

ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Cilt: 3 • Sayı: 2 • Yıl: 2023

ISSN: 2667-7083

e-ISSN:2687-3796



**SIRNAK UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCES**



FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL OF SCIENCES

2023

Vol: 3 Number: 2 Year: 2023

ISSN: 2667-7083

e-ISSN:2687-3796

Şırnak Üniversitesi Adına Sahibi
Prof. Dr. Abdurrahim ALKIŞ

Editörler | Editors in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa RÜSTEMOĞLU
mustafa.rustemoglu@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Cemil SADULLAHOĞLU
csadullahoglu@yandex.com.tr

Yardımcı Editör | Editorial Assistant

Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ
metinertas@hakkari.edu.tr

Mizanpajcı

Dr. Öğr. Üyesi Cemil SADULLAHOĞLU

Yönetim Yeri | Head Office

Şırnak Üniversitesi Yayınları

Yeni Mahalle Cizre Caddesi

Mehmet Emin Acar Kampüsü 73000 ŞIRNAK

Tel : +90 486 216 82 41- web : www.sirnak.edu.tr - <https://dergipark.org.tr/sufbd>

Mayıs 2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Doğu RAMAZANOĞLU, Zaman Adnan MOHAMMED, Maher KHALID	
Investigation Usability of Biosorbents Obtained from Orange peels in Heavy Metal Adsorption	1
Bedriye BİLİR	
Tarımsal Kaynaklı Nitrat (NO ₃ ⁻) Kirliliği Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi..	13
Doğu RAMAZANOĞLU, Zaman Adnan MOHAMMED, Samira Abdulqadr DRBAS, Maher KHALID	
Synthesis of Activated Carbon from Different Biomasses	24
Çiğdem ÇUHACI, Mehmet ÇALIŞKAN, Bayram Murat ASMA	
Meyvelerde Hasat Öncesi Koruyucu Torba Uygulamaları.....	34
Mustafa SU ve Hidayet TAKCI	
Diagnosing Autistic Spectrum Disorder with Naive Bayes.....	50

Research Article

Investigation Usability of Biosorbents Obtained from Orange peels in Heavy Metal Adsorption

Doğu RAMAZANOĞLU^{1*}, Zaman Adnan MOHAMMED², Maher KHALID³

^{1*}Duzce University, Technology Faculty, Civil Engineering Department, Duzce, Turkey
doguramazanoğlu@duzce.edu.tr

²Scientific Research Center Department, Zakho University, Zakho, Iraq.
zamanramazanoglu@outlook.com.tr

³Chemistry Engineering Department, Zakho University, Zakho, Iraq.
maher.ali@uoz.edu.krd

*Corresponding Author; doguramazanoğlu@duzce.edu.tr

Received / Gönderme tarihi: 28/11/2021

Accepted / Kabul tarihi: 06/06/2022

ABSTRACT

In this study, six different orange peel-based biosorbents were produced to effectively remove Cu²⁺, Ni²⁺, and Co²⁺ heavy metal ions from the solution. The impact of oil and corn starch content on the physical properties and adsorption capacity of the biosorbent was investigated. Flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) was used to determine the thermal stability of the biosorbents. The density of the biosorbents was determined according to ASTM D 792 standards. The results of the analysis revealed that the best biosorbent was found to be untreated orange peels, with values of 4.87 mg of Co²⁺, 5.83 mg of Ni²⁺, and 4.29 mg of Cu²⁺ ions at a temperature of 24 °C, agitation speed of 175 rpm, and for a duration of 30 minutes.

Keywords: Biosorbents; Heavy metal ions; Orange peel-based

Portakal Kabuklarından Elde Edilen Biyosorbentlerin Ağır Metal Adsorpsiyonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması

ÖZET

Bu çalışmada, Cu²⁺, Ni²⁺ ve Co²⁺ ağır metal iyonlarını çözümlerden etkili bir şekilde uzaklaştırmak için altı farklı portakal kabuğu bazlı biyosorbent üretilmiştir. Yağ ve mısır nişastası içeriğinin biyosorbentin fiziksel özellikleri ve adsorpsiyon kapasitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Biyosorbentlerin termal kararlılığını belirlemek için alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS) kullanılmıştır. Biyosorbentlerin yoğunluğu ASTM D 792 standartlarına göre belirlenmiştir. Analiz sonuçları, 24 °C sıcaklıkta, 175 rpm çalkalama hızında ve 30 dakika süreyle 4,87 mg Co²⁺, 5,83 mg Ni²⁺ ve 4,29 mg Cu²⁺ iyonu değerleriyle en iyi biyosorbentin işlenmemiş portakal kabukları olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyosorbentler; Ağır metal iyonları; Portakal kabuğu bazlı

1. INTRODUCTION

Humans have utilized heavy metals in the form of jewelry and various other applications since ancient times without fully understanding the potential dangers they pose. Furthermore, the burning of coal, which contains heavy metals, for heating has contributed to the release of these toxins into the environment. Despite this, alternative energy sources are not being fully explored and methods that harm the environment and contribute to heavy metal contamination in the food chain are still being used. As a result, serious diseases caused by heavy metal contamination have emerged due to this neglect (Chaplin, 2019; Swanckaert et al., 2022; Ojovan et al., 2019; Yu and Kaewsarn 1999; Zhao et al., 1999; Minello et al., 2009).

Many studies have been conducted in recent years on wastewater treatment methods, such as electrochemical treatment, ion exchange, reverse osmosis, and chemical precipitation. However, these traditional methods often have poor performance, are expensive, and are not suitable for large-scale processing (Yu and Kaewsarn 1999; Zhao et al., 1999). Biosorbents have gained attention as a potential alternative to these traditional methods, as biomaterials have the natural ability to bind to heavy metals from aquatic environments (Karimi et al., 2022; Qi and Aldrich, 2008; Volesky, 2007; Ramazanoğlu et al., 2022a;b).

Methods of extracting heavy metals are now known to be categorized into three main categories: physical, chemical, and biological. Among these three categories, the biological method, known as biosorption, has gained popularity (Karimi et al., 2022; Qi and Aldrich, 2008). Biosorption is the ability of biomolecules or various biomass to bind to target ions or other charged molecules in aquatic environments. Biomass has been proposed as an alternative heavy metal treatment adsorption medium due to its low cost, availability, and efficiency (Volesky, 2007; Ramazanoğlu et al., 2022a;b).

As an alternative to conventional biomaterials, biosorbents have been shown to have the ability to remove heavy metals from aquatic environments through a process known as biosorption, which can be driven by physico-chemical or metabolic means (Ramazanolu et al., 2022). Examples of conventional non-living biomass that have been used as biosorbents include crab shells and shrimp (Apiratikul and Pavasant, 2008). In this study, six different orange peel-derived biosorbents were used to extract Co^{2+} , Ni^{2+} , and Cu^{2+} ions from aquatic environments, and their extraction performance was evaluated at 24°C for 30 minutes. The goal of this study is to investigate the potential of orange peel-derived biosorbents as an alternative to conventional biomaterials for the removal of heavy metals from aquatic environments.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Corn starch, apple cider vinegar (4-5% acetic acid), sunflower oil, and oranges were obtained from a local grocery store in Zakho. Nickel (II) Nitrate Hexahydrate $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Copper (II) chloride dihydrate $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and Cobalt (II)Acetate $\text{C}_4\text{H}_6\text{CoO}_4$ were procured from Merck.

2.2 Methods

The surface images of biosorbents were captured using a microscope Am Scope brand in the biology lab at Zakho University. The concentration of solutions was determined using a Perkin Elmer brand Flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) at the research center of Zakho University. Orange (*Citrus sinensis*) peels were dried in an oven for 48 hours at a temperature of $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Subsequently, all biosorbents were ground by operating an Arshia brand coffee grinding machine to obtain fine powder for further analysis. These steps were taken to ensure accurate and reliable results in the study.

2.2.1 Preparation of biosorbents

The ingredients of the biosorbents like cornstarch, oil, and orange peels were weighed as given in Table 1 and placed in a 500 ml beaker. Then, 25 ml of distilled water has added to the solution. Following this, 3 ml of acetic acid was added and stirred for a while to break the long-chain molecules of the starch. After, 1-2 ml of sunflower oil had appended as a plasticizer to re-crystallize broken polymer chains, and the solution was stirred on the heater at 75°C continuous gelation occurred. Finally, left to dry at $105 \pm 2^\circ\text{C}$ for 45 minutes (Figure 1).

Table 1: Content of biosorbents

ABSORBENT	1	2	3	4	5	6
ORANGE	1g.O/2g.S 0,5 ml Oil	1, 5g.O/1, 5g.S 0,5 ml Oil	2g.O/1g.S 0,5 ml Oil	1g.O/2g.S 1 ml Oil	1, 5g.O/1, 5g.S 1 ml Oil	2g.O/1g.S 1 ml Oil



Figure 1. Preparation of biosorbents

2.2.2 Solubility test (%)

The solubility test was applied by according to equation (1) (Da Rosa Zavareze, et al 2012; Galus, et al. 2012; Jayasubramanian and Balachander, 2016). Samples were taken and incubated in a drying and sterilization oven for 24 hours at 103±2°C. They were then weighed (W_i) and rinsed with 50 ml of distilled water at 175 rpm. The samples were taken out of the water, dried, and weighed again. Finally, the solubility of the biosorbents was calculated using the values obtained in this process.

$$S = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i} \right) * 100 \quad (1)$$

W_i : Initial mass; W_f : Final mass.

2.2.3 Water intake (%)

The solubility test was determined by Gontard et al. in 1992 according to equation (1) (Gontard et al. 1992; Mysiukiewicz and Sterzyński, 2017). The water intake (%) values of biosorbents whose weighing measurements after being kept in water for 24 hours, were calculated according to the formula given in (2).

$$SW = \left(\frac{M_w - M_d}{M_d} \right) * 100 \quad (2)$$

M_d = Sample initial weight (g); M_w = The weight of the sample after immersion in water (g);
 SW = water uptake rate (%).

2.2.4 Density test (g/cm^3)

The air-dry weights of the samples were measured under laboratory conditions by immersing them in water and weighing them. The density of the samples was then calculated using the equation given in (3) (ASTM D 792 (2004)).

$$\text{Density} = \left(\frac{M_a}{M_w} \right) \quad (3)$$

Here, M_a = weight of the sample in the air (g). M_w = The weight of the sample in water (g) is given.

2.2.4 Batch experiment

25 ml of 7 ppm solutions of Cu^{2+} , Co^{2+} , and Ni^{2+} heavy metal ions were freshly prepared from 50 ppm of Nickel (II) Nitrate Hexahydrate ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Copper (II) chloride dihydrate ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), and Cobalt (II) Acetate ($\text{C}_4\text{H}_6\text{CoO}_4$). 25 mg of biosorbents were used for each heavy metal ion solution. The adsorption conditions were set at 24°C for 30 minutes and at 175 rpm of agitation speed. The sorption performance of the biosorbents was evaluated using the equation given in (4) (Abbar et al., 2017).

$$Q = ((C_o - C_e) * V)m \quad (4)$$

Where, C_o (mg/L) is an initial concentration of heavy metal ion solution, and C_e (mg/L) is the final concentration. V is the volume of the solution in a liter (L) unit, and m is the mass of Biosorption in gram (g) units.

2.2.5 Morphology of biosorbents

The surface photographs of the biosorbents, which were synthesized from orange peels with various ingredients, resulting in a variety of surface features, were taken using a microscope and are shown in Figure 2.

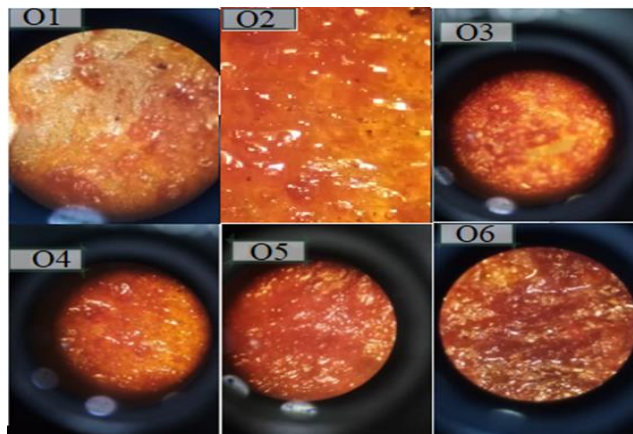


Figure 2. Depicts the orange peels-based biosorbents with varying ratios of orange peels, starch, and oil content. Specifically, the ratio used for O1 is (1/2/0.5), for O2 is (1.5/1.5/0.5), for O3 is (2/1/0.5), for O4 is (1/2/1), for O5 is (1.5/1.5/1), and for O6 is (2/1/1) respectively.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Water intake analysis of biosorbents

The bar chart in Figure 3 provides a visual representation of the water intake capacity of orange peel-based biosorbents with varying ratios of orange peels, starch, and oil content. The research of has shown that the percentage of water intake decreases as the amount of orange peel content increases, specifically from O1 to O3. This can be seen in the chart as the bars for O1, O2 and O3 decrease in height as the orange peel content increases (Whistler ve BeMiller, 1996; Guntekin vd., 2008; Bilgin vd., 2014; Özdemir and Ramazanoğlu, 2019a; 2019b).

Furthermore, it is also observed that when the starch content remains constant, the water adsorption capacity decreases. This highlights the importance of the starch content in determining the water intake capacity of the biosorbents. In addition, the chart is divided into two groups based on the oil content, the first group (O1, O2, and O3) contains 0.50 ml of oil, while the second group (O4, O5, and O6) contains 1.00 ml of oil. Due to the hydrophobic nature of the oil, it is expected that the second group has a lower water intake compared to the first group, and this can be observed in the chart as well.

In summary, the bar chart in Figure 3 illustrates the relationship between the water intake capacity of orange peel-based biosorbents and the ratio of orange peels, starch, and oil content used in their synthesis. The research has shown that increasing the orange peel content and decreasing the starch content in the biosorbents can decrease the water intake capacity, while increasing the oil content can further decrease the water intake capacity due to its hydrophobic nature (Whistler ve BeMiller, 1996; Guntekin vd., 2008; Bilgin vd., 2014; Özdemir and Ramazanoğlu, 2019'a; 2019b). The solubility of the biosorbents was calculated according to the equation in (1). Additionally, Figure 3 illustrates the water intake values.

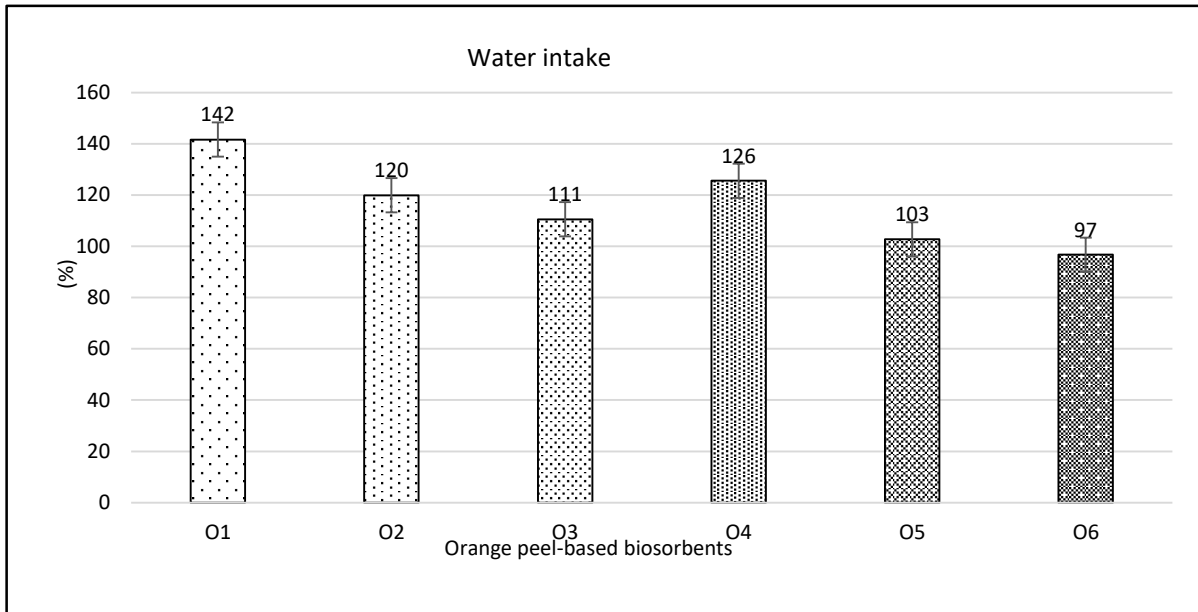


Figure 3 Illustrates the water intake of orange peels-based biosorbents with varying ratios of orange peels, starch, and oil content. Specifically, the ratio used for O1 is (1/2/0.5), for O2 is (1.5/1.5/0.5), for O3 is (2/1/0.5), for O4 is (1/2/1), for O5 is (1.5/1.5/1), and for O6 is (2/1/1) respectively.

3.2. Water solubility analysis of biosorbents

According to the research of (Whistler ve BeMiller, 1996; Guntekin vd., 2008; Bilgin vd., 2014; Özdemir and Ramazanoğlu, 2019a; 2019b), the solubility of biosorbents is affected by the ratio of ingredients used in their synthesis. Specifically, as the amount of starch in the biosorbent increases, the solubility of the biosorbent also increases. On the other hand, as the amount of sunflower oil in the biosorbent increases, the solubility of the biosorbent decreases. This is likely due to the hydrophobic nature of oil, which can reduce the biosorbent's ability to absorb water.

In the study, the biosorbent O4 was found to have the lowest solubility among the biosorbents tested. This is likely due to the high sunflower oil content in the biosorbent, which reduces its ability to absorb water. On the other hand, O3 was found to have the highest solubility among the biosorbents tested. This is likely due to the high starch content in the biosorbent, which increases its ability to absorb water. Overall, the research shows that the solubility of biosorbents can be fine-tuned by adjusting the ratio of ingredients used in their synthesis.

The water solubility of orange peel-based biosorbents is given in Figure 4.

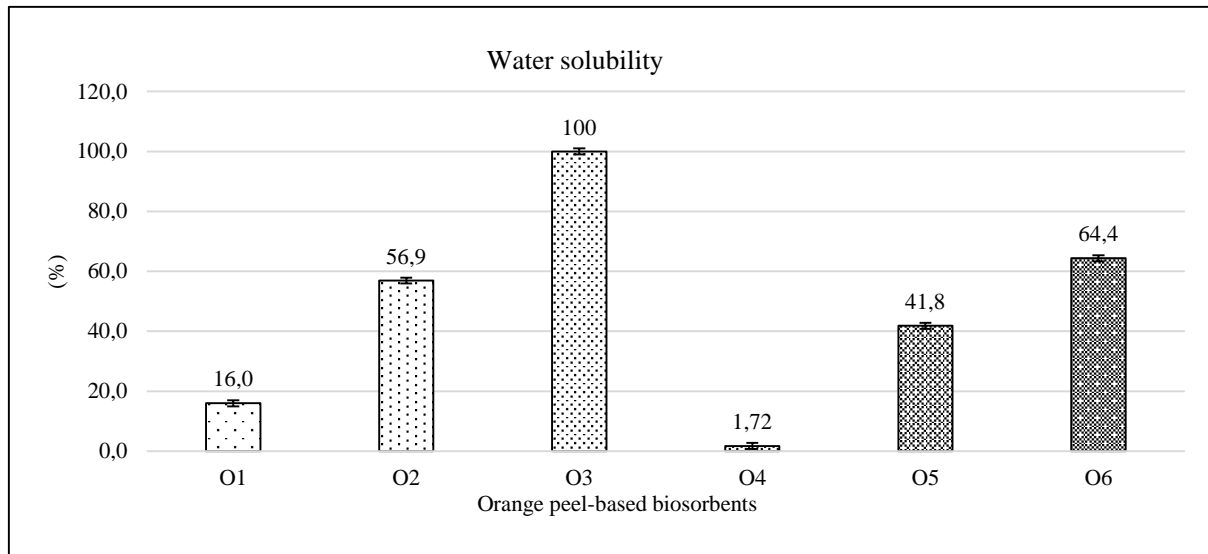
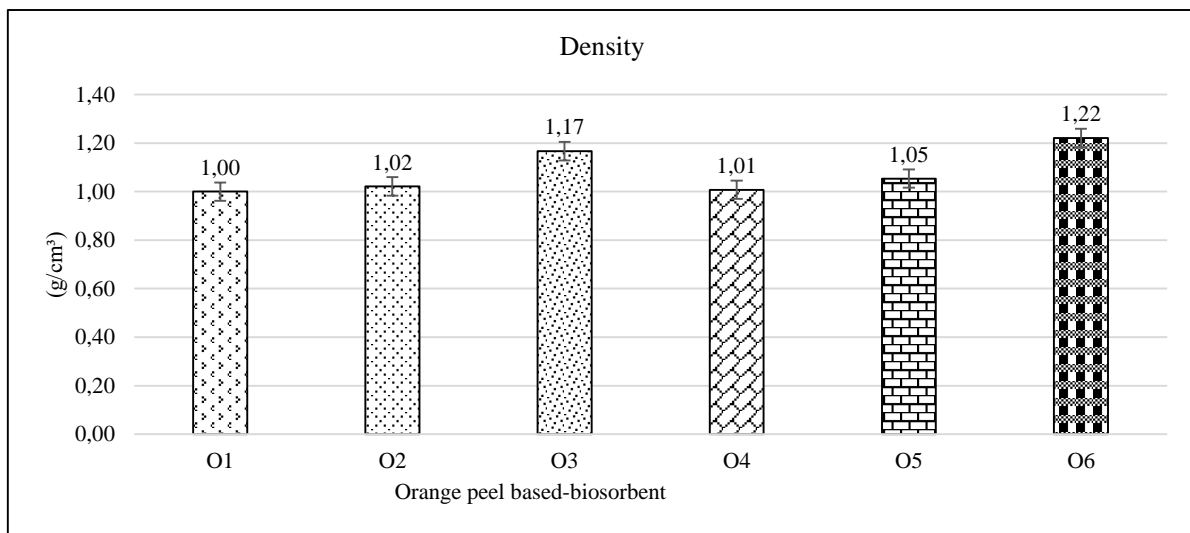


Figure 4 Illustrates the water solubility of orange peels-based biosorbents with varying ratios of orange peels, starch, and oil content. Specifically, the ratio used for O1 is (1/2/0.5), for O2 is (1.5/1.5/0.5), for O3 is (2/1/0.5), for O4 is (1/2/1), for O5 is (1.5/1.5/1), and for O6 is (2/1/1) respectively.

3.3. Density of biosorbents

The measurements were taken according to ASTM D 792 standards (ASTM D 792, 2004). When oil was used as a plasticizer during the preparation of the biosorbents, it was observed that the increased oil content led to an increase in the density of the biosorbents. However, an increased starch content resulted in a decrease in the volume of the biosorbents. Among the biosorbents, O4 had the highest density with 1.22 g/cm^3 , whereas O3 had the least density with 1.00 g/cm^3 . The bar chart in Figure 5 illustrates the density of orange peel-based



biosorbents.

