

FRONTIERS IN LIFE SCIENCES AND RELATED TECHNOLOGIES



CURRENT PERSPECTIVES IN MODERN BIOLOGY: EXPLORING
DIVERSE FRONTIERS, PARADIGMS, AND NOVEL HORIZONS

AGRICULTURAL SCIENCES BIOLOGY BIOCHEMISTRY
BIOINFORMATICS BIOTECHNOLOGY BIOCONTROL
BIOMECHANICS BIOCOMPUTERS BIOENGINEERING
BIOELECTRONICS BIOPHYSICS BIOMATERIALS
BIOMEDICAL SCIENCES BIOMONITORING BIOPOLYMERS
CELL BIOLOGY CONSERVATION BIOLOGY CRYOBIOLOGY
ECOLOGY ENVIRONMENTAL SCIENCES FOOD SCIENCES
GENETICS GENOMICS IMMUNOTHERAPY MARINE SCIENCES
MEDICAL SCIENCES MICROBIOLOGY MOLECULAR BIOLOGY
METABOLOMICS NANOTECHNOLOGY NEUROSCIENCES
PHYSIOLOGY PHARMACOGENOMICS PHARMACOLOGY
POPULATION DYNAMICS PROTEOMICS REMEDIATION
SYNTHETIC BIOLOGY SYSTEMATICS TOXICOLOGY

DECEMBER, 2023, VOLUME 4, SPECIAL ISSUE

**Current Perspectives in Modern Biology:
Exploring Diverse Frontiers, Paradigms, and Novel Horizons**

Contents

Research Articles

- **Interaction Determination of antioxidant, antimicrobial activities, total phenolic and flavonoid contents of *Allium rumelicum*, *Jurinea kilaea* and *Peucedanum obtusifolium***

Ayca Karasakal, Orhan Kilic, Nazan Tokatli Demirok, Evren Cabi

Pages: 1-8

- **Endüstri 4.0 sisteminin çalışanlar üzerinde oluşturduğu psikososyal risk etmenlerinin incelenmesi; makine ve ekipman imalatı sektörü örneği**
- **Investigation of psychosocial risk factors created by industry 4.0 system on employees; the case of machinery and equipment manufacturing sector**

Fahri Oluk, Yasemin Demir, Ecem Sahiner, Ahmet Gokcan, Huseyin Kurtulus Ozcan, Goksel Demir

Pages: 9-17

- **Phytofabrication of silver nanoparticles using callus extracts of natural tetraploid *Trifolium pratense* L. and its bioactivities**

Havva Karahan, Nurten Tetik, Hatice Colgecen

Pages: 18-28

Review articles

- **İslami perspektiften genetiği değiştirilmiş organizmalar**
- **Genetically modified organism from an Islamic perspective**

Ali Yuksek

Pages: 29-37

- **Geçmişten günümüze potansiyel hammadde kaynağı: Likenler**
- **Potential raw material source from past to present: Lichens**

Orcun Toksoz

Pages: 38-44

Issue Editorial Board

Prof. Dr. Ilhan DOGAN

**Institution: Sakarya University of Applied
Sciences**

Prof. Dr. Huseyin OGUT

Institution: Selcuk University

Prof. Dr. Canan CAN

Institution: Gaziantep University

Yrd. Doç. Dr. Naser A. ANJUM

Institution: Aligarh Muslim University

Editor

Prof. Dr. Ibrahim Ilker OZYIGIT

Co-Editors

Asst. Prof. Dr. Ibrahim Ertugrul YALCIN

Assoc. Prof. Dr. Aysegul YILDIZ



Research article

Determination of antioxidant, antimicrobial activities, total phenolic and flavonoid contents of *Allium rumelicum*, *Jurinea kilaea* and *Peucedanum obtusifolium*

Ayca Karasakal^{*1} , Orhan Kilic¹ , Nazan Tokatli Demirok² , Evren Cabi³ 

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, 59030, Tekirdağ, Türkiye

² Tekirdağ Namık Kemal University, Department of Nutrition and Dietetics, School of Health, 59030, Tekirdağ, Türkiye

³ Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology, 59030, Tekirdağ, Türkiye

Abstract

A microwave-assisted extraction (MAE) process for polyphenols from *Allium rumelicum* Kocyigit & Ozhatay, *Jurinea kilaea* Azn. and *Peucedanum obtusifolium* Sibth. & Sm. was used. This research examined the methanolic extracts made from these three species' antioxidant, antimicrobial, total phenolic, and flavonoid contents. By using the 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate free radical method (DPPH), ABTS/Persulfate, and Cupric reducing antioxidant capacity (CUPRAC) methods, the total antioxidant activities and capacities were examined. Additionally, the Folin-Ciocalteu and AlCl₃/KAc techniques were used to calculate the total phenolic and flavonoid contents. To ascertain the antibacterial capabilities of plants, the disc diffusion method was applied. The *J. kilaea* showed the greatest total antioxidant capacity/activity levels when measured using the CUPRAC and ABTS/Persulfate techniques. *A. rumelicum* was found to have the highest quercetin concentration, while *P. obtusifolium* had the lowest. In *J. kilaea*, the gallic acid concentration was highest. The highest antimicrobial activity values were obtained in *P. obtusifolium*.

Keywords: Antimicrobial activity; antioxidant activity; flavonoid; total phenolic; spectrophotometric method

1. Introduction

People are exposed to various diseases throughout their lives and superior treatment methods are still being investigated by scientists to cure the corresponding diseases. Bioactive compounds, which are being used for healing, are mostly based on isolated natural compounds from plants. So far it is found through the research that the majority of isolated bioactive compounds consist of antioxidants. These antioxidants obtained from plants; either scavenge free oxygen radicals or prevent the formation of free radicals that cause various diseases and damage to the body (Ozturk et al., 2011). Antioxidants are important substances that can prevent and delay the oxidation that is likely to occur. Today, the interest in keeping reactive oxygen species away from living organisms and detecting or investigating antioxidants that can scavenge these species is

increasing day by day and will continue to increase (Bener et al., 2018). Before the drug development in the pharmaceutical industry, many plants and plant ingredients were used instead of drugs to eliminate diseases. People are going to be treated by using plants or drugs obtained from plants in the treatment of various diseases (Ozturk et al., 2011; Karahan et al., 2023).

Allium rumelicum Kocyigit and Ozhatay (Amaryllidaceae) is an endemic plant and is also known as oak curry (Ozhatay et al., 2010). It grows only in Kırklareli Yıldız Mountains in Türkiye. When the medical benefits of *A. cepa* L., which is from its own family, are examined in the literature (Vierra et al., 2017), and it has been reported that it has an effect on the prevention of age-related changes in the vessels and the treatment of anorexia. It has been proven by experiments that it can inhibit platelet aggregation and thromboxane synthesis. Although it has an effect in the treatment of infections caused by

* Corresponding author.

E-mail address: akarasakal@nku.edu.tr (M. Sahin).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1365203> Author contributions

Received 23 September 2023; Accepted 22 November 2023

Available online 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

bacteria such as dysentery, scars, wounds, ulcers, and keloids, it has been seen that its use is preferred in the treatment of asthma. It is used as adjuvant therapy in diabetes. The reports in the literature show that 50-100 mg of *A. cepa* reduces plasma fibrinogen and serum cholesterol levels. Clinical studies prove that *A. cepa* has anti-hyperglycemic activity. The use of 100 mg of the extract has been found to reduce glucose-induced hyperglycemia in men. In diabetes, it has been observed that the liquid taken by mouth (50 mg) reduces the level of glucose in the blood. It has been reported that *A. cepa* juice has antimicrobial activity against most bacteria. In addition, there are case reports that it is an effective method in the treatment of vitiligo and alopecia areata (Hannan et al., 2010; Onyeoziri et al., 2016; Sagar et al., 2020). In the literature, there are several studies on the antioxidant properties of *Allium* genus as well as their medicinal properties, but no study has been found on the endemic *A. rumelicum* plant (Sharma and Sharma, 1976; WHO, 1999). *J. kilaea* Azn. (Asteraceae) which is an interesting species of coastal dunes is a rare species on a national scale (Danin and Davis, 1975). Since it was first introduced to the scientific world with specimens collected in Kilyos, this species was named kilaea (Kilyos). Another name is Kilyos purple. The world distribution of *J. kilaea* is the dunes of Bulgaria. It is also found in Kırklareli in Türkiye and is an interesting species of coastal dunes. In the study conducted with *Jurinea consanguinea* DC., its anticholinesterase, antibacterial, and antioxidant properties were investigated (Ozturk et al., 2011). Phytochemical, total flavonoid and phenolic components, antioxidant properties of *Jurinea dolomiaea* Boiss. plant was determined. As a result of the studies, it has been revealed that the plant is very useful in terms of public health in line with the literature (Naseer et al., 2014). *P. obtusifolium* Sm. (Apiaceae) is a rare dune-growing species. It is known from Greece outside Türkiye (Chamberlain, 1972).

The antioxidant and antimicrobial properties of *P. japonicum* Thunb., were investigated. (Kim et al., 2018). The antioxidant properties of *P. pastinacifolium* Boiss. & Hohen were analyzed. (Movehedian et al., 2016). The antioxidant and antimicrobial properties of four different species of *Peucedanum*, (*P. officinale* L., Besser, *P. longifolium* Waldst. & Kit., *P. aegopodioides* (Boiss.) Vandas, *P.m. alsaticum* Poir.), have been studied (Matejic et al., 2013).

Microwave-assisted extraction (MAE) is a green technique that provides speed of extraction and less solvent consumption (Bagade and Patil, 2021). MAE is a non-ionizing wave at frequencies ranging from 300 MHz up to 300 GHz (Lasunon and Sengkhamparn, 2022). There are a lot of current studies regarding the MAE technique in literature. (Destandau and Michel, 2022; Solaberrieta et al., 2022; Georgiopoulou et al., 2023; Tomasi et al., 2023; Tran et al., 2023; Zayed et al., 2023).

The main target of this study was to analyze the total antioxidant and antimicrobial properties, total phenolic and total flavonoid contents of *A. rumelicum*, *J. kilaea* and *P. obtusifolium*. To the best of our knowledge, no previous literature study reported antioxidant, antimicrobial activities, and total contents of phenolic and flavonoid for *A. rumelicum*, *P. obtusifolium*, and *J. kilaea*.

2. Materials and methods

2.1. Preparation of plant extracts and sampling area

A. rumelicum Kocyigit and Ozhatay was collected from

around Demirköy, Dupnisa cave, Kırklareli in Türkiye (NAKU 000004). *P. obtusifolium* Sibth. & Sm. was collected from Gökçetepe coastline, Keşan, Edirne in Türkiye (NAKU 000005). *J. kilaea* Azn. was collected from Kastro dunes, Saray, Tekirdağ in Türkiye (NAKU 000006). (Kocyigit et al., 2010). Examined specimens were cited in the appendix. Microwave extraction was carried out in Teflon (PTFE) containers using a fiber optic temperature control system and a closed oven system (The ETHOS-One (Milestone, Shelton, CT). After adding 15 mL of solvent (80% methanol-water (v/v) by weighing 0.1 g from the homogenized dry raw plant sample, it was placed in Teflon extraction vessels and placed in the device. During the extraction process, 500 W of power was applied and the working temperature of 80 °C was reached in 3 minutes (1st stage). The temperature was kept constant at 80 °C within the following 3 minutes (2nd stage) and the extraction process was completed in 11 minutes by allowing it to cool in the last 5 minutes (3rd stage). All plant extracts obtained were filtered with a membrane filter that has a pore size of 0.45 µm.

A. rumelicum was collected from Dupnisa cave, Demirköy of Kırklareli. *P. obtusifolium* was collected from, Gökçetepe coastline, Keşan of Edirne and *J. kilaea* was collected from Kastro dunes, Saray of Tekirdağ. The identifications of all plants were made by Prof. Dr. E. Cabi.

2.2. DPPH method

Since DPPH is a stable free radical at room temperature, it causes ethanol to turn violet when added to it. During the interaction with an antioxidant molecule, it is decreased, resulting in colorless ethanol solutions. The use of DPPH offers a simple and quick method to assess antioxidants. 2 mL of a 1 mM DPPH which is prepared in ethanol solution and 2 mL ethanol were added to 0.2 mL of sample solutions of diluted plant extracts (1:5 v/v). The reproducibility is checked by repeating the experiments three times. The absorbance readings were obtained at 517 nm after waiting 30 minutes, and the following formula was used to translate these into the percentage of antioxidant activity (AA):

$$\text{Inhibition \%} = (A_0 - A_S) / A_0 \times 100$$

Where A_0 denotes the control solution's absorption and A_S is the absorption of the solution which to be extracted and tested. Inhibition % values were calculated for all plant extracts by using the formula (Huang et al., 2005). The experiments were repeated three times.

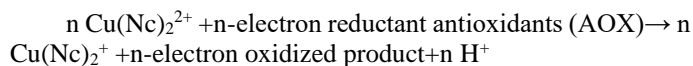
2.3. Aluminum chloride/potassium acetate spectrophotometric method

The $AlCl_3/KAc$ method essentially uses the color of the $Al(III)$ -complexes to measure the flavonoid compounds. Naturally, the $AlCl_3/KAc$ approach may also measure a small number of polyphenolic compounds that do not belong to the flavonoid class but do possess the $Al(III)$ -chelating 1-hydroxyanthraquinone or o-dihydroxycatechol moieties. Separate mixtures of 1.5 mL of 95% C_2H_5OH , 0.1 mL of 1 M CH_3COOK , 0.1 mL of 10% $AlCl_3$, and (3.3-x) mL of distilled water was made with the analyte mixture (x mL) (Woisky and Salatino, 1998; Chang et al., 2002). After keeping the samples at room temperature for 30 minutes, the absorbance measurement is conducted at 427 nm. The experiments were

repeated three times.

2.4. CUPRAC assay of total antioxidant capacity

Bis(2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline) copper(II), the chromogenic oxidizing reagent used in the CUPRAC assay, is straightforward, versatile in application to both hydrophilic and lipophilic antioxidants, stable, and inexpensive. The CUPRAC method has been effectively used to assess the antioxidant capabilities of human serum and food plants. The reaction between chromogenic oxidizing reagent from the CUPRAC method, which is cupric neocuproine, and n-electron-reductant antioxidants (AOX) undergoes as:



x mL of the sample was mixed with the following ingredients: i) 1 mL of CuCl₂ solution, ii) 1 mL of neocuproine alcoholic solution iii) 1 mL of ammonium acetate solution iv) (1.1-x) mL of distilled water. The volume of the total mixture added up to 4.1 mL. The incubation period was 30 mins, after which the absorbance measurements were conducted at 450 nm against the reagent blank (Apak et al., 2004). The repetition of experiments is also checked three times.

