 2007).

Afyon Kocatepe Üniversitesi yerleşkesine kurulmuş olan güneş enerjisi sisteminden üretilecek gücün tahmin edilebilmesi için YSA modeli geliştirilmiştir. Güneş enerji sistemi üzerinden toplanan veriler kullanılarak çok boyutlu doğrusal tahmin filtreleri (MDLPF) modellemesi oluşturulmuştur. Üretilen değerler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında MDLP filtrelerin güç sistemleri için başarılı bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Akarslan ve Hocaoglu, 2018).

Yapılan farklı bir çalışmada, güneş radyasyonu ve güneşlenme sürelerini tahmin etmek için güneydoğu anadolu bölgesine ait beş ilin meteoroloji genel müdürlüğünden alınan dataları kullanılarak Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama (ÜAHO) modeli ve Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHOG) modelleri ile tahminleme çalışması yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ÜAHO yöntemi, ÜAHOG yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermiş olsa da tahmin sonuçlarına göre her iki modelin kabul edilebilir olduğu ifade edilmektedir (Kılıç ve ark., 2016).

Farklı bir çalışmada ise altı farklı açıda kurulum yapılan fotovoltaik panellerden elde edilen güç değerlerinin tahmin edilmesi için parçacık sürü optimizasyonu (PSO), geri yayımlı (GY)yapay sinir ağı modeli ve klonal seçim algoritması (KSA) modelleri oluşturulmuştur. Geliştirilen üç farklı ağ modeli için doğrulama sonuçlarına göre tahminleme de neredeyse tüm aylar için parçacık sürü optimizasyonu (PSO)modelinin diğer algoritmalara göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür (Dandil ve Gürgeç, 2019). Harran Üniversitesi, GAPYENEV merkezindeki meteorolojik istasyonundan alınan verilerdeki kayıp güneş ışınım değerlerinin farklı veri madenciliği yöntemleriyle tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Önerilen Yapay Sinir Ağı modelleri ve diğer veri madenciliği teknikleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında eksik değerlerin tahmin edilmesinde en yüksek başarıyı 'En Yakın Komşu Yöntemi' nin sağladığı görülmüştür (Sağaltıcı ve ark., 2018).

Fotovoltaik panellerden elde edilen güç, meteorolojik değişkenlerle güçlü bir korelasyona sahiptir. Özellikle güneş ışınımı, rüzgâr hızı ve ortam sıcaklığı panel çıkış gücünü etkileyen önemli faktörlerdir. Birçok araştırma makalesi yayınlanmış olmasına rağmen bu değişkenleri tahmin etmek için zaman ve mekânsal parametreler çok fazla dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle daha yeni bir çalışma da, Makine öğreniminde kullanılan farklı modeller oluşturularak 10 dakika sonrasındaki güneş ışınım değerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Önerilen model ile elde edilen ışınım değerinin gerçek ve tahmin edilen arasındaki farkın %4'ten düşük olduğu tespit edilmiştir (Rodriguez ve ark., 2021).

Tüm bu çalışmaların neticesinde tarım ve hayvancılık sektöründe güneş enerjisi kullanımı arttırılarak hem girdi maliyetleri hem de CO₂ emisyonları azaltılabileceği ifade edilmektedir (Delice ve Yashoğlu 2021).

Literatürdeki yapılan araştırmalardan farklı olarak; bu çalışmada Edirne ili çevre şartlarında kurulan güneş enerji sisteminden elde edilen veriler YSA ve KNN algoritmaları ile eğitilerek, sonuçların karşılaştırılması hedeflenmiştir. Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde kurmuş olduğumuz fotovoltaik panel sisteminden elde edilen enerji miktarının belirlenmesinde daha yakın sonuçlar veren tahmin modeli geliştirilmiş olacaktır. Böylece geliştirilen bu yapay zekâ modeli kullanılarak farklı bölgelerde proje öncesinde panel güç çıkışı değerleri tahmin edilebilecektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada fotovoltaik hücre verimliliğiyle ilgili ileri beslemeli, çok katmanlı bir yapay sinir ağı uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapay zekâ algoritmaları için tasarlanmış olan WEKA yazılım aracı ile yapılmıştır.

2.1. Veri Seti

Güneş enerjisinden elektrik dönüşümünde kullanılan fotovoltaik panelin güç çıkışını ölçmek ve YSA ile tahminleme yapmak için Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin içerisinde çalışmaya özel bir deney düzeneği kurulmuştur. Paneller güney yönünde 30°'lik açı ile Şekil 1'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Tablo 1'de panellerin teknik özellikleri verilmiştir.



Figure 1. Photovoltaic System Installation

Şekil 1. Fotovoltaik Sistem Kurulumu

Tablo 1. Fotovoltaik Panel Özellikleri

Table 1. Photovoltaic Panel Features

Parametre	Standart Sapma
Maximum Güç (Pmax)	260W
Güç Toleransı	0 ~ +3%
Maximum Gerilim (Vmp)	31.1V
Maksimum Akım (Imp)	8.37A
Açık Devre Gerilimi (Voc)	38.1V
Kısa Devre Akımı (Isc)	8.98A
Nominal Çalışma Panel Sıcaklığı (NOCT)	45± 2°C
Maximum Sistem Voltajı	1000VDC
Maximum Sigorta Değeri	15A
Çalışma Sıcaklığı	-40°C ~ +85°C
Uygulama Sınıfı	A
Ağırlık	18.5(kg)
Boyut	1650x992x40(mm)
Panel Tipi	Jinko JKM260P-60

Deney düzeneğinde kullanılan panelden elde edilen elektrik enerjisi değerleri düzenli olarak veri kaydedici ile hafıza kartına aktarılmaktadır. Güneş paneli güç çıkışındaki akım ve gerilim değerleri sabah saat 07:00 den başlayarak

akşam saat 19:00 kadar her 10 dakikada bir eş zamanlı olarak dört meteorolojik değer; ışınım, ortam hava sıcaklığı, bağıl nem, hava basıncı, 30 gün boyunca kaydedilmiştir. Aynı deney şartlarında veri alma ve hafıza kartına kaydetme işlemi sonraki 30 gün de devam edilmiştir. Veri setindeki veri miktarı 5060 adettir. Giriş verilerinin çıkış sınıfına göre dengeli dağılımı ve grafikleri Şekil 2’de görülmektedir. Tahminlenmek istenen panelin enerji değerleri dağılımı 1418, 915, 1313 ve 1394 olarak bulunmuştur. Şekil 2’de ki grafikler incelendiğinde panel çıkış gücünü etkileyen en önemli faktörün güneş ışınımı olduğu tespit edilmiştir. Ortam hava sıcaklığı, nem ve basınç değerlerinin panel çıkış gücüne etkisinin güneş ışınımı kadar etkili olmadığı anlaşılmaktadır.

Veri setine ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de gösterilmektedir.

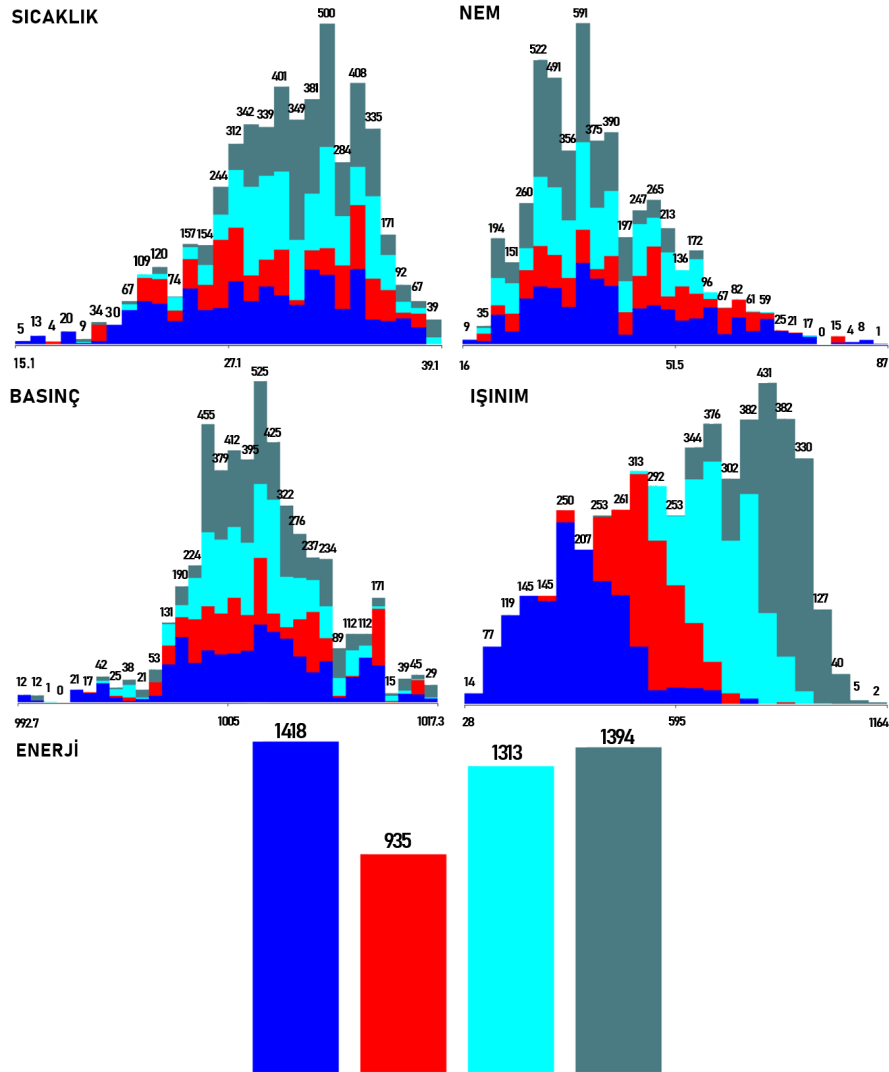


Figure 2. Distribution of the entire data set by output energy
Şekil 2. Tüm veri setinin çıkış enerjisine göre dağılımları

Verilerin sınıflandırmaya olan etkisini değerlendirmek için kazanç oranları hesaplanmıştır. Bu değerlendirme sonucunda verilerin aldığı puan değerleri Tablo 3’te verilmiştir. Tablo 3’e göre başarılı sınıflandırmada en etkili değişken ışınım ardından hava basıncı, ortalama hava sıcaklığı ve sonuncu olarak nem olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Veri kümesi ile ilgili istatistiksel bilgiler
Table 2. Statistical information about the dataset

Parametre	Ortalama	Standart Sapma
Sıcaklık (°C)	30.345	4.168
Nem (%)	39.34	11.599
Basınç (mBar)	1006.837	3.814
Işınım (W/m ²)	618.167	240.18

Tablo 3. Değişkenlerin sınıflandırmaya etkisi
Table 3. Effect of variables on classification

Parametre	Derecesi
Sıcaklık (°C)	0.0816
Nem (%)	0.0635
Basınç (mBar)	0.1058
Işınım (W/m ²)	0.2915

2.2. Yapay Sinir Ağı Algoritması

Panelden üretilen enerjiyi tahmin etmek için ilk olarak yapay sinir ağı (YSA) yöntemi kullanılmıştır (Elmas, 2011). Gizli katman için farklı sayıda katman ve nörondan oluşan modeller denenmiş en başarılı tahminlemeyi yapan model seçilerek kullanılmıştır. Seçilen YSA'nın mimari yapısı lineer (purelin) transfer fonksiyonu kullanan 4 giriş katmanı, Eşitlik (1)'de belirtilen sigmoid transfer fonksiyonunu kullanan 10 nöronlu birinci gizli katman, sigmoid transfer fonksiyonunu kullanan 5 nöronlu ikinci gizli katman ve sigmoid transfer fonksiyonunu kullanan 4 nöronlu bir çıktı katmandan oluşan ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı (FFBPANN) modelidir.

$$y_i = \frac{1}{1+e^{-a_i}} \quad (\text{Eş.1})$$

YSA'da nöronunda üretilen dahili aktivitenin matematiksel ifadesi Eşitlik (2)'deki gibi tanımlanmaktadır.

$$a_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{ij} - W_{i0} \quad (\text{Eş.2})$$

Her nöronun ayarlanabilir bir ağırlık faktörü vardır. a_i , üretilen dahili aktivite seviyesini temsil eder, W_{ij} , iki nöron arası bağlantı girişinin ağırlığını temsil eder, X_{ij} , nörona gelen veri sinyali değerini temsil eder, W_{i0} , birim i ile ilişkili eşiği temsil eder. İç aktivite, Eşitlik (1)'deki nöron y_i 'nin çıktısını elde etmek için doğrusal olmayan bir fonksiyondan (çalışmada sigmoid kullanılmıştır) geçirilir. Ağın performans ve başarımını arttırmak için çıkış nöron sayısı ayrıştırma (discretization) tekniği kullanılarak normalleştirilmiştir. Buna göre 1. çıkış 0 Wh ile 10 Wh arası güç değerini, 2 çıkış 10 Wh ile 20Wh, 3. çıkış 20 Wh ile 30Wh ve son çıkış ise 30 Wh ile 40Wh değerlerini ifade etmektedir. Modelin grafiksel hali Şekil 3'de gösterilmektedir. YSA modelinde kullanılan eğitim algoritması deltadır. Eğitim aşamasında farklı parametreler kullanılmış fakat en iyi sonucu veren iterasyon değeri 1000, öğrenme katsayısı değeri 0.5 ve momentum değeri 0.3 olarak tespit edilmiştir. Doğruluğu en başarılı olan modelin eğitimi 29.52 s sürmüştür. Modelin testi aşamasında onlu çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