Figure 5 Illustrates the density of orange peels-based biosorbents, which were synthesized with varying ratios of orange peels, starch, and oil content. Specifically, the ratio used for O1 is (1/2/0.5), for O2 is (1.5/1.5/0.5), for O3 is (2/1/0.5), for O4 is (1/2/1), for O5 is (1.5/1.5/1), and for O6 is (2/1/1) respectively.

3.4. Adsorption studies of biosorbents

It was determined that the untreated biosorbent O0 exhibited the highest biosorption with 4.87 mg of Co^{2+} , 5.83 mg of Ni^{2+} , and 4.29 mg of Cu^{2+} heavy metal ions during a half-hour period at 24 °C and 175 rpm agitation speed. The same conditions were used for the evaluation of the adsorption of Co^{2+} , Ni^{2+} and Cu^{2+} heavy metal ions by orange peel-based biosorbents, as depicted in Figure 6. It was found that the untreated biosorbent possessed better adsorption capacity. The adsorption capacity of heavy metal ions by orange peel-based biosorbents is illustrated in Figure 6.

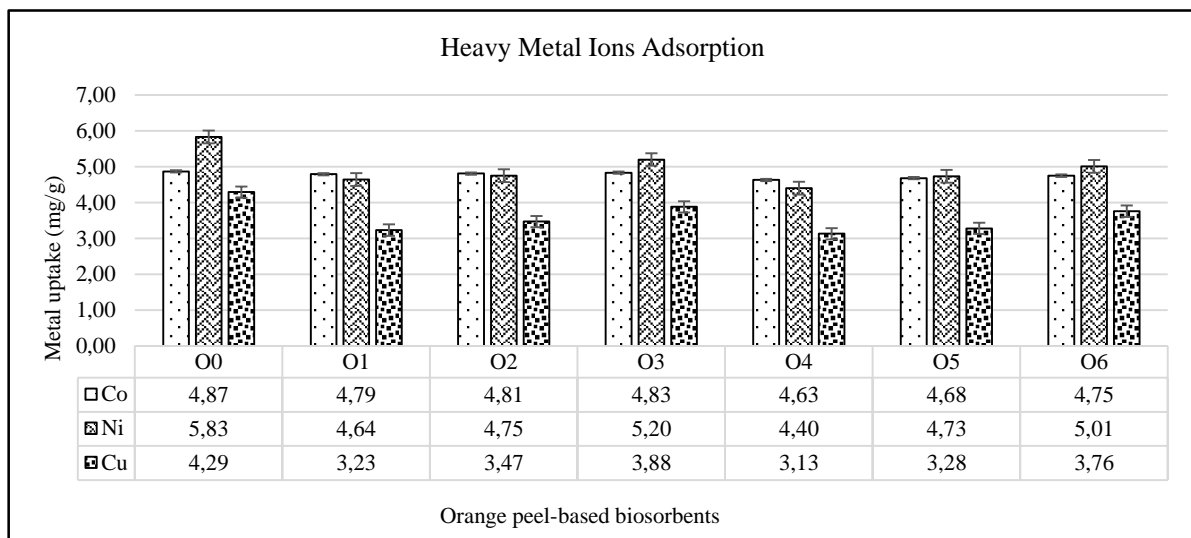


Figure 6 The ratio of orange peels, starch, and oil content for the biosorbent O1 was (1/2/0.5), for O2 was (1.5/1.5/0.5), for O3 was (2/1/0.5), for O4 was (1/2/1), for O5 was (1.5/1.5/1), and for O6 was (2/1/1) respectively.

4. CONCLUSION

In conclusion, it was observed that the enhancement of sorption capacity was caused by the increased volume of biomass content. The adsorption capacity was found to decrease with the increase in oil content, which may be due to the presence of lignocellulosic and extractive matter. The ratio between sizes was also found to be linearly proportional to the amount of mass lost during destruction. The chemical interactions exhibited by fillers from different biomasses were found to be characteristic, with dimensional and typical morphological properties resulting from differences in the intermolecular chemical bonding properties and recrystallization properties formed during the polymerization of the functional groups possessed by them.

In the water intake study, it was observed that the water intake amount decreased with increasing oil content, and that when the orange peel content increased, water sorption

diminished. Additionally, the increased starch content was found to be inversely proportional to the water intake of the orange peel-based biosorbent.

In the water solubility study, it was found that the raised sunflower oil content decreased the solubility of all biosorbents, with biosorbent O3 being the most soluble with a value of 100% and biosorbent O4 being the least soluble with a value of 1.72%. The increasing amount of biomass was found to enhance the solubility of biosorbents, with an inverse proportion between biomass and starch content not being observed in a bioform.

In the density analysis, it was found that the increased oil content improves density for all biosorbents, with biosorbent O6 having the highest density of 1.22 g/cm³ and biosorbent O1 having a density of 1.00 g/cm³.

In the adsorption step, untreated biosorbent O0 was found to have the highest adsorption of Co²⁺, Ni²⁺, and Cu²⁺ ions among its groups. Additionally, it was observed that the increased sunflower oil reduced the heavy metal ion adsorption and that decreasing the amount of starch content also lessened the adsorption capacity. Conversely, the raised amount of biomass was found to improve the adsorption performance, with the density of all biosorbents being directly proportional to adsorption capacities.

Overall, it was found that orange peels can be used as a biosorbent directly instead of other expensive water treatment methods. Further studies can be conducted to determine the optimum conditions of biosorbents and their carbonized form.

Acknowledgements: The corresponding author is glad to say thanks to the biology department of Zakho University for the visualization of synthesized biosorbents.

REFERENCES

- Abbar, B., Alem, A., Marcotte, S., Pantet, A., Ahfir, N.-D., Bizet, L., Duriatti, D. (2017). Experimental investigation on removal of heavy metals (Cu²⁺, Pb²⁺, and Zn²⁺) from aqueous solution by flax fibres. *Process Safety and Environmental Protection*, 109, 639–647.
- Apiratikul, R. & Pavasant, P. (2008). Batch and column studies of biosorption of heavy metals by caulerpa lentillifera. *Bioresource technology*, 99(8), 2766–2777.
- ASTM D 792 (2004). Density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement, ASTM International, West Conshohocken, P.A., 2004.
- Bilgin, S., Ertekin, C., Kürklü, A., 2014. Alternatif yakıt olarak sera bitki atığı briketlerinin yakılması ve baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 11-17.

- Chaplin, B.P. (2019). The prospect of electrochemical technologies advancing worldwide water treatment. *Accounts of chemical research*, 52(3), 596-604.
- Da Rosa Zavareze, E., Zanella Pinto, V., Klein, B., Mello El Halal, S.L., Cardoso Elias, M., PrenticeHernández, C., Guerra Dias, A.R. (2012). Development of Oxidised and Heat-Moisture Treated Potato Starch Film, *Food Chemistry* 132, 344-350.
- Galus, S., Turska, A., Lenart, A. (2012) Sorption and Wetting Properties of Pectin Edible Films, *Czech Journal of Food Sciences* 30, 446-455.
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1992. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57, 190-195.
- Guntekin, E., Uner, B., Sahin, H.T., Karakus, B., 2008. Pepper stalks (*Capsicum annuum*) as raw material for particleboard Manufacturing. *Journal of Applied Sciences*, 8(12): 2333-2336.
- Jeyasubramanian, K., & Balachander, R. (2016). Starch bioplastic film as an alternative food-packaging material. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 75(2), 78-84.
- Karimi, F., Ayati, A., Tanhaei, B., Sanati, A. L., Afshar, S., Kardan, A., Karaman, C. (2022). Removal of metal ions using a new magnetic chitosan nano-bio-adsorbent; A powerful approach in water treatment. *Environmental Research*, 203, 111753.
- Minello, M.C.S., Paçó, A.L., Martines, M.A.U., Caetano, L., Santos, A.D., Padilha, P.M., Castro, G.R. (2009). Sediment grain size distribution and heavy metals determination in a dam on the Paraná River at Ilha Solteira, Brazil. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 44(9), 861–865.
- Mysiukiewicz, O., & Sterzyński, T. (2017). Influence of Water on Tribological Properties of Wood-Polymer Composites. *Archives of Mechanical Technology and Materials*, 37(1), 79–84. <https://doi.org/10.1515/amt-2017-0013>
- Ojovan, M. I., Lee, W. E., Kalmykov, S. N. (2019). Treatment of Radioactive Wastes. An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation, 231–269.
- Özdemir, F. & Ramazanoğlu, D. (2019a). Atık muz kabuğu, biber sapı ve kızılçam odununu kullanarak biyoplastik kompozit üretimi. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3), 267-273.
- Özdemir, F. & Ramazanoğlu, D. (2019b). Farklı biyokütlelerden elde edilen nişasta ile akıllı biyoplastik malzeme ve odun biyoplastik kompozit üretimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 377-385.
- Pan, D.D., Jane, J.L., 2000. Internal structure of normal maize starch granules revealed by chemical surface gelatinization. *Biomacromolecules*, 1: 126–132.
- Qi, B.C. & Aldrich, C. (2008). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions with tobacco dust. *Bioresource Technology*, 99(13), 5595-5601.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Khalo, I. & Maher, K. (2022a). Aubergine-based Biosorbents for Heavy Metal Extraction. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 198-205.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Maher, K.A. (2022b). Extraction of some heavy metal ions from aquatic solution by banana peel-based biosorbents. *Environmental Research and Technology*, 5(1), 50-55.

- Swanckaert, B., Geltmeyer, J., Rabaey, K., De Buysser, K., Bonin, L., & De Clerck, K. (2022). A review on ion-exchange nanofiber membranes: properties, structure and application in electrochemical (waste) water treatment. *Separation and Purification Technology*, 287, 120529.
- Volesky, B. (2007). Biosorption and me. *Water Research*, 41(18), 4017–4029.
- Whistler, R.L., BeMiller, J.N., 1996. Starch carbohydrate chemistry for food scientists. St. Paul, MN: Eagan Press, USA, 117–151.
- Yu, Q. & Kaewsarn, P. (1999). Binary adsorption of Copper (II) and Cadmium (II) from aqueous solutions by biomass of marine alga *Durvillaea potatorum*. *Separation Science and Technology*, 34(8), 1595–1605,
- Zhao, M., Duncan, J., Van, H.R. (1999). Removal and recovery of zinc from solution and electroplating effluent using *Azolla filiculoides*. *Water Research*, 33(6), 1516–1522.

- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Khalid, M. (2023). Investigation Usability of Biosorbents Obtained from Orange peels in Heavy Metal Adsorption. *Sirnak University Journal Of Science*, 3(2), 01-12.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Khalid, M. (2023). Portakal Kabuklarından Elde Edilen Biyosorbentlerin Ağır Metal Adsorpsiyonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 01-12.

Derleme/Review

Tarımsal Kaynaklı Nitrat (NO₃⁻) Kirliliği Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi

Bedriye BİLİR^{1*}

¹Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şırnak

*Sorumlu yazar: bbilir@sirnak.edu.tr

Gönderme Tarihi:20/04/2022

Kabul Tarihi:22/11/2022

ÖZET

Azotlu (N) gübreler bitkisel üretimde yüksek verim elde etmek için kullanılan en önemli tarımsal girdilerdendir. Topraklarda azot, organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Bitkiler, azotun inorganik formu olan nitrat (NO₃⁻) ve amonyumdan (NH₄⁺) yararlanmaktadır. Nitrat, kil mineralleri tarafından adsorbe edilmediği için toprakta hareketliliği amonyuma göre yaklaşık altı kat daha fazladır bu yüzden topraktan kayıpları oldukça önemlidir. Tarımsal uygulamalar sonucu oluşan nitrat kirliliği gün geçtikçe daha dikkat çekici boyutlara ulaşmış ve artık küresel bir problem haline gelmiştir. Nitratın topraklardan uzaklaşması; mevsimler, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve iklim değişikliği gibi birçok faktöre bağlıdır. Nitrat kayıplarının azaltılması ve kirlilik sorununun en aza indirilmesi tarımsal sistemlerin uygun şekilde yönetilmesi ile sağlanabilir. Bu ise azotlu gübrelerin doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru şekilde uygulanması ile kısacası dengeli bir gübreleme programıyla sağlanabilir. Bu çalışmada, tarımsal kaynaklı nitrat kaybının önemi ve bu kayıplar üzerine çevre faktörlerinin etkisi özetlenmiştir.

Anahtar Kelime: Azot; Nitrat Kirliliği; Azotlu Gübreleme

The Effect of Environmental Factors on Agricultural Nitrate (NO₃⁻) Pollution

ABSTRACT

Nitrogen (N) fertilizers are one of the most important agricultural inputs used to achieve high yields in vegetative production. Nitrogen in soils is present in organic and inorganic forms. Plants benefit from nitrate (NO₃⁻) and ammonium (NH₄⁺), the inorganic forms of nitrogen. Since nitrate is not adsorbed by clay minerals, its mobility within the soil is about six times greater than ammonium, so its loss from the soil is quite important. Nitrate pollution as a result of agricultural applications has reached more remarkable levels day by day and has become a global problem. The removal of nitrate from the soil depends on many factors such as seasons, soil characteristics, vegetation, and climate change. Reducing nitrate losses and minimizing pollution problems can be achieved by properly managing agricultural systems. This can be achieved by applying nitrogen fertilizers in the right amount, at the right time, and correctly, in short, through a balanced fertilization program. In this study, the importance of agricultural nitrate loss and the effect of environmental factors on these losses are summarized.

Keywords: Nitrogen; Nitrate Pollution; Nitrogen Fertilization

1.GİRİŞ

Azot, bitkilerin tüm yaşamları boyunca ihtiyaç duydukları en önemli bitki besin maddesidir. Azot eksikliği atmosferdeki N₂'u fikse eden baklagiller dışında hem doğada hem de tarımsal alanlarda bitkinin büyümesini oldukça sınırlandırmaktadır. Topraklarda mevcut bulunan organik/inorganik azot yetiştirilecek olan bitkinin azot ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Gittikçe büyüyen dünya nüfusuyla birlikte artan beslenme ihtiyacını karşılamak amacıyla bitkisel üretimde yüksek verim sağlanmalıdır. Bu nedenle azotlu gübre kullanımının artırılması kaçınılmaz bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu yüzden, ekosistemde doğal azot döngüsüne tarımsal faaliyetlerden kaynaklı önemli ölçüde azotun ilave olduğunu söylemek mümkündür. Ekosistemde azot farklı süreç ve reaksiyonlarla birçok değişik forma dönüşmektedir. Azotun topraktaki mevcudiyeti; N-kazanımları, N-kayıpları ve N-dönüşümü ile değerlendirilebilir. Tarımsal sistemde azot atmosferik birikim, N bağlayan baklagiller, kimyasal gübre uygulamaları, hayvan gübresi ile tarımsal ürün artıkları ve organik N mineralizasyonu ile toprağa katılmaktadır (Laegreid ve ark., 1999; Sanchez, 2019). Diğer yandan azot bitki tarafından alınarak, volatilizasyon ve denitrifikasyon olayları, NH₄⁺ fiksasyonu, yıkanma ve erozyonla topraktan uzaklaşmaktadır. Azotun dönüşümü ise immobilizasyon, mineralizasyon ve nitrifikasyon olayları ile gerçekleşmektedir (Garcia ve ark., 2012; Johnson ve ark., 2005).

Ekosistemde azot kayıpları ile;

- 1) Yeraltı ve yüzey sularında nitrat miktarı artmakta (Lee ve Choi, 2010; Pasten-Zapata ve ark., 2014),
- 2) Ötrofikasyon sonucu kara ve su ekosisteminde biyoçeşitlilik azalmakta (Smith ve Schindler, 2009),
- 3) Azot volatilizasyonu ile atmosferde azot oksit içerikli sera gazlarının konsantrasyonu artmakta ve sera gazı oluşumu ile çevresel sorunlara neden olmaktadır (Laegreid ve ark., 1999). Azotlu gübrenin bilinçsiz ve fazla kullanımının ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı bitki besin elementi olması yanı sıra kirletici olarakta sıklıkla anılmaktadır.

Azot, noksanlığı bitkiler tarafından en çok hissedilen ve kimyasal gübre olarak en fazla uygulanan besin elementlerinin başında gelmektedir. Topraklardaki azotun ana kaynağı organik maddedir fakat ülkemizdeki tarım topraklarının büyük bir çoğunluğu organik madde içeriği 'az' sınıfında yer almaktadır (Taban ve ark., 2013). Bu sebeple azot toprağa her yıl ilave edilmesi gereken bir bitki besin elementi olduğu için kullanılan kimyasal gübreler içerisinde en büyük

payı azotlu gübreler almaktadır (Polat ve ark., 2013). 2013 yılında dünya genelinde tüketilen toplam N-P-K gübreleri içerisinde % 47.90'lık payla azotlu gübreler birinci sırada yer almaktadır (FAO, 2016). Aynı zamanda 2020 yılında ülkemizde tüketilen toplam gübre miktarı içerisinde % 67'sini azotlu gübreler oluşturmaktadır (Anonim, 2022).

Gübrelerdeki besin elementleri genellikle bitkiler tarafından kolay alınabilir formdadır. Fakat, azot optimum koşullar sağlansa bile bitkiler tarafından asla tamamı kullanılamaz (Scherer, 2005). Uygulanan azotun bir kısmı bitkiler tarafından alınırken geriye kalan kısmı bitki artıkları ile organik azot formunda toprakta kalır. Toprakta kalan azot meydana gelen bazı doğal süreçlerle kaybolma eğilimindedir. Uygulanan gübre ile alınan azot miktarı gübre çeşidi, bitki türü, uygulama zamanı, iklim ve toprak özellikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Azotun bazı organik formları (üre, aminoasit vb.) suda çözünerek kaybolabilir fakat bu miktar çok düşük olduğu için yeterince araştırılmamış bunun yerine nitratın yıkanarak uzaklaştırılmasına odaklanılmıştır (Laegreid ve ark., 1999). Ayrıca nitratın toprak profilindeki hareketi amonyumun yaklaşık altı katı olduğu için yıkanma ile kayıpları oldukça önemlidir (Dinnes ve ark., 2002).

Tarımsal alanlarda en büyük zorluk azot kullanım etkinliğini (NUE) ve verimi artırmakla birlikte azot kayıplarını minimuma indirmek ve kayıpların istenmeyen sonuçlarını azaltmaktır. Son yıllarda artan azotlu gübre kullanımının yeraltı suları ve atmosfer kirliliğine ciddi miktarlarda katkıda bulunmasında bu durumun ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Fosil yakıtların kullanımı ve kimyasal gübre uygulamaları gibi insan faaliyetlerinden kaynaklı toprağa azotun girdi miktarı ortalama $93.6 \text{ Tg N yıl}^{-1}$ olarak yaklaşık iki katına çıktığı rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2019; Schlesinger, 2009).

Azotlu gübrelemenin yapıldığı alanlarda inorganik azotun % 0.5-2'si denitrifikasyon, % 10-18'i volatilizasyon ve % 10-20 ise yıkanma ile kaybolarak ekosistemde çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Smil, 1999; Bouwman ve ark., 2002; Hoben ve ark., 2011; Pan ve ark., 2016).

2. TARIMSAL KAYNAKLI NİTRAT KİRLİLİĞİ

Tarım alanlarında azot genel olarak nitrat formunda yıkanır. Çünkü nitrat toprakta adsorbe edilmez ve suda çözünür olduğu için toprak profili boyunca hızla yukarıdan aşağı doğru yıkanır. Bu yıkanma ciddi ekolojik sorunlara neden olduğu için dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Bu sorunların başında ise içme suyu kaynaklarındaki nitrat miktarlarının artışı gelmektedir. ABD ve Avrupa'da yeraltı sularında nitrat konsantrasyonu 2 mg L^{-1} den daha azken zamanla giderek arttığı rapor edilmiştir (Coyne ve Frye, 2005). Türk Standardı TS-266'da içme

sularında nitrat konsantrasyonu için sınır değeri 50 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir (Anonim, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde Çevre Koruma Ajansı (EPA) içme sularında nitratın sınır değerini 45 mg L⁻¹ olarak bildirmiştir (Hu ve ark., 2000). Nitrat yıkanması özellikle azotlu gübre ve organik atıkların yüksek miktarlarda uygulandığı gelişmiş ülkelerde daha büyük sorun haline gelmektedir. Avrupa'da tarım alanlarındaki yer altı sularının yaklaşık %22'sinde nitrat içeriğinin 50 mg L⁻¹'nin üstünde olduğu belirlenmiştir (McKenna, 1998).

Topraklarda bulunan nitratın yıkanması; uygulanan azotun kaynağı ve miktarı, toprak sıcaklığı, yağışların miktarı ile birlikte mevsimlere göre dağılımı, toprak amenajmanı, toprak organik madde içeriği, toprak tekstürü ve ürün yönetim sistemleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Smith ve Cassel, 1991). Bununla beraber tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü topraklardan yıkanan nitratın önemli miktarları doğrudan uygulanan gübreyle birlikte organik materyallerin mineralizasyon hızı ve miktarında bağlıdır. Özellikle bahçe bitkilerinin yetiştirildiği topraklarda fazla miktarlarda azot artıkları kalabilir (bazı Brassicas türlerinden sonra >300 kg N ha⁻¹) (Rahn ve ark.,1996).

Topraklarda uygun nem ve sıcaklıkta amonyumdan nitrifikasyon olayı ile nitrat kolayca oluşmasına rağmen amonyum gibi topraklarda adsorbe olmamaktadır (Tisdale ve ark., 1993).

Genel olarak topraklarda katyonların bağlanma kapasitesi anyonlardan yüksek olmasına rağmen bazı anyonlarında bağlanma kapasiteleri bulunmaktadır. Fakat fosfat ve sülfat gibi diğer anyonlar nitratın bağlanmasını sınırlandırmaktadır. Bu yüzden, nitratın bitkiler tarafından alınandan daha fazlası yağış ve sulama suyu ile yıkanarak kaybolmaktadır (Laegreid ve ark., 1999).

Nitratın topraktan yıkanması;

- 1) Yağışlar veya sulama ile topraklara ulaşan su miktarının evapotranspirasyonla kaybolan sudan daha fazla olduğunda,
- 2) Toprakların nitrat seviyeleri organik azot mineralizasyonu (hayvan gübresi uygulanması ile) veya fazla gübrelemeden dolayı aşırı miktarda yükselmesi koşullarında meydana gelmektedir (Lord ve Anthony, 2000).

3. NİTRAT KİRLİLİĞİNE ÇEVRE FAKTÖRLERİNİN ETKİSİ

3.1. Mevsimler

Mevsim değişimleri ile drenaj durumu nitratın yıkanmasını etkileyen çevresel faktörlerden biridir. Hava sıcaklıklarının düşmesiyle bitkilerin azot alımlarının azalması ve

drenajın fazla olması nedeniyle nitratin en fazla yıkandığı mevsimler sonbahar, kış başı ve yaz sonu olarak belirlenmiştir (Wild ve Cameron, 1980; Lloyd ve ark., 2011).