2.5. ABTS/Persulphate methods

Even in TAC measurement via decolorization of the ABTS⁺ cation generated by persulfate oxidation; various results are achieved as a result of different modifications. The ABTS assay has been criticized for being overly dependent on the chromogenic radical-generation approach. 7.0 mM ABTS radical reagent was prepared in water and K₂S₂O₈ was added to this solution. The mixture's final persulfate content is 2.45 mM. For 12 to 16 hours, the ABTS-radical cation solution was stored at room temperature and in the dark. An ABTS-radical cation solution that was blue-green in color was diluted with 96% ethanol at a ratio of 1:10 before being combined with x mL of plant extract. The absorbance was measured at the end of the sixth minute ($\lambda = 734 \text{ nm}$) (Celik et al., 2010). All experiments were repeated three times.

2.6. Folin ciocalteu method

The Folin Ciocalteu assay is an electron transfer-based reaction that assesses an antioxidant's capacity for reductive activity. It has been frequently used to assess the total polyphenol content of plant-derived foods and biological samples in nutritional and therapeutic studies. Lowry A solution: it was prepared by dissolving 2.0 g of Na₂CO₃ in 100 mL of 0.1 M NaOH solution. Lowry B solution: it was prepared by dissolving 0.5 M CuSO₄ in 1% sodium potassium tartrate (NaKC₄H₄O₆) solution. Lowry C solution: it was prepared by adding 1 mL of Lowry B solution to 50 mL of Lowry A solution and diluting the Folin reagent with distilled water at a ratio of 1:3 (v/v). After adding x mL of sample solution + (1-x) mL of H₂O + 2.5 mL of Lowry C solution, the resulting solution mixture is left for 10 minutes. Then, 0.25 mL of Folin reagent is added to this solution and solutions are prepared with a total volume of 3.75 mL. After the prepared solutions were kept at room conditions for 40 minutes, their absorbance against the blind solution was measured at a wavelength of 750 nm (Prior

et al., 2005). All experiments were repeated three times.

2.7. Bacterial strains

A. rumelicum, *J. kilaea*, *P. obtusifolium* extracted by 80% methanol were analyzed against a panel of bacteria including, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Salmonella enteritidis*, ATCC 13076, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 2592. All the aforementioned strains were acquired from the American Type Culture Collection as living cultures (ATCC). For stock cultures, suspensions were adjusted to 0.5 McFarland standard turbidity (equivalent to 10⁷-10⁸ cfu/mL for bacteria, depending on species) after growing them in Nutrient Broth (Merck, Germany) at 37°C for 24 hours.

2.8. Disc diffusion assay

Using the agar disc diffusion method, the antimicrobial properties of *A. rumelicum*, *J. kilaea*, and *P. obtusifolium* were examined (NCCLS, 1997). A suspension of the tested microorganism (0.1 mL, 10⁸ cells per ml) was put on the solid medium plates. Filter paper discs (6 mm in diameter) that had been impregnated with 20 µl of the extracts were placed on the inoculation plates. Methanol served as the negative control and tetracycline the positive control. All petri dishes were incubated for 24 hours at 37°C after 2 hours at 4°C, except for *L. monocytogenes*, which was incubated for 48 hours. The inhibitory zones' sizes were measured in millimeters. Three times each was done for every experiment.

3. Results and discussion

Traditional extraction techniques have advanced in recent years to become environmentally friendly techniques like ultrasound-assisted extraction and microwave-assisted extraction (MAE). Important benefits of MAE include its compatibility with automation, simplicity of working with multiple samples, low solvent requirement, and extremely quick processing time (Bener, 2022).

There is no study on antioxidant, antimicrobial activities, phenolic and flavonoid contents of *A. rumelicum* M. Kocyigit & Ozhatay, *J. kilaea* Azn., *P. obtusifolium* Sibth. & Sm., in literature but there are studies on species from their own family.

A. schoenoprasum and *A. ursinum* were tested for their antioxidant activity using a variety of techniques, including the DPPH radical-scavenging ability, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay, and ABTS radical scavenging tests. The same research was conducted by Parvu et al. (2014) using the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) test and the DPPH bleaching method. The TEAC method revealed that the leaf extract's antioxidant activity was higher than that of the DPPH method (Dikdik et al., 2021). Nencini et al. (2011) found gallic acid concentrations analyzed by the FRAP method of *A. neapolitanum* Cyr., *A. roseum* L., *A. subhirsutum* L., *A. sativum* L. All gallic acid concentrations in the samples were higher than *A. rumelicum*. Santas et al. (2010) investigated antioxidant activities and total phenolic contents of *A. cepa* extracts by TEAC and Folin methods and trolox and rutin concentrations were higher than *A. rumelicum*. Hisamoto et al. (2003) analyzed antioxidant compounds of *P. japonicum*'s leaves. The results of DPPH radical scavenging activity were mostly higher than present study. The level of inhibition of DPPH free radicals is measured by DPPH free radical scavenging activity. Regarding

the antioxidant activity, *P. Japonicum* in ethyl acetate fraction exhibited the highest antioxidant activity (Kim et al., 2018). Tepe et al. (2011) determined DPPH free radical scavenging activity of *P. longifolium* and *P. palimbioides* and analysis results were lower than *P. obtusifolium*. Ozturk et al. (2011) analyzed *J. consanguinea* DC. Total phenolic and flavonoid content results according to quercetin were found higher than *J. kilaea*. Ayad et al. (2017) investigated the antioxidant and antimicrobial activity of *J. humilis* DC. Gallic acid and rutin values are higher than *J. kilaea*.

The spectrums of *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea* were measured by diluting 80% methanol. The photos of plants, given in Fig. 1 and Fig. 2-4, show absorption spectrums of plant extracts.



Fig. 1. Dried *Allium rumelicum*, *Peucedanum obtusifolium* and *Jurinea kilaea* samples.

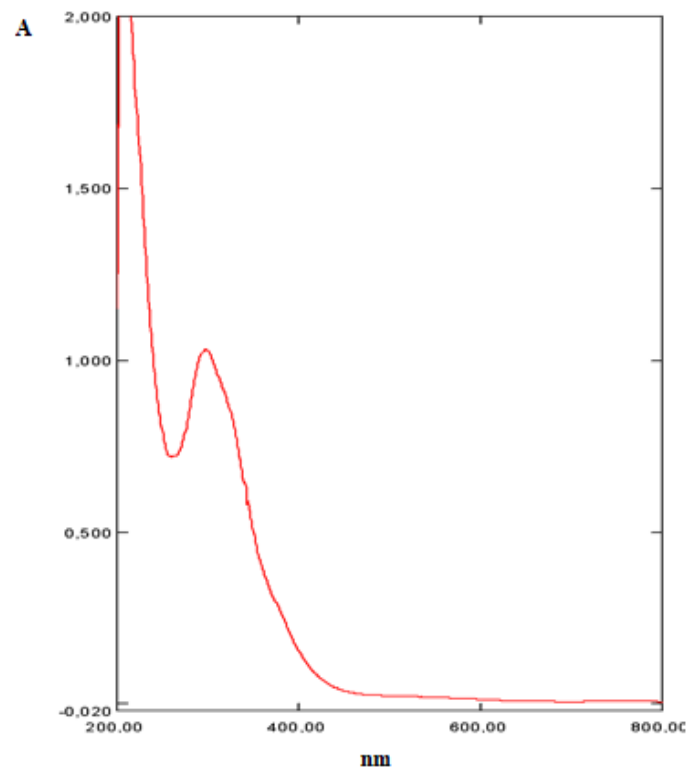


Fig. 2. Spectrum of *Allium rumelicum*.

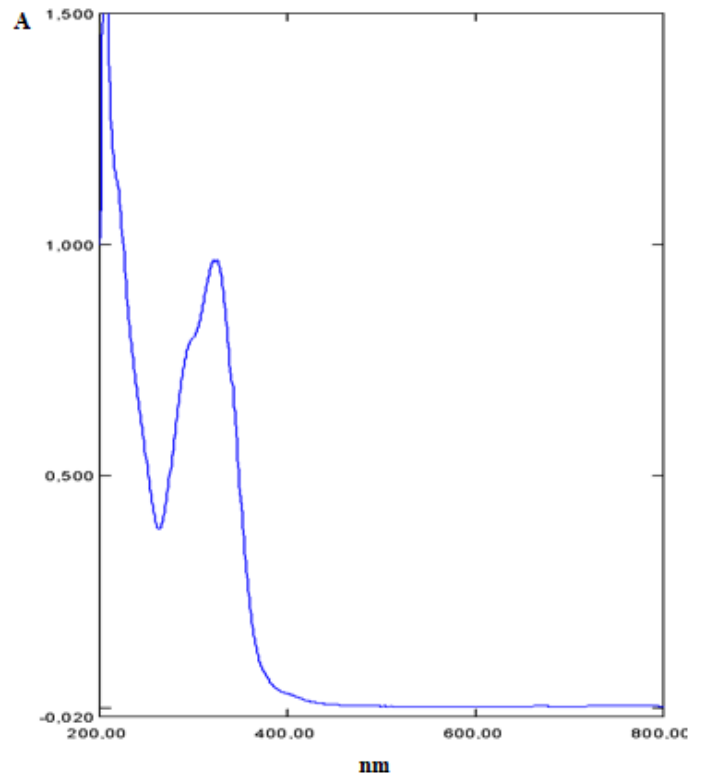


Fig. 3. Spectrum of *Peucedanum obtusifolium*.

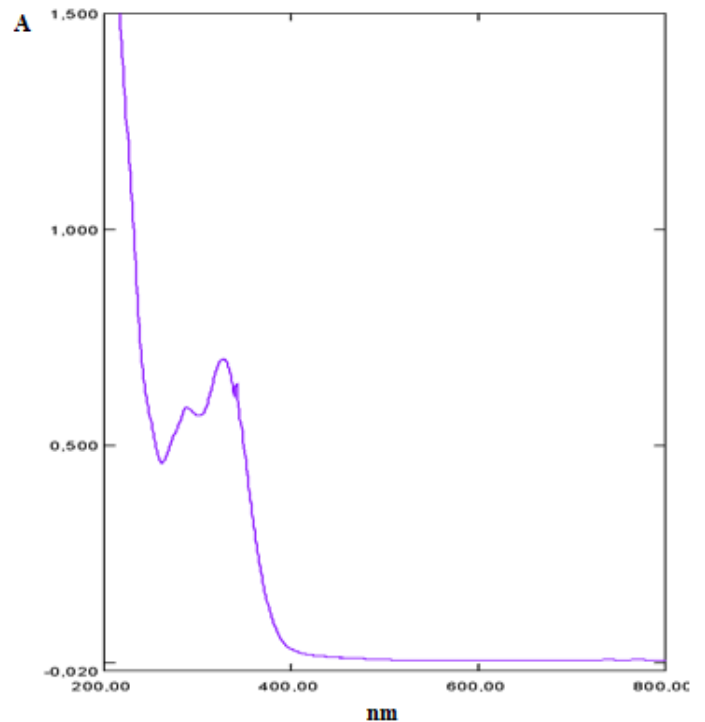


Fig. 4. Spectrum of *Jurinea kilaea*.

3.1. CUPRAC and ABTS/Persulphate method

Maximum absorption is provided at 450nm by the reduction of bis(2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline: neocuproine)Cu(II) chelate cation in the presence of antioxidants to the cuprous neocuproine chelate [Cu(I)-Nc], which is known as the CUPRAC method (Apak et al., 2004). The CUPRAC values of trolox (TR), flavon (FV), gallic acid (GA), rutin (RT), and quercetin (QR) were higher than ABTS/Persulphate values. Total antioxidant activity contents of the plant extracts were found through the equation $y = 1.60 \cdot 10^4 x$

- 0.002 ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (TR), $y = 5.10^4x + 0.02$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (GA), $y = 8.10^4x + 0.01$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (QR), $y = 5.10^4x + 0.026$ ($R^2 = 0.993$) which are calculated according to the reference (RT), $y = 0.6.10^4x + 0.006$ ($R^2 = 0.998$) which are calculated according to the reference (FV) by CUPRAC method. Total antioxidant activity contents of the plant extracts were found through the equation $y = 2.65.10^4x + 0.018$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to

the reference (TR), $y = 1.10^5x - 0.08$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (GA), $y = 1.10^5x + 0.02$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (QR), $y = 8.10^4x + 0.03$ ($R^2 = 0.999$) which are calculated according to the reference (RT), $y = 0.14.10^4x + 0.027$ ($R^2 = 0.998$) which are calculated according to the reference (FV) by ABTS/Persulphate method.

Solvent polarity is important for antioxidants because it causes showing some variant of antioxidants. Table 1-2 are given the results analyzed by CUPRAC, ABTS/persulfate methods. The values of CUPRAC and ABTS Persulfate of trolox (TR), gallic acid (GA), quercetin (QR), rutin (RT), flavon (FV) were investigated in the CUPRAC assay results. Total antioxidant contents of *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea* were found within the 0.022 ± 0.08 - 0.294 ± 0.07 ; 0.001 ± 0.02 - 0.020 ± 0.02 ; 0.041 ± 0.04 - 0.543 ± 0.02 mmol g⁻¹ range by CUPRAC Method, respectively. Total antioxidant contents of *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea* were found within the 0.016 ± 0.04 - 1.23 ± 0.05 ; 0.010 ± 0.03 - 0.756 ± 0.02 ; 0.020 ± 0.03 - 1.59 ± 0.04 mmol g⁻¹ range by ABTS/Persulphate Method, respectively. The order of the CUPRAC values was determined to be FV>TR>RT=GA>QR for *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea*. The order of the ABTS/Persulphate values was determined to be FV>TR>RT>GA>QR for *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea* (Table 1-2). The highest antioxidant content was obtained in flavon for CUPRAC and ABTS/Persulphate Method. MeOH 80% was chosen due to well-known electron transfer in existence of ionizing solvents. In addition, MeOH is determined to be the best ionization-supporting alcohol.