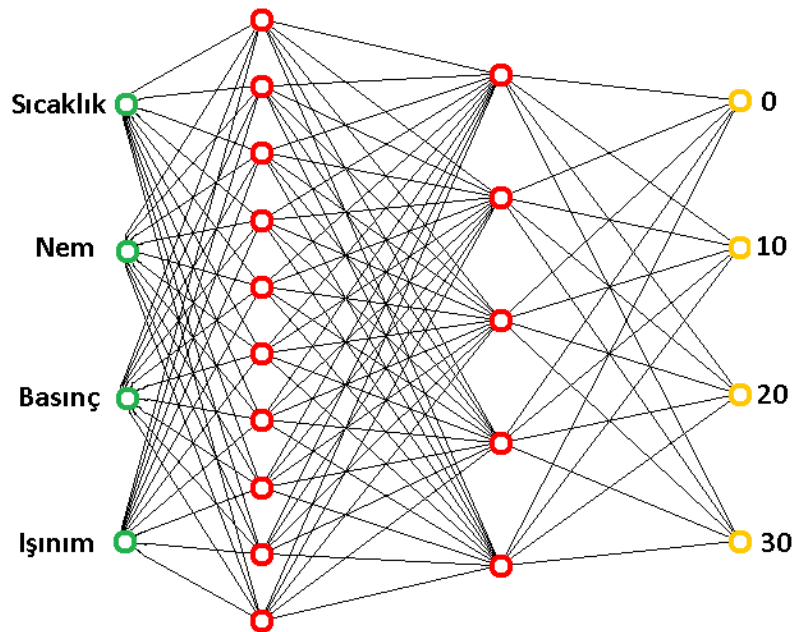


Figure 3. Graphical representation of the artificial neural network model
Şekil 3. Yapay sinir ağı modelinin grafiksel gösterimi

2.3. K- En Yakın Komşuluk Algoritması

Panelden üretilen enerjiyi tahmin etmek için kullanılan diğer bir yöntem ise KNN yöntemidir. KNN algoritması makine öğrenim yöntemleri içerisinde sıklıkla kullanılan popüler bir algoritmadır. Sınıflandırılmak istenen bir özelliğin kendisine en yakın diğer özelliklerle arasındaki Öklid mesafesi kullanarak hangi kategoride olduğu tespit edilir. Parametre olarak K değeri kullanılmaktadır. Bu değer pozitif tamsayı olarak ifade edilmektedir. Veriler arasındaki mesafelerin belirlenmesinde Eşitlik (3)'teki matematiksel ifade kullanılmaktadır (Kılınç ve ark., 2016).

$$\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2} \quad (\text{Eş.3})$$

Çalışmada farklı K değerleri kullanılarak (1,2,4,9) eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasında K=2 değeri en yüksek sınıflandırma başarısını sağlamıştır. Doğruluğu en başarılı olan modelin eğitimi 5.34 s sürmüştür. Modelin testi aşamasında bu algoritma için de onlu çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çevresel değişkenler (Sıcaklık, Nem, Basınç, Işınım) panelden üretilen enerjiyi tahmin etmek için yapay zekâ yöntemlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. İstatistik yöntemler kullanılarak YSA modelinden elde edilen sonuçlar çevresel verilerle karşılaştırılmıştır. Doğruluk, Kappa değeri, Ortalama mutlak hata, Kök ortalama kare hatası, Bağıl mutlak hata, Kök göreceli kare hatası istatistiksel değerleri sırasıyla %98,7945, 0,9838, 0,0061, 0,0776, %1,6418 ve %17,9977 olarak bulunmuştur. Tüm sınıflar için ROC (Reciever Operator Characteristics curve) değeri 0,99dur. Sınıflandırmanın karışıklık matrisi (confusion matrix) değerleri *Tablo 4*'te verilmiştir. Karışıklık matrisinde de görüldüğü gibi öğrenme işlemi başarılıdır. Ölçülen 0-10W arasındaki 1418 eğitim verisinden 1412 sini doğru, 5 tanesini 10-20W arasında yanlış ve 1 tanesini 20-30W arasında yanlış olarak tahmin etmiştir. Diğer güç değerlerinin tahminleme sonuçları da *Tablo 4*'te görüldüğü gibi yüksek doğruluktadır.

Tablo 4. Test sonucunun karışıklık matrisi (YSA)
Table 4. Confusion matrix of test result (ANN)

Sınıflandırılan	0-10W	10-20W	20-30W	30-40W
0-10W	1412	5	1	0
10-20W	13	915	7	0
20-30W	4	7	1292	10
30-40W	0	2	12	1380

Modelin testi aşamasında onlu çapraz doğrulama yöntemi kullanıldığı için toplam 5060 adet veri 10 eşit parçaya bölünerek tüm veriler hem test hem de eğitim için kullanılmıştır. *Şekil 4*'te YSA için gerçekleştirilen eğitimin sadece birinci kısmında yapılan test tahminleri görülmektedir. Kullanılan 506 adet verinin 12 adeti hatalı iken büyük çoğunluğu olan 494 adeti doğru olarak tahminlenmiştir. Veri setinin diğer kısımlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüm veri setinin sonuçları karışıklık matrisinde verilmiştir.

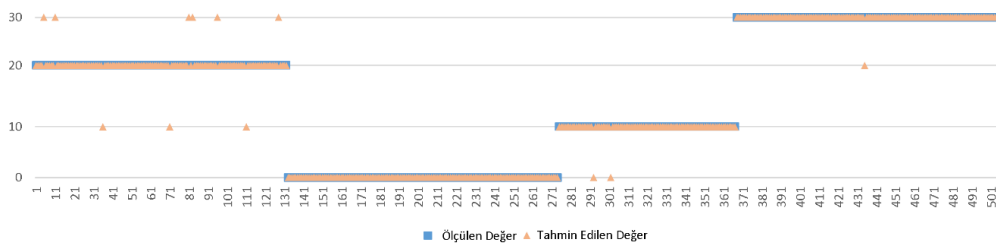


Figure 4. ANN Model Forecast

Şekil 4. YSA Model Tahmini

KNN yönteminde de benzer istatistik yöntemleri kullanılarak eğitim sonucu değerlendirilmiştir. Doğruluk, Kappa değeri, Ortalama mutlak hata, Kök ortalama kare hatası, Bağıl mutlak hata, Kök göreceli kare hatası istatistiksel değerleri sırasıyla %97.3123, 0.9639, 0.0121, 0.1027, %3.2561 ve %23.8201 olarak bulunmuştur. Tüm sınıflar için ortalama ROC (Reciever Operator Characteristics curve) değeri 0.986 dır. Sınıflandırmanın karışıklık

matrisi (confusion matrix) değerleri *Tablo 5*'te verilmiştir. Ölçülen 0-10W arasındaki 1418 eğitim verisinden 1400 adeti doğru tahminlenmiştir. Geriye kalan 16 adeti 10-20W arasında ve 2 tanesini 20-30W arasında yanlış olarak tahmin edilmiştir. Diğer güç değerlerinin tahminleme sonuçları da *Tablo 5*'te görüldüğü gibidir.

Tablo 5. Test sonucunun karışıklık matrisi (KNN)
Table 5. Confusion matrix of test result (KNN)

Sınıflandırılan	0-10W	10-20W	20-30W	30-40W
0-10W	1400	16	2	0
10-20W	20	897	18	0
20-30W	8	12	1262	31
30-40W	0	2	27	1365

Şekil 5' te KNN için gerçekleştirilen eğitimin sadece birinci kısmında yapılan test tahminleri görülmektedir. Kullanılan 506 adet verinin 18 adet i hatalı iken büyük çoğunlu olan 488 adeti doğru olarak tahminlenmiştir. Veri setinin diğer kısımlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüm veri setinin ölçülen ve tahminlenen sonuçları karışıklık matrisinde verilmiştir.

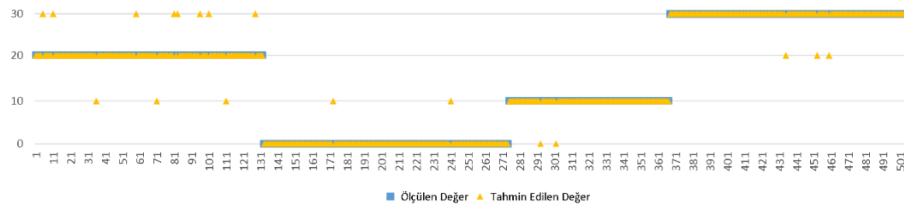


Figure 5. KNN Model Forecast.

Şekil 5. KNN Model Tahmini

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, çevresel faktörler açısından birbirinden farklı üç bölgede (Adıyaman-Malatya-Urfa) kurulum yapılarak ölçüm istasyonları ile çevresel faktörlere bağlı olarak (güneş ışınımı, sıcaklık, rüzgâr, nem, PV panel sıcaklığı) YSA modeli oluşturulmuştur. Fotovoltaik panel çıkış güçleri kaydedilen veri seti üzerine farklı YSA algoritmaları kullanılarak güç tahmini için modellenmesi yapılmıştır. Yapılan bu modellemede eğitilen %99.93 oranında tahmin kabiliyeti sağlanmıştır (İçel, 2019).

Diğer bir çalışmada, PV modüllerinin çıkış gücünü etkileyen güneş ışınımı ve sıcaklık değişimine göre performans tahmini için bir ağ modeli önerilmiştir. Elde edilen veriler analiz edildiğinde, farklı çalışma koşulları altında, PV güç çıktısı tahmin modeli olarak, geleneksel tek YSA yöntemine göre (SANN) yöntemi ile daha doğru sonuçlar elde edilmiştir (Wang ve ark., 2020).

Farklı bir çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi yerleşkesinde kurulan bir deney düzeneğindeki güneş paneli eğim açıları (0°, 30°, 60°) konumlandırılarak alınan verileri tahmin etmede korelasyon analizi ve aşamalı regresyon analizi yöntemleri uygulanmıştır. Güneş enerji sisteminden elde edilen güç üretimini tahmin etmek için Zaman Serisi Analizi (TSA) ve Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli geliştirilmiştir. Elde edilen veriler ve tahmin sonuçları analiz edildiğinde; zaman serisi analizi (TSA) modelinin daha yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Altan ve ark., 2021).

Fotovoltaik çıkış gücünü tahmin etmek için tasarlanan ANN ve ANFIS tabanlı tahmin modeli ile uygulanan çalışma da istasyon verileri ile eğitilen modeller karşılaştırıldığında YSA tabanlı tahminin, ANFIS yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Kumara ve Kalavathi, 2016).

Yaptığımız bu çalışmada ve literatürdeki pek çok araştırmada, fotovoltaik sistemlerin güç çıkışı tahmini için farklı yapay zekâ modelleri kullanılabilir. Önerilen yapay zekâ tahmin modelleri ile gerçek saha şartlarından elde edilen veriler arasında çok yakın bir benzerlik görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerleşkesinde kurulumu yapılan fotovoltaik panellerin ürettiği enerjiyi tahmin etmek için çevresel faktörlere (Sıcaklık, nem, basınç, ışınım) bağlı olarak farklı

iki yapay zeka modelleri (YSA ve KNN) geliştirilmiştir. Aynı veri seti kullanılarak geliştirilen bu modeller eğitilerek tahminleme başarıları karşılaştırılmıştır. Yapılan modellemelerde her iki yöntemde yüksek bir sınıflandırma başarısı sağlanmıştır. Ancak YSA yönteminin tahminleme başarısı (%98.7945) KNN'e (%97.3123) göre daha yüksektir. YSA modeli için tek gizli katman kullanıldığında başarı iki katmana göre daha düşük seviyededir. İki gizli katmandaki nöron sayıları sırasıyla başlangıçta 5-5 ikinci eğitimde 10-5 üçüncüde 10-10 ve son olarak 15-5 şeklinde eğitilmiş ve en başarılı eğitim 10-5 olan modelde elde edilmiştir.

Fotovoltaik panellerin güç üretimine etki eden en büyük faktör güneş ışınımıdır. Yapılan modelleme sonuçları incelendiğinde de ışınımın panel güç çıkışını önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir.

Çalışmanın önemli bir katkısı ise çevresel veriler kullanılarak fotovoltaik panellerin güç tahmininde YSA ve KNN modellerinin birbirine çok yakın sonuçlar vermesidir. Böylece farklı uygulamalarda veya fizibilite çalışmalarında her iki tahminleme modelinin de kullanılabilceği yapılan testlerle doğrulanmıştır.

Bir güneş enerji sistemin güç üretimi, öncelikle panel özellikleri, doğru projelendirme, kurulum, işletme ve iklim şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Güneş enerjisi dönüşüm santrallerinin doğru sahalarda yapılması, kurulum ve enerji maliyetlerini direkt etkilemektedir. Bu sebeple güç tahmininde kullandığımız YSA ve KNN modelleri gerçek değerlere yakın sonuçlar vermiştir. Gelecekte fotovoltaik panel kurulumları öncesinde saha iklim verileri kullanılarak önerilen modeller ile fizibilite çalışmaları ve sistem verimlilik analizlerinin yapılabileceği anlaşılmıştır.