Mevsimsel ve zamansal nitrat hareketi ve yıkanması aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Yaz ayları evapotranspirasyon miktarı genellikle yağış miktarını geçer ve nitrat kayıpları minimumdur. Fakat gübre uygulamaları yoğun yağışlı döneme denk gelirse nitrat kayıpları meydana gelir. Ancak tropikal iklim bölgelerinde yaz mevsiminde meydana gelen muson yağmurları ile nitrat yıkanması kış aylarından daha fazla olmaktadır.
- Kurak geçen yaz mevsimi ürünün azot alımını sınırlayabilir ve toprakta nitratin birikmesine neden olabilir buda nitratin sonbahar-kış aylarındaki yağışlarla yıkanmaya duyarlı hale gelmesine neden olur.
- Hasat öncesi gübre uygulamasından arta kalan veya yaz/sonbahar mevsimlerinin sonunda mineralizasyonundan kazanılan azot, sonbahar yağışları ile birlikte toprağın nem düzeyinin tarla kapasitesine gelmesiyle nitrat yıkanmaya başlamaktadır. Bununla birlikte sonbaharda ekimi yapılan ürünlerin tohum yatağına uygulanan azot gübresi yıkanmaya karşı çok hassastır. Bu yüzden sonbaharda uygulanan azotlu gübrenin azot kullanım etkinliği (NUE) yaz aylarına göre düşüktür.
- Kış aylarında ise yağış evapotranspirasyondan daha fazla olduğu için toprak profilinde bulunan nitrat daha kolay yıkanmaktadır.
- İlkbaharda ise uygulanan azotlu gübre, uygulamanın yoğun yağışla aynı zamana denk gelmesi veya nitratin ürün tarafından alımının hızlı olmaması durumunda yıkanmaya karşı hassastır (Powlson, 1988; Addiscott, 1996; Simmelsgaard, 1999; Chambers ve ark., 2000; Cameron ve ark., 2013).

Ilıman iklimlerde yıkanan nitratin ana kaynağının özellikle büyüme mevsimi dışındaki toprak organik maddesinin mineralizasyonunda önemli katkısı olduğu ileri sürülmüştür (Addiscott ve ark., 1991; Addiscot, 1996). Gübreler genellikle bitkinin azot alımının hızlı olduğu ve toprağın çoğunlukla kuru olduğu ilkbahar ve yaz aylarında uygulanır. Azotlu veya nitratlı gübre uygulamasından sonraki ilk 3 hafta içinde yoğun yağış veya sulama varsa uygulanan azotlu gübrelerden nitrat yıkanması meydana gelmektedir (Addiscott, 1996; Powlson, 1997).

3.2. Toprak Özellikleri

Toprakların; tekstür, hidrolik iletkenlik, su içeriği, gözeneklilik ve katyon değişim kapasitesi toprağın yıkanma potansiyelini belirleyen özellikleridir (Vachaud ve Chen, 2002).

Bu özelliklerin yanı sıra yüksek pH'ya sahip bazı topraklarda nitrat iyonunun toprak taneciklerine bağlanması çok az veya zayıf olduğu için sızan su ile derine hareketi oldukça kolaydır. Topraktaki su ve nitrat hareketinin kolaylığı, toprak yapısına ve gözenekliliğine bağlıdır. Yoğun yağışlar ile genellikle nitrat iyonu killi topraklara göre kumlu topraklarda daha derine taşınmaktadır (Laegreid ve ark., 1999). Aynı zamanda ıslanma-kuruma döngüsünde bitki kökleri ve toprak canlılarının hareketleri ile oluşan makro gözeneklerle nitrat toprak profilinde daha derinlere doğru yıkanmaktadır (Silva ve ark.,2000).

Yetiştirilen bitkilerin topraktaki su hareketi üzerine etkisi oldukça önemlidir. Bitki kökleri çözülmüş besin maddesi ile suyu alır ve yapraklardan terleme yoluyla suyu atmosfere verir. Su ayrıca toprak yüzeyinden buharlaşma ile kaybedilir. Bitki ve toprak yüzeyinde meydana gelen evapotranspirasyon genellikle büyüme mevsiminde nitratın yıkanmasını önlemektedir. Bitki kökleri suyun kapilar hareketi ile toprağın daha derin katmanlarındaki nitrat iyonunu toprak yüzeyine yakın bölgeye taşıyabilir (Kuhlman ve ark., 1989).

Drenajı iyi olan topraklarda nitratın yıkanarak kaybolması drenajı iyi olmayan topraklara göre daha fazla olmasıyla birlikte drenajı iyi olmayan topraklarda denitrifikasyonla azot kaybı daha fazla olmaktadır. Yıkanan nitrat su ile birlikte topraktan drenaj kanallarına ve yeraltı sularına kadar ulaşmaktadır.

3.3. Bitki Örtüsü

Nitratın topraklardan yıkanması bitki örtüsünden de etkilenmektedir. Nadasa bırakılan arazilerde bitkiyle kaplı olan arazilere göre daha fazla nitrat yıkanması meydana gelmektedir. Toprak organik maddesinin mineralizasyonu ile azot üretilir fakat bitkinin olmadığı alanlarda azot ve su kullanımı olmamaktadır. Aynı zamanda toprak işlemenin yapılmamasında makro gözenek oluşumunu desteklediği için su daha kolay hareket eder ve fazla miktarlarda nitrat kaybı meydana gelmektedir. Bu kayıpları azaltmak amacıyla kışlık bir ürün veya ara ürünlerin yetiştirilmesi oldukça önemlidir (Laegreid ve ark., 1999).

Bitkilerin kök sistemleri nitrat yıkanmasında önemli bir role sahiptir. Bitki kök uzunluğu ve kökün yüzey alanı bitki besin elementi alımını etkileyen önemli iki parametredir (Thorup-Kristen, 2001). Otlak veya mera alanlarında bitkiler yoğun bir kök sistemine sahip olduğu için nitrat alımı yüksektir (Laegreid ve ark., 1999). Bu yüzden otlak alanlarından nitrat yıkanması çok azdır. Fakat bu otlaklarda otlayan hayvanların katı ve sıvı gübreleri otlak veya mera alanlarında zamanla artmaktadır. Bu alanların işlenmesiyle organik bileşikler hızla ayrışmakta ve mineralizasyon olayı ile fazla miktarda azotlu bileşikler serbestlenmektedir. Addiscott ve

ark. (1991) yaptıkları çalışmada bu tür alanların işlenmeye başlandığı ilk yıllarda yıkanarak kaybolan nitrat miktarının sonraki yıllara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkilerin sahip olduğu derin ve kapsamlı kök sistemi, azotu verimli bir şekilde kullanmasını ve yıkanma riskini en aza indirmesini sağlar. Bazı sebzeler sığ köklere ve yüksek azot talebine sahipken karnabahar gibi bazı bitkiler ise az miktarda azota ihtiyaç duyarlar. Bu ürünler tarafından alınmayan azot hasat sonunda bitki artıkları ile toprağa ilave olur (Kuhlmann ve Engels, 1989). Bu nedenle sebze üretiminin yapıldığı alanlarda nitrat yıkanması önemli konulardandır. Bununla birlikte buğday ve kolza gibi ürünler, topraktaki çözünür azotu etkin bir şekilde tüketen derin ve geniş kök sistemlerine sahiptir.

Bahçe bitkilerinden özellikle sebzeler su tutma kapasitesinin düşük, geçirgenliğin ise yüksek veya orta derece olan kumlu veya tınlı topraklarda yetiştirilmektedir. Bu nedenle yapılan sulama ile nitratin yıkanma riski daha da artmaktadır. Sulamanın doğru yönetilmesi ile nitratin yıkanması en aza indirilecek olmasına rağmen hasat sonrası toprak profilinde biriken nitrat yine yıkanarak kaybolmaya maruz kalacaktır (Cameira ve Mato, 2017). Yapılan araştırmalarda nitrat kayıpları eylül ayında kumlu bir topraktan hasat edilen lahanada 207 kg ha⁻¹, kasım ayında tınlı bir topraktan hasat edilen brokoli ile 282 kg ha⁻¹ ve yine kasım ayında kumlu bir topraktan hasat edilen karnabahardan 293 kg ha⁻¹'a kadar ulaştığı bildirilmiştir (Goulding, 2000; Vázquez ve ark., 2006; Mitchell ve ark., 2001; Woli ve ark., 2016).

3.4. İklim Değişikliği

İklim değişikliği, tarımsal ürünlerin büyümesini kontrol eden temel toprak süreçlerini değiştirerek nitrat yıkanmasına katkıda bulunan önemli bir faktördür (MAFF, 2000). İklim değişikliği nedeniyle atmosferde artan CO₂ konsantrasyonu ile birlikte bitkilerin daha fazla fotosentez yapması sonucu ek gübre uygulamalarına gerek duyulabilir (Saif ve ark., 2016).

Değişen yağış ve sıcaklığın nitrat yıkanması üzerine hem olumlu hem de olumsuz etkisi olduğunu söylemek mümkündür. Toprakta var olan organik azotun mineralizasyon olayını yöneten faktörler; organik madde yapısı ve miktarı, sıcaklık, nem, pH ve mikroorganizmalardır. Leiros ve ark. (1999)'a göre artan sıcaklıklarla birlikte topraktaki organik madde azalmakta ve bununla birlikte toprağın hidrolik iletkenliği olumsuz etkilenmektedir. Mineralizasyon ve nitrifikasyon olayları doğrudan sıcaklıkla ilgili olmasına rağmen dolaylı olarak yağışlada ilişkilidir (Emmett ve ark., 2004). Toprakların çok kuru ya da suya doymuş olduğu durumlarda meydana gelecek olan mikroorganizma ve enzim aktiviteleri olumsuz etkilenmektedir (Sardans ve ark., 2008). Bununla birlikte yaz mevsimi boyunca

toprak nemindeki değişiklikler bitkiler tarafından nitrat alımını etkilemektedir (Ineson ve ark., 1998). Aynı zamanda yağış ve sızma arasındaki doğrusal ilişki nitratın yıkanma mekanizması üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin topraktaki azot mineralizasyonunu arttırdığını ve böylece nitratın birikimine katkıda bulunarak yer altı sularında nitrat konsantrasyonunu yükselttiğini söylemek mümkündür.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretimde azot kayıpları çok yönlü bir problemdir ve çözümünün tek bir yolla sağlanması mümkün değildir. Azot kayıplarını minimuma indirmek ve bitki tarafından kullanımını artırmak için gübre, toprak ve sulama faktörleri göz önünde bulundurularak yeni tarımsal yönetim sistemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Kimyasal ve hayvansal gübre kaynaklı azot kayıplarını en aza indirmek için öncelikli olarak azot kayıp yolları ile birlikte bunları kontrol eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Tarımsal uygulamalar sonucu meydana gelen azot kayıplarını azaltabilmek için alınabilecek önlemlerin en başında; yetiştirilecek ürünün ekonomik optimum azot dozu belirlenerek ihtiyacına ve gelişme aşamasına göre azot uygulaması ayarlanmalı, uygun görüldüğü takdirde kayıpları azaltabilmek için uygulanacak miktar 2 veya 3'e bölünmelidir. Böylece hem ürün verimi artırılmış hem de azot kayıpları minimuma indirilerek etkili bir gübreleme programı geliştirilmiş olacaktır. Bu uygulama sonucunda azot kullanım etkinliğinin de artması beklenmektedir. Yağışın fazla olduğu bölgelerde nitratın yıkanarak kaybının önlenmesi amacıyla yavaş serbestlenen azotlu gübrelerin kullanılması önerilebilir. Ancak bu tür gübrelerde azot salınımının bitkinin ihtiyacı olduğu zamana denk gelecek şekilde uygulanması önemlidir. Geleneksel yöntemlerle toprağın aşırı işlenmesi de azot kayıplarını artırmaktadır. Geleneksel yöntemlerin dezavantajlarından kaçınmak amacıyla minimum toprak işleme yöntemleri benimsenebilir. Bununla birlikte azotlu gübrelerin toprak yüzeyine uygulanmasından kaçınılmalı kayıpları minimuma indiren ve kullanımı maksimuma çıkaran yöntemler belirlenmeli, kış aylarında nitratın yıkanmasını azaltmak amacıyla toprak yüzeyleri bitki ile kaplı tutulmalı, yetiştirilen ürünün büyüme mevsimi dışında ve hasata yakın zamanlarında azotlu gübre uygulamalarından kaçınılmalı, azot kullanımının diğer besin elementleri eksiklikleri tarafından engellenmemesi amacıyla yetiştirilme dönemi boyunca noksan olan tüm besin elementlerinin temini ile dengeli beslenme sağlanmalı, kontrolsüz ve aşırı hayvan gübresi kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir. Bitkisel üretim döneminde nitratın yıkanmasını azaltabilmek için sulama yöntemleri geliştirilmeli ve değiştirilmelidir. Yetiştirilecek ürüne göre sulama programları yapılmalı ve kısıtlı sulama yöntemleri tercih edilmelidir. Aynı zamanda yeraltı veya yüzey sularının nitrat

konsantrasyonunun tehlike arz ettiği bölgelerde nitrat yıkanmasını azaltmak için yeni tarımsal programlar geliştirilmelidir.

5. KAYNAKÇA

- Addiscott, T. M., Whitmore, A. P., & Powlson, D. S. (1991). Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem, *CAB International*, (s 176).
- Addiscott, T. (1996). Fertilisers and nitrate leaching. In: Issues in Environmental Science and Technology 5: *Agricultural Chemicals and the Environment*, (s 128).
- Anonim, (2019). İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve artırılması hakkında yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm> (Alıntılama Tarihi:18.11.2022)
- Anonim, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 15.01.2022).
- Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M., & Batjes, N. H. (2002). Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochem. Cycles*, 16(4),13.
- Cameron, K. C., Di, H. J., & Moir, J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals Applied Biology*, 162, 145-173.
- Cameira, M. R., & Mota, M. (2017). Nitrogen Related Diffuse Pollution from Horticulture Production—Mitigation Practices and Assessment Strategies. *Horticulturae*, 3, 25.
- Chambers, B. J., Smith, K. A., & Pain, B. F. (2000). Strategies and encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use and Management*, 16, 157-161.
- Coyne, M. S., & Frye, W. W. (2005). Nitrogen in Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, (s 613).
- Dinnes, D. L., Di, K., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., & Cambardella, C.A. (2002). Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile drained Mid-Western soils. *Agronomy Journal*, 94, 153-171.
- Emmett, B. A., Beier, C., Estiarte, M., Tietema, A., Kristensen, H. L., Williams, D., Penuelas, J., Schmidt, I., & Sowerby, A. (2004). The response of soil processes to climate change: results from manipulation studies of shrub lands across an environmental gradient. *Ecosystems*, 7, 625-637.
- FAO, (2016). Fertilizer requirements in 2015-2030, ss.25, Roma.
- Garcia-Garizabal, I., Causape, J., & Abrahao, R. (2012). Nitrate contamination and its relationship with flood irrigation management. *Journal of Hydrology*, 15-22.
- Goulding, K. (2000). Nitrate leaching from arable and horticultural land. *Soil Use and Management*, 16, 145-151.
- Hu, Q., Westerhoff, P., & Vermaas, W. (2000). Removal of nitrate from groundwater by cyanobacteria: Quantitative assessment of factors influencing nitrate uptake. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 133-139.
- Hoben, J. P., Gehl, R. J., Millar, N., Grace, P. R., & Robertson, G. P. (2011). Nonlinear nitrous oxide (N₂O) response to nitrogen fertilizer in on-farm corn crops of the US Midwest. *Global Change Biology*, 17, 1140-1152.
- Johnson, C., Albrecht, G., Ketterings, Q., Beckman, J., & Stockin, K. (2005). Nitrogen Basics The Nitrogen Cycle. Cornell University, *Agronomy Fact Sheet Series*, 2, 1-2.
- Ineson, P., Benham, D. G., Poskitt, J., Harrison, A. F., Taylor, K., & Woods, C. (1998) Effects of climate change on nitrogen dynamics in upland soils. 2. A soil warming study. *Global Change Biology*, 4, 153-161.
- Kuhlmann, H., Barraclough, P. B., & Weir, A. H. (1989). Utilization of mineral nitrogen in the subsoil by winter wheat. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 152, 291-295.

- Kuhlmann, H. & Engels, T. (1989). Nitrogen utilisation in relation to N-fertilisation. Proceedings No.287 *International Fertiliser Society*, 28-42.
- Laegreid, M., Bockman, O.C., & Kaarstad, E.O. (1999). Agriculture, Fertilizers and the Environment. *European Journal of Soil Science*, 51(3), 541-549.
- Lee, I. G., & Choi, S. H. (2010). Geochemical characteristics and nitrates contamination of shallow groundwater in the Ogcheon area. *Economic and Environmental Geology*, 43, 43-52.
- Leiros, M.C., Trasar-Cepeda, C., Seoane, S., Gil-Sotres, F. (1999) Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture. *Soil Biol Biochemistry*, 31, 327-335.
- Lloyd, D., Soldat, D.J., Stier, J.C. (2011). Low-temperature Nitrogen Uptake and Use of Three Cool-season Turfgrasses under Controlled Environments. *HortScience*, 46(11), 5.
- Liu, D. N., Guo, X. D., & Xiao, B. W. (2019). What causes growth of global greenhouse gas missions? Evidence from 40 countries. *Science of the Total Environment*, 661, 750-766.
- Lord, E. I. & Anthony, S. G. (2000). MAGPIE: A modelling framework for evaluating nitrate losses to national and catchment scales. *Soil Use and Management*, 15, 201-207.
- MAFF, (2000). Fertilizer recommendations for arable and horticultural crops, RB209. Revised 2000. MAFF Publications, London.
- McKenna, P. (1998). Report on the Commission Reports on the Implementation of Council Directive 91/676/EEC. Committee on the Environment, Public Health and Consumer Protection (A4-0284/98), EC, Brussels.
- Mitchell, R., Webb, J., & Harrison, R. (2001). Crop residues can affect N leaching over at least two winters. *European Journal of Agronomy*, 15, 17-29.
- Pan, B.B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y.Q., & Chen, D.L. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture Ecosystem Environment*, 232, 283-289.
- Pasten-Zapata, E., Ledesma-Ruiz, R., Harter, T., Ramirez, A. I., Mahlknecht, J. (2014). Assesment of sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area by using a multi-tracer approach, *Science of the Total Environment*, 855-865.
- Polat, H., Güngör, İ., & Koca, C. (2013). Türkiye’de kullanılan azotlu gübrelerin standart ve yönetmeliklerle uyumluluğu üzerine bir araştırma. *Toprak-Su Dergisi*, 2(2), 102-111.
- Powlson, D. S. (1988). Measuring and minimising losses of fertiliser nitrogen in arable agriculture. *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*, 231-245.
- Powlson, D. S. (1997). Integrating Agricultural Nutrient Management with Environmental Objectives Current State and Futura Prospects. Proceedings No:402. International Fertilizer Society, York, UK, S:1-44.
- Rahn, C. R., Paterson, C. D., Willison, T. W., & Lillywhite, R. (1996). The fate of nitrogen from brassica crop residues in intensive cropping rotations. In: Proceedings of COST814 Conference on 'Nitrogen supply and nitrogen fixation of crops for cool wet climates'. Tromso, Norway, European Commission, Brussels, S: 219-226.
- Saif, S., Ullah, S., & Dahlawi, S. (2016). Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture, Nitrate Leaching and Mitigation Strategies. *Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives*, 132-153.
- Sardans, J., Penuelas, J., Prieto, P., & Estiarte, M. (2008). Drought and warming induced changes in P and K concentration and accumulation in plant biomass and soil in a Mediterranean shrubland. *Plant Soil*, 306, 261-271.
- Sanchez, P. A. (2019). Nitrogen. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. 326-369.

- Scherer, H. W. (2005). Fertilizers and Fertilization. *Encyclopedia Of Soils In The Environment*, 20-26.
- Schlesinger, W. H. (2009). On the fate of anthropogenic nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 203-208.
- Smil, V. (1999). Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles*, 13, 647-662.
- Smith, S. J. & Cassel, D. K. (1991). Estimating nitrate leaching in soil materials. Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability. *Soil Science Society of America*, (s 677).
- Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201-207.
- Simmelsgaard, S. E. (1999). The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. *Soil Use and Management*, 14, 30-36.
- Silva, S., Kendall, C., Wilkison, D., Ziegler, A., Chang, C., & Avanzino, R. (2000). A new method for collection of nitrate from fresh water and the analysis of nitrogen and oxygen isotope ratios. *Journal of Hydrology*, 228, 22-36.
- Taban, S., Turan, M. A., & Katkat, A. V. (2013). Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10(1), 9-13.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Halvin, J. L. (1993). Soil Fertility and Fertilisers. (s 684).
- Thorup-Kristensen, K. (2001). Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant Soil*, 30, 185-195.
- Vázquez, N., Pardo, A., Suso, M. L., & Quemada, M. (2006). Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 112, 313-323.
- Vachaud, G. & Chen, T. (2002). Sensitivity of computed values of water balance and nitrate leaching to within soil- class variability of transport parameters. *Journal Hydrology*, 264, 87-100.
- Wild, A. & Cameron, K. (1980) Nitrate leaching through soils and environmental considerations with special reference to recent work in the United Kingdom. *Proceedings of the meeting on soil nitrogen as fertilizer or pollutant*, 289-306.
- Woli, P., Hoogenboom, G., & Alva, A. (2016). Simulation of potato yield, nitrate leaching, and profit margins as influenced by irrigation and nitrogen management in different soils and production regions. *Agricultural Water Management*, 171, 120-130.

Bilir. B. (2023). Tarımsal Kaynaklı Nitrat (NO₃⁻) Kirliliği Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi. *Şirnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 13-23.

Bilir, B.. (2023). The Effect of Environmental Factors on Agricultural Nitrate (NO₃⁻) Pollution. *Sirnak University Journal Of Science*, 3(2), 13-23.



Research Article

Synthesis of Activated Carbon from Different Biomasses

Doğu RAMAZANOĞLU^{1*}, Zaman Adnan MOHAMMED², Samira Abdulqadr DRBAS³ Maher KHALID³

¹Duzce University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, 81620 Duzce, Turkey

²Scientific Research Center Department, Zakho University, Zakho, Iraq.
zamanramazanoglu@outlook.com.tr

³Chemistry Engineering Department, Zakho University, Zakho, Iraq.
maher.ali@uoz.edu.krd

samera.drbas@staff.uoz.edu.krd

*Corresponding Author; doguramazanoglu@duzce.edu.tr

Received / Gönderme tarihi: 11/10/2022

Accepted / Kabul tarihi: 28/01/2023

ABSTRACT

In this study, activated carbon was synthesized from three different types of biomass: eggplant (*Solanum melongena*) stalks, banana (*Musa sapientum*) peels, and orange (*Citrus sinensis*) peels. The carbonization process was conducted at a temperature of 1200°C for two hours. Subsequently, the activated carbons were prepared by impregnating the resulting materials with 4N sulfuric acid (H₂SO₄) for a period of 24 hours. The resulting activated carbons were characterized and optimized according to the Indonesian National Standard (SNI 06-3730-1995), which specifies maximum values for water content (15%), ash content (10%), vapor content (25%), and minimum bound carbon content (60%). The resulting data showed that the activated carbon produced from eggplant stalks had the highest bound carbon content (78.0%), while the activated carbons produced from banana peels and orange peels had bound carbon contents of 65.3% and 54.8%, respectively. In terms of other parameters, the activated carbon produced from eggplant stalks had a water content of 13.8%, ash content of 6.50%, and vapor content of 15.5%. The activated carbons produced from banana peels and orange peels had water contents of 21.9% and 19.3%, ash contents of 8.50% and 22.4%, and vapor contents of 26.2% and 22.8%, respectively. Overall, the results of this study indicate that eggplant stalks may be the most promising biomass for the production of activated carbon.