3.2. DPPH method

The DPPH method aims to measure the scavenging effects of antioxidants on a stable free radical (DPPH radical). It is reduced to hydrazine when hydrogen interacts with donors. The maximum absorption of deep violet-colored DPPH radical

measures at 517 nm. (Prior et al., 2005).

DPPH method is a valid, inexpensive, rapid, accurate, easy, and economical method for measuring the activity of antioxidants in plant samples (Sagar and Pareek, 2011).

The approach is distinctive in that it uses a sample reaction with DPPH in methanol to make it easier to extract antioxidant chemicals from the sample. The DPPH method has the advantage of allowing DPPH to react with the entire sample and, given enough time, allowing DPPH to react slowly. This phenomenon occurs even with weak antioxidants. The DPPH method can be used to investigate both hydrophilic and lipophilic antioxidants in aqueous and nonpolar organic solvents. (Prior et al., 2005).

The experimental results of antioxidant activity as determined by the DPPH technique are displayed in Fig. 5. The experimental findings were presented using IC₅₀ values (concentration needed to inhibit 50% of the oxidative process). The investigated samples' maximal inhibition percentages had similar values, ranging from 51.0% to 64.3%. The highest value of inhibition % was found in *P. obtusifolium*. Inhibition % of *J. kilaea* was found as the lowest value. The order of inhibition % was determined to be *P. obtusifolium*>*A. rumelicum*>*J. kilaea*. % Inhibition values analyzed by the DPPH Method are given in Fig.5.

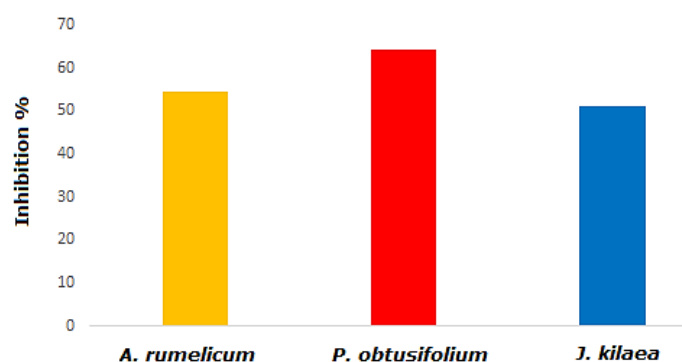


Fig. 5. % Inhibition values analyzed by DPPH Method.

3.3. Total phenol and total flavonoid contents of extracts

The ability of flavonoids to reduce alpha-tocopherol radicals, bind metal catalysts, activate antioxidant enzymes, transfer electrons to free radicals, and block oxidases are all factors that contribute to their protective effects in biological systems (Heim et al., 2002). Most of the plant phenolic chemicals, and flavonoids are individuated with a benzo-pyrone

Table 1

Total antioxidant contents of *Allium rumelicum*, *Peucedanum obtusifolium* and *Jurinea kilaea* analyzed by CUPRAC method.

Plant name	Trolox (mmol g ⁻¹)	Gallic acid (mmol g ⁻¹)	Quercetin (mmol g ⁻¹)	Rutin (mmol g ⁻¹)	Flavon (mmol g ⁻¹)
<i>A. rumelicum</i>	0.103±0.02	0.033±0.01	0.022±0.08	0.033±0.05	0.294±0.07
<i>P. obtusifolium</i>	0.007±0.07	0.002±0.03	0.001±0.02	0.002±0.01	0.020±0.02
<i>J. kilaea</i>	0.190±0.05	0.061±0.02	0.041±0.04	0.061±0.04	0.543±0.02
Mean ± SD (n=3)					

Table 2

Total antioxidant contents of *Allium rumelicum*, *Peucedanum obtusifolium* and *Jurinea kilaea* analyzed by ABTS/Persulphate method.

Plant name	Trolox (mmol g ⁻¹)	Gallic acid (mmol g ⁻¹)	Quercetin (mmol g ⁻¹)	Rutin (mmol g ⁻¹)	Flavon (mmol g ⁻¹)
<i>A. rumelicum</i>	0.065±0.01	0.017±0.07	0.016±0.04	0.021±0.01	1.23±0.05
<i>P. obtusifolium</i>	0.040±0.02	0.011±0.06	0.010±0.03	0.013±0.02	0.756±0.02
<i>J. kilaea</i>	0.084±0.04	0.022±0.05	0.020±0.03	0.027±0.01	1.59±0.04
Mean ± SD (n=3)					

structure. In both fruits and vegetables, it is common. AlCl_3/KAc was used to assess the total flavonoid content. Quercetin served as a benchmark. Total flavonoid contents were calculated through the equation $y = 2.31 \cdot 10^4 x + 0.018$ ($R^2 = 0.999$). Total flavonoid contents within the extracts were found within the 0.017-0.0032 mmol g^{-1} range. The order of the total flavonoid values was determined to be *A. rumelicum* > *J. kilaea* > *P. obtusifolium*.

Total phenolic contents were analyzed by the Folin-Ciocalteu method by using gallic acid as a standard phenolic compound. The equation $y = 6.10 \cdot 10^3 x + 0.011$ ($R^2 = 0.999$) supplied a linear calibration curve for gallic acid. The results of total phenolic and flavonoid contents are given in Table 3. Table 3 shows that the total phenol content of plant extracts fell between the ranges of 0.277 to 0.099 mmol g^{-1} . As was already demonstrated, it has been discovered to be normal to see the methanol extracts with the largest phenolic concentration and the best polarity to extract phenol components. Therefore, it is not surprising to see that methanol extracts have the highest antioxidant activity, which is quite similar to the antioxidant activity of gallic acid. The order of the total phenolic values was determined to be *J. kilaea* > *A. rumelicum* > *P. obtusifolium*. Table 3 shows the total phenolic and flavonoid contents of the studied species.

Table 3

Total phenolic and flavonoid contents of *Allium rumelicum*, *Peucedanum obtusifolium* and *Jurinea kilaea*.

Plant name	Gallic acid (mmol g^{-1})	Quercetin (mmol g^{-1})
<i>A. rumelicum</i>	0.179±0.02	0.017±0.01
<i>P. obtusifolium</i>	0.099±0.04	0.0032±0.01
<i>J. kilaea</i>	0.277±0.07	0.013±0.05
Mean ± SD (n=3)		

3.4. Antimicrobial activities

In this study, the antimicrobial effects of *A. rumelicum*, *J. kilaea*, and *P. obtusifolium* extracts at 80% methanol were evaluated against *Enterococcus faecalis* ATCC51299, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Listeria monocytogenes* DSM12464, and *Salmonella* Enteritidis ATCC Alcoholic extracts exhibit greater antibacterial action than aqueous extracts, according to the literature (Al-Hashimi, 2012). Thus, 80% methanol was used for the plants studied. The antibacterial activities of the methanol extracts of the species examined in this article were compared with tetracycline (reference antibiotic), which was used as a positive control reported in Table 4. 80 % methanol extracts of *A. rumelicum* and *P. obtusifolium* showed antimicrobial activity against *S. aureus* ATCC6538. In addition, *P. obtusifolium* indicated antimicrobial activity against *E. faecalis* ATCC51299. The highest antimicrobial activity value was obtained in *P. obtusifolium* against *E. coli* ATCC 25922. The plants studied showed no effect on *Listeria monocytogenes* DSM12464. 80 % methanol extracts of *A. rumelicum*, *J. kilaea*, and *P. obtusifolium* had inhibition zones with a diameter ranging from 6.46-7.23 mm. *J. kilaea* showed antimicrobial activity against *Salmonella enteritidis* ATCC 13076.

Many studies have shown the influence of phenolic compounds and organosulfur compounds in *Allium spp.* as important inhibitors of pathogenic bacteria growth (Skerget et al., 2009; Santas et al., 2010; Xiao, 2017). In parallel with the results of present study (Sagar et al., 2020) found that *Allium*

cepa L. (Cultivar Phursungi Local) inhibited the growth of *S. aureus* NCDC 109 up to 7.0 ± 0.0 mm. Viera et al. (2017) also reported that no antibacterial (*Salmonella* Enteritidis clinical isolate, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *S. aureus* ATCC 25923) activity was found for the extracts of red onion skin (*Allium cepa* L.). Contrary to this study Ye et al., (2013) showed that the essential oil of *A. cepa* showed antibacterial activity against *E. coli* ATCC 25922 (13.4 ± 0.9). Different results have been obtained in the literature due to the presence of antimicrobial components, environmental conditions, plant species, and type of solvent (Sivropoulou et al., 1995; Cushnie and Lamb, 2005). Ozturk (2011) found that the methanol extract of *J. consanguinea* had antimicrobial activity to *S. aureus* with a 10 mm zone diameter. Vellutini et al., (2005) observed the antimicrobial activity of *Peucedanum paniculatum* leaf and root oils against *S. aureus*, *Serratia marcescens*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter cloacae*, and *E. coli*, similar to the results of present study.

Table 4

Antimicrobial activity results of *Allium rumelicum*, *Peucedanum obtusifolium* and *Jurinea kilaea* analyzed by disc diffusion methods (mm).

Microorganisms	<i>A. rumelicum</i> (mm)	<i>J. kilaea</i> (mm)	<i>P. obtusifolium</i> (mm)	Positive Control
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC51299	-	-	6.50±1.42	27±1.35
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	-	-	7.23±1.27	30±1.74
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538	6.46±1.32	-	6.87±1.18	32±1.41
<i>Listeria monocytogenes</i> DSM12464	-	-	-	25±1.22
<i>Salmonella Enteritidis</i> ATCC 13076	-	6.50±1.25	-	20±1.16
Inhibition zone is the mean of three replicates including the disc diameter (6 mm); (-): no activity; negative control (Methanol) had no inhibitory effects on pathogenic bacteria tested, Positive control: Tetracycline (30 µg). Mean ± SD (n=3)				

4. Conclusion

For the analysis of antioxidants, which are important for human health and foodstuffs, antioxidant activity/capacity properties were determined by CUPRAC, ABTS/Persulfate, and DPPH methods, which were made with simple, highly reproducible, low reaction steps, inexpensive and non-specific devices. Folin Ciocalteu and AlCl_3/KAc methods were used for the analysis of components for total phenolic and flavonoid. Antimicrobial activity analyzes were also analyzed by the disk diffusion method. The 80 % methanolic extracts of *A. rumelicum*, *J. kilaea* and *P. obtusifolium* had no antimicrobial activity against *S. aureus* ATCC6538 but *A. rumelicum*, *P. obtusifolium* and *J. kilaea* were most effective against bacterial strains tested.

Acknowledgment: This work was supported by the Research Fund of the University of Namik Kemal University (Project No: NKUBAP.00.YL.19.226).

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interests.

Informed consent: The authors declare that this manuscript did not involve human or animal participants and informed consent was not collected.