Kaynakça

- Akarşlan, E., Hocaoğlu, F. O. (2018). Bir Fotovoltaik Güç Sisteminin Üretimine Çok Boyutlu Tahmin Filtreleri ile Modellenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(2), 516-522.
- Altan, A., D., Diken, B., Kayışoğlu, B. (2021). Zaman Serileri ve Yapay Sinir Ağı Yöntemleri Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıktılarının Tahmini. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 18(3), 457-469.
- Coşkun, C., Koçyiğit, N., Oktay, Z. (2016). Estimation of PV Module Surface Temperature Using Artificial Neural Networks. Mugla Journal of Science and Technology, 2(2), 15-18. doi:10.22531/muglajsci.283611
- Dandil, E., Gürgen, E. (2019). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıktılarının Tahmini ve Sezgisel Algoritmalar ile Karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16, 146-158.
- Delice, H., Yashoğlu, E. (2021). The Effect of Building Orientation on Utilization of Solar Energy in Dairy Cattle Barns. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 18(3), 419-427.
- Deniz, E., Kemal, A. (2007). Güneş Işınım Şiddeti Tahminlerinde Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Analiz Yöntemleri Kullanımının İncelenmesi. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 27(2), 15-20.
- Elmas, Ç. (2011). Yapay Zeka Uygulamaları. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- İçel, Y. (2019). *Güneş Enerji Sistemlerinin Performans Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi ve Verimliliğin İncelenmesi*. (Doktora Tezi), İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Katipoğlu, O. M., Acar, R. (2021). Estimation of missing temperature data by Artificial Neural Network (ANN) Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 12(2), 431-438. doi:10.24012/dumf.852821
- Kılıç, H., Gümüş, B., Yılmaz, M. (2016). Güneydoğu Anadolu bölgesi için global güneş ışımasının ve güneşlenme süresinin istatistiksel metodlar ile tahmin edilmesi ve karşılaştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(1), 73-83.
- Kılınç, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunali, V., Şimşek, M., Özçift, A. (2016). KNN Algoritması ve R Dili ile Metin Madenciliği Kullanılarak Bilimsel Makale Tasnifi Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 28(3), 89-94. doi:10.7240/mufbed.69674
- Kumara, R. K., Kalavathi, S.M., (2016). Artificial intelligence based forecast models for predicting solar power generation. Materials Today: Proceedings 5 .796–802
- Leva, S., Dolara, A., Grimaccia, F., Mussetta, M., Ogliari, E. (2017). Analysis and validation of 24 hours ahead neural network forecasting of photovoltaic output power. Mathematics and Computers in Simulation, 131, 88-100. doi:10.1016/j.matcom.2015.05.010
- Lorenz, E., Hurka, J., Heinemann, D., Beyer, H. G. (2009). Irradiance Forecasting for the Power Prediction of Grid-Connected Photovoltaic Systems. Ieee Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2(1), 2-10. doi:10.1109/Jstars.2009.2020300
- Rodriguez, F., Martin, F., Fontan, L., Galarza, A. (2021). Ensemble of machine learning and spatiotemporal parameters to forecast very short-term solar irradiation to compute photovoltaic generators' output power. Energy, 229. doi:10.1016/j.energy.2021.120647
- Saberian, A., Hizam, H., Radzi, M. A. M., Ab Kadir, M. Z. A., Mirzaei, M. (2014). Modelling and Prediction of Photovoltaic Power Output Using Artificial Neural Networks. International Journal of Photoenergy, 2014. doi:10.1155/2014/469701
- Sağaltıcı, D., Alay, F., D., Efil, C., İlhan, N. (2018). Veri Madenciliği Yöntemleri İle Meteorolojik Verilerden Kayıp Güneş Işınım Değerlerinin Tahmini. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2, 49-53.
- Sohani, A., Shahverdian, M. H., Sayyaadi, H., Garcia, D. A. (2020). Impact of absolute and relative humidity on the performance of mono and poly crystalline silicon photovoltaics; applying artificial neural network. Journal of Cleaner Production, 276. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123016
- Şahan, M., Okur, Y. (2021). Akdeniz Bölgesine Ait Meteorolojik Veriler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Güneş Enerjisinin Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 11(1), 61-71.
- Wang, S., Zhang, Y., Zhang, C., Yang, M. (2020). Improved artificial neural network method for predicting photovoltaic output performance. Global Energy Interconnection, 3(6), 553-561. doi:10.14171/j.2096-5117.gei.2020.06.005
- Zhu, H. L., Li, X., Sun, Q., Nie, L., Yao, J. X., Zhao, G. (2016). A Power Prediction Method for Photovoltaic Power Plant Based on Wavelet Decomposition and Artificial Neural Networks. Energies, 9(1). doi:10.3390/en9010011
- Ziane, A., Necaibia, A., Sahouane, N., Dabou, R., Mostefaoui, M., Bouraiou, A., Khelifi, S., Rouabhia, A., Blal, M. (2021). Photovoltaic output power performance assessment and forecasting: Impact of meteorological variables. Solar Energy, 220, 745-757. doi:10.1016/j.solener.2021.04.004

Çeşitli Türk Diatom Topraklarının Çeltikte Pirinç Bitine, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği

Insecticidal Efficacy of Some Turkish Diatomaceous Earth Deposits Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera:Curculionidae) on Paddy

Veysel ALAGÖZ¹, Özgür SAĞLAM^{2*}

Öz


Bu çalışmada Türkiye'nin 4 farklı bölgesinden alınan diatom topraklarının (DE) çeltik üzerinde, pirinç biti, *Sitophilus oryzae* L. erginlerine karşı insektisidal etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı Türk diatom toprağı (AGN-1, ACN-1, FB2N-1 ve CCN-1) ile ticari diatom toprağı (Silicosec)'nin 100, 300, 500, 900 ve 1500 ppm (mg DE/kg çeltik) dozları çeltikle karıştırılmıştır. Diatom toprakları ile karıştırılan çeltikler 100 ml şişelere konularak üzerine <14 günlük pirinç biti erginleri bırakılıp şişelerin ağzı tülle kapatılmıştır. Denemeler 25±1°C sıcaklıkta ve %55 nemde karanlık ortamda yürütülmüştür. Diatom uygulamasından 7, 14 ve 21 gün sonra ölüm oranları ve yeni nesil ergin (F1) sayıları belirlenmiştir. Yedinci günde AGN-1 diatom toprağında 300 ppm ve üzeri dozlarda %100, diğer diatom topraklarında 1500 ppm'de %1.4- 97.7 arasında ölüm gözlenmiştir. Ondördüncü günde AGN-1'de 100 ppm dozda %98.5 ölüm olurken, ACN-1'de 900 ve 1500 ppm dozda %100, diğer diatomlarda 1500 ppm dozda CCN-1'de %97.3, Silicosec'te %96.6 ve FB2N-1'de %42 ölüm tespit edilmiştir. Yirmibirinci günde AGN-1'de bütün dozlarda %100 ölüm yakalanırken ACN-1'de 900 ve 1500 ppm dozunda, CCN-1 ve Silicosec'te 1500 ppm dozunda %100 ve FB2N-1'de 1500 ppm dozunda %93.9 ölüm gözlenmiştir. AGN-1 diatom toprağı ile muamele edilen çeltiklerden F1 ergin çıkışı olmamıştır. Türkiye'nin farklı noktalarında alınan diatom toprağı örneklerinin böcekler üzerindeki etkinlikleri arasındaki farklılıkların, farklı fiziksel özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan diatom toprakları SiO₂ oranları bakımından kıyaslandığında yüksek silisyum oranına sahip diatom topraklarının (FB2N-1) etkinliklerinin düşük olabileceği belirlenmiştir. Partikül büyüklüğü bakımında ise benzer büyüklüğe sahip olanların (AGN-1, FB2N-1) böcekleri üzerindeki etkinliğinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuç olarak AGN-1 isimli Türk diatom toprağı ticari Silicosec ticari preparatına göre çeltikte pirinç bitine karşı daha yüksek insektisidal etkinlik göstermiş ve dolayısıyla mücadelede kullanılabilme potansiyeli olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yerel diatom toprağı, Silicosec, Çeltik, *Sitophilus oryzae*, Türkiye

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özgür SAĞLAM, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

E-mail: osaglam@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-3138-2884

¹ Veysel ALAGÖZ, TÜV Austria Türk Belgelendirme Eğitim ve Gözetim Hizmetleri Ltd. Şti., Ümraniye, İstanbul, Türkiye E-mail: veyselalagoz07@gmail.com

 OrcID: 0000-0003-3655-7604

Atıf/Citation: Alagöz, V., Sağlam, Ö. Çeşitli Türk Diatom Topraklarının Çeltikte Pirinç Bitine, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 446-455.

*Bu çalışma Veysel ALAGÖZ' ün Yüksek Lisans tezinin bir kısmından üretilmiş olup Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresinde özet olarak basılmıştır.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

In this study, the insecticidal effect of 4 different Turkish diatomaceous earth (DE) were tested against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. on paddy rice. Paddy rice was treated at 100, 300, 500, 900 and 1500 ppm (mg DE/kg paddy rice) concentrations of four Turkish diatomaceous earths (AGN-1, ACN-1, FB2N-1 and CCN-1) and commercial diatom earth (Silicosec). Paddy rice samples were mixed with DE and then filled into 100 ml glass vials. Rice weevil adults (<14 days) were transferred into the vials and the vials were covered with fine mesh. The experiments were carried out at 25±1 °C temperature, 55% RH in dark conditions under laboratory conditions. After 7, 14, 21 days of treatment the mortality rates of *S. oryzae* adults and progeny production numbers (F1) were recorded. AGN-1 diatomaceous earth at 300 ppm and higher concentrations produced 100 % adult mortality on the 7th days after treatment while other DE's caused 1.4- 97.7% mortality even at the highest concentration (1500 ppm). After 14 days of the treatments, 100 ppm concentration of AGN-1 produced 98.5 % mortality, while 900 and 1500 ppm concentration of ACN-1 caused 100% mortality. Other DE's, CCN-1 Silicosec and FB2N-1, at 1500 ppm concentration produced 97.3, 96.6 and 42 % of mortality respectively. After 21 days of the treatments, AGN-1 caused 100% mortality at all concentrations while ACN-1 at 900 and 1500 ppm, CCN-1 and Silicosec and FB2N-1 at 1500 ppm produced 100%, 100% and 93.9% mortality respectively. AGN1 was totally hindered progeny production. It has been determined that the differences between th insecticidal activities of tested DEs on stored product insects could be attributed to different physical properties of DE samples taken from different locations of Turkey. In this study it was determined that diatomaceous earth with high SiO₂ ratio (FB2N-1) had low insecticidal efficacy against tested insect. On the other hand, of DEs with similar particle size (AGN-1, FB2N-1) were determined to have significant differences in their efficacy against *S. oryzae*. In conclusion, this study indicated that Turkish diatomaceous earth, AGN-1 showed higher insecticidal efficacy against *S. oryzae* on paddy rice than commercial DE, Silicosec and can potentially be used as a grain protectant for control of *S. oryzae* on paddy rice.

Keywords: Local diatomaceous earth, Silicosec, Paddy, *Sitophilus oryzae*, Turkey

1. Giriş

İnsanların beslenmesinde bitkisel ürünlerden; buğday, pirinç, arpa, yulaf, çavdar, mısır ve diğer tahıl grupları önemli bir yer tutmaktadır. 2019/20 sezonu küresel çeltik üretiminde ilk sırada yer alan Çin'de üretimin yaklaşık 210 milyon ton, ikinci büyük üretici olan Hindistan'da ise üretimin 177 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Anonim,2021a). FAO verilerine göre; 2020 yılında 125 bin hektarlık ekiliş alanında, ülkemizde 980 bin ton çeltik üretimi yapılmıştır (Anonim,2021b). Hasat edilen çeltikler hemen işlenmeyip çoğunlukla ticari ve ekonomik nedenlerden dolayı belirli bir süre depolanmaktadırlar. Depolamaya alınan çeltik işleninceye kadar geçen sürede ürünün dane özelliklerini muhafaza etmesi istenmektedir. Depolama esnasında çeltik ve pirinçteki depolanmış ürün zararlıları kalite ve kantitede önemli kayıplara neden olmaktadır (Atabay ve ark., 2013). Donahaye ve Messer (1992) depolanmış ürün zararlılarının ürünlerde beslenmesi durumunda %10'luk bir ürün kaybına neden olabileceğini bildirmiştir. Bu kapsamda depolanmış ürün zararlılarıyla mücadele kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüzde depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede ilk başvuru yöntem kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadelede yoğun miktarda malathion, pirimiphos-metil, chlorpyrifos-metil ve deltamethrin gibi koruyucu kontakt insektisitler yanında yoğun miktarda kullanımı olan metil bromid ve alüminyum fosfin gibi fumigantlar bulunmaktadır (Bond ve ark., 1984). Metil bromidin ozon tabakasını delici gazlar içerisinde bulunmasından dolayı Birleşmiş Milletler Montreal Protokolüne göre kullanımı 2015 yılından itibaren karantina uygulamaları dışında yasaklanmış durumdadır (UNEP, 1995). Ülkemizde ruhsatlı fümigant olarak sadece fosfin (PH₃) ve sülfürlü florit (SO₂F₂) bulunmaktadır. Sülfürlü florit gazı ülkemizde 2009 yılında sadece incir, kayısı, üzüm, fındık gibi kuru meyveler üzerinde kullanımı için ruhsatlandırılmıştır (Anonim, 2021c). Fosfinle fumigasyonda ise, fumigasyon süresinin uzun olması ve dünyada 45'den fazla ülkede depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı dayanıklılık geliştirdikleri tespit edilmiştir (Zettler ve Keever, 1994; Bell ve Wilson, 1995; Chaudry, 1996; Athié ve ark., 1998; Benhalima ve ark., 2004; Pimentel ve ark., 2010, Sağlam ve ark.,2015). Ülkemizde de Koçak ve ark. (2014), *Tribolium castaneum*'da fosfine karşı dayanıklılık tespit etmiştir. Doğrudan ürüne uygulanan bazı insektisitlerin kalıntıları tüketiciye önemli seviyede akut ve kronik olarak zarar verebilmektedir. Diğer taraftan, zararlılarda dayanıklılık gelişimi, uygulamada sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Champ ve Dyte, 1976; Lorini ve Galley, 1999).

Bugün geleneksel olarak kullanılan fumigantların ve koruyucu kontakt insektisitlerin artan zararlarından dolayı birçok araştırmacı ve üretici alternatif mücadele yöntemlerine yönelmiştir. Alternatif mücadele yöntemlerinde fiziksel mücadele içerisinde Diatomoecus earth (Diatom toprağı) gibi inert tozlara olan ilgi artmıştır. Diatom toprakları muhtemelen insektisit olarak kullanılabilen kuru maddelere bağlı en etkili doğal kaynaktır (Korunic, 1998). İlk ticari diatom toprağı formülasyonu 1800'lü yıllarda USA'de patent alınmasına karşın yaygın olarak kullanımı 1950 yılından sonra olmuştur (Anonim 2021d). Depolanmış ürün zararlısı böceklerin; kimyasal savaşımında kullanılan etkili maddelere nazaran diatom toprağına daha az direnç göstermesi, diatom toprağının uygulama yapılan ürün üzerinden daha kolay uzaklaştırılması ve kalıntı bırakmaması, son olarak memelilere ve çevreye düşük toksisite göstermesi nedeniyle; depolanmış ürün zararlısı böceklerin mücadelesinde kullanılmaya başlanmıştır (Fields, 1998).