Keywords: Activated carbon; Biomass; Carbonization

Farklı Biyokütlelerden Aktif Karbon Sentezi

ÖZET

Aktif karbonlar, enerji depolama sektöründen su ve hava temizleme sistemlerine kadar pek çok önemli alanda, geniş kullanım alanına sahiptirler. Bu çalışmada, patlıcan (*Solanum melongena*) sapı, Muz (*Musa sapientum*) ve

Portakal (*Citrus sinensis*) kabukları olmak üzere 3 farklı biyokütleden aktif karbon sentezlenme olasılığı araştırılmıştır. Biyokütleler, 2 saat süreyle 1200°C'de karbonizasyon işlemine tabi tutulmuş ve daha sonra 24 saat boyunca 4N sülfürik asit (H₂SO₄) ile aktive edilmiştir. Elde edilen aktif karbonlar, Endonezya Ulusal Standartı olan SNI 06-3730-1995.5'e göre değerlendirilmiştir. Bu standart, su içeriği (%15), kül içeriği (%10), buhar içeriği (%25) ve minimum bağlı karbon içeriği (%60) gibi parametreler için maksimum değerler belirler. Çalışmanın sonuçlarına göre, patlıcan sapı, muz ve portakal kabuklarından üretilen aktif karbonların su içeriği %13.8, %21.9 ve %19.3; kül içeriği %6.50, %8.50 ve %22.4; buhar içeriği %15.5, %26.2 ve %22.8; bağlı karbon içeriği %78.0, %65.3 ve %54.8 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak, üç farklı biyokütleden üretilen aktif karbonlar arasında patlıcan sapının en uygun kaynak olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktif karbon; biyokütle; karbonizasyon

1. INTRODUCTION

As natural energy sources such as wind, hydro, and solar power become increasingly depleted due to the growing global population, scientists are seeking alternative energy storage technologies to reduce reliance on these resources (Wang et al., 2019; Bi et al., 2019). One promising option is the use of ultracapacitors or supercapacitors (SCs), which have demonstrated high charging and discharging performance and cyclability (Chmiola et al., 2006; Yadav and Hashmi, 2020). In order to manufacture energy storage devices using SCs, it is necessary to identify suitable electrodes and electrolytes, and researchers have therefore explored the use of various carbon-based materials with different morphologies, such as carbon nanotubes (Zhang et al., 2018; Khan et al., 2020) and graphene (Zhou et al., 2018; Ali et al., 2020), as electrodes in SC production.

Activated carbons (ACs) are highly effective at adsorbing gaseous or aquatic pollutants, making them a useful tool in water purification to remove organic and inorganic contaminants that can cause odors and tastes (Chingombe et al., 2005; Kazmierczak et al., 2013). ACs are typically made from environmental waste materials such as coal and lignocellulosic biomass and have been widely studied for their potential use in energy storage (Bader and Ouederni, 2017; Lu, and Zhao, 2017). Their complex chemical surface, microporous structure, and large surface area allow them to bind easily to molecules in both the gas and liquid phases. In addition, ACs have a broad range of applications in fields such as air treatment (Pietrzak and Badosz, 2007; Bansode et al., 2003), solvent recovery (Karatepe et al., 2018), food processing (Singh et al., 2008), wastewater treatment for the removal of pesticides and heavy metals (Crini, 2006; Mudoga and Kincal, 2008), catalysis (Cui and Zhang, 2008; Holtz et al., 2008), and supercapacitors (Tsyntsarski et al., 2015; Zhang et al., 2018). They can also be used to enhance flavors and aromas (Santoro et al., 2003; Tan et al., 2017). ACs can be produced from woody

biomass, agricultural wastes, and coal through pyrolysis and activation at high temperatures (Kim and Bae, 2007).

The increasing global population has led to an increase in the amount of organic waste in the environment. Organic waste can be classified based on the length of its chemical chain. Compounds with long chains are not easily decomposed and may require more time and effort to recycle. On the other hand, compounds with short chains can be more easily recycled with minimal effort. Carbonization, or the process of heating organic material in the absence of oxygen, is a suitable method for breaking down long chain organic compounds (Wang et al., 2009; Haji, et al., 2013). In this study, three different types of biomasses were carbonized to produce activated carbon, and their conversion efficiencies were compared.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Eggplant stalks, banana peels, and orange peels were obtained from the local market in Zakho, Iraq. Sulfuric acid (H_2SO_4) was used as an activating agent and was purchased from Merck. The carbonization of all biomasses was carried out in a Furnace (UKAS) brand furnace in the chemistry laboratory at Zakho University.

2.2 Methods

2.2.1 Preparation of biomass powder

A sufficient amount of eggplant stalks, banana peels, and orange peels were dried at $103\pm 2^\circ C$ for 48 hours. Once dried, they were ground using a grinding machine (Arshia) brand (Figure 1).

2.2.2 Carbonization of biomass

Each biomass powder was subjected to a carbonization process at $1200^\circ C$ for two hours (Figure 1).

2.2.3 Activation of biomass

Activation was carried out by immersing each carbon sample of eggplant stalks, banana peels, and orange peels in 25 mL of sulfuric acid (H_2SO_4) at a concentration of 4 N for 24 hours. The activated carbons were then washed with a sufficient amount of distilled water and filtered until they reached neutral conditions. They were then dried at $110^\circ C$ for two hours (Figure 1).

The preparation, carbonization and activation of biomass were shown schematically in Figure 1.

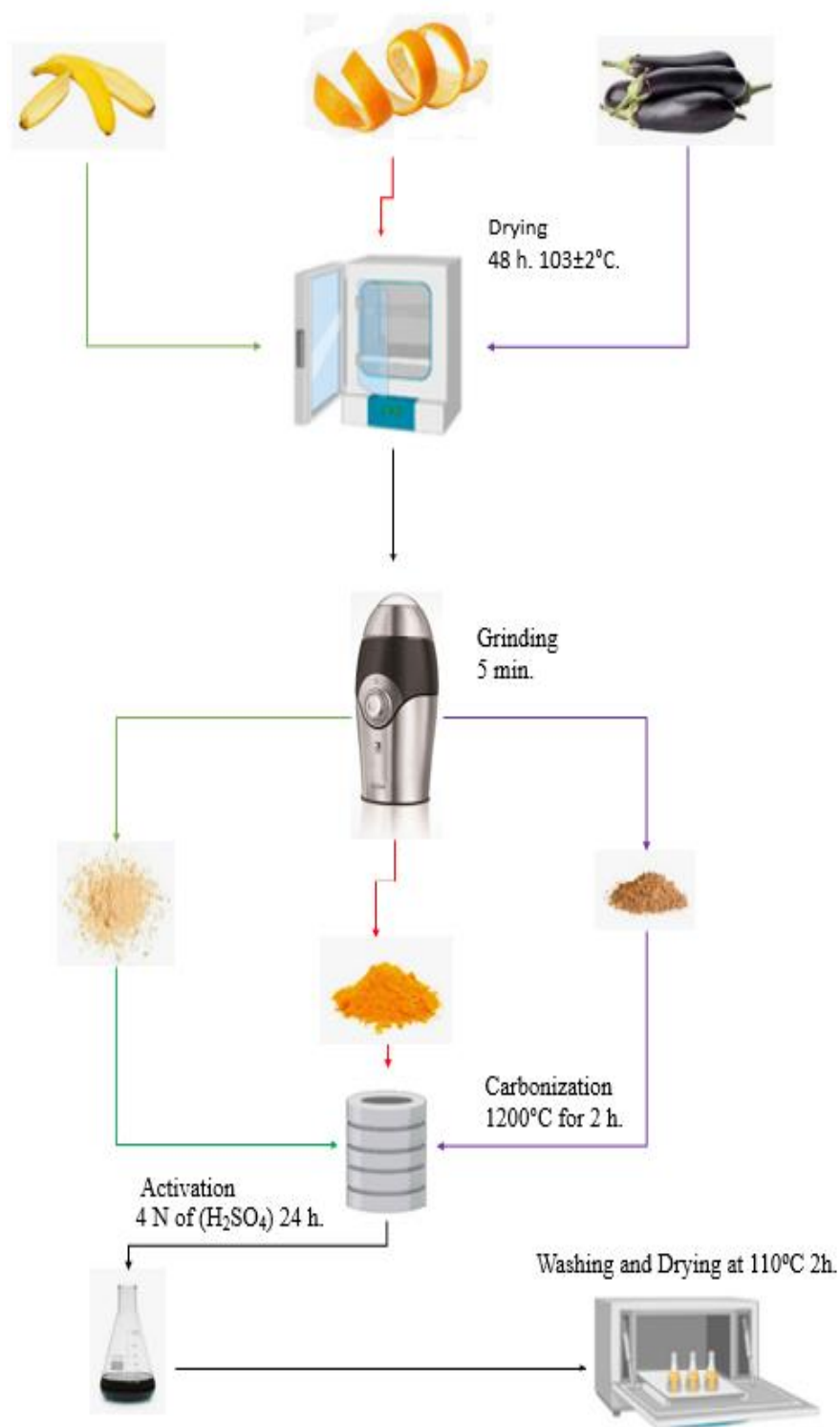


Figure 1. Schematic configuration of methods

2.2.4 Water content of activated carbons

One gram of each activated carbon was placed in a crucible porcelain and heated at 105°C for 1 hour. After one hour, the samples had cooled in the desiccator and weighed. The water content of activated carbons had calculated by Eq. (1)

$$\text{Water content} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Where:

a = The weight of the initially activated carbon (gram)

b = Activated carbon weight after drying (gram)

2.2.4 Ash content of activated carbons

To determine the ash content of biomass materials, a sample of the biomass is placed in a furnace and heated until all of the carbon is converted to ash. The sample is then cooled in a desiccator and weighed to determine the weight of the ash. The ash content is calculated using the following equation:

$$\text{Ash content} = \frac{\text{Weight of Ash}}{\text{Weight of biomass}} \times 100\% \quad (2)$$

Where:

a = Initial activated carbon of activated carbon (gram)

b = Weight of dried activated carbon (gram)

This equation allows for the determination of the ash content of biomass materials by expressing the weight of the ash as a percentage of the original weight of the sample. The ash content can be used to understand the composition of the biomass and its potential uses.

2.2.5 Vapor Content Analysis

To determine the vapor content of activated carbon, one gram of each sample was placed in a dried crucible porcelain and heated to 310°C. Once the furnace was turned off, the samples were taken out and placed in a desiccator to cool. The vapor content of the biomasses was then calculated using the following equation:

$$\text{Vapor content} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Where:

a = The weight of the initially activated carbon (gram)

b = Activated carbon weight after heated (gram)

2.2.6 Bounded Carbon Content Analysis

The bounded carbon content was calculated based on the relation between the vapor and ash contents. A certain amount of bound carbon content was calculated by Eq. (4).

$$\text{Pure activated carbon} = 100\% - (A + V) \quad (4)$$

Where:

A = Ash content (%)

V = Vapor content (%)

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Water content (%)

The results of this study showed that the water content of activated carbon produced from eggplant stalks, banana peels, and orange peels was 13.8%, 21.9%, and 19.3%, respectively. The highest water content was found in banana peels, while the lowest was found in eggplant stalks. It is thought that the water content of biomass is related to its structure, with eggplant stalks having a woodier texture and therefore a lower water content compared to banana and orange peels. The water contents of biomasses were introduced in figure 2.

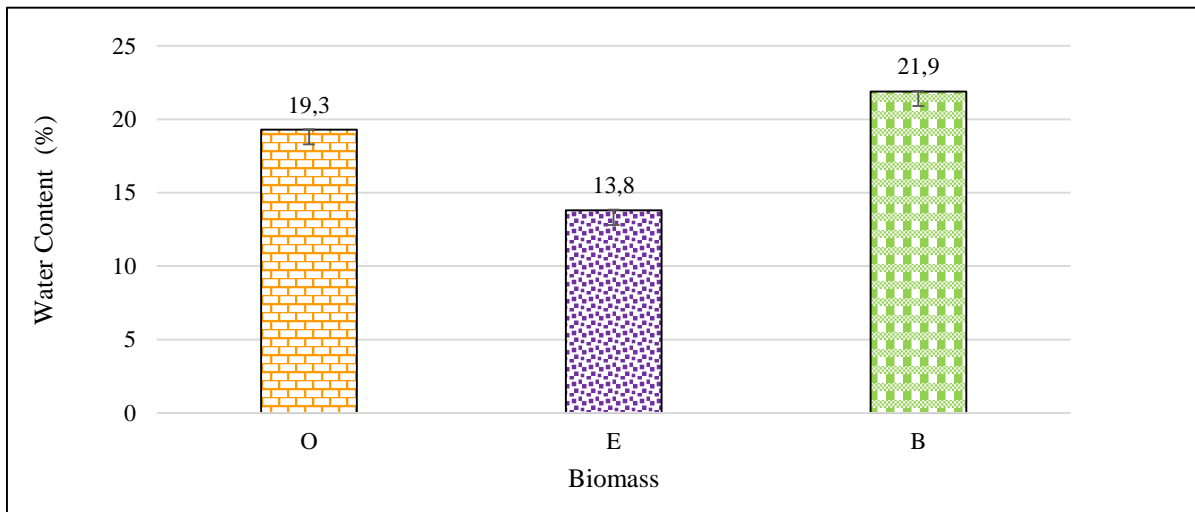


Figure 2: Water content of biomass (o) orange, (E) Eggplant and (B) Banana

The ash content of different biomass was shown in Figure 3. Orange peels had the highest ash content at 22.4%, followed by banana peels with 8.5% and eggplant stalks with 6.5%. Banana and orange peels had 23.5% and 70.9% more ash content than eggplant stalks, respectively. It is believed that the woody structure of eggplant stalks forms a protective layer on the surface that resists internal burning (Ramazanoğlu and Özdemir, 2022). It is possible that the surface of banana peels also acts as a protective barrier. The higher extractive content of orange peels may have contributed to their higher ash production. This could be a relatively high amount of ash with a high degree of accuracy.

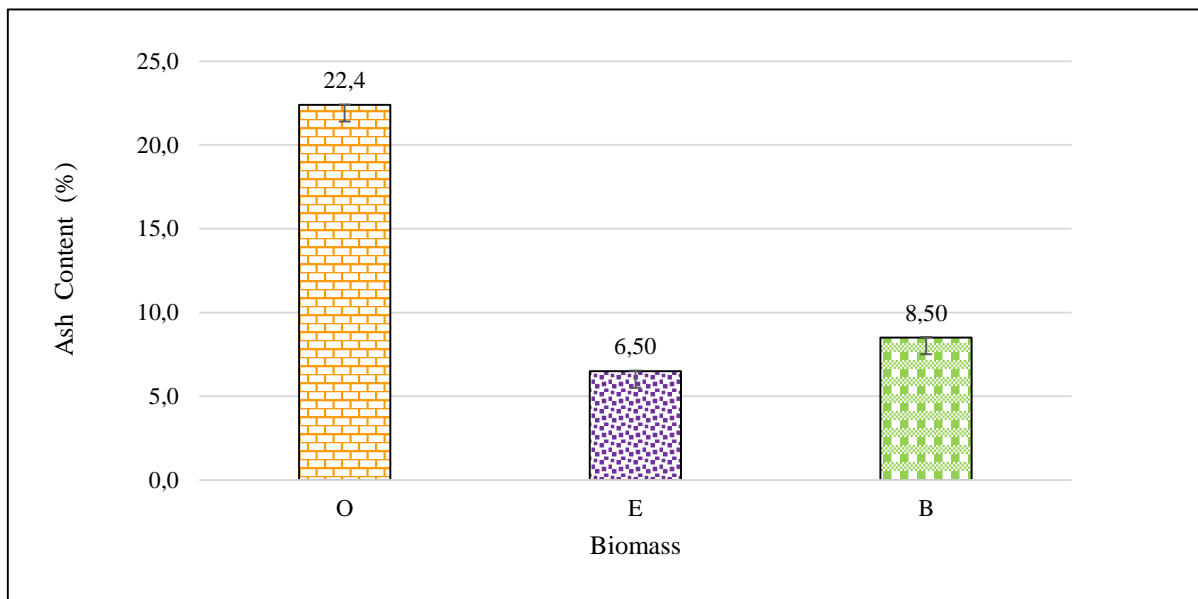


Figure 3 Ash content of biomasses (O) Orange, (E) Eggplant and (B) Banana

3.3. Vapor Content (%)

Figure 4 presents the vapor content of each biomass. Eggplant stalks had the lowest vapor content at 15.5%, followed by orange peels at 22.8%. Banana peels had the highest vapor content at 26.2%. Eggplant stalks had 29.8% and 40.8% less vapor content than orange and banana peels, respectively. The woody structure of eggplant stalks may be a contributing factor to their lower vapor content compared to the other biomasses.

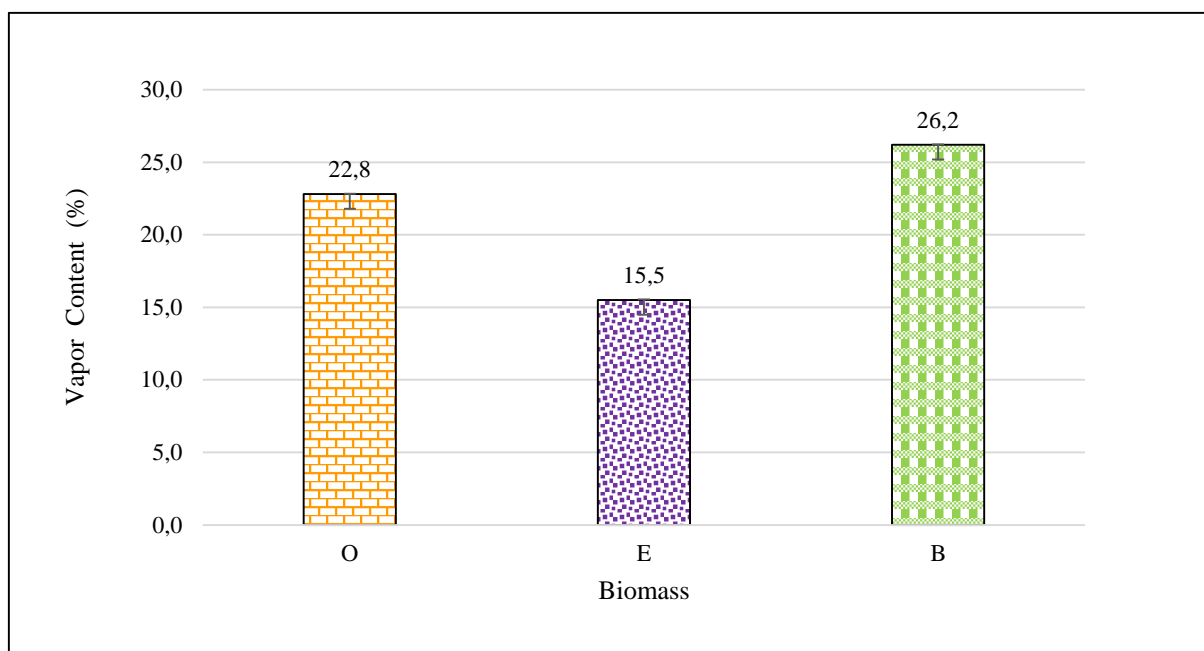


Figure 4 Vapor content of biomasses (O) Orange, (E) Eggplant and (B) Banana

3.4. Bounded Carbon Content

Figure 5 shows the bound carbon content of each biomass. Eggplant stalks had the highest bound carbon content at 78.0%, followed by banana peels at 65.3%. Orange peels had the lowest bound carbon content at 54.8%. Eggplant stalks had 16.2% and 29.7% more bound carbon than banana and orange peels, respectively.

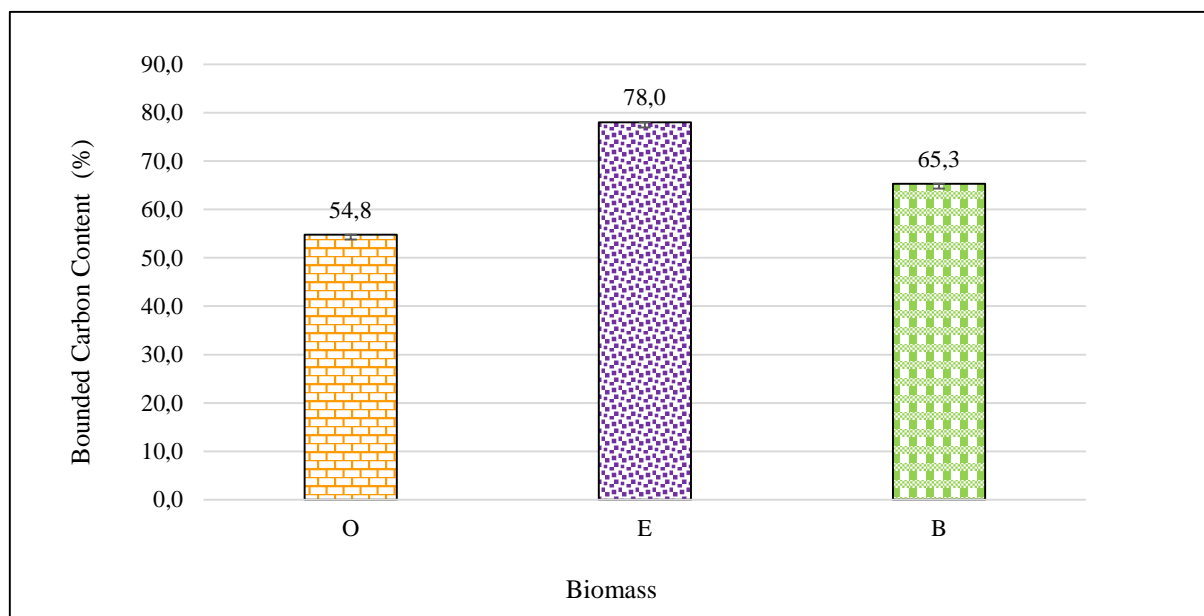


Figure 5 Bounded carbon content of biomasses (O) Orange, (E) Eggplant and (B) Banana

4. CONCLUSION

In this study, three different biomasses were used to create activated carbons, which have a significant role in energy storage systems. These activated carbons were classified according to the Indonesian National Standard (SNI 06-3730-1995), which determines the suitability of biomass as an activated carbon source. According to this standard, the maximum water, ash, and vapor content should be no less than 15.0%, 10.0%, and 25.0%, respectively, and the minimum bound carbon should be more than 60%. Among the three biomasses tested, eggplant stalks were found to be the best activated carbon source with a water content of 13.8%, ash content of 6.50%, vapor content of 15.5%, and bound carbon content of 78.0%. Banana peels had water, ash, vapor, and bound carbon values of 21.9%, 8.50%, 26.2%, and 65.3%, respectively. Orange peels had water, ash, vapor, and bound carbon values of 19.3%, 22.4%, 22.8%, and 54.8%, respectively.