References

- Ayad, R., Cakmak, Y.S., Ozusaglam, M.A., Medjroubi, K., & Akkal, S. (2017). In vitro antioxidant and antimicrobial activities of aerial parts of Algerian *Jurinea humilis* DC (Asteraceae). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research December*, 16(12), 2903-2909.
- Al-Hashimi, A. G. (2012). Antioxidant and antibacterial activities of *Hibiscus sabdariffa* L. extracts. *African Journal of Food Science*, 6(21), 506-511.
- Apak, R., Guclu, K., Ozyurek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Bagade, S. B., & Patil, M. (2021). Recent advances in microwave assisted extraction of bioactive compounds from complex herbal samples: a review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 51(2), 138-149.
- Bener, M., Şen, F.B., & Apak, R. (2018). Heparin-stabilized gold nanoparticles-based CUPRAC colorimetric sensor for antioxidant capacity measurement. *Talanta*, 187, 148-155.
- Bener, M. (2019). Modeling and optimizing microwave-assisted extraction of antioxidants from *Thymbra spicata* L. and characterization of their phenolic constituents. *Food Science and Biotechnology*, 28(6), 1733-1745.
- Celik, E.S., Ozyurek, M., & Guclu, K. (2010). Solvent effects on the antioxidant capacity of lipophilic and hydrophilic antioxidants measured by CUPRAC, ABTS/persulfate and FRAP methods. *Talanta*, 81, 1300-1309.
- Chamberlain, D.F. (1972). *Peucedanum* L. in Davis, P.H. (ed.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands vol4: 477*. Edinburg Un. Press. Edinburg.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chern, J.C. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.
- Cushnie, T. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International journal of antimicrobial agents*, 26(5), 343-356.
- Danin, A., & Davis, P. H. (1975). *Jurinea* Cass. In Davis, P.H. (ed.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol 5: 434*. Edinburg Un. Press. Edinburg.
- Destandau, E., & Michel, T. (2022). Microwave-assisted extraction. In *Natural Product Extraction* (pp. 144-201).
- Dikdik, K., Dwipa, A., Leny, H., & Dadan, S. (2021). Antioxidant Properties and Structure-Antioxidant Activity Relationship of Allium Species Leaves. *Molecules*, 26(23), 7175-7202.
- Georgiopolou, I., Tzima, S., Louli, V., & Magoulas, K. (2023). Process Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Chlorophyll, Carotenoid and Phenolic Compounds from *Chlorella vulgaris* and Comparison with Conventional and Supercritical Fluid Extraction. *Applied Sciences*, 13(4), 2740.
- Hannan, A., Humayun, T., Hussain, M.B., Yasir, M., Sikandar, S. (2010). In vitro antibacterial activity of onion (*Allium cepa*) against clinical isolates of *Vibrio cholera*. *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 22(2), 160-163.
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 4303-4310.
- Hisamoto, M., Kikuzaki, H., Ohigashi, H., & Nakatani, N. (2003). Antioxidant Compounds from the Leaves of *Peucedanum japonicum* Thunb. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51, 5255-5261.
- Karahan, F., Ozyigit, I. I., Yalcin, I. E., Hocaoglu-Ozyigit, A., Erkencioglu, B. N., & Ilcim, A. (2023). Concentrations of plant mineral nutrients and potentially toxic elements in some medicinal plants in the Asteraceae, Fabaceae, and Lamiaceae families from Southern Türkiye: insights into health implications. *Spectroscopy Letters*, 56(2), 103-128.
- Kim, M., Seo, K. S., & Yun, K. W. (2018). Antioxidant activity of *Saposhnikovia divaricata*, *Peucedanum japonicum*, and *Glehnia littoralis*. *Indian Journal Pharmaceutical Sciences*, 80(3), 560-565.
- Kocyigit, M., & Ozhatay F. N. (2010). A contribution to the genus *Allium* L. (Sect. *Codonoprasum*) in Turkey. *Turkish Journal of Biology*, 34(5), 391-395.
- Lasunon, P., & Sengkhamparn, N. (2022). Effect of ultrasound-assisted, microwave-assisted and ultrasound-microwave-assisted extraction on pectin extraction from industrial tomato waste. *Molecules*, 27(4), 1157.
- Matejic, J. S., Dzamic, M. A., Ciric, A. D., Krivosej, Z., Randelović, L. N., & Marin, P. D. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of extracts of four *peucedanum* L. species. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 8(2), 655-665.
- Movehedian, A., Zolfaghari, B., & Mirshekari, M. (2016). Antioxidant effects of hydroalcoholic and polyphenolic extracts of *Peucedanum pastinacifolium*. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(5), 405-411.
- Naseer, A. S., Muhammad, R. K., Kiran, N., & Mubarak, A. K. (2014). Antioxidant potential, DNA protection and HPLC-DAD analysis of neglected medicinal *Jurinea dolomiaea* roots. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, PMC4058516.
- NCCLC. (1997). National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, 6th Ed, Approved Standard M2-A6. Wayne PA: NCCLS.
- Nencini, C., Menchiari, A., Franchi, G. G., & Micheli, L. (2011). In vitro Antioxidant Activity of Aged Extracts of some Italian *Allium* Species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 11-16.
- Onyeoziri, U. P., Romanus, E. N., & Onyekachukwu, U. I. (2016). Assessment of antioxidant capacities and phenolic contents of nigerian cultivars of onions (*Allium cepa* L) and garlic (*Allium sativum* L). *Pak J Pharm Sci*, 29(4), 1183-1188.
- Ozhatay, N., Kocyigit, M., & Akalin, E. (2010). *Allium rumelicum* sect. *Codonoprasum* a new species from European Turkey. *Phytologia Balcanica*, 16, 355-359.
- Ozturk, H., Kolak, U., & Meric, C. (2011). Antioxidant, anticholinesterase and antibacterial activities of *Jurinea consanguinea* DC. *Records of Natural Products*, 5(1), 43-51.
- Parvu, A. E., Parvu, M., Vlase, L., Miclea, P., Mot, A. C., & Silaghi-Dumitrescu, R. (2014). Anti-inflammatory effects of *Allium schoenoprasum* L. leaves. *J Physiol Pharmacol*, 65(2), 309-315.
- Prior, R. L., Wu, X., & Karen, S. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in food and dietary supplements. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 4290-4302.
- Sagar, N. A., & Pareek, S. (2020). Antimicrobial assessment of polyphenolic extracts from onion (*Allium cepa* L.) skin of fifteen cultivars by sonication-assisted extraction method. *Heliyon*, 6(11), e05478.
- Sagar, B.K., & Singh, R.P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412-422.
- Santas, J., Almajano, M.P., & Rosa Carbo, R. (2010). Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 403-409.
- Sharma, K. K., Sharma, S. P. (1976). Effect of onion on blood cholesterol, fibrinogen and fibrinolytic activity in normal subjects. *Indian Journal of Pharmacology*, 8, 232-233.
- Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., & Arsenakis, M. (1995). Antimicrobial activity of mint essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(9), 2384-2388.
- Skerget, M., Majhenič, L., Bezjak, M., & Knez, Ž. (2009). Antioxidant, radical scavenging and antimicrobial activities of red onion (*Allium cepa* L) skin and edible part extracts. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 23(4), 435-444.
- Solaberrieta, I., Mellinas, C., Jiménez, A., & Garrigós, M. C. (2022). Recovery of antioxidants from tomato seed industrial wastes by microwave-assisted and ultrasound-assisted extraction. *Foods*, 11(19), 3068.
- Xiao, J. (2017). Dietary flavonoid aglycones and their glycosides: Which

- show better biological significance?. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(9), 1874-1905.
- Vellutini, M., Baldovini, N., de Rocca Serra, D., Tomi, F., & Casanova, J. (2005). β -Cyclolavandulyl and β -isocyclolavandulyl esters from *Peucedanum paniculatum* L., an endemic species to Corsica. *Phytochemistry*, 66(16), 1956-1962.
- Viera, V. B., Piovesan, N., Rodrigues, J. B., de O Mello, R., Prestes, R. C., Dos Santos, R. C. V., ... & Kubota, E. H. (2017). Extraction of phenolic compounds and evaluation of the antioxidant and antimicrobial capacity of red onion skin (*Allium cepa* L.). *International Food Research Journal*, 24(3), 990.
- Tepe, B., Akpulat, H. A., & Sokmen, M. (2011). Evaluation of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oils of *Peucedanum longifolium* (Waldst. & Kit.) and *P. palimbioides* (Boiss.). *Record of Natural Products*, 5(2), 108-116.
- Tomasi, I. T., Santos, S. C., Boaventura, R. A., & Botelho, C. M. (2023). Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from chestnut processing waste using response surface methodology. *Journal of Cleaner Production*, 395, 136452.
- Tran, N. T. K., Nguyen, V. B., Van Tran, T., & Nguyen, T. T. T. (2023). Microwave-assisted extraction of pectin from jackfruit rags: Optimization, physicochemical properties and antibacterial activities. *Food Chemistry*, 418, 135807.
- Woisky, R., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal Agricultural Research*, 37, 99-105.
- WHO. (1999). World Health Organization. World Health Organization library cataloging in publication data. 1, 5-32.
- Zayed, A., Finkelmeier, D., Hahn, T., Rebers, L., Shanmugam, A., Burger-Kentischer, A., & Ulber, R. (2023). Characterization and cytotoxic activity of microwave-assisted extracted crude fucoidans from different brown seaweeds. *Marine Drugs*, 21(1), 48.

Cite as: Karasakal, A., Kilic, O., Tokatli Demirok, N., & Cabi, E. (2023). Determination of antioxidant, antimicrobial activities, total phenolic and flavonoid contents of *Allium rumelicum*, *Jurinea kilaea* and *Peucedanum obtusifolium*. *Front Life Sci RT*, 4(SI), 1-8.



Araştırma makalesi / Research article

Endüstri 4.0 sisteminin çalışanlar üzerinde oluşturduğu psikososyal risk etmenlerinin incelenmesi; makine ve ekipman imalatı sektörü örneği

Fahri Oluk^{*1} , Yasemin Demir² , Ecem Sahiner² , Ahmet Gokcan² ,
Huseyin Kurtulus Ozcan³ , Goksel Demir² 

¹ Cankiri Karatekin University, Vocational School of Social Sciences, Occupational Health and Safety Program, 18200, Cankiri, Türkiye

² University of Health Sciences Türkiye, Hamidiye Institute of Health Sciences, Department of Occupational Health and Safety, 34668, Uskudar, Istanbul, Türkiye

³ Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 34320, Istanbul, Türkiye

Öz

Endüstri 4.0 sisteminin uygulanması neticesinde kullanılacak yeni teknolojiler sayesinde insan gücüne duyulan ihtiyacın ve istihdamın azalacağı varsayılmaktadır. Kullanılan teknolojilerin pozitif etkilerinin yanı sıra negatif etkilerinden de söz etmek mümkündür. Çalışanların bu teknolojilere uyum sağlamaları ve mesleki olarak becerilerinin geliştirmeleri sürecinde bilişsel yeteneklere ihtiyaç duyulacağından psikolojik olarak strese maruz kalınması söz konusu olacaktır. Bu sebeple çalışmamızda Endüstri 4.0 sisteminin kullanıldığı iş yerlerindeki çalışanların maruz kalabileceği psikososyal risklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın evrenini makine ekipman imalatı sektöründe Endüstri 4.0 sisteminin kullanıldığı iş yerleri oluşturmaktadır. Belirlenen sektör çalışanlarından elde edilen veriler ile SPSS 26.0 programı kullanılarak normallik testi, faktör analizi ve çoklu varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre çalışanların psikososyal risklere ait değerlendirmeleri öğrenim düzeylerine, yaş gruplarına ve tecrübelerine göre ölçeğin alt faktörlerinden en az birisi ile farklılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sektördeki psikososyal risklerle mücadele edebilmek için önemli ipuçları sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Çoklu varyans analizi; endüstri 4.0; iş sağlığı ve güvenliği; psikososyal risk etmenleri

Investigation of psychosocial risk factors created by industry 4.0 system on employees; the case of machinery and equipment manufacturing sector

Abstract

It is assumed that the need for workforce and employment will decrease thanks to the new technologies to be used due to the implementation of the Industry 4.0 system. In addition to the positive effects of the technologies used, it is also possible to talk about their adverse effects. Since employees will need cognitive abilities to adapt to these technologies and develop their professional skills, they will be exposed to psychological stress. For this reason, our study aims to examine the psychosocial risks employees may face in workplaces where the Industry 4.0 system is used. The study population consists of workplaces using the Industry 4.0 system in the machinery and equipment manufacturing sector. Normality tests, factor analyses, and multiple variance analyses were performed using the SPSS 26.0 program with the data obtained from the sector employees. According to the findings

* Sorumlu yazar / Corresponding author.

E-mail: fahrioluk@karatekin.edu.tr (F. Oluk).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1374977> Yazar katkıları / Author contributions

Geliş tarihi / Received 12 Ekim 2023 / 12 October 2023; Kabul tarihi / Accepted 01 Aralık 2023/ 01 December 2023

Çevrimiçi yayın / Available online 30 Aralık 2023 / 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

obtained, it was concluded that employees' assessments of psychosocial risks differed with at least one of the sub-factors of the scale according to their level of education, age groups, and experience. The results will provide essential clues to combat psychosocial risks in the sector.

Keywords: Industry 4.0; multiple variance analysis; occupational health and safety; psychosocial risk factors

1. Giriş / Introduction

Endüstri 4.0 için yapılabilecek en basit tanım "Makinelerin, bilgisayarların, insanların ve nesnelerin interneti" olarak tanımlanabilir (Evans ve Annunziata, 2012). Gelişmiş otomasyon sistemlerini üretim teknolojilerini ve veri alışverişine imkân sağlayan birimleri kapsayan kolektif bir terimdir (Schwab, 2016). Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0, üretim esnasında yer alan bütün aktörlerin iletişim içinde olmasını, eldeki verilere eş zamanlı ulaşılmasını mümkün kılmaktadır (Ozsoylu, 2017). Endüstri 4.0 ile yaşamsal mekanizmalar ve bilişim teknolojilerin bir araya getirilmesi hedeflenmektedir. Çalışma alanlarının bütünleşik sistemler ile düzenlenmesi Endüstri 4.0'ın temelini oluşturmaktadır. Yönetimsel süreçlerin güncellenmesi ve alınması gereken yeni tedbirlerin gerekliliğinin bir sonucu olarak Endüstri 4.0 gündem olmuştur (Kaynak Ozcelik ve Ulugtekin, 2017). Endüstri 4.0'ın gelişen teknolojiyi içeren kolektif bir bütün olması akıllı fabrikalar vizyonunun oluşmasına büyük yarar sağlamaktadır. Endüstri 4.0'daki akıllı ürünler; cihazlar, makineler, çalışma kaynakları ve insanlar arasında gerçek zamanlı iletişim sağlamak için tasarlanmıştır. Böylece yeni üretim süreçlerini uygulamak ve üretimin bireysel aşamalarını yarı özerk olarak kontrol etmek için bir temel oluşturulması sağlanmıştır (Leso ve ark., 2018). Kullanılan bu yeni teknolojilerin pozitif etkilerinin yanı sıra negatif etkilerinden de söz etmek mümkündür. Çalışanların söz konusu yeni teknolojilere uyum sağlamaları ve mesleki olarak becerilerinin geliştirmeleri gerekmektedir. Bu süreçte fiziksel yeteneklerden ziyade bilişsel yeteneklere daha fazla ihtiyaç duyulacağından psikolojik olarak birçok strese maruz kalınması söz konusu olacaktır. Endüstri 4.0 ile birlikte üretim süreçlerine otomasyon ve dijitalleşmenin girmesi sonucunda çalışanlar üzerinde oluşabilecek psikososyal riskler; iş tatminsizliği, iş güvencesi kaygısı, iş dengesizliği, iş yükü olarak sayılabilir (Caner, 2021).

Endüstri 4.0'ın çalışma hayatında uygulamaya konulması ile birlikte iş yerlerinde yapay zekâ ve robot kullanımları varlığını gösterecektir. Bu süreçte çalışma ortamlarında temel değişimlerin yaşanması ve farklı senaryoların ortaya çıkması beklenmektedir (Stacey ve ark., 2018). Endüstri 4.0 ile gelişen iletişim ağları üretim süreçlerini ve diğer birimlerle olan etkileşimin etkin bir şekilde işlenmesine olanak sağlamıştır. Yani etkili üretim döneminin Endüstri 4.0 ile başladığı söylenilebilir (Ayboga ve Gormus, 2022). Bu durum çalışma ortamlarında köklü değişiklikleri beraberinde getirerek yeni tehlike ve risklerin oluşmasına sebebiyet verecektir. Oluşacak bu tehlike ve riskler çalışma ortamlarındaki iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerini etkileyeceği için mevcut tedbirlerin yetersiz kalacağı ve yeni tedbirlerin eklenmesi gerektiğini sonucunu doğurmaktadır (Celik ve Can, 2019).

Hauke ve ark. (2018), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada yapılan değişikliklerin meydana getireceği riskleri tespit etmişlerdir. Bu riskleri; yeni teknolojilerin kullanımı, sağlığa tehlikeli maddelere maruziyet, fiziksel etkilere maruziyet,

küreselleşme, hizmet ekonomisine geçiş, demografik yapıda değişiklik, felaketlerin sayısı ve/veya şiddeti, sağlıksız yaşam tarzı olmak üzere 8 başlık altında toplamışlardır. Bu risklerin yanı sıra "ekonomik, teknik, sosyal, politik ve çevresel gelişmelerin" çalışma şartlarını etkilediği belirtilmiştir. Endüstri 4.0 neticesinde meydana gelen değişimlerin beraberinde getireceği riskler düşünüldüğünde iş sağlığı ve güvenliği açısından alınması gereken yeni tedbirlerin olacağı ifade edilebilir. Makine insan etkileşimi sonucunda meydana gelecek değişimler ve etkileşimler yeni tehlike ve risklerle birlikte kazaların oluşmasına sebebiyet verecektir. Bu bağlamda meydana gelecek yeni değişiklikler göz önüne alındığında psikososyal risk faktörlerinin üzerinde durulması gereken bir disiplin olarak ortaya çıktığını ifade edebiliriz (Motorcu ve Murat, 2021).