Diatom toprakları; diatomit alglarının fosilleşmiş silisli kabuklarından oluşmuş bir çökelti olup, hücre çeperleri (kabukları) amorf silisten (SiO₂ + H₂O) oluşmuştur. Diatomitlerin çeşitli nedenlerle yaşamlarının sona ermesi ile silisli kabukları bir araya toplanarak çökelmekte ve diatom rezervlerini oluşturmaktadır. Diatom topraklarının insektisidal aktiviteleri; tür kompozisyonuna, jeolojik ve jeografik orijinine, aynı zamanda SiO₂ içeriği, pH ve sıkıştırılmış yoğunluğu gibi belli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir (Korunic, 1997). Diatom toprakları böceklerin kutikülasında etkili olup su kaybından ölüme neden olmaktadır (Ebeling, 1971). Memelilere toksik olmayan (sıçanlarda ağızdan LD₅₀ değeri > 5000 mg/kg vücut ağırlığı) diatom toprağı ürünler üzerinde toksik kalıntı bırakmaz ve gıda katkı maddesi olarak kullanıldığı için U.S. EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) 'ya göre GRAS (Generally Recognized As Safe (Genellikle Güvenilir Kabul Edilen)) kategorisinde sınıflandırılır (FDA, 1995). Diatom toprağı sanayide birçok alanda filtrasyon, dolgu ve katkı malzemesi, insanlarda silisyum takviyesi olarak, ev içinde veya çevresinde haşerelerle mücadelesinde ve gıda maddelerinin paketlenmesinde nem tutucu olarak kullanılmaktadır (Özbey ve Atamer, 1987; Durmuşkaya, 2009; Çolak ve ark., 2011; Çetin ve Taş, 2012). Sonuç olarak diatom toprakları tamamen organik ürün üretimiyle uyumlu olup organik bir ürün olarak kabul edilmektedir (Subramanyam ve Roesli, 2000).

İnsektisidal kullanımı konusunda özel bir ekipmana ihtiyaç olmaması, çevre ile hiçbir etkileşime girmemesi ve uygulama yapılan ürünlerde uzun süre kalabilmelerinden dolayı özellikle depolanmış tahılları zararlı böceklerden uzun süre korumada geleneksel insektisitlere alternatif olabilmektedir (Athanassiou ve ark., 2005). Yapılan incelemelerde Türkiye'nin değişik bölgelerinde çok zengin diatom yataklarına sahip ve olduğu görülmektedir (Özbey ve Atamer, 1987; Mete, 1988; Sıvacı ve Dere, 2006; Çetin ve Taş, 2012).

Türkiye'den elde edilen ve işlenen yerel diatom topraklarının depolanmış ürün zararlılarına karşı etkinliği üzerine hali hazırda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Doğanay,2013; Ertürk,2014; Işıkber ve ark.,2016; Sağlam ve ark.,2017; Akçalı ve ark. 2018; Şen ve ark.,2019). Marmara bölgesi çeltik üretimde önemli bir yere sahip olup, yapılan çalışmalarda çeltik depo ve fabrikalarında hakim zararlıının *Sitophilus* spp. olduğunu belirlenmiştir (Atabay ve ark.,2013; Toğantimur ve Özder,2019). Bu çalışma kapsamında; Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilmiş yerel diatom toprakları ve Silicosec ticari diatom preparatının; ülkemizin tahıl üretiminde önemli bir yer kaplayan çeltiğin depolanması sırasında büyük ölçüde sorun yaratan *Sitophilus oryzae*, (Pirinç biti)'ye karşı etkinliği belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Biyolojik Denemelerde Kullanılan Diatom Toprakları

Biyolojik denemelerde Ege ve Orta Anadolu bölgesinden örneklenen AGN-1, ACN-1, FB2N-1 ve CCN-1 kodlu yerli diatom toprakları kullanılmıştır. Denemelerde şahit olarak ticari diatom preparatı Silicosec (Biofa Company-Almanya) kullanılmıştır. Ele alınan diatomlara (DE) ait fiziksel özellikler *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Test edilen yerel diatom topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Table 1. Some physical properties of tested local diatomaceous earths

DE Kodu	SiO ₂ Oranı (%)	Partikül Çapı (µm)	DE- Çeltik Yapışma oranı (% ± SH)	Renk
AGN-1	75.5*	16.19	84.54 ± 0.30	Sarımtırak-beyaz
ACN-1	73.8	14.29	88.89 ± 0.58	Sarımtırak-beyaz
CCN-1	74.6	12.75	83.00 ± 0.98	Sarımtırak-beyaz
FB2N-1	91.9	16.99	87.03 ± 1.33	Beyaz
Silicosec	85.7	12.51	85.90 ± 0.68	Sarımtırak-beyaz

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Analiz Laboratuvarı analiz sonuçlarından elde edilmiştir.

2.2. Denemelerde kullanılan Çeltik

Denemelerde %15 ± 1 ürün nemi içeren Osmancık-97 çeşidi çeltik (kavuzlu) (*Oryza sativa* L.) kullanılmıştır. Nem ölçümlerinde KETT - PM-650 model portatif nem tayin cihazı kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan çeltik bir hafta süreyle -20 C' de derin dondurucuda tutulmuş ve olası zararlılardan arındırılarak steril hale getirilmiştir ve ağzı kapalı bidonlar içerisinde saklanmıştır.

2.3. Pirinç Biti, *Sitophilus oryzae* kültürü

Sitophilus oryzae kültürü Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma bölümü Toksikoloji laboratuvarında 5 yıldır üretimi yapılan Laboratuvar kültürü böceklerden oluşmuştur. 1 litrelik cam kavanozlar içerisine 250-350 gram buğday ilave edildikten sonra karışık cinsiyette 200 adet ergin bırakılmış ve kavanozların ağızları hava giriş çıkışı bulunan kapaklarla kapatılmıştır. Böcekler buğday üzerinde geliştirilmiş ve deneme esnasında çeltik kavanozlarına aktarılmıştır. Kültürler 26 ± 1 °C de %55 ± 5 nem içeren ortamda bekletilmiş ve 7-10 gün sonra erginler elek yardımıyla elenerek bulaşık buğdaydan ayrılmış ve bulaşık olmayan buğday konulan kavanozlara eklenerek kültürlerin devamlılığı sağlanmıştır. Yaklaşık 30-40 gün sonra çıkan yeni nesil ergin böceklerden <14 günlük yaştaki erginler kullanılmıştır.

2.4. Biyolojik denemeler

Denemelerde kullanılan çeltik, terazi (SWAN, SF-550) yardımıyla 0.5 kg tartılmış ve 3 litrelik kavanozlara konulmuştur. Biyolojik denemelerde kullanılan her diatom toprağı için 100, 300, 500, 900 ve 1500 ppm konsantrasyonları uygulanmıştır. Ele alınan konsantrasyonlar 0.05, 0.150, 0.250, 0.450, ve 0.750 g diatom toprağı, 0.5 kg ürüne konarak elde edilmiştir. Hassas terazi (RADWAG, WTB 200) yardımıyla tartılan diatom örnekleri 3 litrelik

kavanozlara konulan ürünlerin üzerine eklenmiştir. Diatom toprağının çeltiğe homojen bir şekilde kaplaması için kavanozların ağızları sıkıca kapatılarak 3 dakika boyunca elle çalkalanmıştır, diatom uygulanmayan çeltik kontrol grubu olarak ele alınmıştır. Diatom toprağı uygulaması yapılan ve kontrol grubu kabul edilen çeltik kavanozlarından 50 gram çeltik 100 ml'lik (8.3 x 4.5 cm) cam şişelere konmuş ve denemeler 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir şişeye 30 adet karışık cinsiyette ergin böcek ince uçlu fırça ile aktarılmıştır. Biyolojik denemeler iklim odasında 25 ± 1 C sıcaklıkta ve % 55 ± 3 nispi nemde yürütülmüştür. Belirtilen nemli ortamı oluşturmak için kapakları kilitli 80 l'lik plastik saklama kapları (70,05 x 44,5 x 3 8,5 cm) ile nem hücreleri oluşturulmuştur. Orantılı nem değerlerinin deneme süresince sabit kalması için NaBr (94.32g NaBr/100 ml su) çözeltisi kullanılmıştır (Greenspan 1976). Uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra 2 mm'lik metal elek ile kavanozlardaki çeltik elenerek böceklerin ölü-canlı sayımı yapılmıştır. Sayımlarda anten veya bacakları hareket etmeyen böcekler ölü kabul edilmiştir. Son sayım gününden sonra cam şişe içerisindeki tüm ölü ve canlı böcekler elek yardımıyla dışarı alınmıştır. Cam şişeler yeni nesil ergin (F1) sayısını belirlemek için 45 gün süre ile iklim odasında (26 ± 1 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 nispi nem) karanlık ortamda tutulmuştur ve 45 gün sonra çeltikler elek yardımıyla elenmiş ve yeni nesil ergin sayımları yapılmıştır.

2.5. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

Yürütülen biyolojik denemeler sonucunda 7. 14. ve 21. gün sonrası ölen birey sayılarını ve F1 yeni nesil sayılarını içeren Excel tabloları oluşturulmuştur. Kontrolde ölüm olan uygulamalarda Abbott'un düzeltme formülü kullanılarak ölüm oranları düzeltilmiştir (Abbott, 1925). Diatom toprağı uygulamalarına ait 7. 14. ve 21. gün ölüm oranları ayrı ayrı Arcsin transformasyonu uygulandıktan sonra SPSS-18 istatistik programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur (SPSS, 2009). Yeni nesil ergin sayılarına ait verilere ise Abbott'un düzeltme formülü ve transformasyon yapılmadan aynı istatistiksel analiz uygulanmıştır. Hem ölüm hem de yeni nesil ergin sayılarına ait ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Yedi, on dört ve yirmi bir gün maruz kalma sürelerinde elde edilen ölüm oranları

Yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda diatom toprağı çeşitlerinin (7. gün $F_{4,70}=469.66$, $P<0.0001$, 14. gün $F_{4,70}=310.46$, $P<0.0001$ ve 21. gün $F_{4,70}=222.18$, $P<0.0001$) ve uygulama konsantrasyonlarının (7. gün $F_{4,70}=125.11$, $P<0.0001$, 14. gün $F_{4,70}=237.289$, $P<0.0001$ ve 21. gün $F_{4,70}=389.99$, $P<0.0001$) ölüm oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkiye sahip olduğu ve bu iki faktörün arasındaki interaksyonun (7. gün $F_{16,70}=22.465$, $P<0.0001$, 14. gün $F_{16,70}=23.737$, $P<0.0001$ ve 21. gün $F_{16,70}=29.06$, $P<0.0001$) da istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

Çeltik üzerinde *Sitophilus oryzae* erginleri ile yürütülen çalışmada; 7 gün maruz kalma süresinde sadece AGN-1 diatom toprağında 300 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda %100 ölüm olurken, diğer diatom topraklarında en yüksek ölüm 1500 ppm konsantrasyonda ACN-1'de % 97.7 olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 7 gün süreyle maruz bırakılan *Sitophilus oryzae* erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları

Table 2. Mean mortality (%) (SE) of *Sitophilus oryzae* adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 7 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0.0*Aa	97.7 ± 1.1Aa	57.9 ± 8.2Ac	1.4 ± 0.8Ad	86.4 ± 2.0Ab	$F_{4,14}=97.37$ $P<0.0001$
900	100 ± 0.0Aa	94.3 ± 3.0Ab	38.2 ± 5.9Bc	0.0 ± 0.0Be	17.1 ± 4.1Bd	$F_{4,14}=143.07$ $P<0.0001$
500	100 ± 0Aa	73.6 ± 8.1Bb	6.9 ± 3.8Cc	0 ± 0Bd	6.8 ± 4.1BCc	$F_{4,14}=290.52$ $P<0.0001$
300	100 ± 0.0Aa	8.0 ± 3.4Cb	0.8 ± 0.5CDc	0.0 ± 0.0Bc	0.8 ± 0.4Cc	$F_{4,14}=290.52$ $P<0.0001$
100	89.5 ± 6.0Ba	1.9 ± 1.4Cb	0 ± 0 Db	0.0 ± 0.0Bb	3.8 ± 3.8Cb	$F_{4,14}=64.46$ $P<0.0001$
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	$F_{4,10}=3.642$ $P<0.044$	$F_{4,10}=57.702$ $P<0.0001$	$F_{4,20}=39.947$ $P<0.0001$	$F_{4,20}=2.66$ $P=0.063$	$F_{4,10}=42.045$ $P<0.0001$	$F_{4,10}=3.642$ $P<0.044$

*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

FB2N1 kodlu diatom toprağının 1500 ppm konsantrasyonda bile oldukça düşük etki gösterdiği belirlenmiştir. Ticari Silicosec diatom toprağında ise 100-900 ppm konsantrasyon aralığında ölüm oranı %4-17 arasında değişirken en yüksek konsantrasyonda yüksek bir artış oranıyla % 86'ya ulaştığı belirlenmiştir. On dördüncü gün verileri incelendiğinde AGN-1 diatom toprağında 100 ppm'de % 98.5, 300 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda % 100 ölüm elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 3). Bu dozda ticari diatom preparatı ile karşılaştırıldığında etkinin 18 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yerli diatom toprağının 100 ppm de gösterdiği ölüm oranı ticari diatom toprağında elde etmek için dozun 1500 ppm'e ulaşması gerekmektedir. 14. gün sonuçlarına göre ACN-1'de ise 900 ve 1500 ppm'de % 100, CCN-1 ve Silicosec 1500 ppm'de yaklaşık olarak % 98 ölüm olmuştur. Yerli diatom topraklarının FB2N1 dışında diğerleri ticari diatom toprağına benzere veya çok daha yüksek etki ile ön plana çıkmışlardır.