REFERENCES

- Ali, G.M.A., Thalji, M.R., Soh, W.C., Algarni, H., Chong, K.F. (2020). One-step electrochemical synthesis of MoS₂/graphene composite for supercapacitor application, *J Solid State Electrochem* 24, 25–34.
- Bader, N. & Ouederni, A. (2017). Functionalized and metal-doped biomass-derived activated carbons for energy storage application. *J Energy Storage*, 13:268–76.
- Bansode, R.R., Losso, J.N., Marshall, W.E., Rao, R.M., Portier R.J. (2003). Adsorption of volatile organic compounds by pecan shell- and almond-shell based granular activated carbons. *Bioresour Technol*, 90:175–84.
- Bi, Z., Kong, Q., Cao, Y., Sun, G., Su, F., Wei, X. (2019). Biomass-derived porous carbon materials with different dimensions for supercapacitor electrodes: a review, *J. Mater. Chem.*, A7, 16028.
- Chingombe, P., Saha, B., Wakeman, R.J. (2005). Surface modification and characterization of a coal-based activated carbon. *Carbon*, 43:3132–43.
- Chmiola, J., Yushin, G., Gogotsi, Y., Portet., Simon, C. (2006). Taberna, P.-L. Anomalous increase in carbon capacitance at pore sizes less than 1 nanometer. *Science*, 313, 1760–1763.
- Crini, G. (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresour Technol*, 97:1061–85.
- Cui, J., & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. *J Hazard Mater*, 158:228–56.
- Haji, A.G., Pari, G., dan Nazar, M. (2013). Characterization of activated carbon produced from urban organic waste, *Int. J. Sci. Eng.* 5:2, 89–94.
- Holtz, R.D., Oliveira, S.B., de, Fraga, M.A., Rangel, M, C. (2008). Synthesis and characterization of polymeric activated carbon-supported vanadium and magnesium catalysts for ethylbenzene dehydrogenation. *Appl Catal A Gen*, 350, 79–85.

- Karatepe, N., Orbak, İ., Yavuz, R., Özyuğuran, A. (2008). Sulfur dioxide adsorption by activated carbons having different textural and chemical properties. *Fuel*, 87, 3207–15.
- Kazmierczak, J., Nowicki, P., Pietrzak R. (2013). Sorption properties of activated carbons obtained from corn cobs by chemical and physical activation. *Adsorption*, 19:273–81.
- Khan, A., Senthil, R.A., Pan, J., Osman, S., Sun, Y., Shu, X. (2020). A new biomass derived rod like porous carbon from tea-waste as inexpensive and sustainable energy material for advanced supercapacitor application, *Electrochim. Acta*, 335, 135-588.
- Kim, Y.I., & Bae, B.U. (2007). Design, and evaluation of hydraulic baffled-channel PAC contactor for taste and odor removal from drinking water supplies. *Water Res*, 41, 2256–64.
- Lu, H., & Zhao, X.S. (2017). Biomass-derived carbon electrode materials for supercapacitors, *Sustain. Energy Fuels*, 1, 1265–1281.
- Mudoga, H.L., Yucel, H., Kincal, N.S. (2008). Decolorization of sugar syrups using commercial and sugar beet pulp based activated carbons. *Bioresour Technol*, 99,3528–33.
- Pietrzak, R. & Bandoz, T.J. (2007). Activated carbons modified with sewage sludge derived phase and their application in the process of NO₂ removal. *Carbon*; 45,2537–46.
- Ramazanoğlu, D. & Özdemir, F. (2022). Biomimetic surface accumulation on *Fagus orientalis*. *Applied Nanoscience*, 12(8), 2421-2428.
- Santoro, D., Jong, V De., Louw, R. (2003). Hydrodehalogenation of chlorobenzene on activated carbon and activated carbon supported catalysts. *Chemosphere*, 50:12 55–60.
- Singh, K.P., Malik, A., Sinha, S., Ojha, P. (2008). Liquid-phase adsorption of phenols using activated carbons derived from agricultural waste material. *J Hazard Mater*, 150, 626–41.
- Tan, X., Liu, S., Liu, Y., Gu, Y., Zeng, G., Hu, X., Wang, X., Liu, S., Jiang, L. (2017). Biochar as potential sustainable precursors for activated carbon production: Multiple applications in environmental protection and energy storage. *Bioresource Technology*, 227, 359–372.
- Tsyntsarski, B., Stoycheva, I., Tsoncheva, T., Genova, I., Dimitrov, M., & Petrova, B., et al. (2015). Activated carbons from waste biomass and low rank coals as catalyst supports for hydrogen production by methanol decomposition. *Fuel Process Technol*, 137:139–47.
- Wang, T., Tan, S., Liang, C. (2009). Preparation, and characterization of activated carbon from wood via microwave induced ZnCl₂ activation. *Carbon N.Y*, 47:1880–3.
- Wang, Y., Qu, Q., Gao, S., Tang, G., Liu, K., He, S., et al., (2019). Biomass derived carbon as binder-free electrode material for supercapacitors, *Carbon*, 155 706–726.
- Yadav, N.P.R. & Hashmi, S.A. (2020). Hierarchical porous carbon derived from eucalyptus-bark as a sustainable electrode for high-performance solid-state supercapacitors, *Sustain. Energy Fuels* 4, 1730–1746.
- Zhang, J., Xue, J., & Li, P. Huang, S. Feng, H. Luo, H. (2018). Preparation of metal-organic framework-derived porous carbon and study of its supercapacitive performance, *Electrochim. Acta* 284 328–335.
- Zhou, Y., Ren, J., Xia., L., Zheng, Q., Liao, J., Long, E. et al. (2018). Waste soybean dreg derived N/O co-doped hierarchical porous carbon for high performance supercapacitor, *Electrochim. Acta*, 284, 336–345.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Drbas, S.A., Khalid, M. (2023). Synthesis of Activated Carbon from Different Biomasses. *Sirnak University Journal Of Science*, 3(2), 24-33.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Drbas, S.A., Khalid, M. (2023). Farklı Biyokütlelerden Aktif Karbon Sentezi. *Şirnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 24-33.

Derleme

Meyvelerde Hasat Öncesi Koruyucu Torba Uygulamaları

Çiğdem ÇUHACI^{1*}, Mehmet ÇALIŞKAN¹, Bayram Murat ASMA¹

¹ Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü

*Sorumlu Yazar: cigdemyucelcuhaci@gmail.com

Gönderme tarihi: 28/10/2022

Kabul tarihi: 01/02/2023

ÖZET

Bitkisel üretimde kullanılan tarımsal ilaç ve gübrelerin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerine karşı tüketicilerin hassasiyeti son yıllarda bir hayli artmıştır. Eğitimli ve bilinçli tüketiciler meyvenin fiziksel ve duyuşal özellikleri kadar gıda hijyeni ve güvenliğini de önemsemektedir. Sağlıklı ve kaliteli meyve üretiminde koruyucu torba kullanımı son yıllarda hızla yaygınlaşan bir tekniktir. ‘Meyve torbalama/poşetleme’, hasattan belirli bir süre önce meyvelerin tek tek veya salkım halinde kâğıt veya plastik torbalara alınıp belirli bir süre dış ortamdaki izole edilme tekniğidir. Çin, Japonya, ABD, Hindistan, Avustralya, Şili ve Tayvan’da elma, armut, portakal, muz, üzüm ve mango gibi birçok meyvede uzun yıllardan beri uygulanmaktadır. Torbalama, meyvede kuş, böcek, hastalık ve mekanik zararlanmaya karşı fiziksel bir koruma ortamı sağlama yanında kabuk çatlaması, güneş yanıklığı ve ilaç kalıntısını da azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Meyve torbalama; Meyve kalitesi; Hasat sonu fizyolojisi; Gıda güvenliği

Pre-harvest Protective Bag Applications in Fruits

ABSTRACT

Consumer sensitivity to the negative effects of pesticides and fertilizers used in plant production on the environment and human health has increased considerably in recent years. Educated and conscious consumers care about food hygiene and safety as much as the physical and sensory properties of fruit. The use of protective bag in healthy and quality fruit production is a rapidly wide spread technique in recent years. ‘Bagging’ is the technique of taking the fruits individually or in bunches in to paper or plastic bags for a certain period of time before harvesting and isolating them from the outside environment for a certain period of time. It has been practiced for many years in many fruits such as apples, pears, oranges, bananas, grapes and mangoes in China, Japan, USA, India, Australia, Chile and Taiwan. Bagging provides a physical protection environment against birds, insects, diseases mechanical damage in the fruit, reduces fruit cracking, sunburn of the skin and pesticide

residue.

Keywords: Fruit bagging; Fruit quality; Postharvest physiology; Food safety

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler vitamin, mineral madde, diyet lifi ve antioksidan bileşiklerce zengin, yağ ve kalori bakımından fakir olmaları nedeniyle beslenme ve insan sağlığı açısından önemli gıda grubunu oluştururlar. Günlük ve yeterli düzeyde meyve ve sebze tüketimi kanser, kalp hastalıkları, sindirim sistemi hastalıkları başta olmak üzere birçok kronik hastalık riskinin azalmasını ve bağışıklık sisteminin güçlenmesini sağlar (Cemeroğlu ve ark., 2001; Salvin ve Llyod, 2012; Sezgin, 2014).

Meyve ağaçları yaşam döngüleri boyunca biyotik ve abiyotik faktörlerden farklı şekillerde etkilenirler. Modern meyvecilikte yüksek verim ve kalite için kullanılan tarımsal ilaç ve gübrelerin yol açtığı çevre ve insan sağlığı sorunlarına karşı artan bir tüketici hassasiyeti mevcuttur. Son yıllarda toplumların refah düzeyindeki artış ve ekonomik gelişmelere paralel olarak tüketicilerin izlenebilir, güvenli, temiz ve sağlıklı gıdalara ilgisi de artmıştır. Günümüzde organik ve iyi tarım uygulamaları gibi çevre dostu tekniklerle üretilen gıdalar tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Tarımın diğer dallarında olduğu gibi meyvecilik sektöründe de meyve kalitesini yükseltmek, hastalık ve zararlı yoğunluğunu ve etkisini azaltmak amacıyla alternatif tarım tekniklerinin geliştirilmesi konusunda bir arayış vardır (Ataseven ve Güneş, 2008; Sharma ve ark., 2014'a; Eryılmaz ve Kılıç, 2018). Organik tarım ve iyi tarım uygulamalarına ilave olarak meyvelerin torbaya/poşete alınması (Fruit bagging) tekniği de son elli yıl içerisinde dünyanın farklı tarım alanlarında hızla yaygınlaşmıştır.

Meyve torbalama/poşetleme' terimi hasattan belirli bir süre önce meyvelerin tek tek veya salkım halinde kağıt/plastik torbalara alınıp belirli bir süre dış ortamdan izole edilmesini ifade eder (Sharma ve ark., 2014b; Ali ve ark., 2021; Buthelezive ark., 2021). Hasat öncesi torbalama, meyvede kuş, böcek ve hastalıklara karşı fiziksel bir koruma ortamı sağlar, kabuk çatlaması, güneş yanıklığı, rüzgar ve doludan kaynaklanan mekanik zararlanmayı ve ilaç kalıntı miktarını azaltır (Hudina ve Stampar, 2011; Feng ve ark., 2014; Pisciotta ve ark., 2020; Buthelezi ve ark., 2021; Campell ve ark., 2021).

Bazı Uzakdoğu ülkelerinde torbaya alma tekniğinin geçmişi oldukça eskidir. Japonya'da ilk uygulamalar elma ve Japon armudunda 1970'li yıllarda yapılmıştır (Mink,

1973; Robinson, 1974; Okamoto ve ark., 1982). Çin, Tayvan, Hindistan, ABD ve Avustralya’da 20-25 yıllık geçmişe sahiptir (Bentlyand ve Viveros, 1992; Hofman ve ark., 1997; Ju, 1998; Lee, 1998).

İri meyveli tropik subtropik ve ılıman birçok bitki türünde torbalama uygulaması günümüzde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Elma-*Malus communis* (Sharma ve ark., 2013; Jing ve ark., 2020), armut-*Pyrus communis* (Amarante ve ark., 2002; Xin ve Zang, 2003), üzüm-*Vitis vinifera* (Zhave ark., 2019; Kıran ve ark., 2020), şeftali-*Prunus persica* (Zhangve ark., 2015; Campell ve ark., 2021), mango-*Mangifera indica* (Lee, 1988; Hofman ve ark., 1997), guava-*Psidium guajava* (Lee, 1988; Abbasi ve ark., 2014), muz-*Musa cavandishii* (Johns ve Scott, 1989; Balkıç ve ark., 2017) yenedünya-*Eriobotrya japonica* (Gong ve ark., 2002; Xu ve ark., 2010), trabzon hurması-*Diospyros kaki* (Katagiri ve ark., 2003), portakal-*Citrus sinensis* (Xie ve ark., 2013) ve liçi’de-*Litchi chinensis* (Debnathand ve Mitra, 2006) çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Hasat öncesi torbalama uygulamalarının meyve eti sertliği, kabuk ve et rengi, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam asitlik ve C vitamini gibi önemli meyve kalite özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Elmada meyve et ve kabuk rengi, meyve eti sertliği, C vitamini ve antioksidan kapasitesinin arttığı, buna karşılık SÇKM ve fenolik bileşikler bakımından farklı sonuçlar elde edildiği ‘Jonagold’ ve ‘Kurenainoyume’ elma çeşitlerinde SÇKM ve toplam fenolik madde miktarının azalış gösterdiği (Feng ve ark., 2014; Matsumoto ve ark., 2018), ‘Royal Delicious’ çeşidinde ise SÇKM ve toplam fenolik madde miktarının arttığı (Sharma ve ark., 2014b) bildirilmiştir. Aynı meyve türünde dahi birbiriyle çelişen sonuçların elde edilmesi; kullanılan torbaların rengi, ışığı geçirme düzeyi, uygulamaya başlama-bitiş tarihleri, uygulama süresi, çalışmanın yapıldığı alanın ekolojik koşullarına ilave olarak meyve tür ve çeşitlerinin uygulamaya karşı verdikleri spesifik tepkileriyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir.

Meyve torbalama konusunda yurtdışında çok sayıda araştırma yapılmasına karşılık ülkemizde konuyla ilgili çalışmalar maalesef sınırlı sayıdadır. ‘Dwarf cavendish’ muz çeşidinde dört farklı koruyucu torba uygulamasında en başarılı sonuçların mavi renkli plastik torbalardan elde edildiği, koruyucu torbalarda parmak ve hevenk ağırlığı, meyve eti sertliği ve SÇKM miktarının kontrole göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Balkıç ve ark., 2017). ‘İtalya’ üzüm çeşidinde kullanılan üç farklı torba arasında en iyi sonuçlar olgunlaşmayı hızlandırıcı Mogul tip torbalardan elde edilmiş, tane yarıma direnci açıkta bırakılan salkımlarda daha yüksek bulunmuştur (Ergönül ve ark., 2021).

Bu derleme, meyvecilik sektöründe ürün kalitesini yükseltmek ve ilaç kalıntı miktarını azaltmak amacıyla farklı ülke ve meyve türlerinde koruyucu torbalama konusunda yapılmış çalışmalarını bir araya toplamak ve ilgili araştırmacıların bilgisine anlaşılır bir halde sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

2. TORBALAMA MATERYALİ

Meyvenin çevresindeki mikro iklimi değiştirerek uygun büyüme ve gelişme ortamı sağlayan ve meyveyi çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerden koruyarak meyve kalitesini iyileştiren farklı renk ve özellikteki malzemelerden üretilmiş çok çeşitli torba tipleri vardır. Kore’de daha önce torbalama malzemesi olarak gazete kağıdı kullanılır iken, 1985 yılından itibaren özel olarak üretilen torba materyalleri tercih edilmeye başlanmıştır (Ali ve ark., 2021). Yaygın olarak kullanılan torbalama malzemeleri arasında kraft tipi kağıt, pişirme kağıdı, selofan kağıt, polietilen, mikro delikli polipropilen ve polipropilen spunbond kumaşlar (PSF), organze kumaşlar yer almaktadır (Bilck ve ark., 2011; Abbasi ve ark., 2014; Liu ve ark., 2015; Zhou ve ark., 2019).

Bitki büyümesi, gelişimi, morfolojisi ve metabolizması, ışık yayan diyot (LED) teknolojisi kullanılarak (Olle ve Virsile, 2013) değiştirilebildiği gibi ayrıca renkli ağlarla (Manja ve Aoun, 2019), yansıtıcı malçlarla (Kasperbauer, 2000) veya torbalarla değiştirilebilir (Sharma ve ark., 2014a). Diğer uygulamalar tüm bitki veya ağacı etkilerken, torbalama sadece meyvenin etrafındaki mikro iklimi değiştirerek meyve kalitesini etkilemektedir. Torbalama için kullanılan farklı renk ve özellikteki malzemeler meyve çevresindeki sıcaklık ve bağıl nemi artırmakta ve meyveye ulaşan ışık spektrumunu değiştirerek meyve renk gelişimini etkileyebilmektedir (Bastias ve Corelli-Grappadelli, 2012; Santush ve ark., 2017). Şeffaf torbalar, yarı saydam mavi veya yeşil olanlardan daha fazla ışık sağlar. Şeffaf torbalar ultraviyole ve kızılötesi radyasyonu engelleyerek meyve büyümesi için gerekli ışık ve sıcaklık koşullarını iyileştirir (Muchui ve ark., 2010; Santosh ve ark., 2017). Torbalama yöntemiyle meyvenin çevresindeki sıcaklık, ortalama olarak kışın 1-2 °C, yazın ise 3-6 °C artırarak meyve gelişim süresi 4-14 gün azaltılabilir (Omar ve ark., 2014). Plastik torbalar, kağıt torbalara oranla daha fazla tavsiye edilmekte (Coelho ve ark., 2008) sıcaklık ve nem değerlerini daha fazla yükselterek meyve kalitesini artırmaktadır (Kyrikou ve Briassoulis, 2007; Binbin ve ark., 2015). Kağıt torbaların da meyve kalitesini iyileştirdiği kanıtlanmıştır, ancak plastik torbalara kıyasla rüzgar, yağmur ve dolu hasarında torbalar tahrip olduğu için biyotik faktörlerin, gelişim aşamasındaki meyveye erişmesine ve meyveye zarar vermesine izin vermektedir (Zamora ve ark., 2008; Xu ve ark., 2010; Lin ve ark., 2012).

Ancak plastik torbaların bazı üstün özelliklerine rağmen plastik materyalin uzun süre toprakta çözünmeden kalması tüm canlılar için potansiyel bir tehlike oluşturacağından doğada geri dönüştürülebilir materyalin geliştirilmesi ve kullanılması tavsiye edilmektedir (Scott, 2005; Sharma ve ark., 2013; İslam ve ark., 2017). Meyve kalitesini artırmaya yönelik olan çevre dostu teknolojiler arasında yer alan torbalama, kullanılan torba türüne göre kalite özelliklerini farklı düzeyde etkiler. Örneğin muz hevenklerinin torbalanmasıyla ilgili yapılan bir araştırmada 11 farklı torbalama materyali kullanılmış ve tüm torbalama işlemleri, C vitamini içeriğini artırırken SÇKM içeriğini azaltmıştır (Zhu ve ark., 2009). Bir meyve türü için önerilen torba materyali başka bir meyve için aynı olumlu sonucu vermeyebilir (Hong ve ark., 1999). Konuyla ilgili farklı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bu konuda herhangi bir standardizasyon bulunmadığından çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. İyi bir meyve kabuk rengi için; liçi meyvesinde selofan veya kumaş torbalar (Hu ve ark., 2001), şeftalide turuncu ve siyah torbalar (Takada ve ark., 2006), mangoda kahverengi ve siyah kağıt torbalar (Ding ve Syakirah, 2010) elmada ise kağıt torbalar önerilmiştir (Dong ve ark., 2007).

2.1. Torbalama uygulamasının hastalık ve zararlı kontrolüne etkisi

Tarımsal ürünlere zarar veren hastalık ve zararlıları ekonomik zarar eşiğinin altında tutabilmek amacıyla kullanılan tarımsal ilaçlar çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı Avrupa Birliği (AB) tarafından sınırlandırılmıştır (Affandi ve ark.,2008; Masia ve ark., 2014). Özellikle böceklerin neden olduğu kalite kayıplarını en aza indirmek için alternatif bir mücadele yöntemi olarak hasat öncesi torbalama uygulaması önerilmiştir (Abbasi ve ark., 2014; Liu ve ark., 2015; İslam ve ark., 2017). Torbalama, meyveyi sadece kuşlardan haşerelerden, hastalıklardan ve mekanik zararlardan korumakla kalmaz, aynı zamanda meyve ile tarım ilaçları arasında fiziksel bir bariyer oluşturarak meyvede ilaç birikimini azaltabilir (Liu ve ark., 2003; Chen ve ark., 2006; Lin ve ark., 2008). Brezilya'da meyvelerin şeffaf mikro delikli plastik ve spunbond kumaşlarla torbalanması Güney Amerika meyve sineği (*Anastrepha fraterculus*), elma yaprak bükeni (*Archips rosanus*), elma pamuklu biti (*Eriosoma lanigerum*) ve doğu meyve güvesine (*Grapholita molesta*) karşı geleneksel pestisit uygulamasıyla eşdeğer düzeyde meyve koruması sağlamıştır (Teixeira ve ark.,2011). Üzüm salkımlarının kahverengi kağıt torbalarla torbalanması kurşuni küf (*Botrytis cinerea*), külleme (*Uncinula necator*), salkım güvesi (*Lobesia botrana*) ve kuşlara karşı tam bir koruma sağlarken, şeffaf plastik torbalar üzüm danelerinde aşırı irileşmeye ve güneş yanığı oluşmasına neden olur (Karajeh,2018). Delici/emici ağız yapısına sahip olan böceklerin

yoğun olduğu alanlarda naylon hasır torbaların kullanımı uygun olmayacağı ifade edilmektedir (Frank,2018).

2.2. Torbalama uygulamasının yapılma zamanı ve süresi

Torbalama, genellikle çiçeklenme (Sharma ve ark., 2013; Karajeh, 2018), meyve tutumu (Morera-Montoya ve ark., 2010; İslam ve ark., 2019) ve meyve büyüme ve gelişiminin erken evrelerinde uygulanmaktadır (Santush ve ark., 2017; Rubel ve ark., 2019). Torbalama uygulamasında meyve üzerinde çığ bulunma riskinden dolayı sabah çok erken saatlerde yapılmamalıdır (Anonim,2018). Torbalama süresi boyunca ışığa karşı duyarlılığı artan meyvenin, hasattan önce torbadan çıkarılarak yeniden güneş ışığına maruz bırakılması klorofil, karotenoidler ve antosiyanin sentezi gibi kabuk renginden sorumlu pigmentleri uyarır (Kim ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2013; Purbey ve Kumar, 2015). Torbaya alınmış üzüm salkımlarındaki renk oluşumu ve şeker içeriğindeki azalışın hasattan kısa bir süre önce torbaların çıkarılmasıyla hızla arttığı tespit edilmiştir (Zha ve ark.,2019). Benzer şekilde tam çiçeklenmeden 40-50 gün sonra torbalanan elma, armut ve şeftali meyvelerinde hasattan 10 gün önce torbaların uzaklaştırılması sonucunda, kontrole göre daha iyi meyve kabuk rengi oluştuğu belirlenmiştir (Zhou ve ark.,2019). Torbalama süresinin kısaltılması şeftali kabuğunda antosiyanin seviyesini arttırırken kabuk parlaklığını ve klorofil içeriğini azaltmaktadır (Allran ve ark.,2019).