Schulte ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada meydana gelecek teknolojik değişikliklerin sonucunda "iş prosesinin doğasını ve çevresini" değiştirmesi beklendiğini ifade etmiştir. Meydana gelecek bu değişiklikler çalışanlarda "özerkliği, özel yaşam, iş güvencesi, gelir seviyesi, iş programın ve iş yaşam uyumu" gibi ciddi sorunları da beraberinde getirmesi öngörülmektedir. Meydana gelecek bu sorunlar karşısında gerekli iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin alınmaması birçok olumsuz sonuçları beraberinde getirecektir. Bu nedenle işverenler üzerine oluşacak bu olumsuz etkileri en aza indirmek için gerekli tedbirlerin alınması gerektiği ifade edilebilir (Reese, 2017).

Endüstri 4.0 ile işyerlerinde meydana gelecek köklü değişiklikler neticesinde fiziksel, kimyasal, biyolojik risk faktörlerinin varlığı devam edecek, psikososyal risk etmenlerinin daha çok önem kazanacağı ve ergonomik risk etmenlerinin de artacağı tahmin edilmektedir (Celik ve Can, 2019). Artan psikososyal risk faktörleri bilişsel görevler yapan, tehlikeli ortamlardan çalışanları uzaklaştıran "işin kalitesini hızlı, doğru ve yorulmak bilmeden yaparak artıran" robotlar sağladığı avantajların yanı sıra çalışanların sosyal ortamlardan ve iş arkadaşlarından kopukluk yaşamalarına neden olacaktır. Bu da çalışanların mental olarak sağlıklarının bozulmasına neden olacaktır. Bu sebeple gelişen teknoloji sayesinde oluşan dijitalleşme, "iş stresi ve kötü mental sağlık sorunu" gibi psikososyal risk etmenlerinin görülmesini artıracaktır (EU-OSHA, 2020).

Psikososyal risk terimi içerisinde birçok bileşeni barındırmaktadır. Bu bileşenlerin ortaya çıkardığı sonuçların iç içe geçmiş olması nedeniyle sadece hukuksal bir terim olmayıp tıp, ergonomi, sosyoloji ve psikoloji gibi bilimlere de içermektedir (Kandemir, 2017). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'ne göre psikolojik riskleri; "iş doyumunu, iş örgütlenmesi ve yönetimi, çevresel ve örgütsel koşullar ile işçilerin uzmanlığı ve gereksinimleri arasındaki etkileşim" temelinde tanımlanmaktadır (ILO, 2018). Psikososyal riskler iş yerlerinde bireylerin olumsuz etkilenmesine neden olan faktörler arasında yer almaktadır. Stres, iş yükü, tükenmişlik ve mobbing psikolojik tabanlı faktörler iş yerlerindeki yaygın olarak

karşılaşılan psikososyal risklerdir. Bu faktörlerin artması çalışma ortamındaki bireylerin performansına olumsuz etki eden, azalması ise performans olarak olumlu katkı sağlayan durumlardır (Ozer ve ark., 2023). Çalışma ortamlarında iş sağlığı ve güvenliği ile alakalı fiziksel ve kimyasal tehlike ve risk kaynakları açık olabilirken psikososyal tehlike ve risk kaynakları açık bir şekilde fark edilmeyebilir (Ladou and Harrison, 2022). Tehlike zarar verecek potansiyele sahip bir durum veya olayı, risk ise tehlikeden kaynaklanan hasar veya zarar verme ihtimalini ifade eder. Kaza ise tehlikeli durum neticesinde riskli bir durumun ortaya çıkması sonucunda meydana gelen sağlığın fiziksel veya ruhsal olarak bozulmasını ifade eder. Potansiyel tehlike bireylerin psikolojik olarak iyilik hallerini ve sağlığını etkileyen mesleki bir durum iken potansiyel risk bu tehlikeli durumun meydana getirdiği zarar veya hasar verme ihtimali olarak tanımlanabilir (Akkaya ve Ocaktan, 2023). Endüstri 4.0 sayesinde gelişen teknoloji ile ihtiyaç duyulan bilişsel beceriler çalışanlar üzerinde psikososyal risklere neden olmaktadır. Bu psikososyal riskler çalışanların verimlerin düşmesi, işe olan bağlılığın azalması gibi olumsuz sorunlara yol açarak karlılığın giderek azalmasına sebebiyet vermektedir (Vatansever, 2014). Psikososyal risk faktörleri çalışanların stres seviyelerini artırarak fiziksel sağlıklarını bozabileceği gibi davranış değişikliklerine de yol açabilir. Bu nedenle psikososyal faktörlerin tanımlanması ve kontrol edilmesi elzemdir. Çalışma ortamlarında psikososyal risk faktörlerine maruz kalınması sonucu iş ile alakalı stres gibi bazı sonuçları meydana gelmektedir. Bu risk faktörlerini önlemeye yönelik olarak yapılacak çalışmalar, çalışılan ortamlardaki güvensiz davranışların azaltılması yönünde katkı sağlayacağı için önem arz etmektedir (Tantan ve ark., 2021).

Makine ekipman imalatı sektörü, üretim odaklı bir sektördür. Bu sektörde üretilen ürünler arasında tarım, inşaat ve tekstil makineleri, gıda işleme makineleri ve daha birçok farklı makine yer almaktadır. Bu sektörde çalışma koşulları iş yerine göre değişebilir. Ancak genel olarak bu sektörde çalışanların işleri oldukça zorlu ve yorucu olabilir. Endüstri 4.0 ile gelişen teknoloji ve dijitalleşmenin gereği olarak bu zorlu çalışma şartlarının yanı sıra meydana gelen fiziksel faktörlerin haricinde meydana gelebilecek psikososyal risk etmenleri de söz konusu. Bu psikososyal risk etmenlerinin etkileri, zihinsel yüklenme ve organizasyonel etkiler olabilir. Oluşabilecek bu psikososyal risk faktörlerinin çalışanlar üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için yapılması gereken çalışmalar iş sağlığı ve güvenliğinin bir gerekliliğidir. Güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması için yapılması gereken çalışmaların başında çalışanların psikolojik olarak rahat edebilecekleri güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak olmalıdır (Pang ve ark., 2023).

Küreselleşme işyerlerinde ekonomik baskı ve rekabet ortamı doğurmaktadır. Bu nedenle işyerlerindeki yeniden yapılanma önem arz etmektedir. İş dünyasında meydana gelen bu değişimler iş sağlığı ve güvenliği alanında değişimi zorunlu kılmaktadır. Bu zorunlu değişiklikler ise çalışanların psikososyal risklere maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda iş yerlerinde oluşan yeni iş talepleri, üretim sürecindeki değişikliklerden kaynaklanan iş kontrolü, çalışma ortamında meydana gelen değişiklikler ve bütün bu süreçte çalışanlara verilecek destek psikososyal riskler için olumlu veya olumsuz sonuçları ortaya çıkaracaktır. Endüstri 4.0 neticesinde oluşabilecek psikososyal risklerden çalışanların korunması amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada iş talepleri, iş kontrolü,

çalışma ortamı ve destek olmak üzere dört boyut incelenerek gerekli çözüm önerileri sunulacaktır.

2. Gereç ve yöntemler / Materials and methods

Endüstri 4.0 çalışanlarının psikososyal risklere ilişkin algılarının demografik özelliklere göre değerlendirilmesi amacıyla tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmanın evrenini makine ve ekipman imalatı sektöründe Endüstri 4.0 kullanan işyeri çalışanları oluşturmaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2021 verilerine göre; makine ve ekipman imalatı sektörü çalışan sayısı 207.473 kişidir (SGK, 2021). Raosoft örneklem büyüklüğü hesaplama programına göre makine ve ekipman imalatı sektörü çalışan sayısına göre örneklem büyüklüğünü temsil etmek için %95 güven aralığında minimum 384 katılımcıdan örneklem alınması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmanın örneklem büyüklüğü açısından uygun olması için tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenen sektördeki 400 çalışandan örneklem alınmıştır (RAOSOFT, 2023).

Belirlenen sektöre ait çalışanlardan gerekli verileri toplamak amacıyla kullanılan ölçekler çalışanlara dağıtılmıştır. Yapılan araştırma ve anket formu hakkında çalışanlara gerekli açıklamalar yapılarak uygulama gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan anket iki farklı bölümden meydana gelmekte olup birinci kısımda çalışanlara ait demografik bilgiler, ikinci kısımda psikolojik risk etmenleri ile alakalı çalışanların algı düzeyinin belirlenmesini hedefleyen sorular bulunmaktadır. Ankette psikososyal risk düzeyini ölçmek için kullanılan sorular Türkçe'ye uyarlanmış beşli likert tipli ölçektir. İş Baş Müfettişleri Komitesi (Senior Labour Inspector Committee-SLIC) tarafından 2012 yılında gerçekleştirilen psikososyal riskleri değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş 28 soru ve 4 alt boyuttan oluşan anketten yararlanılmıştır. Bu anket formundaki sorular evet hayır formatında güvenilirliği sağlamadığı için 5 soru iptal edilerek kalan sorular beşli likert tipi ölçeğe çevrilerek revize edilmiştir. Ölçek derecelendirilmesi hiç katılmıyorum (1), Az katılıyorum (2), Orta derecede katılıyorum (3), Çok katılıyorum (4) ve Tamamen katılıyorum (5) olarak derecelendirilmiştir (Aydın ve Barın, 2020). Belirtilen ölçekte psikososyal risklere ilişkin ifadeler dört farklı alt boyutu ölçmektedir. Ölçekte verilen 1'den 8'e kadar olan soru ifadeleri "İş talepleri" alt boyutunu, 9'dan 12'ye kadar olan soru ifadeleri "İş kontrolü" alt boyutunu, 13'ten 18'e kadar olan soru ifadeleri "Çalışma ortamı" alt boyutunu ve 19'dan 23'e kadar olan soru ifadeleri "Destek" alt boyutunu temsil etmektedir. Elde edilen verilerin analizi SPSS (Statistical Package for Social Sciences) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışanlara ait demografik bilgileri değerlendirmek için frekans analizi ve yüzde hesaplamaları yapılmıştır. Psikososyal riskleri belirlemeye yönelik olarak kullanılan ölçek ve alt faktörlere normallik analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre parametrik analizlerin yapılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle frekans ve faktör analizi ile psikososyal risk ölçeği puan farklarını karşılaştırmak amacıyla MANOVA (Çoklu Varyans Analizi) yapılmıştır. Farklılaşmanın olduğu grupların tespiti amacıyla Post Hoc testleri gerçekleştirilmiştir.

2.1. Hipotez / Hypothesis

Bu çalışmanın amacına ve söz konusu modele uygun olarak oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir:

H₁: Çalışanların psikososyal risk ölçeğinin alt faktörlerine ait değerlendirmelerinden en az bir tanesi “Yaş” gruplarına göre farklılık göstermektedir.

H₂: Çalışanların psikososyal risk ölçeğinin alt faktörlerine ait değerlendirmelerinden en az bir tanesi “Tecrübe” durumu gruplarına göre farklılık göstermektedir.

H₃: Çalışanların psikososyal risk ölçeğinin alt faktörlerine ait değerlendirmelerinden en az bir tanesi “Öğrenim” durumu gruplarına göre farklılık göstermektedir.

3. Bulgular ve tartışma / Results and discussion

3.1. Demografik özellikler / Demographic characteristics

Tablo 1’e göre araştırmaya katılan çalışanların yaş dağılımları incelendiğinde çalışanların 97’sinin (%24) 18-30 yaş, 142’sinin (%35,1) 31-40 yaş, 84’ünün (%20,7) 41-50 yaş ve 82’sinin (%20,2) ise 51 ve üzeri yaş aralığına sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya katılanların eğitim düzeyleri incelemesinde çalışanların 61’inin (%15,1) ilköğretim, 89’unun (%22) ortaokul, 115’inin (%28,4) lise mezunu ve 140’ının (%34,6) üniversite mezunu olduğu tespit edilmiştir. Çalışan bireylerin tecrübe durumları incelemesinde ise 112’sinin (%27,7) 1-5 yıl, 116’sının (%28,6) 6-10 yıl, 81’inin (%20) 11-15 yıl, 71’inin (%17,5) 16-20 yıl ve 25’inin (%6,2) 21 yıl ve üzeri tecrübeye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1 / Table 1

Demografik özellikler / Demographic characteristics.

		Frekans	%
Yaş	18-30	85	21.3
	31-40	201	50.3
	41-50	114	28.5
	Toplam	400	100.0
Tecrübe	0-5 yıl	189	47.3
	6-10 yıl	179	44.8
	11-15 yıl	32	8
	Toplam	400	100.0
Eğitim Düzeyi	İlköğretim	32	8
	Ortaöğretim	189	47.3
	Yükseköğretim	179	44.8
	Toplam	400	100.0

3.2. Normallik analizi / Normality analysis

Psikososyal risk ölçeği için gerçekleştirilen normallik analizi neticesinde, basıklık (kurtosis) değeri (-,005), çarpıklık (skewness) değeri (,306) olarak elde edilmiştir (Tablo 2). Elde edilen bulgular “+1,5 ile -1,5” aralığında olması verilerin normal dağılım gösterdiği anlamına gelmektedir (Tabachnick ve ark., 2013).

Tablo 2 / Table 2

Normallik testi / Normality test.

Ölçek	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
Psikososyal Risk	.306	-.005

Psikososyal risk ölçeğinin alt faktörler için gerçekleştirilen normallik analizi neticesinde elde edilen basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) değerleri Tablo 3’te verilmiştir. Elde edilen değerler “+1,5 ile -1,5” arasında olması nedeniyle verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir (Tabachnick ve ark., 2013). Elde edilen bulgulara istaneden ölçeğin alt boyutlarına

ait hipotezler için parametrik analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3 / Table 3

Alt faktörlerin normallik testi / Normality test of sub-factors.