Tablo 3. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 14 gün süreyle maruz bırakılan Sitophilus oryzae erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları

Table 3. Mean mortality (%) (SE) of Sitophilus oryzae adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 14 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0.0*Aa	100 ± 0.0Aa	97.3 ± 2.0Aa	42.2 ± 2.7Ab	96.6 ± 2.0Aa	F _{4,14} =60.51 P<0.0001
900	100 ± 0.0Aa	100 ± 0.0Aa	72.4 ± 3.7Bb	24.3 ± 6.8Bd	51.1 ± 7.4Bc	F _{4,14} =59.14 P<0.0001
500	100 ± 0.0Aa	79.4 ± 5.1Bb	18.6 ± 4.2Cc	8.4 ± 0.7Cc	14.8 ± 6.8Cc	F _{4,14} =104.52 P<0.0001
300	100 ± 0.0Aa	8.0 ± 3.4Cb	0.8 ± 0.5CDc	0.0 ± 0.0Bc	0.8 ± 0.4Cc	F _{4,14} =93.80 P<0.0001
100	98.5 ± 1.5Aa	1.9 ± 1.4Db	0.8 ± 0.5Db	1.8 ± 0.7Db	5.3 ± 4.7CDb	F _{4,14} =87.32 P<0.0001
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	100 ± 0.0 Aa	25.0 ± 6.8 Cb	0.8 ± 0.5 Dc	4 ± 2.7 Dc	0.8 ± 0.4 Dc	F _{4,14} =93.80 P<0.0001

*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Yirmi bir gün maruz kalma süresinde ise Silicosec sadece 1500 ppm'de %100 ölüme ulaşırken, AGN-1 bütün konsantrasyonlarda %100, ACN-1 kodlu diatom toprağı 900 ve 1500 ppm'de ise %100 ölüm tespit edilmiştir. CCN-1 ve FB2N-1 diatom topraklarında sırasıyla 1500 ppm'de %100 ve %94 ölüm olmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 21 gün süreyle maruz bırakılan Sitophilus oryzae erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları

Table 4. Mean mortality (%) (SE) of Sitophilus oryzae adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 21 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0*Aa	100 ± 0Aa	100 ± 0Aa	93.9 ± 1.9Ab	100 ± 0Aa	F _{4,14} =26.92 P<0.0001
900	100 ± 0Aa	100 ± 0Aa	94.5 ± 2.5Ba	71.8 ± 4.4Bb	85.2 ± 1.1Bb	F _{4,14} =19.11 P<0.0001
500	100 ± 0Aa	90.9 ± 4.1Bb	45.2 ± 7.1Cc	36.7 ± 4.6Cc	46.6 ± 13.1Cc	F _{4,14} =27.36 P<0.0001
300	100 ± 0Aa	52.3 ± 3.9Cb	1.2 ± 0.5Dd	9.3 ± 1.6Dc	4.6 ± 0Dc	F _{4,14} =367.34P <0.0001
100	100 ± 0Aa	3.4 ± 1.1Db	1.5 ± 1.1Db	1.8 ± 0.7Eb	5.3 ± 4.7Db	F _{4,14} =106.23 P<0.0001
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	-	F _{4,10} =227.60 P<0.0001	F _{4,20} =165.28 P<0.0001	F _{4,20} =146.15 P<0.0001	F _{4,10} =57.073 P<0.0001	

*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Ele alınan yerli diatom toprakları arasında FB2N1 kodlu diatom toprağı diğerlerine göre etkinliği biraz düşük olmasına karşın en yüksek konsantrasyonda %94 oranı ile yüksek bir etkinlik ortaya koymuştur.

Çeltik üzerinde *S.oryzae* erginlerine ticari Silicosec, yerli AGN-1 ve ACN-1 diatom topraklarına oranla düşük ölüm oranı gösterirken CCN-1 ile benzer etki göstermiştir. Athanassiou ve ark. (2003) Silicosec'in *S. oryzae* erginlerine çeltik üzerinde 7 ve 14 gün maruz kalma süresinde 1000 ve 1500 ppm'de ise % 100 ölüm tespit edildiğini bildirmişlerdir. Ertürk (2014) benzer bir çalışmada; Protector ticari preparatı çeltik üzerinde *S. oryzae* erginlerinde (1000 ppm) 14 gün maruz kalma süresinde % 100 ölüm tespit edildiğini bildirmiştir. Chiriloaie ve ark., (2014) çeltik üzerinde Pyrisec'e maruz kalan *S.oryzae* erginlerinde en yüksek konsantrasyon olan 900 ppm'de 7,14 ve 21 gün maruz kalma sürelerinde % 100 ölüme ulaşamadığını bildirmiştir. Mc Gaughey (1972) çeltik üzerinde Perma Guard diatom toprağının *S. oryzae* erginlerine 21 gün maruz kalma süresinde 1750 ppm konsantrasyonda % 100 ölüm gösterdiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Athanassiou ve ark. (2014) sert buğday üzerinde Keepdry ticari diatom toprağının *S. oryzae* erginlerinde 500 ppm konsantrasyonda 7. ve 14. günlerde % 100 ölüm oranına ulaşamadığını bildirmiştir. Kavallieratos ve ark. (2010) buğday üzerinde *S. oryzae* erginlerine 7 gün maruz kalma süresinde 1000 ppm konsantrasyonda Protector ve Insecto ticari preparatlarının % 100 ölüm gösterdiğini bildirmişlerdir.

3.2. Biyolojik testler sonunda çeltik üzerinde elde edilen *Sitophilus oryzae*'nin yeni nesil verimi (F1)

Çeltik üzerinde yürütülen biyolojik denemeler sonunda elde edilen *S. oryzae*'nin ortalama yeni nesil sayıları (adet) *Tablo 5'* de verilmektedir.

Yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda diatom çeşitlerinin ($F_{4,84}=223.93$, $P<0.0001$) ve uygulama konsantrasyonlarının ($F_{5,84}=84.37$, $P<0.0001$) yeni nesil ergin sayıları üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkiye sahip olduğu ve bu iki faktörün arasında interaksiyonun ($F_{20,84}=5.80$, $P<0.0001$) da istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

Tablo 5. Çeltik üzerinde yürütülen biyolojik denemelerden 45 gün sonra elde edilen *Sitophilus oryzae*'nin ortalama yeni nesil (F1) sayıları ($\pm SH$)

*Table 5. Mean numbers of progeny (F1) ($\pm SE$) of *Sitophilus oryzae* obtained after 45 days from the biological tests carried out on the paddy*

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	0.0 \pm 0.0*Bc	0.0 \pm 0.0 Cc	11.6 \pm 2.5 Eb	40.0 \pm 3.2Da	2.3 \pm 1.9Dc	$F_{4,14}=2.943$ $P<0.0001$
900	0.0 \pm 0.0 Bc	1.3 \pm 0.7 Cc	27 \pm 6.1 Db	45.6 \pm 6.2CDa	8.0 \pm 3.5Dc	$F_{4,14}=16.82$ $P<0.0001$
500	0.0 \pm 0.0 Bc	7.0 \pm 2.1 Cbc	51.4 \pm 5.8 Ca	56.2 \pm 4.2 Ca	19.7 \pm 1.5Cb	$F_{4,14}=33.24$ $P<0.0001$
300	0.0 \pm 0.0 Bc	20.3 \pm 3.8 Bb	68.2 \pm 5.4Ba	71.2 \pm 3.1 Ba	33.0 \pm 4.6Bb	$F_{4,14}=51.40$ $P<0.0001$
100	0.0 \pm 0.0 Bd	25.3 \pm 2.7 Bc	74 \pm 5.9Ba	79.8 \pm 2.0ABa	40.3 \pm 1.2ABb	$F_{4,14}=72.00$ $P<0.0001$
Kontrol	14.3 \pm 0.3 Ac	48.3 \pm 1.7 Ab	92.8 \pm 6.1Aa	84.6 \pm 2.7Aa	51.0 \pm 5.8Ab	$F_{4,14}=46.85$ $P<0.0001$
F ve P değeri	$F_{5,12}=1849.0$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=68.377$ $P<0.0001$	$F_{5,24}=33.929$ $P<0.0001$	$F_{5,24}=23.07$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=29.241$ $P<0.0001$	

*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Çeltik üzerinde *S. oryzae* ile yürütülen deneme sonuçlarında; Silicosec bütün konsantrasyonlarda yeni nesil çıkışını baskı altına alamazken, AGN-1 ele alınan tüm konsantrasyonlarda ve ACN-1 1500 ppm'de yeni nesil çıkışını baskı altına almıştır. ACN-1'de 900 ppm konsantrasyonda 1.3 adet yeni nesil çıkışı tespit edilirken, Silicosec'te 1500 ppm konsantrasyonda 2.3 adet yeni nesil çıkışı tespit edilmiştir. CCN-1'de (1500 ppm) ise 11.6 adet yeni nesil çıkışı FB2N-1'de (1500 ppm) 40 adete yükselmiştir. Test edilen diatom topraklarında, kontrol grubuna göre konsantrasyonlar attıkça yeni nesil çıkışında azalmalar tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada Silicosec'te en yüksek konsantrasyonda (1500 ppm) 2.3 adet yeni nesil çıkışı olurken, Athanassiou ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada 45 gün bekleme süresinde 1500 ppm konsantrasyonda yeni nesil çıkışı olmadığını

bildirmişlerdir. Ertürk (2014) benzer bir çalışmada; Protector ticari preparatı çeltik üzerinde *S. oryzae* erginlerinde (1750 ppm konsantrasyonda) yeni nesil çıkışını tamamen baskı altına aldığını bildirirken mevcut çalışmada ise ticari Silicosec'te (1500 ppm) yeni nesil çıkışını 2.3 adet olarak tespit edilmiştir. İki deneme sonuçlarındaki farklılığın denemelerde kullanılan ürün farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer bir çalışmada ise Vayias ve Stephou (2009); çeltik üzerinde 150 ppm DEBBM diatom formülasyonunda, 50 gün bekleme süresi sonunda 5.3 adet yeni nesil çıkışı görüldüğünü bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Günümüzde tüketicilerin organik ürünlere yönelmesi ve üreticilerin ise kimyasal mücadelede kullanılan pestisitleri bilinçsizce kullanmasından dolayı; kimyasal mücadeleye alternatif yeni yöntemler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Diatom topraklarının böcekler etki mekanizmasının fiziksel yolla etkili olması ile kimyasal insektisitlere göre etki mekanizması tamamen farklılık göstermektedir. Ayrıca pestisitlere göre daha insan ve çevreye olumsuz etkisinin olmaması ve tamamen organik ürün kategorisinde kabul edilmesi önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bu bakımdan depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılma potansiyelleri her gün artmaktadır. Özellikle kimyasal ilaçlardaki fiyat artışları da üretici ve tüketicileri alternatif ve yerli çözümlere olan ilgisini artırmaktadır. Dünya genelinde çok sayıda ticari diatom toprağı preparatı depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılmasına karşın henüz ülkemizde ruhsat almış bir preparat yoktur. Ülkemizde bulunan diatom toprağı rezervleri özellikle içecek ve yağ sanayi kuruluşlarında filtre malzemesi ve katkı maddesi olarak yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen yerel diatom topraklarının depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılma potansiyeli ile ilgili sınırlı çalışma mevcuttur. Çeltik üzerinde kullanımda ise ticari preparatlarla rekabet edebilecek etkinlikler bu çalışma ile belirlenmiştir. Doğanay (2013) yaptığı çalışma da yerel diatom toprağı kaynaklarının tahıl ürünlerinde ticari ticari preparatlara benzer ve daha yüksek etki gösterdiğini bildirmiştir. Çeltik üzerinde; 7 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm ve Silicosec 1500 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda, 14 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm, CCN-1 900 ppm, Silicosec 1500 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda, 21 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm, CCN-1, Silicosec ve FB2N-1 900 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda kullanılabilceği ortaya konmuştur. Yeni nesil ergin sayısına bakıldığında yerel diatom topraklarının etkinlikte ön plana çıkararak uygulama sonrasında yeni böcek popülasyonu gelişini tamamen durdurabilmiştir.

Ticari Silicosec preparatında bu tam olarak sağlanamamıştır. Yine yerel diatom topraklarından FB2N1 ise tüm diatom topraklarına göre yeni nesil ergin çıkışı en fazla olan preparat olmuştur. Bu diatom kaynağını diğerlerinde ayıran en önemli özellik *Tablo 1.*'de de görüleceği üzere, % 92 SiO₂ oranı ile silisce en yüksek diatom kaynağı olmasında kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar çok yüksek silisyum oranına (<%90) sahip diatom toprağının (FB2N-1) böcekler karşı etkinliklerin düşük olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla yüksek silisyum dioksit içeren diatom topraklarının böcekler üzerindeki öldürücü etkinliklerinde önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Korunic ve ark. (1997) diatom topraklarının insektisidal aktivitelerinin; diatom türüne, jeolojik ve jeografik orijinine, aynı zamanda SiO₂ içeriği, pH ve sıkıştırılmış yoğunluğu gibi özelliklerine bağlı olarak önemli değişiklikler gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında yerli Türk diatom topraklarının ticari preparatlar haline getirilmesi ve kullanılabilmeleri için farklı kaynakların birlikte etkinliklerini testlenmesi ve laboratuvar dışında gerçek depo şartlarında insektisit özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bu çalışmalar sonuçlandıktan sonra ancak etkili bir yerli diatom preparatın üretilbileceği, bitki koruma ürün ruhsatı alabileceği ve kullanılma potansiyeline sahip olabileceği belirlenecektir.

Kaynakça

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (1): 265-267.
- Akçalı, S., Işıker, A.A., Sağlam, Ö., Tunaz H., Er M.K. (2018). Laboratory evaluation of Turkish diatomaceous earths as potential stored grain protectants., In: *Proceedings of 12th International Working Conference on Stored Product Protection*, P.739-743, 7-11 October 2018, Berlin, Germany.
- Anonim (2021a). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu Çeltik, Temmuz-2020. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara. [Çeltik, Temmuz-2020, Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.pdf](#), (Erişim Tarihi: 02.08.2021)
- Anonim (2021b). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (Accessed date: 02.08.2021)
- Anonim (2021c). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı. <https://bku.tarim.gov.tr/BKURuhsat/Details/1669>. (Erişim Tarihi: 08.08.2021)
- Anonim (2021d). Diatomaceous earth: A non toxic pesticide, <http://eap.mcgill.ca/publications/eap4.htm>. (Erişim Tarihi: 07.08.2021)
- Atabay, S., Aydın, V., Özder, N. (2013). Balıkesir (Gönen) ve Edirne (Uzunköprü)'de depolanmış çeltik ve pirinçlerde saptanan zararlı böcek türleri, *Bitki Koruma Bülteni*, 53 (3):141-157.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsaganou, C., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Buchelos, C. Th. (2003). Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection* 22: 1141-1147.
- Athanassiou C. G., Vayias B. J., Dimizas C.B., Kavallieratos N. G., Papagregoriou A.S., Buchelos C.Th. (2005). Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Prod. Research*, 41: 47-55.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N. G., Lazzari, F.A. (2014). Insecticidal effect of Keepdry for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. *Journal of Stored Products Research*, 59: 133-139.
- Athié, I., Gomes, A.R., Bolonhezi, S., Valentini, S.R.T., De Castro, M.F.P. (1998). Effects of carbon dioxide and phosphine mixtures on resistant populations of stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research* 34: 27-32.
- Bell, C.H., Wilson, S.M. (1995). Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* Everts. (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research* 31: 199-205.
- Benhalima, H., Chaudhry, M.Q., Mills, K.A., Price, N.R. (2004). Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Product Research* 40 (3): 241-249.
- Bond, E.J., Dumas, T., Hobbs, S. (1984). Corrosion of metals by the fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research* 20: 57-63.
- Champ, B.R., Dye, C.E. (1976). FAO Global Survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production Protection Ser. No. 5. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Chaudry, M.Q. (1996). A review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-product insect. *Pesticide Science* 49: 213-228
- Chiriloaie, A., Athanassiou, C., Vassilakos, T., Fătu V., Drosu, S., Ciobanu, M. (2014). Influence of grain type on the efficacy of some formulations of Diatomaceous Earth against The Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Scientific Papers Series A. Agronomy*, Vol. LVII, 140-145p.
- Çetin, M., Taş, B. (2012). Biyolojik orjinli tek mineral: Diyatomit. *Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV) Bilim Dergisi*, 5(2): 28-46.
- Çolak, H., Uğurluay, G., Nazlı, B., Bingöl, E.B. (2011). Paketlemede kullanılan nem tutucu filtrelerin hindi etinin raf ömrü üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 37(2): 107-116.
- Doğanay, Ş.İ. (2013). *Çeşitli diyatomit topraklarının depolanmış tahıl zararlıları, Sitophilus granarius (L.) ve Rhyzopertha dominica (F.) 'ya karşı etkinliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. 55s
- Donahaye, E.J., Messer, E. (1992). Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries. Research Report RR-91-7, The Allan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University, USA, 19 p.
- Durmuşkaya C., 2009. Nano teknoloji uzmanı Diyatomeler. *Bilim Teknik Dergisi* (1): 56-59.
- Ebeling, W. (1971). Sorptive dusts for pest control. *Annual Review of Entomology* 16: 123-158.
- Ertürk, S. (2014). *Farklı Diyatomit Toprağı formülasyonlarının depolanmış çeltikte zararlı böceklerin etkinliği üzerinde araştırmalar*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara, 120s.
- FDA (1995). Specifications for diatomaceous earths as a maximum 2 % animal feed additive. Food and Drug Administration, 21 CFR Section, 573.340.