3. TORBALAMA UYGULAMASININ MEYVENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

3.1. Meyve büyüklüğü

Meyve gelişmesi, genellikle yaş ağırlık veya hacim artışıyla ifade edilmektedir. Belirli bir düzen içinde zamana bağlı olarak gerçekleşen bu değişim, türler için sabitken, çeşitlere, ekoloji ve bakım koşullarına göre değişkenlik gösterebilmektedir (Karaçalı, 1993). Hasat öncesi torbalamanın meyve büyüklüğü üzerine etkileri konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Hurma, mango ve zeytinde meyve ağırlığını ve boyutunu artırdığı (Yang ve ark., 2009; Harhash ve Al-Obeed., 2010; Chonhenchob ve ark., 2011; Zhou ve ark., 2012);Yenidünya, armut, nar ve elmada azalttığı (Hussein ve ark., 1994; Arakawa ve ark., 1994; Xu ve ark., 2010; Hudima ve Stamper., 2011); Armut ve muzda ise herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır (Rodrigues ve ark., 2001; Amarante ve ark., 2002; Muchui ve ark., 2010; Hudima ve Stamper.,2011). Torbalamanın meyve ağırlığına etkisi, çalışmada kullanılan materyalinin özelliğine, torbalama süresine, meyve tür ve çeşitlerine

göre değişiklik göstermiş (Zhen ve ark., 2000; Wang ve ark., 2002; Huang ve ark., 2007; Chen ve ark., 2012), meyve tutumundan 45 gün sonra beyaz ve kahverengi kese kağıdı ile torbalanan mango meyvelerinde ağırlık artarken (Aker ve ark., 2020), meyve seyreltmeden sonra %50 ışık geçirgenliğine sahip beyaz ve selofan kağıtla torbalanan yenedünya meyvelerinde ise ağırlık kaybı meydana geldiği bildirilmiştir (Xu ve ark., 2010).

3.2. Renklenme ve görünüş

Tüketici tercihini belirleyen en önemli kalite kriterlerinden biri meyve rengi ve albenisidir. Hasat öncesi meyve torbalamanın renk gelişimini teşvik ettiği, antosiyanin içeriğini artırdığı veya tam tersi etkiler gösterdiğini belirten birçok çalışma mevcuttur. Elma, armut ve liçide renk değerleri yükselirken (Proctor ve Lougheed,, 1976; Ju ve ark., 1995; Ritenour ve ark., 1997; Ju., 1998; Tyas ve ark., 1998; Chen ve Li, 1999; Hu ve ark., 2001; Amarante ve ark., 2002; Huang ve ark., 2009), narenciye, erik, elma ve armutta renk değerleri ve antosiyanin içerikleri başlangıçta kontrollerden belirgin ölçüde düşük çıkmış ancak torbalar çıkarıldıktan sonra bu değerlerin hızla arttığı tespit edilmiştir (Kwan ve ark., 2000; Murray ve ark., 2005; Wei ve ark., 2006; Lin ve ark., 2008; Xia ve ark., 2009; Hüdima ve Stampar., 2011). Güney İtalya’da Agrigento Bölgesinde üç sofralık üzüm çeşidinde (Açık kabuk rengine sahip İtalia ve Regal Sedless ile siyah Autumn Royal) torbalamanın meyve kabuk rengine etkisi en fazla siyah Autumn Royal çeşidinde saptanmış, torbaya alınmış salkımlarda koyu siyah rengin azaldığı, daha yüksek beyaz (L*), kırmızı (pozitif a*) ve sarı (pozitif b*) değerler ölçülmüştür. Açık renkli İtalia ve Regal Sedless üzüm çeşitlerinde torbaya almanın kabuk rengine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Pisciotta ve ark., 2020).

3.3. Olgunlaşma ve hasat

Torbalama uygulamalarının meyve olgunluğunu dolayısıyla da hasat zamanını etkilediği belirlenmiştir. Torbaya alma uygulaması muzda 10-15 gün, liçide 25-30 gün ve şeftalide 7-10 gün erkencilik sağlarken (Rodrigues ve ark., 2001; Debnath ve Mitra., 2008; Wang ve ark., 2010), elmada olgunluğu etkilemediği ve hasat tarihini değiştirmediği belirlenmiştir (Ju., 1998). Torbalama uygulamalarının olgunlaşma ve hasat üzerine net etkilerinin bilinmesi pazara ürün arzının planlanması ve turfanda meyve üretiminin avantajlarından faydalanabilmek açısından oldukça önemlidir.

3.4. Meyve sertliği

Hasat öncesi torbalama uygulamaları elma ve erikte meyve eti sertliğini artırırken (Bentley ve Viveros., 1992; Murray ve ark., 2005; Sharma ve ark., 2013) guavada azaltmış (Singh ve ark., 2007; Teixeira ve ark., 2011), mango ve Japon armudunda ise meyve sertlik değerlerini etkilemediği belirlenmiştir (Hofman ve ark., 1997; Faoro ve Marcia., 2004).

4. MEYVENİN BİYOKİMYASAL İÇERİĞİNE ETKİLERİ

4.1. Mineral maddeler

Torbalama ile meyvelerin hem besinlerin içerikleri hem muhafaza süreçleri hem de muhafaza süreçleri hem de hastalıklara dayanımları önemli şekilde etkilenmektedir. Kahverengi kesekâğı ile torbalanmış elmalarda kalsiyum içeriği başlangıçta yüksek olmasına rağmen hasatta kontrole göre daha düşük bulunmuştur (Dong ve ark. 2007; Kim ve ark., 2008), bununla birlikte yüksek kalsiyum konsantrasyonuna sahip elmaların, acı benek hastalığı ve depolama süresi bakımından daha avantajlı olduğu (Teixeira ve ark., 2011) benzer şekilde armut meyvesinde N ve P içeriklerini artırırken K, Ca, Mg konsantrasyonlarını azalttığı bildirilmiştir (Lin., 2008).

4.2. Enzim aktivitesi

Meyvelerde gelişim süreci boyunca meydana gelen biyokimyasal değişikliklerde enzimler önemli rol oynar. Hasat öncesi torbalama uygulamaları, anahtar enzimlerin aktivitelerini etkileyerek değiştirir. Farklı stres koşullarına karşı bitki savunmasında görev yapan PAL (fenilalanin amonyum liyaz) enziminde yaralanma, hastalık ve zararlıların yol açtığı enfeksiyonlar, güneş ışığı ve birçok çevresel faktör sonucunda artışlar olduğu saptanmıştır (Pereira ve Filipe, 1998). Hasat öncesi meyve torbalama uygulamasının elmada PAL aktivitesi ve antosiyanin miktarını artırdığı (Wang ve ark.,2000), Litchide renk gelişimi, fenolik ve flavonoidlerin metabolizması ile PAL ve PPO (polifenol oksidaz) aktivitelerinin pozitif yönde arttığı (Hu ve ark., 2001), üzümde torbalamanın enzim aktivitelerini arttırdığı ve daha yüksek şeker birikimine neden olduğu (Zhou ve Guo., 2005), yenedünyada ise total enzim aktivitelerini artırarak büyük ölçüde fotosentez ürünlerini arttırdığı bildirilmiştir (Ni ve ark., 2010). Elmaların torbalandıktan sonra PAL aktivitelerinin yükselme eğiliminde olduğunu torbaların çıkarılmasından sonra yavaş yavaş azaldığı kontrol gruplarında ise bu durumun çok daha hızlı olduğunu gözlemlenmiştir (Chen ve ark., 2012). Mandarinde torbalama öncesi enzim aktivitesi yüksekken torbalama ile enzim aktiviteleri inhibe olup

hasatta daha düşük SÇKM' ye sahip meyveler elde edildiği gözlemlenmiştir (Hiratsuka ve ark., 2012).

5. YEME KALİTESİNE ETKİSİ

Yetiştiriciler yüksek kaliteli meyve üreterek kar marjını yükseltmek, tüketiciler ise pazardan yüksek kaliteli ve sağlıklı meyve satın almak isterler. Meyvenin yeme kalitesi üzerine SÇKM ve toplam asitliğin büyük etkisi vardır. Meyvede torbalama uygulaması yapan araştırmacılar yeme kalitesi konusunda farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Elma, yenedünya, üzüm, şeftali, guava, armut, mango ve litchide torbalama uygulamaları SÇKM ve asitlik değerlerini iyileştirerek yeme kalitesini attırırken (Bentley ve Viveros., 1992; Liu ve ark., 2004; Zhou ve Guo., 2005; Singh ve ark., 2007; Watanawan ve ark., 2008; Kim ve ark., 2008; Debnath ve Mitra, 2008; Ni ve ark., 2010; Xu ve ark., 2010; Lin ve ark., 2012; Sharma ve ark., 2013), armut, şeftali, elma, longan ve muzda ise hasat öncesi torbalama uygulamalarının yeme kalitesi üzerine etkisinin olmadığı (Xin ve ark., 2003; Faoro ve Marcia., 2004; Jia ve ark., 2005; Xia ve ark., 2009; Yang ve ark., 2009; Muchui ve ark., 2010); erik, armut ve mandalinada ise azalttığı belirlenmiştir (Murray ve ark., 2005; Lin ve ark., 2008; Hudima ve Stamper., 2011; Hiratsuka ve ark., 2012).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen yöntemlerle tarımsal üretimin yapılabilmesi, izlenebilirlik ve sürdürülebilirlik tüketicilerin son yıllarda önem verdiği kriterler arasında yer almaktadır. Geçmişe göre daha az ilaç kalıntısı taşıyan meyveler ve bu üretimi amaçlayan iyi tarım uygulamalarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Birçok avantajından dolayı Japonya, Çin, ABD ve Avustralya'da özellikle tropik bitkilerde hasat öncesi meyve torbalama/poşetleme yaygın olarak kullanılmaktadır.

Türkiye üzüm, kayısı, fındık, elma, armut, portakal, mandarin, limon ve daha birçok meyve üretimi ve ihracatında söz sahibi bir ülke konumundadır. Uygun iklim, toprak koşulları ve bitki gen kaynaklarına sahip olan ülkemiz organik ve iyi tarım uygulamaları gibi son yıllarda tüm dünyada popüleritesi artan tarım tekniklerinde son derece başarılıdır. Meyvecilik sektöründe verim ve meyve kalitesini yükseltecek farklı tarım tekniklerine karşı artan bir ilgi vardır. Ülkemiz için hasat öncesi meyvelerin torbaya alınması uygulamaları oldukça yeni bir konu olup birkaç çalışma dışında araştırma yapılmamıştır.

Yurtdışında yapılan çalışmalarda meyve kalitesi konusunda birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Aynı meyve türünde dahi araştırma sonuçları arasındaki farklılıkların uygulamanın yapıldığı meyve çeşidi, torbaların takılma-çıkarma zamanı, torbalama süresi ve bölgenin ekolojik koşullarıyla ilişkili olabileceği ileri sürülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbasi, N. A., Amjad, M., Chaudhary, M., Ikram, A., Hussain, A., Ali, I. (2014). On tree fruit bagging influences quality of guava harvested at different maturity stages during summer. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(3), 543-549.
- Affandi, A., Emilda, D., AS, M. J. (2008). Application of fruit bagging, sanitation, and yellow sticky trap to control thrips on mangosteen. *Indonesian Journal of Agricultural Science*
- Akter, M. M., Islam, M. T., Akter, N., Amin, M. F., Bari, M. A., Uddin, M. S. (2020). Pre-harvest fruit bagging enhanced quality and shelf-life of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Amrapali. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 5(3), 45-54.
- Ali, M.M., Anwar, R., Yousef, A.F., Li, B., Luvisi, A., De Bellis, L., Aprile, A. Chen, F. (2021). Influence of bagging on the development and quality of fruits. *Plants*, 10(2), 358. DOI: 10.3390/plants10020358.
- Allran, J., Guido, S., Melgar, J. C. (2019). Peach bagging in the Southeastern U. S. *Journal of the American Pomological Society*, 73(1), 38-52.
- Amarante, C., Banks, N. H., Max, S. (2002). Effect of preharvest bagging on fruit quality and postharvest physiology of pears (*Pyrus communis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30(2), 99-107. DOI: [10.1080/01140671.2002.9514204](https://doi.org/10.1080/01140671.2002.9514204)
- Anononymous, (2018). <https://www.jardineriaon.com/tr/cuando-embolsar-la-fruta.html> (Erişim Tarihi: 12.02.2022)
- Arakawa, O., Uematsu, N., Nakajima, H. (1994). Effect of bagging on fruit quality in apples (*Malus pumila*). *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Hirosaki University*, 57, 25-32.
- Ataseven, Y., Güneş, E. (2008). Türkiye’de işlenmiş organik tarım ürünleri üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 25-33.
- Balkıç, R., Gübbük, H., Altınkaya, L. (2017). Muz hevenklerinde farklı tip ve renkte koruyucu torba uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 29-33.
- Bastías, R. M., Grappadelli, L. C. (2012). Light quality management in fruit orchards: physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72.4, 574.
- Bentley, W. J., Viveros, M. (1992). Brown-bagging ‘Granny Smith’ apples on trees stops codling moth damage. *California Agriculture*, 46, 30-32.
- Bilck, A. P., Roberto, S. R., Grossmann, M. V. E., Yamashita, F. (2011). Efficacy of some biodegradable films as pre-harvest covering material for guava. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 341-343.
- Binbin, Z., Ruijuan, M., Chunhua, Z., Zhixiang, C., Zhimei, Y. (2015). Effect of bag removing with reflective film mulching before harvest on fruit coloration and expression of anthocyanin related genes in peach. *Horticultural Plant Journal*, 1(3), 139-146.
- Buthelezi, N. M. D., Mafeo, T. P., Mathaba, N. (2021). Preharvest Bagging as an Alternative Technique for Enhancing Fruit Quality: A Review. *Horttechnology*, 31 (1), 4-13.
- Campel, D., Sarkhosh, A., Brecht J. K., Gillet-Kaufman, J. L., Liburd, O., Melgar, J. C., Treadwell, D. (2021). Bagging Organic Peaches Reduces Physical Injuries and Storage Decay with Minimal Effects on Fruit Quality. *Hortscience*, 56 (1), 52-58.

- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M.(2001). Meyve ve Sebzelerin Bileşimi ve Soğukta Depolanmaları. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 24*, Ankara.
- Chen, C. S., Zhang, D., Wang, Y. Q., Li, P. M., Ma, F. W.(2012). Effects of fruit bagging on the contents of phenolic compounds in the skin and flesh of ‘Golden Delicious’, ‘Red Delicious’, and ‘Royal Gala’ apples. *Scientia Horticulturae*, 142,68–73.
- Chen, D.,Li, P.(1999). Effect of bagging on fruit colouration of litchi (*Litchichinensis*Sonn. cv. Feizixiao). *Journal of South China Agricultural University*, 20, 65–69.
- Chen, H., Li,X., Li, L. J.(2006). Influence of apple bagging on heavy metal and pesticide residue in apple fruit. *Transactions of the CSAE* 22.1,189-191.
- Chonhenchob, V., Kamhangwong, D., Kruenate, J., Khongrat, K., Tangchantra, N., Wichai, U., Singh, S. P.(2011). Preharvest bagging with wavelength-selective materials enhances development and quality of mango (*Mangiferaindica* L.) cv. Nam Dok Mai #4. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91,664–671.
- Coelho, L. R.,Leonel, S., Crocomo, W. B., Labinas, A. M. (2008). Avaliação de diferentes materiais no ensacamento de pêssegos.*Revista Brasileira de Fruticultura*,30, 822-826.
- Debnath, S., Mitra, S. K. (2006). Panicle bagging for maturity regulation, quality improvement and fruit borer management in litchi (*Litchi chinensis*). InXXVII *International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Citrus and Other Tropical and Subtropical* 773, 201-208
- Ding, P., Syakirah, M. N.(2010). Influence of fruit bagging on postharvest quality of ‘Harumanis’ mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Horticulturae*, 877, 169–174.
- Dong, Z. F., Wang, Y. Z., Wang, L., Liu, C. L., Dong, X. Y., Liu, G. S., Yuan, Y. B.(2007). Effects of different bag treatments on the absorption of calcium in ‘Red Fuji’ apple fruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 34, 835–840.
- Ergönül, O., Aydın, S., Özer, C., Orhan, Z., Özalp, O., Yaşasın, A.S., Gülcü, M., Korkutal, İ. (2021). Italia Üzüm Çeşidinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*,24(1), 83-89.
- Eryılmaz, G. A., Kılıç O. (2018). Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 624-631.
- Faoro, I. D., Marcia, M. (2004). Bagging of Nashipear cv. Housui. *Brazilian Magazine of FruitCulture*, 26,86–88.
- Feng, F., Li, M., Ma, F., Cheng, L.(2014). The effects of bagging and debagging on external fruit quality, metabolites, and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in ‘Jonagold’ apple (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 165, 123-131.
- Frank, D. L. (2018). Evaluation of fruit bagging as a pest management option for direct pests of apple.*Insects*, 9.4,178.
- Gong, J. Q., Guan, Y. L., Wang Y. B., Yu, Y., Xie, Y. Y. (2002). Effect of bagging on fruit quality of loquat. *South China fruits*; 31(2), 30-31.
- Harhash, M. M., Al-Obeed, R. S. (2010). Effect of bunch bagging colour on yield and fruit quality of datepalm. *American–Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 7, 312–319.
- Hiratsuka, S., Yokoyama, Y., Nishimura, H., Miyazaki, T.,Nada, K. (2012). Fruit photosynthesis and phosphoenol pyruvate carboxylase activity as affect edby light proof fruit bagging in Satsuma mandarin. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137, 215–220.
- Hofman, P. J., Smith, L. G., Joyce, D. C., Johnson, G. L., Meiburg, G. F.(1997). Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. ‘Keitt’) fruit influences fruit quality and mineral composition. *Postharvest Biology and Technology*, 12,83–91.

- Hong, K-H., Kim, J. K., Jang, H. I., Choi, J. H., Han, J. W., Kim, K. Y. (1999). Effect of paper sources for bagging on the appearance of fruit skin in oriental pears (*Pyrus Pyrifolia* Nakai cvs. Gamchconbae and Yeongsanbae). *Journal-Korean Society For Horticultural Science* 40, 554-558.
- Hu, G., Chen, D., Li, P., Ouyang, R., Gao, F., Wang, W., Dong, J.(2001). Effects of bagging on fruit colouration and phenylalanin eammonial yase and polyphenol oxidase in 'Feizixiao' litchi. *Acta Horticulturae*, 558,273–278.
- Huang, C. H., Chai, M. L., Pan, Z. M., Yu, B., Jiang, Z. M., Hu, J. L., Teng, Y. W. (2007). Effects of bagging on fruit skin features and quality of 'Cuiguan' pear cultivar. *Journal of Fruit Science*, 24, 747–751.
- Hudima, M., Stamper, F.(2011). Bagging of 'Concorde' pears (*Pyrus communis* L.) influences fruit quality. *Acta Horticulturae*, 909,625–630.
- Hudima, M., Stamper, F.(2011). Effect of fruitbagging on quality of 'Conference' pear (*Pyrus communis* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 76, 176–181-410–414.
- Hussein, A. A., Abdel-Rahman, A. G., Ahmed, R. B.(1994). Effectiveness of fruit bagging on yield and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Annals of Agricultural Sciences*, 32,949–957.
- İslam, M. T., Rahman, M. S., Shamsuzzoha, M., Chowdhury, A. K. M. M. B., Alom, R. (2017). Influence of pre-harvest bagging on fruit quality of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Mishribhog. *International Journal of Biosciences*, 11(3), 59-68.
- Jia, H. J., Araki, A., Okamoto, G.(2005). Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin colouration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 35,61–68.
- Jing, C., Feng, D., Zhao, Z., Wu, X., Chen, X.(2020). Effect of environmental factors on skin pigmentation and taste in three apple cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42 (69), 1-12.
- Johns, G. G., Scott, K. J.(1989). Delayed harvesting of bananas with 'sealed' covers on bunches. 2. Effect on fruit yield and quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29, 727–733.
- Ju, Z.(1998). Fruit bagging, a useful method for studying anthocyanin synthesis and gene expression in apples. *Scientia Horticulturae*, 77,155–164.
- Ju, Z. G., Liu, C., Yuan, Y.(1995). Activities of chalconesynthase and UDP Gal, flavonoid-3-O-glycosyl transferase in relation toanthocyanin synthesis in apple. *Scientia Horticulturae*, 63,175–185.
- Ju, Z. G., Yuan, Y., Liu, C., Xin, S.(1995). Relationship samongphenylalanin eammonialyaseactivity, simple phenol concentration sandanthocyanin accumulation in apple. *Scientia Horticulturae*, 61,215–266.
- Karaçalı, İ.(1993). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlaması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494*. Bornova, İzmir.
- Karajeh, M. R.(2018). Pre-harvest bagging of grape clusters as a non-chemical physical control measure against certain pests and diseases of grape vines. *Organic Agriculture*, 8(3),259-264.
- Kasperbauer, M. J.(2000). Strawberry yield overred versus black plastic mulch. *Crop Science* 40(1),171-174.
- Katagiri, T., Satoh, Y., Fukuda, T., Kataoka, I.(2003). Improving marketability of 'Fuyu' persimmon fruit by bagging culture. *Acta Horticulturae*, 601,213-217.
- Kim, D. H., Byun, J. K., Choi, C., Choi, D. G., Kang, I. K.(2008). The effect of calcium chloride, prohexadione-Ca, and Ca-coated paper bagging on reduction of bitter pit in 'Gamhong' apple. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 26, 367–371.