	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
İş talepleri	.667	-1.158
İş kontrolü	.691	1.117
Çalışma ortamı	.358	-.886
Destek	-.626	-.098

3.3. Faktör analizi / Factor analysis

Faktör analizi, değişkenler arasında birbirleriyle korelasyon içerisinde olanları bir kategoriye toplayarak, daha az sayıda faktör elde etmek ve değişken sayısını azaltmak yoluyla analizi yorumlamada ve görselleştirmede avantajlar sağlayan istatistiksel bir yaklaşımdır. Faktör analizinde amaç, toplanan değişkenlerdeki en az bilgi kaybı ile özetlemek yeni ve daha az sayıda faktör seti veya boyutları oluşturmaktır (Akturk, 2013).

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örneklem yeterlilik testi faktör analizinin verilere uygulanabilirliğini ölçmektedir. KMO değerinin 0.5-1.0 arasında olması kabul edilebilir olduğu anlamına gerekmektedir. Bu değerlerin dışında kalan değerler faktör analizinde veri seti için uygun değildir (Altunisik ve ark., 2012).

Faktör analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 4’te verilmiştir. Psikososyal risk ölçeğine ait KMO değeri 0,867 olarak bulunmuştur. Bu sonuç KMO değerinin kabul edilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Gerçekleştirilen faktör analizi neticesinde ölçekte yer alan 23 soru 4 alt faktör altına toplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre psikososyal risk puanlarının farkını karşılaştırmak amacıyla MANOVA uygulanmıştır.

Tablo 4 / Table 4

Faktör analizi tablosu / Factor analysis table.

Ölçek İfadeleri			
İş talepleri	İT4	.901	
	İT1	.875	
	İT5	.859	
	İT6	.856	
	İT2	.855	
	İT8	.819	
	İT3	.778	
	İT7	.776	
Çalışma ortamı	ÇO1	.815	
	ÇO3	.783	
	ÇO6	.753	
	ÇO4	.735	
	ÇO5	.722	
Destek	ÇO2	.709	
	D1		.842
	D3		.830
	D2		.796
	D4		.672
İş kontrolü	D5		.637
	İK1		-.920
	İK2		-.793
	İK3		-.739
KMO Measure of Sampling Adequacy	İK4		-.727
	KMO Measure of Sampling Adequacy		.867
	Bartlett’s Test of Sphericity		.000

Elde edilen bulgulara göre psikososyal risk ölçeği ve alt boyutlara ilişkin elde edilen “Cronbach’s Alpha” değerleri

Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5 / Table 5

Psikososyal risk ölçeğinin ve alt faktörlerinin tutarlılık katsayıları / Consistency coefficients of the psychosocial risk scale and its sub-factors.

Ölçek	Soru Sayısı	Cronbach's Alpha
İş talepleri	8	.941
İş kontrolü	6	.849
Çalışma ortamı	5	.824
Destek	4	.808
Psikososyal Risk Etmenleri	23	.729

3.4. Çoklu varyans analizi / Multiple analysis of variance (MANOVA)

H₁: Çalışanların psikososyal risk ölçeğinin alt faktörlerine ait değerlendirmelerinden en az bir tanesi yaş gruplarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 6 / Table 6

Kovaryans matrislerinin eşitliği testi (yaş) / Test for equality of covariance matrices (age).

Box'in Kovaryans Matrislerinin Eşitliği Testi		
Box's M		83.377
F		4.099
Sig.		.336

Yapılan kovaryans matrislerinin eşitliği testi sonucuna göre Sig. 0,336>0,05 olarak bulunmuştur (Tablo 6). Elde edilen bu sonuca göre bağımlı değişkenlerin gözlemlenen kovaryans matrislerinin gruplar arasında eşit dağıldığını göstermektedir.

Tablo 7 / Table 7

Manova testi (yaş) / Manova test (age).

Test	Değer	Multivariate Tests					
		F	Hipotez df	Hata df	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)	
Yaşımız	Pillai's Trace	.107	5.591	8.000	790.000	.000	.054
	Wilks' Lambda	.894	5.690 ^b	8.000	788.000	.000	.055

Tablo 7'de görüldüğü gibi yapılan "Pillai's Trace ve Wilks' Lambda" test istatistikleri sonuçlarına göre her iki testte (Sig. 0,000<0,05) değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yaş değişkeni psikososyal risk ölçeği alt faktörlerine ait değerlendirmelerden en az bir tanesinde anlamlı farklılığa yol açtığı söylenebilir. Kısmi eta kare sonuçları ise bağımlı değişkenler üzerindeki değişimin yaklaşık %5'inin yaş gruplarından kaynaklandığını göstermektedir. Psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarından hangisi veya hangileri üzerinde yaş değişkeninin etkili olduğunun tespit edilebilmesi için gerçekleştirilen etki testi bulguları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 / Table 8

Etki testi (yaş) / Impact test (age).

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalama	F	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)
Yaşımız	İş kontrolü	10.827	2	5.414	10.109	.000	.048
	İş talepleri	1.953	2	.977	5.313	.005	.026
	Çalışma ortamı	3.118	2	1.559	4.886	.008	.024
	Destek	.269	2	.135	.231	.793	.001

Tablo 8'e göre, Sig. değeri 0,05 ten küçük olan "İş kontrolü, İş talepleri ve Çalışma ortamı" bağımlı değişkenleri çalışanların yaş gruplarına göre anlamlı bir farklılık göstermektedir. Sig. değeri 0,05 ten büyük olan Destek bağımlı değişkeni ise çalışanların yaş gruplarına göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Diğer bir ifadeyle çalışanların "İş kontrolü, İş talepleri ve Çalışma ortamı" değişkenlerine ilişkin değerlendirmeleri belirlenen yaş grubuna göre farklılık göstermektedir.

Tespit edilen değişkenlerin hangi yaş grupları arasında farklılık gösterdiğinin tespiti amacıyla gerçekleştirilen "Levene testi" sonuçlarına göre varyansların homojen dağılmadığı gözlemlenmiş bu nedenle "Tamhane testi" yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 9 / Table 9

Yaş grubuna ilişkin post-hoc (Tamhane) testi sonuçları / Post-hoc (Tamhane) test results for age group.

	(I) Yaş	(J) Yaş	Tamhane				
			Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig.	95% Güven Aralığı Alt Sınır Üst Sınır	
İş kontrolü	1.00	2.00	-.3572*	.10425	.002	-.6089	-.1055
		3.00	-.0527	.10360	.941	-.3031	.1976
	2.00	1.00	.3572*	.10425	.002	.1055	.6089
		3.00	.3045*	.07628	.000	.1213	.4876
	3.00	1.00	.0527	.10360	.941	-.1976	.3031
		2.00	-.3045*	.07628	.000	-.4876	-.1213
İş talepleri	1.00	2.00	-.0870	.05876	.366	-.2289	.0550
		3.00	.0746	.06399	.570	-.0797	.2289
	2.00	1.00	.0870	.05876	.366	-.0550	.2289
		3.00	.1616*	.04885	.003	.0441	.2791
	3.00	1.00	-.0746	.06399	.570	-.2289	.0797
		2.00	-.1616*	.04885	.003	-.2791	-.0441
Çalışma ortamı	1.00	2.00	.0310	.07350	.965	-.1463	.2083
		3.00	-.1720	.07944	.092	-.3635	.0195
	2.00	1.00	-.0310	.07350	.965	-.2083	.1463
		3.00	-.2030*	.06508	.006	-.3594	-.0466
	3.00	1.00	.1720	.07944	.092	-.0195	.3635
		2.00	.2030*	.06508	.006	.0466	.3594
Destek	1.00	2.00	-.0272	.09143	.987	-.2477	.1934
		3.00	-.0716	.10966	.886	-.3357	.1925
	2.00	1.00	.0272	.09143	.987	-.1934	.2477
		3.00	-.0445	.09516	.954	-.2735	.1846
	3.00	1.00	.0716	.10966	.886	-.1925	.3357
		2.00	.0445	.09516	.954	-.1846	.2735

Tablo 9'da verilen "Tamhane testi" verileri incelendiğinde İş kontrolü alt faktöründe "18-30" yaş arası ile "31-40" yaş arasındaki çalışanların ve "31-40" yaş ile "41-50" yaş arasındaki çalışanların değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma gösterirken "18-30" yaş grubu "41-50" yaş grubu arasında anlamlı farklılaşma göstermemiştir. İş talepleri ve Çalışma ortamı alt faktöründe "31-40" yaş ile "41-50" yaş arasındaki çalışanların değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir.

H₂: Katılımcıların psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarına ait değerlendirmelerinden en az biri Tecrübe durumu gruplarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 10'da görüldüğü gibi yapılan kovaryans matrislerinin eşitliği testi sonucuna göre Sig. 0,067>0,05 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuca göre bağımlı değişkenin gözlemlenen kovaryans matrislerinin gruplar arasında eşit dağıldığını göstermektedir.

Tablo 10 / Table 10

Kovaryans matrislerinin eşitliği testi (tecrübe) / Test for equality of covariance matrices (experience).

Box'ın Kovaryans Matrislerinin Eşitliği Testi	
Box's M	198.114
F	6.400
Sig.	.067

Tablo 11 / Table 11

Manova testi (tecrübe) / Manova test (experience).

Multivariate Tests							
Test	Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)	
Tecrübe	Pillai's Trace	.246	8.825	12.000	1185.000	.000	.082
	Wilks' Lambda	.768	9.103	12.000	1040.072	.000	.084

Tablo 11'de görüldüğü gibi yapılan "Pillai's Trace ve Wilks' Lambda" test istatistikleri sonuçlarına göre her iki testte (Sig. $0,00 < 0,05$) değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Tecrübe değişkeni psikososyal risk ölçeğinin alt faktörlerine ait değerlendirmelerden en az bir tanesinde anlamlı farklılığa yol açtığı söylenebilir. Kısmi Eta Kare (η_p^2) sonuçları ise bağımlı değişkenler üzerindeki değişimin yaklaşık %8'inin Tecrübe gruplarından kaynaklandığını göstermektedir. Tecrübe değişkeninin psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarından hangisi veya hangileri üzerinde etkili olduğunun tespit edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen etki testi sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 / Table 12

Etki testi (tecrübe) / Impact test (experience).

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalama	F	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)
Tecrübe	İş kontrolü	13.590	3	4.530	8.549	.000	.061
	İş talepleri	4.691	3	1.564	8.814	.000	.063
	Çalışma ortamı	10.903	3	3.634	12.105	.000	.084
	Destek	4.597	3	1.532	2.681	.047	.020

Tablo 12'ye göre, Sig. değeri 0,05 ten küçük olan İş kontrolü, İş talepleri, Çalışma ortamı ve Destek bağımlı değişkenleri katılımcıların Tecrübe gruplarına göre anlamlı bir farklılık göstermektedir. Diğer bir ifadeyle çalışanların İş kontrolü, İş talepleri, Çalışma ortamı ve Destek değişkenlerine ilişkin değerlendirmeleri belirlenen Tecrübe grubuna göre farklılık göstermektedir.

Tespit edilen değişkenlerin hangi tecrübe grupları arasında farklılık gösterdiğinin tespiti amacıyla gerçekleştirilen "Levene testi" sonuçlarına göre varyansların homojen dağılmadığı gözlemlenmiş bu nedenle "Tamhane testi" yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 13'de verilen "Tamhane testi" verileri incelendiğinde İş kontrolü ve İş talepleri alt faktörlerinde 6-10 yıl arası tecrübeye sahip olan bireyler ile 11-15, 16-20 ve 20+ yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Ayrıca İş kontrolü alt faktöründe 11-15 ile 20+ yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Çalışma ortamı alt faktöründe 20+ tecrübeye sahip olanlar ile 6-10, 11-15 ve 16-20 yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Destek alt faktöründe ise sadece 16-20 yıl ile 20+ yıl arasında tecrübeye

sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir.

H₃: Katılımcıların psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarına ilişkin değerlendirmelerinden en az biri Öğrenim Durumu gruplarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 13 / Table 13

Tecrübe durumu grubuna ilişkin post-hoc (Tamhane) testi sonuçları / Post-hoc (Tamhane) test results for experience status group.

		Tamhane				95% Güven Aralığı	
(I) Tecrübe	(J) Tecrübe	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig.	Alt Sınır	Üst Sınır	
İş kontrolü	2.00	3.00	-.3949*	.07962	.000	-.6093	-.1806
		4.00	-.5881*	.08499	.000	-.8157	-.3606
		5.00	-.7001*	.11262	.000	-1.0049	-.3954
		2.00	.3949*	.07962	.000	.1806	.6093
	3.00	4.00	-.1932	.07810	.081	-.4000	.0136
		5.00	-.3052*	.10751	.035	-.5964	-.0140
		2.00	.5881*	.08499	.000	.3606	.8157
	4.00	3.00	.1932	.07810	.081	-.0136	.4000
		5.00	-.1120	.11155	.900	-.4129	.1889
		2.00	.7001*	.11262	.000	.3954	1.0049
İş talepleri	5.00	3.00	.3052*	.10751	.035	.0140	.5964
		4.00	.1120	.11155	.900	-.1889	.4129
		3.00	-.3222*	.05387	.000	-.4667	-.1777
	2.00	4.00	-.3891*	.04951	.000	-.5224	-.2559
		5.00	-.3100*	.07701	.001	-.5187	-.1012
		2.00	.3222*	.05387	.000	.1777	.4667
	3.00	4.00	-.0670	.04887	.678	-.1966	.0627
		5.00	.0122	.07660	1.000	-.1950	.2195
	4.00	3.00	.3891*	.04951	.000	.2559	.5224
		5.00	.0670	.04887	.678	-.0627	.1966
Çalışma ortamı	5.00	2.00	.0792	.07360	.868	-.1207	.2791
		2.00	.3100*	.07701	.001	.1012	.5187
	5.00	3.00	-.0122	.07660	1.000	-.2195	.1950
		4.00	-.0792	.07360	.868	-.2791	.1207
		3.00	.0499	.11502	.999	-.2644	.3642
	2.00	4.00	.1400	.10959	.753	-.1617	.4417
		5.00	.6027*	.13390	.000	.2404	.9649
		2.00	-.0499	.11502	.999	-.3642	.2644
	3.00	4.00	.0901	.06304	.634	-.0773	.2575
		5.00	.5528*	.09946	.000	.2841	.8216
Destek	2.00	2.00	-.1400	.10959	.753	-.4417	.1617
	4.00	3.00	-.0901	.06304	.634	-.2575	.0773
		5.00	.4627*	.09314	.000	.2094	.7161
		2.00	-.6027*	.13390	.000	-.9649	-.2404
	5.00	3.00	-.5528*	.09946	.000	-.8216	-.2841
		4.00	-.4627*	.09314	.000	-.7161	-.2094
		3.00	.0246	.18380	1.000	-.4785	.5278
	2.00	4.00	-.0588	.17352	1.000	-.5385	.4209
		5.00	.2944	.19829	.603	-.2446	.8335
		2.00	-.0246	.18380	1.000	-.5278	.4785
Destek	3.00	4.00	-.0835	.09062	.930	-.3244	.1575
		5.00	.2698	.13200	.236	-.0853	.6250
		2.00	.0588	.17352	1.000	-.4209	.5385
	4.00	3.00	.0835	.09062	.930	-.1575	.3244
		5.00	.3533*	.11726	.022	.0345	.6721
		2.00	-.2944	.19829	.603	-.8335	.2446
5.00	3.00	-.2698	.13200	.236	-.6250	.0853	
	4.00	-.3533*	.11726	.022	-.6721	-.0345	

Tablo 14'te görüldüğü gibi yapılan kovaryans matrislerinin eşitliği testi sonucuna göre Sig. $0,188 > 0,05$ olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuca göre bağımlı değişkenlerin gözlemlenen kovaryans matrislerinin gruplar arasında eşit dağılım

dığını göstermektedir.