- Fields, P. (1998). Diatomaceous earth: Advantages and limitations. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection*, 14-19 October 1998, P.781-784, Beijing, China.
- Işıkber, A.A., Sağlam, Ö., Er, M.K., Tunaz H. (2016). Potential of Turkish diatomaceous earth formulations as natural grain protectants for control of stored grain insects, *15th International Cereal and Bread Congress*, 18-21 April 2016, P. 42, İstanbul, Turkey.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Kotzamanidis, S., Synodis, S.V. (2010). Efficacy and adherence ratio of diatomaceous earth and spinosad in three wheat varieties against three stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 73-80.
- Koçak, E., Schlipalius, D., Kaur, R., Tuck, A., Ebert, P., Collins, P., Yılmaz, A. (2014). Türkiye’de Un Biti, *T.castaneum* (Herbst) popülasyonlarında fosfin direnci. *Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi*, 3-5 Şubat 2014, S: 11, Antalya.
- Korunic, Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* 33 (3): 219-229.
- Korunic, Z., (1998). Diatomaceous earth a group of natural insecticides. *Journal of Stored Product Research*, 34: 87-97.
- Lorini, I., Galley, D.J. (1999). Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products Research*, 35 (1): 37-45.
- Mc Gaughey, W.H. (1972). Ditomaceous earth for confused flour beetle and rice weevil control in rough, brown and milled rice. *Journal of Economic Entomology* 65 (5): 1427-1428.
- Mete, Z. (1988). Kütahya-Alayunt yöresi diyatomit yataklarının zenginleştirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi* 1 (1): 184-201.
- Özbey, G., Atamer, N. (1987). Kizelgur (Diatomit) hakkında bazı bilgiler. 10. Türkiye Madencilik Bilimsel Teknik Kongresi, Ankara, 493-502.
- Pimentel, M.A.G, Faroni, L.R.D.A, Silva, F.H.D., Batista, M.D., Guedes, R.N.C. (2010). Spread of phosphine resistance among brazilian populations of three species of stored sroduct insects. *Neotropical Entomology* 39 (1):101–107.
- Sağlam, Ö., Edde, P., Phillips, T.W. (2015). Resistance of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to Fumigation with Phosphine, *Journal of Economic Entomology* 108: 2489-2495.
- Sağlam, Ö, Işıkber, A.A., Tunaz, H., Er, M.K., Bahadır, F., Şen, R. (2017). Preliminary checking of some Turkish diatomaceous earth similarities with commercial diatomaceous earths under scanning electron microscope (SEM). *Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty (JOTAF), the Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress*,13-19p.
- SPSS (2009). SPSS Version 18.0.0, SPSS Inc, 233 S. Wacker Drive, Chicago, USA.
- Subramanyam, B., Roesli, R. (2000). Inert dust. In Subramanyam Bh, Hagstrum, D.W. (Eds), *Alternatives to Pesticides in Stored - Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, p. 321-379.
- Sıvacı, R., Dere, Ş. (2006). Melendiz Çayı’nın (Aksaray-Ihlara) epipelik diyatome florasının mevsimsel değişimi. *Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (1):1-12.
- Şen, R., Işıkber, A.A., Bozkurt, H., Sağlam, Ö. (2019). Effect of temperature on insecticidal efficiency of local diatomaceous earth against stored-grain insects. *Turkish Journal of Entomology* 43: 441-450.
- Toğantimur, O., Özder N. (2019) Edirne ilinde depolanmış buğday ve un fabrikalarında saptanan zararlı böcekler üzerine araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 192-201.
- UNEP (1995). Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee, 1995 Assessment, UNEP, Nairobi, Kenya, 304 pp.
- Vayias, B.J., Stephou, V.K. (2009). Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species. *Journal of Stored Products Research* 45: 226–231.
- Zettler, L.J., Keever, D.W. (1994). Phosphine resistance in cigarette beetle (Coleoptera: Anobiidae) associated with tobacco storage in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 87 (3): 546-550.

Ekmek Mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) Fabrika Artıklarından Ham İnvvertaz Enzimi Üretimi


The Production of Crude Invertase From The By-products of Baker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Factory

Neşe ÖZDİNÇ¹, Hasan Murat VELİOĞLU^{1,*}

Öz

İnvvertaz enzimi ülkemizin dışa bağımlı olduğu gıda katkı maddelerinden bir tanesidir. Endüstriyel anlamda invvertaz enziminin kullanım alanları; invert şeker şurubu üretimi, çikolata üretimi, frukto-oligosakkarit sentezi ve bebek gıdası üretimi şeklinde sıralanabilir. Yerli kaynaklardan, düşük maliyetle invvertaz enzimi üretimi konusunda yapılacak çalışmalar ülkemizin katkı maddelerinde dışa bağımlılığının azaltılmasına hizmet edecektir. Bu çalışmada endüstriyel ekmek mayası üretiminde artık olarak açığa çıkan eleküstü mayadan ham enzim ekstraktı üretilmesi amaçlanmıştır. Eleküstü mayadan ekstrakte edilen ve ham enzim ekstraktı olarak tanımlanabilecek, yüksek invvertaz aktivitesine sahip ürün (i) püskürtülerek kurutulmuş, (ii) liyofilize ve (iii) ham enzim ekstraktı halinde aktivite ölçümüne tabi tutularak (iv) ticari muadili ile karşılaştırılmıştır. Her örnek öncelikle sabit sıcaklık 40°C ve 4-7 arası değişen pH değerlerinde enzim aktivitesi yönünden incelenmiştir. Bu analizler sonucunda belirlenen optimum pH değeri sabit tutularak bu kez 30-65°C aralığında optimum çalışma sıcaklığının belirlenmesi denemeleri yürütülmüştür. Yapılan çalışmalara göre sıcaklığın sabit tutulduğu pH denemelerinde, tüm ürünlerde optimum pH 4.5 olarak tespit edilmiştir. pH değerinin optimize edilmesinin ardından gerçekleştirilen sıcaklık optimizasyonu çalışmasında ise ham enzim ekstraktının en yüksek invvertaz aktivitesi gösterdiği sıcaklık 40°C olarak tespit edilmiştir. Optimum sıcaklık ve pH değerlerinde yapılan aktivite ölçümleri sonucunda, ticari invvertaz enziminde 3.30 U/mL, püskürtmeli kurutucudan elde edilen üründe 2.90 U/mL, liyofilize üründe 2.93 U/mL ve son olarak ham enzim ekstraktında 1.73 U/mL invvertaz aktivite değerleri bulunmuştur. Veriler incelendiğinde 60°C üzerindeki sıcaklıkların ve pH 5 değeri üzerindeki pH seviyelerinin enzim aktivitesini olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda endüstride artık olarak değerlendirilen ve genelde hayvan yemi olarak oldukça ucuz fiyata satışı yapılan artık bir maddenin enzim kaynağı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekmek mayası, İnvvertaz, Enzim aktivitesi, Optimizasyon, Karakterizasyon

¹: Neşe ÖZDİNÇ. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, B Blok, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: nescozdn@gmail.com  ORCID: 0000-0001-7523-4387

²* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan Murat Velioglu. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, B Blok, Tekirdağ, Türkiye.

E-mail: mvelioglu@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-8275-6965

Atıf/Citation: Özdiñç, N., Velioglu, H.M. Ekmek Mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) Fabrika Artıklarından Ham İnvvertaz Enzimi Üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 456-464.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Invertase enzyme is one of the food additives that our country is dependent on foreign sources. Industrial usage areas of invertase enzyme are invert sugar syrup production, chocolate production, fructo-oligosaccharide synthesis and baby food production. Studies on the production of invertase enzyme from domestic sources at low cost will serve to reduce the foreign dependency of our country in additives. In the present study, the production possibility of invertase enzyme from sieve residue yeast, by-product of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) factory, was investigated. Crude enzyme extracts obtained from sieve residue yeast (i) spray dried, (ii) lyophilized and (iii) collected in aqueous form were compared with (iv) industrial invertase enzyme sample in terms of enzymatic activity. Every sample was analyzed for enzymatic activity at constant temperature (40°C) and at different pH values between 4 and 7 in order to find out the optimum pH value for highest enzymatic activity. Then, the pH value was kept constant at optimum value and the enzymatic activity was determined at different temperature levels between 30- 65°C. Optimum pH value was determined as 4.5 for all samples and the enzymatic activity was found as 3.30, 2.90, 2.93 and 1.73 U/mL for industrial invertase enzyme, spray dried, lyophilized and aqueous extract, respectively. The analysis at optimum pH of 4.5 and at different temperatures showed that the highest enzymatic activity was screened at 40°C for all samples. Additionally, there was a significant loss of enzymatic activity over 60°C for all samples. Finally, the study showed that sieve residue yeast has a usage potential in invertase production. While this by-product is sold at low price for animal feeding purposes, advanced purification techniques can be used to create value-added product in this sector.

Keywords: Baker's yeast, Invertase, Enzyme Activity, Optimization, Characterization

1. Giriş

Kimyasal tepkimelerin hızını arttıran biyomoleküllere enzim adı verilmektedir. Enzimler, kimyasal tepkimeleri koordine eden protein yapısında olan biyolojik katalizörlerdir. (Garret ve ark. 1999). Kimyasal tepkimenin başlangıcında enzimlerin etki ettiği maddeler substrat, tepkime sonucu olarak artan ve açığa çıkan madde de ürün olarak adlandırılır.

Enzimlerin mikroorganizma, bitki ve hayvanların canlı hücreleri tarafından sentezlendiği bilinmektedir. Yaşam için gerekli (elzem) olan enzimler, *in vivo* (hücre içinde) ve *in vitro* (hücre dışında) koşullarda aktivite gösterirler.

Enzimler, endüstride kullanılan kimyasal katalizörlerle kıyaslandığında kullanımı oldukça kolay ajanlar olup, yüksek katalitik etkinlikleri ve sahip oldukları spesifik özellikleriyle öne çıkmaktadır. Enzimler substrat özgüllüğüne sahip olmasından dolayı, tek bir son ürün oluşumunu sağlamakta ve gereksiz yan ürünün oluşmasını da engellemektedir. Bu durumda, yüksek tepkime verimi sağlamasından dolayı üretim maliyetini düşürmektedir. Çevre boyutuna bakılırsa, enzimlerin protein yapıya sahip olmaları biyolojik olarak bozunabilmelerine imkân tanır, böylelikle artık yönetimini kolaylaştırır (Krajewska, 2003; Aehle, 2004; Kasavi, 2006; Özçömlekçi 2006).

İnvvertaz (-fruktofuranozidaz, E.C 3.2.1.26) enzimi, sakkarozun früktoz ve glukozu çevrilmesinde kullanılan biyolojik katalizördür. İlk olarak keşfedilen enzimler arasında olan invvertaz, ekmek mayasından izole edilmiştir. İnvvertaz enzimi kimliği belirlenen proteinler arasında en önemli enzimlerden birisidir. Enzim kinetiğinin prensiplerinin çıkartılmasında kullanılmıştır (Michaelis ve Menten, 1913).

Tarımsal üretim ve gıda endüstrisinde invvertaz enzimi kullanımı yaygındır, bunlara örnek olarak; şekerleme sanayiinde uygulamalar, ekmekçilik sektörü uygulamaları, şeker kamışı melasının etanole fermantasyonu, invert şeker şuruplarının hazırlanması, silaj üretimi verilebilir (Polat ve ark., 2005; Velioglu ve Çelikyurt, 2016). Literatür incelendiğinde proteinler ve enzimlerin saflaştırılması, farklı enzimlerin aktivitelerinin hesaplanması, enzimlerin izolasyonu ve saflaştırılması konusundaki çalışmalar oldukça dikkat çekicidir. Son yıllarda farklı kaynaklardan enzim eldesi, artık ve atıkların geri kazanımı yoluyla enzim üretimi konularında yapılan bilimsel çalışmaların sayısı artmıştır. Ülkemizde endüstriyel gıda üretiminde ortaya çıkan artıkların değerlendirilmesi ve yeniden ekonomiye kazandırılması konusunda yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyanın en büyük ekmek mayası üreticilerinden olan ülkemizde bu sektörün artıkları konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, maya fabrikası artığı elek üstü mayadan elde edilen püskürtülerek kurutulmuş, liyofilize edilmiş, ham enzim ekstraktı ve ticari enzim formları kullanılarak farklı sıcaklık ve pH aralıkları denenerek invvertaz aktivite tayini yapılması hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçların endüstriyel bir artığın yeniden değerlendirilmesi konusunda yeni veriler sağlayabileceği öngörülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında invvertaz enziminin elde edileceği hammadde olarak kullanılan eleküstü maya, ekmek mayası (*Sacchoromyces cerevisia*) üretimi gerçekleştiren Lesaffre Turquie A.Ş fabrikasından temin edilmiştir. Çalışma kapsamında karşılaştırma amacıyla kullanılan ticari toz invvertaz enzimi yerel bir tedarikçiden temin edilmiştir.