- Kim, Y. H., Kim, H. H., Youn, C. K., Kweon, S. J., Jung, H. J., Lee, C. H. (2008). Effects of bagging material on fruit colouration and quality of 'Janghowon Hwangdo' peach. *Acta Horticulturae*, 772, 81–86.
- Kim, Y., Kang, S., Cho, K., Jeong, S. (2010). Effects of bagging with different pear paper bags on the color of fruit skin and qualities in 'Manpungbae'. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 28(1), 36-40.
- Kiran, A.S., Kavitha, C., Soorianathasundaram, K., Sritharan, N. (2020). Impact of Fruit Bagging with Different Coloured Non-woven Polypropylene Bags on Yield Attributes in Grapes. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 39(4), 359-362.
- Kwan, K. D., Soo, C. D., Sik, K. E., Hyuan, H. K., Ho, L. K., Sik, K. K., Cheol, L. K. (2000). Fruit quality of Yuzu (*Citrus junos* L.) as influenced by bagging time and materials of bagging treatment. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 41, 190–193.
- Kyrikou, I., Demetres, B. (2007). Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review. *Journal of Polymers and the Environment* 15.2, 125-150.
- Lee, W. Y. (1998). The Control Programme of the Orientaal Fruit Fly in Taiwan. *Chin. J. Entomol. Special. Publ*, 2, 51-60.
- Lin, J., Chang, Y., Yan, Z., Li, X. (2008). Effects of bagging on the quality of pear fruit and pesticide residues. *Acta Horticulturae*, 772, 315–318.
- Lin, J., Wang, Z. H., Li, X. G., Chang, Y. H. (2010). Effects of bagging twice and room temperature storage on quality of 'Cuiguan' pear fruit. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): *International Symposium on 934*, 837-840.
- Lin, J., Wang, J. H., Li, X. J., Chang, Y. H. (2012). Effects of bagging twice and room temperature storage on quality of 'Cuiguan' pear fruit. *Acta Horticulturae*, 934, 837–840.
- Liu, Y. J., Xu, J. H., Zhang, Z. H., Jiang, J. M., Yu, D. (2004). Effects of different paper bags on fruit quality of loquat. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 26, 334–337.
- Liu, J. H., Li, B. Z., Zhang, L. S., Luan, D. Z., Li, Y. R., Lei, Y. M. (2003). The effect of bagging on the quality and pesticide residual of 'Red Fuji' apple. *J. Northwest Sci.-Tech. Univ. Agric. For*, 10, p. 16-18.
- Liu, T., Song, S., Yuan, Y., Wu, D., Chen, M., Sun, Q., ... Chen, K. (2015). Improved peach peel color development by fruit bagging. Enhanced expression of anthocyanin biosynthetic and regulatory genes using white non-woven polypropylene as replacement for yellow paper. *Scientia Horticulturae*, 184, 142-148.
- Manja, K., Mirella, A. (2019). The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review. *Scientia Horticulturae*, 246, 110-122.
- Masiá, A., Cristina, B., Yolanda, P. (2014). Last trends in pesticide residue determination by liquid chromatography–mass spectrometry. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 2, 11-24.
- Matsumoto, K., Fujita, T., Sato, S. (2018). Effects of 1-MCP and Pre-harvest Fruit Bagging Treatments on Cold Storability of the Red-fleshed Apple 'Kurenainoyume'. *The Horticulture Journal*, 87(4), 443-451.
- Mink, G. I. (1973). The Apple Industry in Japan. *Hortscience*, 8, 81-86.
- Morera-Montoya, R., Helga Blanco, M., Luis-Loria, C. (2008). Evaluation of different bagging materials for the control of the fruit fly *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) and fruit pathogens in Taiwanese guava fruits (*Psidium guajava* L.). *II International Symposium on Guava and other Myrtaceae*, 849.
- Muchui, M. N., Mathooko, F. M., Njoroge, C. K., Kahangi, E. M., Onyango, C. A., Kimani, E. M. (2010). Effect of perforated blue polyethylene bunch covers on selected

- postharvest quality parameters of tissue-cultured bananas (*Musa spp.*) cv. Williams in Central Kenya. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 1, 29–41.
- Murray, X. J., Holcroft, D. M., Cook, N. C., Wand, S. J. E. (2005). Postharvest quality of 'Laetitia' and 'Songold' (*Prunus salicina* Lindell) plums as affected by pre-harvest shading treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 37,81–92.
- Ni, Z., Zhang, Z., Gao, Z., Gu, L., Huang, L. (2010). Effects of bagging on sugar metabolism and the activity of sugar metabolism related enzymes during fruit development of 'Qingzhong' loquat. *African Journal of Biotechnology*, 10, 4212–4216.
- Okamoto, T., Harata, J., Nara, F., Osu, A., Kobayashi, K. (1982). Influence of "fruit bag" treatment on the tree upon the keeping quality of apples during storage. *Bulletin of the Faculty of Agriculture-Hirosaki University (Japan)*. 38, 43-64.
- Olle, M., Akvile V. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*, 22(2), 223-234.
- Omar, A. E. D. K., Adel, M. A., Ahmed, M. A. E. A. (2014). Bagging of bunches with different materials influence yield and quality of Rothanadate palm fruit. *J. Food Agr. Environ.*, 12, 520-522.
- Pereira, P., Filipe, L. (1998). Studies on Phenylalanine: Ammonia-Lyase and Peroxidases in Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) During Root Post Harvest Deterioration and Interaction With *Xanthomonas*. *The Faculty of Graduate Studies of the University of Guelph A Thesis of Doctor of Philosophy*. 22.
- Pisciotta, A., Planeta, D., Giacosa, S., Pissoni, M. A., Lorenzo, R. D., Rolle, L. (2020). Pi Quality of grapes grown inside paper bags in Mediterranean area. *Agronomy*, 10(6), 792.
- Proctor, J. T. A., Loughheed, E. C. (1976). The effect of covering apples during development. *Hort. Science*, 11, 108–109.
- Purbey, S. K., Amrendra, K. (2015). Effect of pre-harvest bagging on quality and yield of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruits. *The Ecoscan* 7, 197-201.
- Qian, Z. H. A., Xi, X. J., Yani, H. E., Jiang, A. L. (2019). Bagging Affecting Sugar and Anthocyanin Metabolism in the Ripening Period of Grape Berries. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4).
- Ritenour, M., Schrader, L., Kammereck, R., Donahue, R., Edwards, G. (1997). Bag and liner colour greatly affect apple temperature under full sunlight. *Hort Science*, 32, 272–276.
- Robinson, D. W. (1974). Commercial Horticulture in Japan. *Scientia Hort.*, 25, 56-63.
- Rodrigues, M. G. V., Souto, R. F., Menegucci, J. L. P. (2001). Influence of polyethylene banana bunch cover for irrigated banana tree in the North of Minas Gerais state. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23, 559–562.
- Rubel, M. H. K., Hossain, M. M., Hafiz, M. M. H., Rahman, M. M., Khatun, M. R. (2019). Effect of banana bunch covering technology for quality banana production in Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 30(3), 238-252.
- Santosh, D. T., Tiwari, K. N., Raja, G. R. (2017). Banana bunch covers for quality banana production-a review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 6(7), 1275-1291.
- Scott, G. (2005). Standards for environmentally biodegradable plastics. by Smith, Ray, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 313-335.
- Sezgin, A. C. (2014). Meyve, Sebze ve Sağlığımız. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. 2/2, 46-51.
- Sharma, R. R., Pal, R. K., Sagar, V. R., Parmanick, K. K., Paul, V., Gupta, V. K., Kumar, K., Rana, M. R. (2014). Impact of Pre-Harvest Fruit-Bagging with Different Coloured Bags on Peel Colour and The Incidence of Insect Pests, Disease and Storage Disorders in 'Royal Delicious' Apple. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 89(6), 613–618.

- Sharma, R. R., Pal, R. K., Asrey, R., Sagar, V. R., Dhiman, M. R., Rana, M. R. (2013). Pre-Harvest Fruit Bagging Influences Fruit Color Quality of Apple cv. Delicious. *Agricultural Sciences*, 4, 443-448.
- Sharma, R. R., Reddy, S. V. R., Jhalegar, J. (2014). Pre-Harvest Fruit Bagging: A Useful Approach For Plant Protection and Improved Post-Harvest Fruit Quality – A Review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 89(2), 101–113.
- Sharma, R. R., Pal, R. K., Asrey, R., Sagar, V. R., Dhiman, M. R., Rana, M. R. (2013). Pre-harvest fruit bagging influences fruit color and quality of apple cv. Delicious. *Agricultural Sciences*, 4(9), 443.
- Singh, B. P., Singh, R. A., Singh, G., Killadi, B. (2007). Response of bagging on maturity, ripening and storage behaviour of winter guava. *Acta Horticulturae*, 735, 597–601.
- Slavin, J. L., Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4), 506-516.
- Sommer, A., Vyas, K. S. (2012). A global clinical view on vitamin A and carotenoids. *The American journal of clinical nutrition*, 96(5), 1204S-1206S.
- Takada, D., Fokuda, F., Kubota, N. (2006). Effects of fruit position in canopy, harvest date and bagging on occurrence of reddish-pulpfruit in peach. *Horticultural Research (Japan)*, 5, 33–37.
- Teixeira, R., Boff, M. I. C., Amarante, C. V. T. D., Steffens, C. A., Boff, P. (2011). Effects of fruit bagging on pests and diseases control and on quality and maturity of ‘Fuji Suprema’ apples. *Bragantia*, 70, 688–695.
- Teixeira, R., Amarante, C. V. T. D., Boff, M. I. C., Ribeiro, L. G. (2011). Control of insect pests and diseases, maturity and quality of ‘imperial gala’ apples submitted to bagging. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 394-401.
- Tyas, J. A., Hofman, P. J., Underhill, S. J. R., Bell, K. L. (1998). Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of ‘Tai So’ lychee. *Scientia Horticulturae*, 72, 203–213.
- Wang, S. M., Gao, H. J., Zhang, X. B. (2002). Effects of bagging on pigment, sugar and acid development in ‘Red Fuji’ apple fruit. *Acta Horticulturae Sinica*; 29, 263-265.
- Wang, X., Hang, B., Liu, C. (2010). Distribution of calcium in bagged apple fruit and relationship between anti-oxidant enzyme activity and bitter pit. *Agricultural Science and Technology*, 11, 82–85.
- Wang, Y. J., Yang, C. X., Liu, C. Y., Xu, M., Li, S. H., Yang, L., Wang, Y. N. (2010). Effects of bagging on volatiles and polyphenols in ‘Wanmi’ peaches during endocarp hardening and final fruit rapid growth stages. *Journal of Food Science*, 75, 455–460.
- Wang, Y. T., Li, X., Li, Y., Li, L. L., Zhang, S. L. (2011). Effects of bagging on browning spot incidence and content of different forms of calcium in ‘Huangguan’ pear fruits. *Acta Horticulturae Sinica*, 38, 1507–1514.
- Watanawan, A., Watanawan, C., Jarunate, J. (2008). Bagging ‘Nam Dok Mai #4’ mango during development affects colour and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 787, 325–328.
- Wei, J. M., Qi, X. D., Fan, C. H., Zhao, Z. Y. (2006). The effect of double-paper bags on the skin pigment, fruit sugar and acidity of ‘Red Fuji’ apple. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22, 346–350.
- Westwood, M. N. (1995). Temperate-zone pomology, physiology and culture, 3. Edition. *Timber Press, Portland, Oregon, ISBN-0-8819-2253-6*, 523.
- Xia, J., Zhang, Z., Qu, S. C., Xu, C. C., Gao, J. J. (2009). Effects of bagging on the quality factors of Jiang Su ‘Red Fuji’ apple in the process of growth and development. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 25, 351–356.
- Xin, H. M., Zhang, X. H. (2003). Influence of bagging on the fruit inclusion and endogenous hormones of ‘Yali’ Pear variety. *Journal of Fruit Science*, 20, 233–235.

- Xie, R. J., Zheng, L., Jing, L., He, S. L., Xi, W. P., Lv, Q., ... Deng, L. (2013). The effect of cultivar and bagging on physicochemical properties and antioxidant activity of three sweet orange cultivars (*Citrus sinensis* L.) Osbeck). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13(2), 139-147.
- Xu, H. X., Chen, J. W., Xie, M. (2010). Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and anti-oxidant capacity in loquat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1783–1788.
- Yang, W. H., Zhu, X. C., Bu, J. H., Hu, G. B., Wang, H. C., Huang, X. M. (2009). Effects of bagging on fruit development and quality in cross-winteroff-season longan. *Scientia Horticulturae*, 120, 194–200.
- Zamora, N. F., Orquia, R. S., Golez, H. G. (2008). Efficiency of DuPont Tyvek® bag as bagging material for mango fruits. *Philspint Publ., Guimaras, Philippines*.
- Zha, Q., Xi, X. J., He, Y., Jiang A. L. (2019). Bagging Affecting Sugar and Anthocyanin Metabolism in the Ripening Period of Grape Berries. *Qian, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4).
- Zhang, B. B., Guo, J. Y., Ma, R. J., Cai, Z. X., Yan, J., Zhang, C. H. (2015). Relationship Between The Bagging Icro environment and Fruit Quality in ‘Guibao’ Peach (*Prunus persica* L.) Batsch). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(3), 303-310.
- Zhang, X. J., Wang, L. X., Liu, Y. L., Chen, X. X., Yang, Y. Z., Zhao, Z. Y. (2013). Differential gene expression analysis of ‘Granny Smith’ apple (*Malus domestica* Borkh.) during fruit skin coloration. *South African Journal of Botany*, 88, 125-131.
- Zhen, G. H., Liao, W. C., Fan, W. M. (2000). Effects of bag materials and bagging dates on loquat fruits. *Fujian Fruits*, 114, 1-4.
- Zhou, H., Zhifang, Y., Zhengwen, Y. (2019). Effect of bagging duration on peach fruit peel color and key protein changes based on iTRAQ quantitation. *Scientia Horticulturae*, 246, 217-226.
- Zhou, J., Zhong, G., Lin, Z., Xu, H. L., Mathooko, F. M. (2010). The effects of bagging on fresh fruit quality of *Canarium album*. (2012). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 505–508.
- Zhou, X. B., Guo, X. W. (2005). Effects of bagging on the fruit sugar metabolism and invertase activities in ‘Red Globe’ grape during fruit development. *Journal of Fruit Science*, 26, 30–33.
- Zhu, S., Ma, L., Liu, S. (2009). Effects of different bagging treatments on main quality indices and storability of banana fruit. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(7), 304-307.

Çuhaci, Ç., Çalışkan, M., Asma, B.M. (2023). Meyvelerde Hasat Öncesi Koruyucu Torba Uygulamaları. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 34-49.

Çuhaci, Ç., Çalışkan, M., Asma, B.M. (2023). Pre-harvest Protective Bag Applications in Fruits. *Sırnak University Journal Of Science*, 3(2), 34-49.

Araştırma makalesi

Naive Bayes ile Otistik Spektrum Bozukluğu Tanısı Koyma

Mustafa SU ^{1*}, Hidayet TAKCI ¹

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, htakci@cumhuriyet.edu.tr

* Sorumlu Yazar; su.mustafa@hotmail.com

Gönderme tarihi: 25/12/2022

Kabul tarihi: 05/05/2023

ÖZET

Otizm kişinin çevresiyle uygun ilişkiler kuramadığı gelişimsel bir bozukluktur. Otizmin erken teşhisi kişinin erken yaşta eğitilip çevresiyle olan ilişkisinin düzenlenmesinde hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, otizm teşhisinin geç konulması sebebiyle otizm teşhisi konulan kişilerin yaşadığı sorunların çözümüne katkı sağlayabilmek için Naive Bayes Makine Öğrenmesi algoritmasıyla hastalığa erken tanı konulması amaçlanmıştır. Çalışma analizinin gerçekleştirilebilmesi için veri setinde otizmlili insanların bebeklik, ergenlik ve yetişkinlik dönemleri ele alınmıştır. Veriler üzerinde; aykırılıkların ayıklanması, eksik verilerin doldurulması, öznitelik ağırlığına göre öznitelik seçimi yapılması ve parametre optimizasyonu sonrası eğitilen modellerin başarı oranları ile ham veri üzerinden parametre optimizasyonu yapılmadan elde edilen modellerin başarı oranları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde parametre optimizasyonu yapılmamış veri setine oranla; yetişkin veri setinde modelin başarısı % 2.27, ergen veri setinde %7.01 ve çocuk veri setinde %3.78 performans artışı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, veri ön işleme teknikleri ve parametre optimizasyon işlemleri sonrası başarı oranlarının arttığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Otizm; Naive Bayes; Veri Ön İşleme; Parametre Optimizasyonu

Diagnosing Autistic Spectrum Disorder with Naive Bayes

ABSTRACT

Autism is a developmental disorder in which a person cannot establish appropriate relationships with their environment. Early diagnosis of autism is of vital importance in educating the person at an early age and regulating his relationship with his environment. In this study, it is aimed to diagnose the disease early with the Naive Bayes Machine Learning algorithm in order to contribute to the solution of the problems experienced by people diagnosed with autism due to the late diagnosis of autism. In order to carry out the study analysis, the infancy, adolescence and adulthood periods of people with autism were discussed in the data set. These periods were categorically examined separately in the data set. The success rates of the models trained after removing outlier data, filling in

missing data, selecting features according to the feature weight and parameter optimization, and the success rates of the models obtained from raw data and without parameter optimization were evaluated. In the study with the adult data set, 2.27% performance increase was observed in the success of the model, 7.01% in the study with the adolescent data set, and 3.78% in the study conducted with the child data set. This study shows that success rates are increased after data preprocessing techniques and parameter optimization processes.

Keywords: Autism; Naive Bayes; Data Preprocessing; Parameter Optimization

1. GİRİŞ

Otizm genellikle yaşamın ilk yıllarında başlayan ve ölene kadar devam eden, bireyin çevresiyle hem sözel hem de sözel olmayan şekilde uygun ilişki kuramaması şeklinde bireyde iletişim ve etkileşim konularında kısıtlamalara sebep olan gelişimsel bir bozukluktur. Otizmli bireyler yaşamın farklı alanlarında sosyalleşme, iletişim ve davranış konularında bazı sorunlar yaşarlar. Bu sorunlar sebebiyle genellikle sözlü iletişim ve arkadaşlık kurma konusunda sıkıntıları bulunur. Otizm kaynaklı gelişim bozukluğu bireyde duygusal durum değişikliklerine sebep olabilir ve kendilerini etkili ifade edemeyebilirler. Kendilerini ifade edememelerinden dolayı öfke nöbetlerine yakalanır ve nasıl sakinleşecekleri konusunda kendilerini kontrol edemezler. Devrik ve karmaşık cümleler ile günlük hayatta kullanılan mecazi ifadeleri anlayamazlar. Ancak sosyal etkileşim, bilinçli ebeveynler ve eğitim desteği ile bu sorunlarla başa çıkmayı öğrenebilirler (Özkan ve ark., 2015). Hastaların eğitimine erken başlanması hastalığın tedavisi ve bireylerin gelişimi açısından oldukça önemlidir. Ancak otizmin teşhisi zor ve uzun bir süreç olduğundan dolayı tedavi sürecinin başlanmasına geç kalınabilmektedir. Hastalığın teşhisi sürecindeki gecikmeleri ve belirsizlikleri engellemek için son dönemde sıklıkla makine öğrenmesi teknikleri kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında da üç ayrı yaş grubuna ait veri seti üzerinde Naive Bayes algoritmasının orijinal verideki başarı oranları ile veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sonrasındaki başarı oranları karşılaştırılmış ve raporlanmıştır. Bu yöntemle eğitilen modellerin başarısı yüzde 2 ile yüzde 8 arasında artış göstermiştir. Çalışma, parametre optimizasyonu ve veri ön işleme tekniklerinin otizm tespit oranlarını artırıp artırmadığını görmek üzere yapılmıştır.

Literatürde farklı veri madenciliği algoritmaları ile Otizm teşhisi konusunda yapılan araştırmalar ve algoritmaların bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür:

2020 yılında Sedat Metlek tarafından hazırlanan “Otistik Spektrum Bozukluğunun Makine Öğrenme Algoritmaları ile Tespiti” adlı çalışmada bahsedildiğine göre nöro-gelişimsel bir gelişme bozukluğu olan Otizmin erken teşhisi için 12-36 ay arasındaki çocuklara yüksek

doğrulukta OSB teşhisi için yardımcı olabilecek bir karar destek yazılımı geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada altı farklı makine öğrenmesi algoritması ile otizm teşhisi yapılmıştır. Çalışmaya göre; gözetimli ve gözetimsiz modellerin test edilmesi sonucunda gözetimli öğrenme algoritmalarının daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Metlek ve Kayaalp, 2020).

Otizm teşhisi konusunda başarı sağlayan bir diğer çalışma 2019 yılında Cho ve arkadaşları tarafından yayınlanan “Automatic Detection of Autism Spectrum Disorder in Children Using Acoustic and Text Features from Brief Natural Conversations.” başlıklı çalışmadır. Bu projenin amacı, sonunda doktorlar ve okullar gibi gerçek dünya ortamlarında OSB'nin ön taraması için kullanılacak çok kısa, genel ve doğal konuşmalara dayanan otomatik bir OSB saptama sistemi geliştirmektir. Bu kapsamda Gradient tabanlı bir algoritma ile çalışma gerçekleştirilmiş ve teşhis konusunda %76 oranında başarı elde edilmiştir (Cho ve ark., 2019).

Jaber Alwidian, Ammar Elhassan ve Ghnemat'ın çalışmasında ise bireyin otizmi olup olmadığı ilişkilendirme sınıflandırması tekniği kullanılarak yedi farklı algoritma ile test edilmiştir. Aralarındaki korelasyonlar incelenmiş ve en yüksek doğruluk oranı ile çalışan algoritma tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak Birliktelik Kuralları Algoritmasına Dayalı Ağırlıklı Sınıflandırma (WCBA) algoritması en yüksek doğruluğu vermiştir (Alwidian ve ark., 2020).

Suman Raj ve Sarfaraz Masood tarafından 2019 yılında Uluslararası Sayısal Zekâ ve Veri Bilimi Konferansı'nda yayınlanan “Analysis and Detection of Autism Spectrum Disorder Using Machine Learning Techniques” çalışması ise otizm gelişim bozukluğunun üç ayrı gelişim evresine göre analizini ele almaktadır. Bu çalışmada Naive Bayes, Support Vector Machine, Logistic Regression, KNN, Neural Network ve Convolutional Neural Network uygulamalarının üç ayrı yetişkinlik düzeyinde performansı ölçülmüştür. Bu çalışma sonucunda Convolutional Neural Network uygulamasının doğruluk oranı daha yüksek çıkmıştır ve teşhis için en uygun tekniğin Convolutional Neural Network olduğu gözlemlenmiştir (Raj ve Masood, 2020).

M. S. Mythili ve A. R. Mohamed Shanavas “Sınıflandırma Teknikleri Kullanılarak Otizm Spektrum Bozuklukları Üzerine Bir Çalışma” isimli bir makale yayınlamışlardır. 2014 yılında yayınlanan bu makalede otizm düzeyleri, veri madenciliği ve sınıflandırma algoritmalarıyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amacı otizm problemini ve derecesini tespit etmektir. Böylece çocukların okul performansının artırılması hedeflenmiştir. Otistik spektrum

bozukluğunun (OSB) sınıflandırılması için bulanık bilişsel harita optimizasyonunun verimliliğinden bahsedilmiştir (Mythili ve Shanavas, 2014).

Hailong Li ve arkadaşları tarafından yayınlanan “Optimize Edilmiş Makine Öğrenimi Modelleri ve Kişisel Karakteristik Verilerle Otizm Teşhisini Geliştirmek” adlı çalışma günümüz klinik yöntemlerin haricinde kişisel verilere de odaklanmıştır. Kamuya açık bir veri tabanı üzerinde yaptıkları çalışmada bireyin yaş, cinsiyet, IQ seviyesi gibi kişisel verileri de kullanılmış ve denetimli makine öğrenimi deneyleri yapılmıştır. Dokuz ayrı denetimli makine öğrenimi modelinin test edildiği bu çalışmada bireyin karakteristik özelliklerinin sınıflandırma performansı gözlemlenmiştir. En iyi performansı öncelikle yapay sinir ağı modeli ve sonrasında k-en yakın komşu algoritması vermiştir (Parikh ve ark., 2019).