Tablo 14 / Table 14

Kovaryans matrislerinin eşitliği testi (öğrenim durumu) / Test for equality of covariance matrices (education status).

Box'in Kovaryans Matrislerinin Eşitliği Testi	
Box's M	76.313
F	3.702
Sig.	.188

Tablo 15'te görüldüğü gibi Yapılan "Pillai's Trace ve Wilks' Lambda" test istatistikleri sonuçlarına göre her iki testte (Sig. 0,000<0,05) değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Öğrenim Durumu değişkeni psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarına ilişkin değerlendirmelerden en az bir tanesinde anlamlı farklılığa yol açtığı söylenebilir. Kısmi eta kare sonuçları ise bağımlı değişkenler üzerindeki değişimin yaklaşık %4'ünün Öğrenim Durumu gruplarından kaynaklandığını göstermektedir. Öğrenim Durumu değişkeninin psikososyal risk ölçeğinin alt boyutlarından hangisi veya hangileri üzerinde etkili olduğunun tespit edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen etki testi sonuçları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 15 / Table 15

Manova testi (öğrenim durumu) / Manova test (education status).

Multivariate Tests							
Test	Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)	
Öğrenim Durumu	Pillai's Trace	.088	4.529	8.000	790.000	.000	.044
	Wilks' Lambda	.913	4.609	8.000	788.000	.000	.045

Tablo 16'daki etki testi sonuçlarına göre, Sig. değeri 0,05 ten büyük olan Destek bağımlı değişkeni katılımcıların Öğrenim Durumu durumuna göre anlamlı bir farklılık göstermezken, Sig. değeri 0,05 ten küçük olan İş talepleri, İş kontrolü ve Çalışma ortamı bağımlı değişkenleri çalışanların Öğrenim Durumu gruplarına göre anlamlı bir farklılık göstermektedir. Diğer bir ifadeyle çalışanların İş talepleri, İş kontrolü ve Çalışma ortamı değişkenlerine ilişkin değerlendirmeleri belirlenen Öğrenim Durumu grubuna göre farklılık göstermektedir.

Tablo 16 / Table 16

Etki testi (öğrenim durumu) / Impact test (education status).

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalama	F	Sig.	Kısmi Eta Kare (η_p^2)
Öğrenim Durumu	İş kontrolü	4.800	2	2.400	4.358	.013	.021
	İş talepleri	1.900	2	.950	5.162	.006	.025
	Çalışma ortamı	4.309	2	2.154	6.815	.001	.033
	Destek	.315	2	.158	.271	.763	.001

Tespit edilen değişkenlerin hangi öğrenim grupları arasında farklılık gösterdiğinin tespiti amacıyla gerçekleştirilen "Levene Testi" sonuçlarına göre varyansların homojen dağılmadığı gözlemlenmiş bu nedenle "Tamhane testi" yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 17'de verilen "Tamhane testi" verileri incelendiğinde İş kontrolü, İş talepleri ve Çalışma ortamı alt faktörlerinde ilköğretim mezunu bireyler ile orta öğretim mezunu bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Ayrıca İş talepleri alt faktöründe ilköğretim

mezunu bireyler ile yükseköğretim mezunu bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir.

Tablo 17 / Table 17

Öğrenim durumu grubuna ilişkin post-hoc (Tamhane) testi sonuçları / Post-hoc (Tamhane) test results regarding educational background group.

	(I) Öğrenim Durumu	(J) Öğrenim Durumu	Tamhane			95% Güven Aralığı	
			Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig.	Alt Sınır	Üst Sınır
İş kontrolü	1.00	2.00	.1893*	.07727	.044	.0039	.3746
		3.00	.3183	.13827	.076	-.0243	.6608
	2.00	1.00	-.1893*	.07727	.044	-.3746	-.0039
		3.00	.1290	.13431	.716	-.2052	.4632
	3.00	1.00	-.3183	.13827	.076	-.6608	.0243
		2.00	-.1290	.13431	.716	-.4632	.2052
İş talepleri	1.00	2.00	.1140*	.04614	.041	.0033	.2247
		3.00	.2102*	.05024	.000	.0877	.3327
	2.00	1.00	-.1140*	.04614	.041	-.2247	-.0033
		3.00	.0962	.05118	.179	-.0285	.2208
	3.00	1.00	-.2102*	.05024	.000	-.3327	-.0877
		2.00	-.0962	.05118	.179	-.2208	.0285
Çalışma ortamı	1.00	2.00	-.2109*	.05911	.001	-.3527	-.0691
		3.00	-.1887	.10127	.194	-.4404	.0631
	2.00	1.00	.2109*	.05911	.001	.0691	.3527
		3.00	.0223	.10373	.995	-.2347	.2792
	3.00	1.00	.1887	.10127	.194	-.0631	.4404
		2.00	-.0223	.10373	.995	-.2792	.2347
Destek	1.00	2.00	-.0581	.07978	.849	-.2495	.1334
		3.00	-.0152	.14709	.999	-.3821	.3517
	2.00	1.00	.0581	.07978	.849	-.1334	.2495
		3.00	.0429	.15244	.989	-.3352	.4210
	3.00	1.00	.0152	.14709	.999	-.3517	.3821
		2.00	-.0429	.15244	.989	-.4210	.3352

4. Sonuçlar ve öneriler / Conclusions and recommendations

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre; katılımcıların psikososyal risklere ilişkin değerlendirmeleri yaş grubu, öğrenim durumu ve tecrübelerine göre anlamlı farklılık göstermektedir. Belirlenen değişkenler ile psikososyal risk ölçeği arasında yapılan analiz sonuçlarına göre yaş gruplarının, öğrenim durumlarının ve tecrübe düzeylerinin psikososyal risk düzeyine ilişkin değerlendirmede farklılık göstermesi bu değişkenlerinin psikososyal riskler için belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir.

Belirleyici unsur olan bu değişkenlerin Post Hoc testi ile incelenmesi neticesinde yaş grubu için; İş kontrolü alt faktöründe 18-30 yaş arası ile 31-40 yaş arasındaki bireylerin ve 31-40 yaş ile 41-50 yaş arasındaki bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermiştir. 18-30 yaş grubu 41-50 yaş grubu arasında herhangi bir anlamlı farklılaşma tespit edilememiştir. İş talepleri ve Çalışma ortamı alt faktöründe ise 31-40 yaş ile 41-50 yaş arasındaki bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Tecrübe gruplarında; İş kontrolü ve İş talepleri alt faktörlerinde 6-10 yıl arası tecrübeye sahip olan bireyler ile 11-15, 16-20 ve 20+ yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Ayrıca İş kontrolü alt faktöründe 11-15 ile 20+ yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Çalışma ortamı alt faktöründe ise 20+ tecrübeye sahip olanlar ile 6-10, 11-15 ve 16-20 yıl tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı

farklılaşma göstermektedir. Destek alt faktöründe ise sadece 16-20 yıl ile 20+ yıl arasında tecrübeye sahip olan bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Öğrenim durumu grupları sonuçlarına göre; İş kontrolü, İş talepleri ve Çalışma ortamı alt faktörlerinde ilköğretim mezunu bireyler ile orta öğretim mezunu bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir. Ayrıca İş talepleri alt faktöründe ilköğretim mezunu bireyler ile yükseköğretim mezunu bireylerin değerlendirmeleri anlamlı farklılaşma göstermektedir.

Güvenli çalışma ortamının oluşturulması çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunmasına, üretimde sürekliliğin sağlanmasına ve verimliliğin artmasına büyük katkı sağlayacaktır. Çalışanların güvenliğinin sağlanması açısından mevcut psikososyal risklerin önlenmesi büyük önem arz etmektedir. İş yerlerinde oluşturulacak güvenlik kültürü ile sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının elde edilmesi çalışanlar üzerinde oluşacak psikososyal risklerin azalmasında öncül olacaktır. Güvenlik kültürünün var olduğu bir işletmede oluşan güvenlik iklimi havası çalışanların verimini, performansını olumlu yönde etkileyerek psikososyal yönden oluşması muhtemel risklerin önlenmesine katkı sağlayacaktır. Çalışanlar arasındaki yaş farklılıkları iş yerinde oluşabilecek psikososyal riskleri algılamada farklılıklar oluşturabilir. Çalışanların aynı iş yerinde çalışma süresinin uzunluğu, belirli bir tecrübeye sahip olması o ortamdaki güvenlik kültürünü daha iyi benimsemesine

Kaynaklar / References

- Akkaya, B., & Ocaktan, M.E., (2023). İş yerlerinde psikososyal risk yönetimi süreci ve iyi uygulama örnekleri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 32(1), 42-51.
- Aktürk, K. O. (2013). E-hizmet kalitesi ve e-mağaza imajının e-tatmin düzeyi ve e-sadakat düzeyine etkilerinin ampirik olarak analizi, Yüksek Lisans Tezi, (pp. 121-122). Trakya University.
- Altunisik, R., Coskun, R., Bayraktaroglu, S., & Yıldırım, E. (2012). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri SPSS uygulamalı*. Sakarya Kitabevi.
- Ayboga, H. & Gormuş, L. (2022). Endüstri 4.0-Türkiye'nin durumu ve yapılması gerekenler. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (17), 82-98.
- Aydın, N. B., & Barin, N. E. (2020). İşyerindeki güvenlik iklimi algısının psikososyal risk faktörleri üzerindeki etkisi: Adana Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı olarak çalışan özel güvenlik görevlileri üzerine bir araştırma. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(4), 240-265.
- Caner, V. (2021). Fiziksel risk etmenleri maruziyetine bağlı iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesinde endüstri 4.0 yaklaşımının değerlendirilmesi. *OHS Academy*, 4(1), 55-61.
- Celik, N., & Can, E. (2019). Endüstri 4.0 sisteminde iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi muhtemel problemleri ve çözüm önerileri. *OHS Academy*, 2(3), 119-126.
- Evans, P. C., & Annunziata, M. (2012). Industrial internet: Pushing the boundaries. *General Electric Reports*, 488-508.
- EU-OSHA, (2020). Digitalisation and Occupational Safety and Health (OSH). An EU-OSHA Research Programme. European Agency for Safety and Health at Work, EU OSHA. <https://op.europa.eu/en/publicationdetail/>. (Erişim tarihi: 28.12.2023).
- Hauke, A., Flaspöler, E., & Reinert, D. (2018). Proactive prevention in occupational safety and health: how to identify tomorrow's prevention priorities and preventive measures. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 26(1), 181-193.
- Kandemir, M. (2017). *İş hukuku ve sosyal güvenlik hukuku boyutuyla psikososyal riskler*. Legal Yayıncılık.
- Kaynak Ozcelik, K., & Ulugtekin, N. M. (2017). Çalışma ortamındaki fiziksel faktörlerin ergonomik analizi: Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 319-325.
- ILO, (2018). Uluslararası Çalışma Örgütü, Work Statistics. <https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/index>. (Erişim tarihi: 28.12.2023).

ve oluşabilecek psikososyal risklere karşı algısını değiştirmede büyük katkı sağlayacaktır.

Psikososyal risk faktörleri ile mücadele etmek için öncelikle işyerindeki psikososyal risk faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu belirleme işlemi için işyerinde psikososyal risk değerlendirmesi yapılabilir. Psikososyal risk değerlendirmesi sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda işyerindeki psikososyal risk faktörlerinin azaltılması için gerekli önlemler alınabilir. Psikososyal risk faktörleri ile mücadele etmek için işverenlerin yapabileceği diğer bir şey ise çalışanların psikososyal sağlıklarını korumak adına çalışma saatlerini düzenlemek, çalışma ortamını iyileştirmek ve çalışanların iş yükünü azaltmak olabilir.

Çıkar çatışması / Conflict of interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder / The authors declare that they have no conflict of interests.

Etik beyanı / Informed consent: Araştırmamızın etik kurul onayı Çankırı Karatekin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu'nun 09 Mayıs 2023 tarih ve 7 sayılı kararı ile alınmıştır. / The ethics committee approval of our research was obtained from the Cankiri Karatekin University Health Sciences Ethics Committee, with the decision dated May 09, 2023, and numbered 7.