2.1. Eleküstü Mayanın Hidroliz İşlemi

Temin edilen eleküstü maya topaklanmış halde olduğundan havanda toz hale getirilmiştir. Ultrasonikasyon öncesi örneğin çözdürülmesinde kullanılacak pH 7.6'lık 50 mM sodyum fosfat tamponu, 8.9 g Na₂HPO₄ * 2H₂O 1000 mL saf su içerisinde çözülerek hazırlanmış ve pH değeri 1 N HCl ve 1 N NaOH kullanılarak sabitlemiştir.

10 g örnek üzerine 500 mL saf su eklenerek manyetik karıştırıcıda 15 d boyunca tam bir çözünme sağlanacak şekilde karıştırılmıştır. Homojen hale gelen sıvı karışımdan 250 mL alınarak ayrı bir kaptan 250 mL tampon çözelti ile karıştırılmıştır. Ultrasonikatör (Q Sonica, Q125, LLC, NY, ABD) ile 20 KHz frekansta 10 s süreli 8 tekrarda parçalanmış hücre yapısından salınan proteince yoğun sıvı kısmın ortamdan toplanması için santrifüj aşamasına geçilmiştir. Karışımdan 50 mL'lik falkon tüplerine aktarılan örnekler 10000 rpm'de 10 d boyunca oda sıcaklığında santrifüjlenmiştir (Sigma, 3-18K, Almanya). Protein ve enzim açısından zengin olan, ham enzim ekstraktı olarak kabul edilen süpernatant falkon tüplerinden ağzı kapalı cam kaplara aktararak ileri analizler yapılınca dek buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

2.2. Püskürterek Kurutma

Püskürterek kurutma, sıvı örneklerin sıcak hava ortamına püskürtülmesiyle örneğin içindeki suyun evaporasyonu sonucunda toz halde elde edilmesine dayanan işlemdir. Püskürtülen örnek emülsiyon, süspansiyon veya solüsyon halinde olabilir. Elde edilen ürün de granül yapıya da partikül halinde olabilir. Sonuç olarak elde edilen ürünün formu, verilen solüsyonun özelliklerine göre ve kurutucunun dizaynına göre değişmektedir.

Ultrasonikasyon ve santrifügasyon sonrası elde edilen ham enzim ekstraktı püskürtmeli kurutucu (Büchi mini spray dry, B-290, İsviçre) kullanılarak, giriş sıcaklığı 90°C, çıkış sıcaklığı 53°C, emiş gücü %97, %20 vakum gücü ile kontrollü takip edilerek örnek toz hale getirilmiştir. Enzim aktivitesi çalışmalarında kullanılmaya yetecek bir miktar toplanana dek tekrar edilen kurutma işlemi neticesinde yaklaşık 10 g toz örnek ağız kapalı saklama kaplarında buzdolabı koşullarında ileriki analizlere kadar muhafaza edilmiştir.

2.3. Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) süspansiyon halde veya çözelti halinde bulunan ürünlerin dondurulması ve sonrasında süblimasyon yoluyla gaz fazının uzaklaştırılması yöntemine dayalı bir işlemdir. Bu aşamada ürünler katı halden sıvı faza geçmeden düşük basınca maruz kalarak kurutulmaktadır.

Ultrasonikasyon ve santrifügasyon sonrası elde edilen ham enzim ekstraktı liyofilizatör (Christ, Alpha 2-4 LD Plus, Almanya) kullanılarak toz hale getirilmiştir. Örnekte su miktarının yüksek olması dolayı liyofilizasyon işlemi neticesinde yarı yapışkan katı ürün elde edilmiştir. Elde edilen ürün buzdolabı koşullarında ileriki analizler için muhafaza edilmiştir.

2.4. İvertaz Aktivite Tayini

Çalışmada invertaz enzim aktivitesi belirlemek ve elde edilen ham enzim ekstraktının ticari muadili ile karşılaştırmasını yapmak amacıyla titrasyon yöntemi kullanılmıştır. Titrasyon yöntemiyle elde edilen sonuçlar elektü mayada invertaz varlığını ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. Ham enzim ekstraktı (i), püskürtülerek kurutulmuş (ii), liyofilize edilmiş (iii), ve ticari olarak temin edilmiş (iv) örnekler invertaz aktivitesi açısından değerlendirilmiştir.

Titrasyon metodu ile enzim aktivite tayini için, invertaz enziminin optimum çalışma sıcaklığı olan 40°C'de pH aralıkları 4-7 arasında değişiklikler yapılarak aktivite ölçümüne alınmıştır. Ardından, ilk aşamada belirlenen optimum pH'da sıcaklık 30-65°C arasında değiştirilerek aktivite ölçülmüştür. Çalışmada analiz sırasında kullanılacak olan kimyasallar, titrasyon metodu ile enzim aktivite tayinine göre hazırlanmıştır.

Yapılan invertaz aktivitesi hesaplanması aşağıdaki eşitlik 1' e göre yapılmıştır.

$$Hacim\ aktivitesi\left(\frac{U}{mL}\right) = \Delta titre (b - t) \times F \times df \quad 0,600 \times Vs = \Delta titre \times F \times 1,66 \times df \quad (Eş.1)$$

U: Unit

mL :Mililitre

Δ titre: Titrasyon Farkı

b: Kör

t: Test

F: Konstrasyon Faktörü

df: Dilüsyon Farkı

0,600: 50 mM Na Titrasyon Farkı

1,66: Sabit

Vs: Örnek Hacmi

2.5 İstatistik Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmeleri SPSS 22.0 paket programında tek yönlü varyans analizi (one way-ANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu çıkan ortalamalar arasındaki farklılık, Duncan's çoklu karşılaştırma testi ile $P < 0.05$ düzeyinde test edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Ham Enzim Eldesi

Ön hazırlık aşamaları dikkate alındığında, ultrasonikasyon sonrası santrifüje alınan 1000 mL çözelti içerisinde 10 g eleküstü maya bulunmaktadır. Püskürtmeli kurutucuya beslenen 1000 mL süpernatanttan 2 g toz halde ham enzim elde edilmiş olup verim %20 olarak hesaplanmıştır. İkinci yöntem olan liyofilizasyonda ise cihaza konan 1000 mL süpernatanttan yaklaşık 6 g yarı yapışkan halde ham enzim elde edilmiştir. Kuru madde analizi de yapılan bu üründe verimin prosesin tamamı için %18 olduğu görülmüştür. Ham enzim ekstraktı olarak kullanılan süpernatant için herhangi bir verim hesabı yapılmamıştır. Her ne kadar ileri saflaştırma basamakları ile bu verimin bir miktar daha düşeceği kabul edilse de proses edilen her 100 g eleküstü mayadan yaklaşık 20 g ham enzim elde edilebileceği anlaşılmaktadır.

3.2. İnvvertaz Aktivite Tayini

Çalışma kapsamında aktivite tayini modifiye Fehling-Lehmann-Schoorl metodu kullanılarak yapılmıştır (Yamamoto ve ark. 1957). Titrasyon temelli bu methoda elde edilen aktivite dakikada bir mikromol sakkarozu hidrolize edebilen enzim aktivitesi olan birime eşittir. Bu metod kullanılarak; sıcaklık 40°C’de sabit tutulup 4-7 arasında değiştirilen pH değerleri ve tespit edilen optimum pH kullanılarak 30-65°C’de denemeler yapılmıştır.

3.2.1. Sabit Sıcaklık Değişen pH Değerlerinde Enzim Aktivite Tayini

Enzimler, protein yapısında bulduklarından yüksek sıcaklık enzimlerin yapısına ve aktivitesinin hesaplanmasına olumsuz sonuç göstermektedir. Bu sebepten yapılan araştırmalarda invvertazın optimum aktivite gösterdiği sıcaklık 40-45°C olarak verilmiştir (Jones ve ark. 1970; Mensonides ve ark. 2014). Çalışmamızda sıcaklık sabit tutulup, pH denemeleri için yapılan analizde sıcaklık 40°C olarak seçilmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar *Tablo 1*’de sunulmuştur.

Tablo 1. Değişen pH değerlerinde enzim aktiviteleri

Table 1. Enzyme activities at different pH levels

pH	Enzim aktivitesi (U/mL)*			
	Ticari	Püskürtülerek kurutulmuş	Liyofilize	Ham ekstrakt
4.0	2.90±0.05 ^b	2.33±0.03 ^b	1.93±0.03 ^b	1.45±0.05 ^b
4.5	3.33±0.03 ^a	2.90±0.05 ^a	2.93±0.03 ^a	1.73±0.03 ^a
5.0	2.60±0.00 ^c	1.73±0.03 ^c	1.34±0.02 ^c	0.96±0.01 ^c
5.5	1.73±0.03 ^d	0.85±0.05 ^d	0.85±0.05 ^d	0.96±0.01 ^c
6.0	1.73±0.03 ^d	0.48±0.08 ^e	0.45±0.05 ^e	0.45±0.05 ^d
6.5	0.96±0.01 ^f	0.48±0.08 ^e	0.43±0.08 ^e	0.43±0.08 ^d
7.0	1.45±0.00 ^e	0.48±0.08 ^e	0.43±0.08 ^e	0.48±0.08 ^d

*Tablodaki enzim aktivitesi değerleri ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üst indisle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Tablo 1 incelendiğinde, ortam pH değerindeki değişimin 4 örnek için de enzim aktivite değerini önemli (P<0.05) şekilde değiştirdiği görülmektedir. pH 4.5 değeri her örnek için en yüksek aktivitenin tespit edildiği değer olarak öne çıkmaktadır. Enzimatik aktivitenin pH değerine bağlı değişimi *Şekil 1*’de görsel olarak daha anlaşılır olmaktadır.

Şekil 1’de sıcaklığın 40°C’de sabit tutulan ve pH aralıkları 4-7 arasında değiştirilen ürünlerin invvertaz aktivite değerleri verilmiştir. Ticari invvertaz (*Şekil 1a*) enziminin sonuçlarına bakıldığında, piyasadan satın alınan Tito marka ticari invvertaz enzimin prosedüre göre invvertaz aktivite değerleri verilmiştir. 40°C’de optimum pH 4.5’ta 3.30 U/mL, pH 6.5’ta ise en düşük aktivite değeri 0.96 U/mL olarak bulunmuştur. Püskürterek kurutulmuş (*Şekil 1b*) örnekten elde edilen sonuçlar incelendiğinde, sıcaklık yeniden 40°C’de sabit tutulup optimum aktivitenin bulunduğu pH değeri 4.5 invvertaz aktivite değeri 2.90 U/mL bulunurken, en düşük aktivitenin hesaplandığı pH değerleri 6/6.5 ve 7 olarak görülmektedir. Liyofilize (*Şekil 1c*) ürününden verilen invvertaz aktivite değerine göre optimum pH yeniden 4.5 olarak tespit edilirken, bulunan değer ise 2.91 U/mL olarak görülmektedir. Buna karşılık en düşük aktivitenin görüldüğü pH değeri 7 iken, buradaki aktivite değeri 0.43 U/mL olarak görülmektedir.

Son olarak ham enzim ekstraktı (*Şekil 1d*) invvertaz aktivitesine bakıldığında optimum pH 4.5 ve değeri 1.73 iken, en düşük aktivite pH 6.5’ta 0.43 U/mL olarak hesaplanmıştır. İnvvertaz aktivitesi hesaplanan tüm örneklere bakıldığında, tüm örneklerin ölçümünde bulunan optimum pH değeri 4.5 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bir sonraki deneme olan

optimum pH değeri 4.5 kullanılarak, 30-70°C arası sıcaklıkların denemesi yapılmıştır.

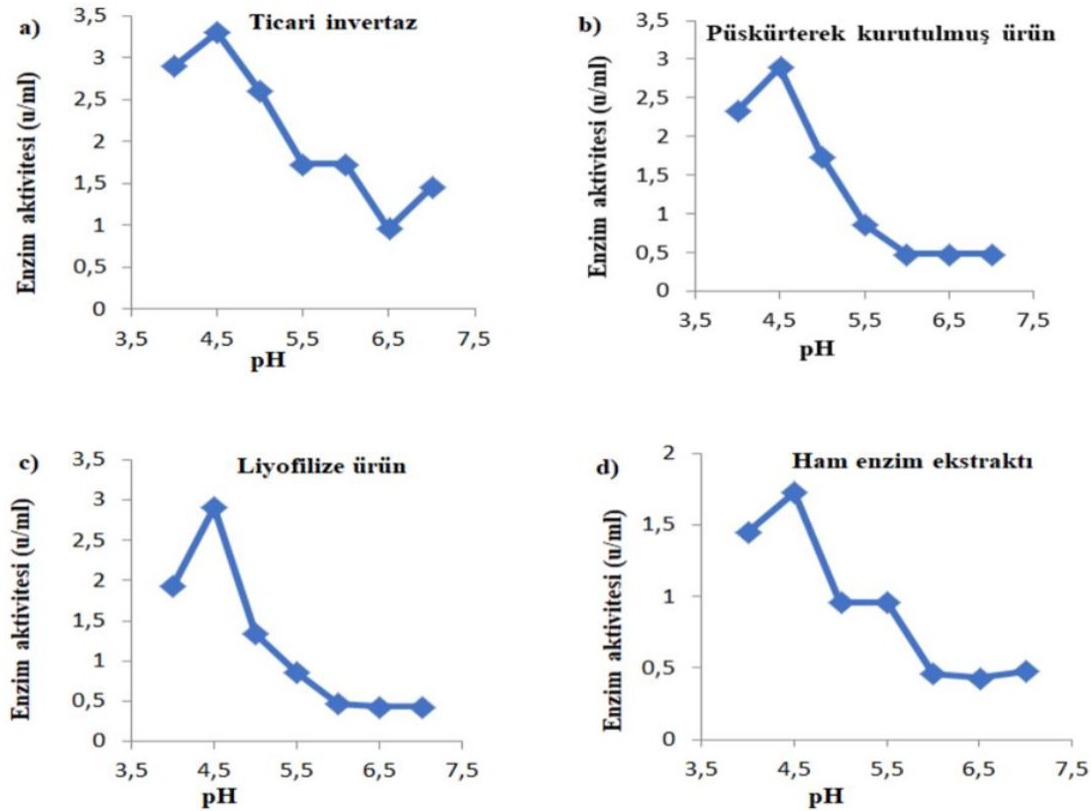


Figure 1. Temperature 40°C, 4-7 pH experiment results of different samples

Şekil 1. Farklı örneklerin sıcaklık 40°C, 4-7 pH deneme sonuçları

3.2.2. Optimum pH Değişen Sıcaklık Değerlerinde Enzim Aktivite Tayini

Sıcaklığın sabit tutulduğu, optimum pH aralığında en iyi aktivite sonucunu veren pH ilk aktivite ölçümünde hesaplanmıştır. Optimum pH kullanılarak sıcaklık denemeleri yapılmıştır. Sıcaklıklar 30 ile 65°C arası değişen su banyosu ayarlanarak invertaz aktivitesi hesaplanmıştır. Tablo 2’de sunulan analiz sonuçları incelendiğinde, daha önce atf yapılan literature uyumlu şekilde 4 örnek için de en yüksek enzim aktivitesinin 40°C seviyesinde tespit edildiği ve sıcaklığın enzim aktivitesi üzerinde önemli ($P<0.05$) etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Enzim aktivitesinin sıcaklıkla değişimi Şekil 2’de görsel olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2. Değişen sıcaklık değerlerinde enzim aktiviteleri