Devika Varshini G ve Chinnaiyan R, 2020 yılında “Otizm Spektrum Bozukluğunun Tahmini için Optimize Edilmiş Makine Öğrenimi Sınıflandırma Yaklaşımları” adlı çalışmalarını yayınlamışlardır. Bu çalışma bebeklik ve yetişkinlik dönemindeki bireylerin gösterdikleri otizm özelliklerinin sınıflandırma performansını ölçmek amacıyla yapılmıştır. Psikologlar ve davranış bilimcilerin oluşturduğu puanlama yönteminden yararlanılarak bu proje geliştirilmiştir. Optimize edilmiş makine öğrenimi metotlarının analiz edildiği bu çalışmada Lojistik Regresyon ve Random Forest gibi algoritmalar ile otizm bozukluğunun tahmininin eleştirisi ve analizi yapılmıştır. Bu çalışmada KNN algoritması en yüksek doğruluk oranını vermiştir (Devika ve ark., 2020).

Fatiha Nur Büyükoflaz ve Ali Öztürk’ün “Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Çocuklarda Erken Otizm Teşhisi” çalışmasında; Naive Bayes, K-En Yakın Komşu ve Random Forest gibi sınıflandırma modelleri karşılaştırılmış ve bunun sonucunda en yüksek performansı Random Forest algoritması vermiştir. Naive Bayes uygulaması %96,55 başarı oranı vermiştir. Bu çalışmada düşük maliyetli, hızlı ve uygulaması kolay bir otizm tarama aracı oluşturmak için OSB riski taşıyan binlerce çocuktan elde edilen klinik verilere Makine Öğrenimini (ML) uygulamaya çalışılmıştır (Büyükoflaz ve Öztürk, 2018).

Azian Azamimi Abdullah, Saroja Rijal ve Satya Ranjan Dash’ın yayınladıkları “Otizm Spektrum Bozukluğunun Sınıflandırılmasına Yönelik Makine Öğrenimi Algoritmalarının Değerlendirilmesi” isimli çalışmalarında otizm bozukluğunun sınıflandırılması ve daha yüksek başarı oranları elde etmek için otizm sorularına yönelmişlerdir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak algoritmalar ve onların doğruluk oranlarına odaklanılmamış, daha çok kullanılan veri setlerine odaklanılmış ve bu veri setleri çeşitlendirilmiştir. Denetimli

makine öğrenimi algoritmalarının ve çeşitli test yöntemlerinin denendiği bu çalışmada Lojistik Regresyon algoritmasının en yüksek doğruluğu verdiği açıklanmıştır (Abdullah ve ark., 2019).

Ayşe Demirhan'ın 2018 yılında yayınlamış olduğu olduğu “Otizm Spektrum Bozukluk Vakalarını Belirlemede Makine Öğrenme Yöntemlerinin Performansı” adlı çalışmasında Destek Vektör Makineleri, K-En Yakın Komşu ve Random Forest algoritmaları kullanılmıştır. Algoritmaların kendi içerisinde performanslarının değerlendirildiği bu çalışmada otizm bozukluğunun en hızlı ve doğru teşhisi elde edilmeye çalışılmıştır. Random Forest algoritması ile en yüksek performans elde edilmiştir. Böylece otizm bozukluğu vakalarının Random Forest algoritması ile tam başarı ile tespit edileceği analiz çıktıları arasında yerini almıştır (Demirhan, 2018).

Geçmiş çalışmalardan görüleceği üzere kimi çalışmalarda tek bir makine öğrenme algoritması kiminde birden çok makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Otizm teşhisi için kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları denetimli öğrenme algoritmalarıdır. Çalışmalar farklı veri setleri kullansalar da hepsinin ortak amacı teşhis işlemi ve teşhisin iyileştirilmesidir. Çalışmamız da bu kapsamda ele alınmış ve bir makine öğrenmesi algoritması üzerinde parametre iyileştirme çalışmaları ile sonuç iyileştirme yapılmıştır.

2. MATERYALLER VE METOTLAR

2.1 Veri Setleri

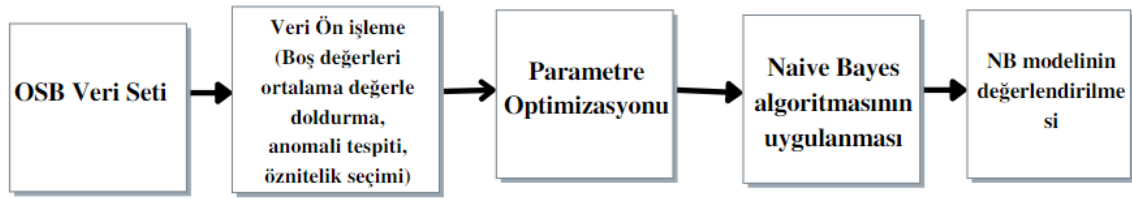
Bu çalışmada, UCI Makine Öğrenmesi Deposundan alınan üç ayrı (yetişkinlik, ergenlik ve bebeklik) veri seti kullanılmıştır. Bu veri setleri, OSB'nin teşhisinde etkili olan parametrelere sahip verileri içerir. Bu veri setinde OSB vakalarını teşhis etmede etkili olduğu kanıtlanmış 10 davranışsal özellik ve 10 bireysel özellik bulunmaktadır. Çocuk veri seti 292, ergen veri seti 104 ve yetişkin veri seti ise 704 örnek içermektedir (Web, 2017). Bu çalışmada kullanılan bebeklik, ergenlik ve yetişkinlik veri setlerinin özellikleri ve türleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Veri Setlerinin Özellikleri

SÜTUN	AÇIKLAMASI
1	Hasta yaşı (Yıl olarak)
2	Hasta cinsiyeti
3	Etnik köken
4	Kişinin sarılıkla doğup doğmadığı durumu
5	Herhangi bir yakın aile üyesinde osb var mı?
6	Ebeveyn, kendi, bakıcı, sağlık personeli, klinisyen vb.

SÜTUN	AÇIKLAMASI
7	Yaşanılan ülke
8	Kullanıcının bir tarama uygulaması kullanıp kullanmadığı
9	Yaş kategorisine göre seçilen tarama yöntemlerinin türü (0=bebek, 1=çocuk, 2=ergen, 3=yetişkin)
10-19	Davranışsal özelliklerle ilgili 10 soru
20	Kullanılan tarama yönteminde elde edilen nihai puan

2.2 Çalışma Metodolojisi



Şekil 1. Çalışma iş akış diyagramı

Şekil 1. Bu çalışmada kullanılan iş akışını göstermektedir. İlk olarak veri ön işleme teknikleri kullanılarak üç veri seti de maksimum verim alınacak hale getirilmiştir. Veri ön işleme aşamasında, aykırı veriler veri setlerinden temizlenmiş ve boş veriler o sütundaki verilerin ortalama değeri alınarak doldurulmuştur. Bu işlem her veri seti için bir kez gerçekleştirilmiştir. İkinci adım ise Parametre optimizasyonu adıdır. Bu adımda model eğitilirken ve test edilirken kullanılacak laplace yumuşatması, tek çıkışlı çapraz doğrulama, çapraz doğrulama katlama sayısı ve ağırlık seçimi gibi parametreler belirlenmiştir. Optimizasyon parametrelerinin belirlenmesinden sonra NB algoritmasının uygulanmasına geçilmiştir. Bu adım, parametre optimizasyonu adımı belirlenen parametrelerin farklı farklı kombinasyonları kullanılarak birçok kez tekrarlanmıştır.

Tablo 2. Rapidminer parametre optimizasyonu iterasyon değerleri

İterasyon	Naive Bayes Laplace Yumuşatması	Ağırlık Seçimi	Tek Çıkışlı Çapraz Doğrulama	Çapraz Doğrulama Katlama Sayısı	Doğruluk
122	Hayır	0.050	Hayır	14	0.936
123	Evet	0.060	Hayır	14	0.936
243	Evet	0	Hayır	31	0.951
124	Hayır	0.060	Hayır	14	0.936
424	Hayır	0.020	Hayır	54	0.948
125	Evet	0.070	Hayır	14	0.940
126	Hayır	0.070	Hayır	14	0.933
127	Evet	0.080	Hayır	14	0.936
128	Hayır	0.080	Hayır	14	0.933
425	Evet	0.030	Hayır	54	0.946
244	Hayır	0	Hayır	31	0.936

Tablo 2' de görüldüğü üzere modeller birçok parametre ile eğitilerek test edilmiştir. Her bir iterasyon sonucunda modelin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu yöntemle en iyi doğruluk oranını sağlayan parametreler belirlenerek maksimum doğruluk oranına sahip modeller elde edilebilecektir. Bu değerler rapidminer iterasyonlar ekranından alınmıştır.

2.2.1 Veri Ön İşleme

Veri setindeki eksik ve tutarsız verilerin düzeltilmesi işlemi veri ön işleme aşamasında gerçekleştirilmektedir. Veri ön işleme teknikleri ile veri seti düzeltilerek makine öğrenmesi algoritmalarının performansında genellikle artış sağlanmaktadır (Kotsiantis ve ark., 2006). Aykırı verilerin belirlenmesi ve kaldırılması, eksik verilerin doldurulması, tekrarlanan verilerin kaldırılması gibi teknikler veri ön işlemede kullanılmaktadır. Bu çalışmada öklid mesafesi kullanılarak veri seti içerisindeki aykırı veriler tespit edilip filtrelenmiştir. Eksik değerler ise sütunda bulunan diğer değerlerin ortalaması alınarak doldurulmuştur.

2.2.2 Parametre Optimizasyonu

Çalışmanın bu kısmında model eğitilirken farklı parametre kombinasyonları kullanılarak modeller eğitilip test edilmiştir. Aşağıda listelenen parametrelerin kombinasyonları farklı iterasyonlarda kullanılmıştır.

- Laplace yumuşatmasının kullanılma ve kullanılmama durumu
- Çapraz-doğrulama için minimum 2 maksimum 60 katlama değerlerinin kullanılması
- Öznitelik ağırlıklarının belirlenmesinde farklı yöntemler (Gini indeksi (Manek ve ark. 2017), korelasyon Jiang ve ark., 2018).)
- Öznitelik eşik değeri için minimum 0, maksimum en yüksek ağırlık değeri olan 0.155 eşik değeri

Bu parametrelerin farklı kombinasyonları ile modeller eğitilip başarı durumları gözlemlenmiş ve modelin eğitilmesinde en iyi sonucu veren parametreler belirlenmiştir. Bu kısım rapidminer üzerinde parametre optimizasyonu operatöründe paralel yürütülen işlemler ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 Naive Bayes (NB)

Naive Bayes denetimli öğrenme altında bir sınıflandırma algoritmasıdır. 1812 yılında Thomas Bayes tarafından bulunan koşullu olasılık teorisine dayalı olarak geliştirilmiştir.

Koşullu olasılık ile önceki olayların bilgileri göz önüne alınarak, başka olayların gerçekleşebilme olasılığını bulabiliriz (Suat, 2020). Naive bayes modeli oluşturmak için kategorileri belirli yani etiketli veriler, eğitim verisi olarak kullanılır. Bu veriler kullanılarak olasılık işlemleri yapılır ve model oluşturulur. Etiketsiz veriler bu modele verildiğinde eğitimde elde edilen olasılık değerleri kullanılarak etiketsiz verilerin etiketlerinin belirlenmesi sağlanır. Öğretilmiş veri sayısının fazla olması modelin başarısını olumlu olarak etkilemektedir.

2.2.4 Eğitilen Modellerin Değerlendirilmesi

Eğitilen modellerin performans değerlendirilmesinde aşağıdaki şekilde görülen karmaşıklık matrisi kullanılmaktadır (Tan ve ark., 2014). Bu çalışmada performans değerlendirmesi için denklem (1) ve (4) verilen değerler ve ROC eğrisi altında kalan AUC değeri kullanılmıştır (Fawcett, 2006). AUC değeri bire ne kadar yakınsa model o kadar başarılı olarak değerlendirilmektedir.

DP: Hasta olup, hasta olarak tahmin edilen

YN: Hasta olup, hasta değil olarak tahmin edilen

YP: Hasta olmayıp, hasta olarak tahmin edilen

DN: Hasta olmayıp, hasta değil olarak tahmin edilen

Tablo 3. Karmaşıklık matrisi

		Tahminlenen	
		Doğru	Yanlış
Gerçek	Doğru	DP	YN
	Yanlış	YP	DN

$$\text{Doğruluk Oranı} : \frac{(DP+DN)}{DP+YN+DN+YP} \quad (1)$$

$$\text{Hassasiyet} : \frac{DP}{DP+YP} \quad (2)$$

$$\text{Geri Çağırma} : \frac{DP}{DP+YN} \quad (3)$$

$$\text{F1 Skoru} : 2x \left(\frac{\text{Hassasiyet} \times \text{Geri Çağırma}}{\text{Hassasiyet} + \text{Geri Çağırma}} \right) \quad (4)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 4’de veri setleri üzerinde herhangi bir veri ön işleme tekniği kullanılmadan ve modelin eğitilmesinde parametre optimizasyonu yapılmadan eğitilen Naive Bayes modellerin başarıları görülmektedir.

Tablo 4. Ham veri ile NB modellerinin performansları

NAIVE BAYES	ÇOCUK VERİ SETİ	ERGEN VERİ SETİ	YETİŞKİN VERİ SETİ
Doğruluk Oranı %	93.80	88.73	96.44
AUC	0.982	0.963	0.994
Hassasiyet %	89.99	86.43	92.98
F1 Skoru %	93.26	90.26	93.20

Daha sonra veri setlerinden aykırı veriler silinip, satırdaki eksik değerler o sütunun ortalama değeri alınıp, eksik değerler tamamlanmıştır.

Tablo 5. Yetişkin veri seti en başarılı model eğitme parametreleri

PARAMETRE	
Laplace Doğrulaması	Evet
Tek Çıkışlı Çapraz Doğrulama	Hayır
Öznitelik Eşik Ağırlığı	0.02
Çapraz Doğrulama Katlama Sayısı	8

Tablo 6. Veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sonrası yetişkin veri seti ile NB modelinin performansı

NAIVE BAYES	YETİŞKİN VERİ SETİ
Doğruluk Oranı %	98.71
AUC	0.999
Hassasiyet %	97.33
F1 Skoru %	97.57

Birçok parametre değeri denenerek yetişkin veri seti ile NB modelleri oluşturulup performans değerleri kayıt edilmiştir. Tablo 5' de görülen parametre değerleri ile en başarılı NB modeli oluşturulmuş ve Tablo 6' da görüldüğü üzere veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sayesinde yetişkin veri seti üzerinden daha başarılı NB modeli elde edilmiştir.

Tablo 7. Ergen veri seti en başarılı model eğitme parametreleri

PARAMETRE	
Laplace Doğrulaması	Hayır
Tek Çıkışlı Çapraz Doğrulama	Hayır
Çapraz Doğrulama Katlama Sayısı	2
Öznitelik Eşik Ağırlığı	0.1

Tablo 8. Veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sonrası ergen veri seti ile NB modelinin performansı

PARAMETRE	
Doğruluk Oranı %	95.74
AUC	0.985
Hassasiyet	96.67
F1 Skoru	96.69

Aynı işlem ergen veri seti üzerinde de tekrarlanmıştır. Tablo 7’ de en başarılı model eğitilirken kullanılan parametreler görülmektedir. Tablo 8’ de modelin performans sonuçları incelendiğinde ham veri ile ve parametre optimizasyonu yapılmadan eğitilen modele göre çok daha başarılı model elde edilmiştir.

Tablo 9. Çocuk veri seti en başarılı model eğitime parametreleri

PARAMETRE	ÇOCUK VERİ SETİ
Laplace Doğrulaması	Evet
Çapraz Doğrulama Katlama Sayısı	25
Tek Çıkışlı Çapraz Doğrulama	Hayır
Öznitelik Eşik Ağırlığı	0.02

Tablo 10. Veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sonrası çocuk veri seti ile NB modelinin performansı

NAIVE BAYES	ÇOCUK VERİ SETİ
Doğruluk Oranı %	97.58
Auc	0.994
Hassasiyet %	95.03
F1 Skoru %	97.03

Son olarak çocuk veri seti üzerinde veri ön işleme teknikleri sonrası modeller eğitilip test edilmiştir. En iyi başarı oranlarına sahip model eğitilirken Tablo 9’da görülen parametre değerleri kullanılmıştır. Bu parametreler ile oluşturulan modelin başarı oranları Tablo 10’ da görülmektedir. Veri ön işleme ve parametre optimizasyonu sonucunda modellerin başarısı yüzde 2 ile yüzde 8 arasında artış göstermiştir. Üç veri seti için de ağırlık hesaplaması yaparken gini indeksi ve korelasyon teknikleri kullanılmıştır. Gini indeksi ile belirlenen ağırlıklarla yapılan öznitelik seçiminde modeller %1 ve %2 arasında daha iyi başarı oranı sağlamıştır. En iyi başarı 98.71 ile yetişkin veri setinden oluşturulan modelden elde edilmiştir. En yüksek performans artışı ise yüzde 7.01 ile ergen veri seti üzerinden eğitilen modelden elde edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Naive bayes algoritması otizm teşhisinde denenmiş ve diğer algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. NB algoritmasının da olduğu çalışmalarda NB yetişkinlik dönemi için %93 ve %96 arasında başarı, ergenlik dönemi için ortalama olarak %91 başarı ve çocukluk dönemi için yapılan çalışmalarda ise ortalama %95 ve %96 arasında doğruluk oranı göstermiştir ancak bu çalışma ile otizm teşhisinde NB algoritmasının başarısının arttırılabileceği görülmektedir. Şekil 1' de verilen yöntem ile NB algoritmasının literatürdeki çalışmalara göre yetişkinlik dönemi için ortalama %5, ergenlik dönemi için %4 ve çocukluk dönemi için ise %2 daha başarılı modeller oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki yöntem kullanılarak daha sonraki çalışmalarda diğer algoritmalarla denenip algoritmalar arasında daha doğru sonuç veren karşılaştırmalar yapılabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada üç ayrı veri seti kullanılarak Otistik Spektrum Bozukluğunun erken teşhisi için Naive Bayes algoritması ile sınıflandırma yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde yapılan çalışmaların bir kısmında NB algoritmasının diğer algoritmalarla karşılaştırılmadığı, karşılaştırıldığında ise doğruluk oranına göre diğer algoritmaların gerisinde görüldüğü için ve NB en fazla öne çıkan makine öğrenmesi algoritmalarından biri olduğu için bu çalışmada NB algoritması, otizm teşhisinde değerlendirilmiştir.

Ham veri ve model eğitilirken herhangi bir parametre optimizasyonu yapılmadan elde edilen başarı değerleri ile aykırı veriyi temizleme, eksik değerleri ortalama değer ile doldurma ve öznelik seçimi, çapraz doğrulama katlama sayısı gibi parametrelerde optimizasyonlar yapılarak modellerin başarıları karşılaştırılmıştır. Veri ön işleme teknikleri ve parametre optimizasyonu yapıldığında Naive Bayes algoritmasının üç veri seti üzerinde de başarı oranlarının arttığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Abdullah, A. A., Rijal, S., Dash, S. R. (2019). Evaluation on Machine Learning Algorithms for Classification of Autism Spectrum Disorder (ASD). *In Journal of Physics: Conference Series* 1372 1 012052.
- Alwidian, J., Elhassan, A., Ghnemat, R. (2020). Predicting autism spectrum disorder using machine learning technique. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(5), 4139-4143.
- Atan, S. (2020). KNN, Naive Bayes ve Karar Ağacı Makine Öğrenme Algoritmaları, Bu Algoritmaların Sosyal Bilimlerde Kullanım İmkânları. *SocArXiv*. doi:10.31235/osf.io/8r5pu

- Büyükoflaz, F. N. ve Öztürk, A. (2018). "Early autism diagnosis of children with machine learning algorithms,". *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU.2018.8404223.
- Cho S, Liberman M, Ryant N, Cola M, Schultz RT, Parish-Morris J. (2019). Automatic Detection of Autism Spectrum Disorder in Children Using Acoustic and Text Features from Brief Natural Conversations. *Proceedings of the Annual Conference of INTERSPEECH*; (pp. 2513-2517), Graz, Austria.
- Demirhan, A. (2018). Performance of machine learning methods in determining the autism spectrum disorder cases. *Mugla Journal of Science and Technology*, 4(1), 79-84.
- Devika Varshini, G., Chinnaiyan, R. (2020). Optimized Machine Learning Classification Approaches for Prediction of Autism Spectrum Disorder. *Ann Autism Dev Disord*, 1(1), 1001.
- Fadi Fayez Thabtah (2017), "Autistic Spectrum Disorder Screening Data for Adolescent", <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00420/>. (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- Fadi Fayez Thabtah (2017), "Autistic Spectrum Disorder Screening Data for Adult", <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00426/>. (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- Fadi Fayez Thabtah (2017), "Autistic Spectrum Disorder Screening Data for children", <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00419/>, 2017. (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8), 861-874.
- Jiang, L., Zhang, L., Li, C., Wu, J. (2018). A correlation-based feature weighting filter for naive Bayes. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 31(2), 201-213.
- Kotsiantis, S. B., Kanellopoulos, D., Pintelas, P. E. (2006). Data preprocessing for supervised learning. *International journal of computer science*, 1(2), 111-117.
- Manek, A. S., Shenoy, P. D., Mohan, M. C. (2017). Aspect term extraction for sentiment analysis in large movie reviews using Gini Index feature selection method and SVM classifier. *World wide web*, 20(2), 135-154.
- Metlek, S., & Kayaalp, K. (2020). Otistik Spektrum Bozukluğunun Makine Öğrenme Algoritmaları ile Tespiti. *Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi*, 3(2), 60-68.
- Mythili, M. S., & Shanavas, A. M. (2014). A study on Autism spectrum disorders using classification techniques. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 4(5), 88-91.
- Özkan, Ş. Y., Ergenekon, Y., Çolak, A., Kaya, Ö., Cavkaytar, S. (2015) Otizm spektrum bozukluğu. A. Cavkaytar (Ed.), 22-49, *Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı*, Ankara.
- P. Tan, M. Steinbach, V. Kumar, "Performance Measure" in *Introduction to Data Mining*, Pearson Education Limited (UK), 2014.
- Parikh, M. N., Li, H., He, L. (2019). Enhancing diagnosis of autism with optimized machine learning models and personal characteristic data. *Frontiers in computational neuroscience*, 13, 9.

Raj, S., & Masood, S. (2020). Analysis and Detection of Autism Spectrum Disorder Using Machine Learning Techniques. *Procedia Computer Science*, 167, 994-1004.

Su, M. & Takcı H. (2023). Naive Bayes ile Otistik Spektrum Bozukluğu Tanısı Koyma. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 50-62.

Su, M. & Takcı H. (2023). Diagnosing Autistic Spectrum Disorder with Naive Bayes. *Sirnak University Journal Of Science*, 3(2), 50-62.