Table 2. Enzyme activities at different temperature levels

Sıcaklık (°C)	Enzim aktivitesi (U/mL)*			
	Ticari	Püskürtülerek kurutulmuş	Liyofilize	Ham ekstrakt
30	1.65±0.05 ^b	1.05±0.05 ^b	1.40±0.00 ^b	0.85±0.05 ^c
35	1.30±0.00 ^c	1.05±0.05 ^b	0.96±0.01 ^c	0.85±0.05 ^c
40	3.30±0.20 ^a	2.90±0.05 ^a	2.90±0.00 ^a	1.73±0.03 ^a
45	1.60±0.00 ^b	0.50±0.00 ^c	0.96±0.01 ^c	1.03±0.03 ^b
50	0.85±0.05 ^d	0.28±0.03 ^d	0.55±0.05 ^d	0.65±0.05 ^d
55	0.43±0.08 ^e	0.33±0.03 ^d	0.31±0.01 ^e	0.50±0.05 ^e
60	0.65±0.00 ^{d,c}	0.50±0.05 ^c	0.25±0.00 ^e	0.25±0.00 ^f
65	0.43±0.08 ^e	0.50±0.05 ^c	0.28±0.03 ^e	0.28±0.03 ^f

*Tablodaki enzim aktivitesi değerleri ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üst indisle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

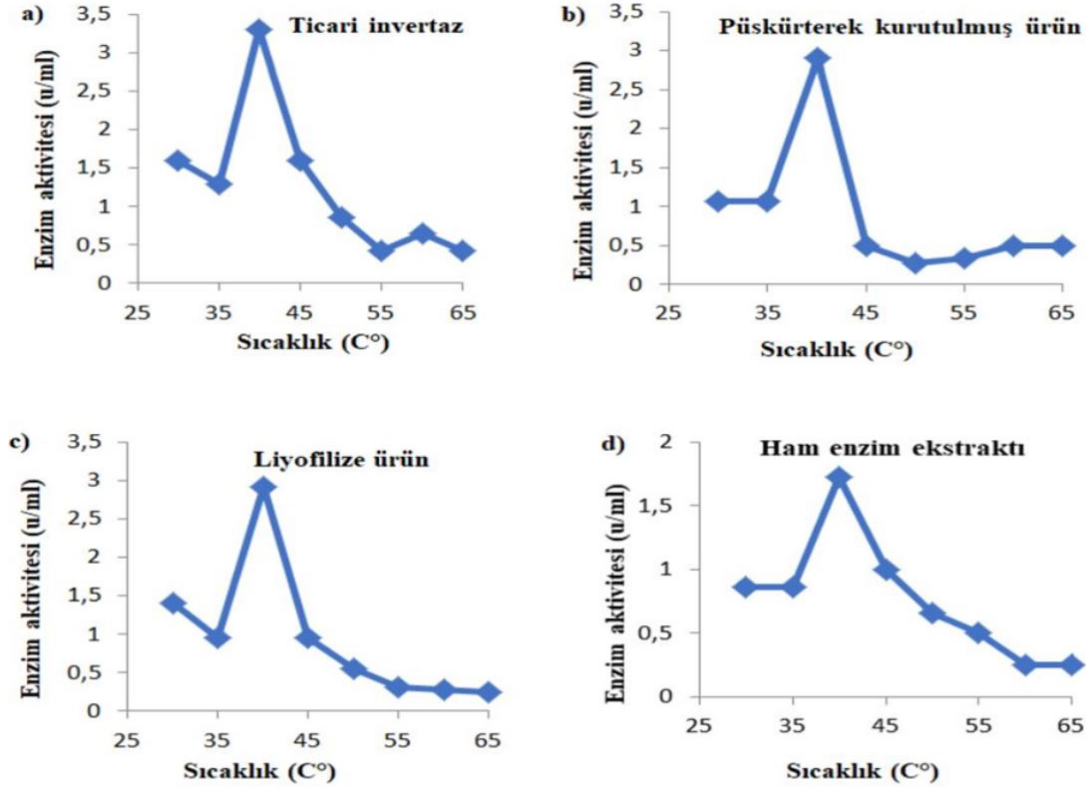


Figure 2. Trial results of different samples at optimum pH and temperature 30 to 70°C

Şekil 2. Farklı örneklerin optimum pH ile sıcaklık 30 ile 70°C deneme sonuçları

Şekil 2’de optimum pH 4.5 kullanılarak sıcaklığın 30-65°C arası denemiş invertaz aktivite sonuçları verilmiştir. Sıcaklıklar tek tek incelendiğinde, en yüksek invertaz aktivitesinin optimum olduğu sıcaklığın 40°C olduğu görülmektedir. Bu sıcaklığı takiben 30 ve 45°C noktalarında da optimuma yakın değerler elde edilmiştir. En düşük invertaz aktivitesinin görüldüğü sıcaklık değeri 65°C olduğu söylenebilir. Elde edilen 4 farklı ürünün, invertaz aktivite değerine bakıldığında; ticari invertazın (Şekil 2a) optimum pH’da ve optimum sıcaklık olan 40°C’de aktivite değeri 3.30 U/mL’dir. En düşük aktivitenin görüldüğü sıcaklık 55 ve 65°C olup, aktivite değerleri 0.43 U/mL dir. Püskürterek kurutulmuş (Şekil 2b) örneğin optimum pH’da ve 40°C’de aktivite değerinin 2.90 U/mL olarak bulunduğu görülmektedir. En düşük aktivite 50°C’de okunan 0.28 U/mL değeridir. Liyofilize (Şekil 2c) edilen örneğin optimum pH ve optimum sıcaklıkta aktivite değeri 2.91 U/mL olarak bulunmuştur. En düşük aktiviteye sahip olan sıcaklık değeri 65°C olup, aktivitesi 0.25 u/ ml olarak hesaplanmıştır. Son ürün olan ham enzim ekstraktına (Şekil 2d) bakıldığında optimum pH ve optimum sıcaklık değerinde aktivitenin en yüksek değeri 1.73 U/mL’dir. 60-65°C sıcaklarına baktığımızda iki sıcaklık değerinde aktivitenin düşük olduğu görülmekte olup, aktivite değeri 0.25 U/mL olarak tespit edilmiştir.

Endüstride kullanılan invertaz enziminin yerli kaynaklar kullanılarak düşük maliyetli üretimi ülkemizin dışa bağımlılığını azaltacak potansiyele sahip bir araştırma alanıdır. İnvertz enzimi birçok çalışmada model enzim olarak kullanılmış ve farklı kaynaklardan eldesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu enzimin karakterizasyonu da literatürde başarılı bir şekilde yapılmış durumdadır. Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkiler ve mikroorganizmaların kaynak olarak kullanıldığı ve dolayısıyla bu canlıların kontrollü şartlarda geliştirilerek enzim üretiminin sağlandığı görülmektedir. Karkaş (2009) tarafından yapılan çalışmada *Saccharomyces cerevisiae*’den ekstrakte edilerek saflaştırılan invertaz enziminin endüstride rahatlıkla kullanılabilir özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Mikrobiyal invertaz üretiminin denendiği ve kaynak mikroorganizma olarak *Aspergillus oryzae*’nin kullanıldığı bir çalışmada aktivite geri kazanımı %50 seviyesinde kalmıştır (Dhananjay ve Mulimani, 2008). Yapılan bir diğer çalışmada ak dut meyvesinden ekstrakte edilen bitkisel kaynaklı invertazın ham hali ile 4.01 U/mg spesifik aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuş olup ileri saflaştırma teknikleri ile bu aktivitenin yaklaşık 5 kat arttığı ifade edilmiştir

(Şahin, 2015). Yine bitki kaynaklı invertaz üretimi çalışmasında enzim kaynağı olarak domates kullanılmış olup araştırmacı tarafından bildirilen spesifik aktivite değeri saf enzim için 31 U/mg seviyesindedir (Yücekan, 2008). Patatesten invertaz eldesine yönelik yapılan bir çalışmada ise saflaştırılan enzimin kinetik özellikleri araştırılmış olup bitkiden enzim geri kazanım oranının oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir

Ekmek mayası olarak da bilinen ve ülkemizde başarılı bir şekilde ticari üretimi yapılan *S.cerevisiae* iyi bir invertaz üreticisidir. Ancak ekmekçilikte mayanın bu özelliğinden ziyade ortamda amilaz (dışarıdan una eklenen veya doğal olarak bulunan) tarafından oluşturulan basit şekerleri kullanarak CO₂ oluşturma yeteneği dikkate alınmaktadır. *S.cerevisiae* “bulk” halinde üretilmesi sırasında doğal olarak hücre içinde invertaz enzimi üretmektedir. İleri aşamalarda ürünün yaş, kuru veya instant ekmek mayasına dönüştürülmesinde de bu enzim hücre yapısında kalmaktadır. Ancak kuru maya üretiminin bir aşaması olan, sulu ortamdaki ekmek mayasının kurutulması sırasında, kurutucu tamburların eleklerinden geçemeyen veya topaklanan mayalar son ürün aşamasına ulaşmadan sistemden ayrılmakta ve “eleküstü maya” adıyla artık olarak işlem görmektedir. Bu artık üründe “maya aktivitesinin” düşük olduğu, paketlemede soruna yol açtığı ve markete sevk edilemeyeceği kabul edildiğinden bazı durumlarda imha yoluna gidilmekte, bazı durumlarda da çok düşük bir bedelle hayvan yemi üreticilerine satışı yapılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin literatürde bildirilen invertaz aktivite değerlerinden bazılarına yakın olduğu görülmekle beraber, ileri saflaştırma halinde invertaz üretiminin bu hammaddeden mümkün olabileceği düşünülmektedir.

4.Sonuç

Eleküstü mayadan 3 farklı yolla elde edilen ham enzimlerin ticari muadili ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu ürünlerdeki aktivitelerin ticari enzimde bulunan aktiviteden düşük olduğu gözlenmiştir. Ancak ulaşılan sonuçların literatür ile uyumlu olduğu ve eleküstü mayanın invertaz kaynağı olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen verilerin ışığında daha ileri saflaştırma ve karakterizasyon basamakları içeren çalışmaların yapılabilmesi öngörülmektedir. Artık olarak değerlendirilen bir ürünün katma değeri yüksek başka bir ürüne dönüştürülmesi yönünde önemli sonuçlara ulaşılan bu çalışmanın invertaz enziminin endüstriyel üretiminde fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Aehle, W. (2004). *Enzymes in İndustry: Production and Applications* (2. Baskı). Germany: Weinheim.
- Dhananjay, S.K., Mulimani, V.H. (2008). Three-phase partitioning of α -galactosidase from fermented media of *Aspergillus oryzae* and comparison with conventional purification techniques. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 36:123-128.
- Garrett, R.H., Grisham, C.M. (1999). *Biochemistry, Second Edition* Saunders College Publishing: Harcourt Brace, Orlando. 426-427.
- Jones, R.C., Hough, J.S. (1970). The effect of temperature on the metabolism of baker's yeast growing on continuous culture. *Journal of General Microbiology* 60:107-116.
- Karkaş, T. (2009). *İnvvertaz enziminin ekstraksiyonu ve saflaştırılması için sulu ikili-faz afinite sistemlerinin geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Biyokimya, İzmir.
- Kasavi, C. (2006). *Kovalent Bağlanma ve Fiziksel Adsorpsiyon Metotları ile Proteaz Enziminin İmmobilizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Krajewska, B. (2003). Application of chitin and chitosan based materials for enzyme immobilizations, a review. *Enzyme and Microbial Technology* 35:126-139.
- Mensonides F, Brul S, Hellingwerf KJ, Bakker BM, Teixeira de Mattos MJ (2014) A kinetic model of catabolic adaptation and protein reprofiling in *Saccharomyces cerevisiae* during temperature shifts. *The FEBS Journal* 281: 825-841
- Michaelis, L., Menten, M.L. (1913) Die Kinetik Der İnvvertin-Wirkung, *Biochemische Zeitschrift*.
- Özçömlekçi, E. (2006). *Proteaz Enziminin Glutaraldehit Kullanarak Kovalent Bağlanma ile İmmobilizasyonunda Optimum Şartların Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Polat, C., Koç, F., Özdüven, M.L. (2005). Mısır silajında laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantlarının fermentasyon ve toklularda ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(1):13-22.
- Şahin, İ. (2015). *İnvvertaz enziminin akduttan (*Morus alba*) üçlü faz sistemi ile saflaştırılması ve karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi) Biyokimya, Sakarya.
- Veliöğlu, H.M., Çelikyurt, G. (2016). Farklı tarım artığı ürünlerden fungal ve bakteriyel alfaamilaz enzimi üretiminin optimizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(1):12-24.
- Yamamoto, T., Kumada, J., Sawai, T. (1957). The chromatographic purification of yeast invertase by an ion-exchange resin method and some properties of the enzyme obtained. *Bulletin of the Agricultural Society of Japan* 21:185-191.
- Yücekan, İ. (2008). *İnvvertaz Enziminin Afiniteye Dayalı Teknikler ile Saflaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Biyokimya, İzmir.