- Ladou, J., & Harrison, R. J. (2022). *Current tanı ve tedavi iş ve çevre hekimliği*. (Çev. Çağatay Güler) (pp. 1-630). Palme Yayınevi.
- Leso, V., Fontana, L., & Iavicoli, I. (2018). The occupational health and safety dimension of Industry 4.0. *La Medicina Del Lavoro*, 109(5), 327.
- Motorcu, A. R., & Murat, B., (2021). Yeni iş yeri riskleri ve yapay zekanın iş sağlığı ve güvenliğinde kullanımı. *Mühendislik ve Multidisipliner Yaklaşımlar* (pp.369-402), İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları.
- Ozer, S., Sogut, H., Ozer, S., & Sari, A. (2023). İş Sağlığı güvenliği kapsamında psikososyal risk etmenleri ve ücretli öğretmenlerin yaşadığı sorunlar. *The Journal of Social Sciences*, 62(62), 579-590.
- Ozsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 41-64.
- Pang, H., Fu, J., & Yang, J. (2023). Research on the Effectiveness of Modular Post Stations in Improving Conditions for Decent Work in Outdoor Working Environments. *Sustainability*, 15(13), 9883.
- RAOSOFT, (2023). RAOSOFT Sample Size Calculator, <http://www.raosoft.com/>. (Erişim tarihi: 28.12.2023).
- Reese, C. D. (2017). *Occupational safety and health: Fundamental principles and philosophies*. Crc Press.
- SLIC, (2012). Psychosocial Risk Assessments: SLIC Inspection Campaign 2012 - Final Report. The Committee of Senior Labour Inspectors.
- Schwab, K. (2016). *Dördüncü sanayi devrimi*. (Çev. Zülfü Dicleli). Optimist Yayınları, İstanbul.
- Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., Williams, H., & Lye, D. (2018). Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025. *Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work*.
- Schulte, P. A., Streit, J. M., Sheriff, F., Delclos, G., Felknor, S. A., Tamers, S. L., ... & Sala, R. (2020). Potential scenarios and hazards in the work of the future: A systematic review of the peer-reviewed and gray literatures. *Annals of Work Exposures and Health*, 64(8), 786-816.
- SGK, (2021). Sosyal Güvenlik Kurumu, <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/>. (Erişim tarihi: 28.12.2023).
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2013). *Using multivariate statistics* (Vol. 6, pp. 497-516). Boston, MA: Pearson.
- Tantan, E., Mutaf, M., & Tepe, S. (2021). Psikososyal risklere karşı farkındalığın belirlenmesi ve psikososyal risklerin iş kazalarına etkisi hakkında iş güvenliği uzmanlarının tutumlarının incelenmesi. *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 114-128.
- Vatansever, C. (2014). Risk değerlendirme'de yeni bir boyut: psikososyal tehlike ve riskler. *Çalışma ve Toplum Dergisi*, 1(40), 117-138.

Cite as / Atf şekli: Oluk, F., Demir, Y., Sahiner, E., Gokcan, A., Ozcan, H. K., & Demir, G. (2023). Endüstri 4.0 sisteminin çalışanlar üzerinde oluşturduğu psikososyal risk etmenlerinin incelenmesi; makine ve ekipman imalatı sektörü örneği. *Front Life Sci RT*, 4(SI), 9-17.



Research article

Phytofabrication of silver nanoparticles using callus extracts of natural tetraploid *Trifolium pratense* L. and its bioactivities

Havva Karahan^{*1} , Nurten Tetik² , Hatice Colgecen¹ 

¹ Zonguldak Bulent Ecevit University, Faculty Science, Department of Biology, 67100, Zonguldak, Türkiye

² Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Food Engineering, 34000, Istanbul, Türkiye

Abstract

One of the main subjects of plant biotechnology is plant tissue culture and in recent years is considered a possible approach model for green and eco-friendly biosynthesis of nanoparticles. This study aimed to present calli produced from the natural tetraploid *Trifolium pratense* L. containing high amounts of phenolic compounds and glycosidic bioactive macromolecules and the biosynthesis of silver nanoparticles from calli. Combinatorial optimization of silver nanoparticles was achieved for the first time in this study, thanks to the stabilizing and reducing properties of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts of the natural tetraploid *T. pratense* L. biosynthesized nanoparticles from three different callus extracts. Callus extracts were used to create different experiments with AgNO₃ at various concentrations (0.16, 0.5, 0.84, 1.18, 1.52 and 1.96 mg L⁻¹), different temperatures (40, 50, 60, 70, 80, 90, 100°C), and different pH levels (5, 7, 10) to carry out the biosynthesis of AgNPs. Biologically synthesized AgNPs were easily monitored by color change in ultraviolet and UV-Vis spectroscopy proved to be a fast and simple method. Also, TEM, XRD, and FTIR analyses were done to characterize and confirm the formation of crystalline nanoparticles. It was determined that antibacterial activity inhibition was achieved by using the Agar-well diffusion method for antibacterial activity measurements on Gram-positive *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and Gram-negative *Escherichia coli* CECT 4972 bacteria. Biosynthesized AgNPs were observed in the wavelength range of 400-500 nm in the UV-VIS spectrum. TEM analysis demonstrated the size and shape of biosynthesized silver nanoparticles under different conditions. It was observed that the smaller silver nanoparticles were spherical and the larger silver nanoparticles were triangular, elliptical, and spherical shape. The XRD analysis proved the presence of Ag₀ in nanoparticles and showed crystal structure for silver nanoparticles. By FTIR analysis, O-H hydroxyl groups of functional groups on the AgNP surface, H-linked OH stretching, C-H stretching, -CH stretching of -CH₂ and -CH₃ functional groups, C-N and carboxylate, aliphatic phosphate and primary amine stretching were expressed. Biosynthesized silver nanoparticles showed antibacterial activity against Gram-positive *S. aureus* ATCC 25923 bacteria, AgNP hypocotyl (1.7mm), AgNP-epicotyl (1.1mm) against Gram-negative *E. coli* CECT 4972 bacteria. Among the hypocotyl, apical meristem, and epicotyl callus cultures, the highest antioxidant activity was observed in the AgNPs obtained from hypocotyl-concentration experiments, with a DPPH radical activity of 52% and an ABTS radical activity of 68%. In conclusion, these findings underscore the potential of biotechnological strategies in green nanotechnology, which can be offered for developing metal nanoparticles with potential biomedicine and biotechnology applications.

Keywords: Antibacterial activity; antioxidant activity; callus culture; characterization; reducing and stabilizing agents; silver nanoparticles

* Corresponding author.

E-mail address: havva01030@gmail.com (H. Karahan).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1357092> Author contributions

Received 08 September 2023; Accepted 15 December 2023

Available online 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

1. Introduction

Nanobiotechnology is an important and rapidly developing field that allows interdisciplinary studies such as medicine, drug delivery, biomedical, physics, biology, chemistry, and materials engineering with an environmentally friendly approach (Pandit, 2015; Anjum and Abbasi, 2016; Aktepe, 2021). It increases the chance of economic production by making sensitive and rapid applications that positively affect the diagnosis and treatment of diseases. Increasing knowledge of cell and intracellular communication will bring the scientific world to the next level very quickly with the help of nanotechnological methods.

Silver nanoparticles (AgNP), the product of this study, are used in food packaging, wastewater treatment, and textile industry, but are most commonly used in biomedical practices (Salem and Fouda, 2021). For example, AgNPs function in biosensing, imaging, and drug delivery. At the same time, AgNPs increase attention due to their antibacterial activities and cost-effective preparations (Yurttas et al., 2022). They are cytotoxic agents and are used in antimicrobial, anti-cancer, anti-inflammatory (Gonzalez et al., 2017) or wound care applications (Aziz et al., 2014; Kumar and Kathireswari, 2016; Singh et al., 2016; Xia et al., 2016; Tian et al., 2018). The current interest is in the antiviral activity of AgNPs because of the COVID-19 pandemic (Jeremiah et al., 2020; Allawadhi et al., 2021).

To increase the scientific areas in which AgNPs can be used, different synthesis methods have been tried to be developed, recently. The most common approach using chemical reducing agents to synthesize AgNPs is chemical reduction. One of these methods is *in vitro* AgNP biosynthesizing with plant tissue cultures. Callus production with plant tissue culture techniques can be carried out with an explant of the plant (from leaf, shoot, root or hypocotyl, epicotyl, cotyledon, apical meristem or young first leaves) and continuous production can be achieved. In addition, with plant tissue culture techniques under controlled conditions will be carried out, secondary metabolites prevent the plant from being exposed to biotic and abiotic stress factors (Ochoa-Villarreal et al., 2016; Ozyigit et al., 2023). Callus extracts contain different amounts of biochemicals, which are reducing and stabilizing agents, and contain many polar groups, which are very important for the stabilization of AgNPs. The natural tetraploid *Trifolium pratense* L. used in our study is rich in flavonoids, so this study evaluated the biosynthesis of AgNPs by callus extracts.

Natural tetraploid *T. pratense* L. can be grown widely in the Eastern Anatolia Region and Black Sea Regions of Türkiye (Elci, 1982). The chromosome number of natural tetraploid *T. pratense* L. is $2n=4x=28$ (Buyukkartal and Colgecen, 2007). The natural tetraploid *T. pratense* L. variety contains more secondary metabolites than the diploid variety of the plant (Khaosaad et al., 2008; Colgecen et al., 2014). Especially, due to the isoflavones it contains, its phytoestrogenic activity is very high. The reasons for choosing the natural tetraploid *T. pratense* L. callus extracts as reducing and stabilizing agents are its richness of essential phytochemicals and its medicinal effects. In our previous study, some secondary metabolites obtained from calli were analysed and high amounts of secondary metabolites were determined (Colgecen et al., 2014).

In nanobiotechnology, silver nanoparticles are better than gold and copper nanoparticles. AgNPs exhibit antibacterial properties in many ways; (1) the microbial cell surface is effective to adhere of AgNPs, it causes alteration of transport activity and cell membrane damage, and AgNPs interact with

cellular organelles of microbial cells and biomolecules which affect the corresponding cellular mechanism (2) AgNPs increase in ROS in microbial cells and so, begin damage in cell (3) AgNPs arrange the cellular signaling system, resulting in cell death (Dakal et al., 2016).

According to literature studies, common agents of wound infections are *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The cause of hospital-acquired infections is *S. aureus* that is one of the five most common, and both community-acquired and hospital acquired staphylococcal infections are increasing. The various diseases ranging from subacute superficial skin infection to life-threatening septicemia such as food poisoning, skin infection, bacteremia and bone/joint infection are agent effected from *S. aureus*. In community-acquired urinary tract infections, the highest rate of *E. coli* is isolated as an infectious agent in urine cultures. Considering that drug-resistant *S. aureus* and *E. coli* are emerging rapidly but there is no antibiotic development line, alternative methods are needed to fight these antibiotic resistant bacteria (Li et al., 2011; Avcioglu et al., 2019).

Antibiotic resistance is defined as some strains of a microorganism species being unaffected by an antibiotic or an antibiotic-sensitive strain becoming resistant by one of several resistance mechanisms. In addition, the World Health Organization (WHO) explains that if the problem of resistance to antibiotics is not resolved, each year will cause 10 million deaths due to drug-resistant diseases by 2050 and devastating damage to the economy because of the global financial crisis of 2008-2009 (World Health Organization, 2019). Economically (whether directly linked to agriculture or livestock), it is predicted that antimicrobial resistance will push up to 24 million people into high poverty by 2030 (Arsène et al., 2021).

There are no studies in the literature on the use of hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived callus extracts of natural tetraploid *T. pratense* L. as a biological source for AgNP biosynthesis. This study focuses on AgNPs biosynthesis using extracts from the natural tetraploid *T. pratense* L. calli. and is the first report. The presence of AgNPs was determined by UV-visible spectroscopy, TEM, FTIR, and XRD analyses. Additionally, it was aimed at developing an effective method against *S. aureus* and *E. coli* using biosynthesized AgNPs. It was determined that the DPPH and ABTS radical scavenging activity of biosynthesized AgNPs.

2. Materials and methods

2.1. Preparation of callus extracts

Natural tetraploid *T. pratense* L. was grown in an experiment garden (41.45124°N, 31.76037°W) that belongs to the Biology Department, Science Faculty, Zonguldak Bulent Ecevit University. The seeds were collected in May 2021. To create aseptic seedlings, firstly, surface sterilization of naturally tetraploid *T. pratense* L. seeds collected annually was performed, the seeds were treated with 10% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for 10 minutes and then rinsed with distilled water 3 times. (Colgecen et al., 2008; Colgecen et al., 2014). After surface sterilization, 6-7 seeds of natural tetraploid *T. pratense* L. were germinated in MS (Murashige and Skoog, 1962) nutrient medium without plant growth regulator. Hypocotyl (0.5 cm), apical meristem (2-3 mm), and epicotyl (0.5 cm) explants of 15-day-old aseptic seedlings were taken in MS medium containing plant growth regulators: kinetin (1.5 mg L⁻¹), NAA (1.5 mg L⁻¹), and 2,4-D (0.7 mg L⁻¹) (Colgecen et al.,

2014). It is solidified with 20 g L⁻¹ sucrose, 0.7% g agar, and pH adjusted at 5.8. The culture was incubated at a photoperiod of 16/8 h, and the temperature was set to 24±1°C (irradiation with 37 µmol m⁻² s⁻¹ and 2000 lux was provided by cool-white fluorescent tubes).

The induced callus was friable and yellow. Calli were subcultured every 4 weeks. Photographs were taken under a stereo microscope (Leica EZ4D). The hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived calluses obtained from the second subculture were weighed at 10 g and taken into a 250 ml Erlenmeyer flask. 100 ml of sterile distilled water was added, and the flask was then shaken in an 80°C water bath at 180 rpm for one hour (Anjum and Abbasi, 2016; Xia et al., 2016; Aref and Salem, 2020). When the temperature reached room temperature, the extracts were filtered by a Whatman No. 1, and the volume of the filtrate was made up to 100 ml with distilled water (Lashin et al., 2021; Ahmad et al., 2022). Thus, 1 g/10 ml of extract was obtained. The extracts were stored at +4±1°C in the dark.

2.2. Green synthesis of silver nanoparticles

10 mL of natural tetraploid *T. pratense* L. extract was taken from 1 g/10 ml stock extract and was mixed with different concentrations (0.16, 0.5, 0.84, 1.18, 1.52, and 1.96 mg L⁻¹, separately and respectively) of freshly prepared silver nitrate aqueous solution (AgNO₃) for the biosynthesis of AgNPs (Lashin et al., 2021). They were incubated at 24°C±2 and under daylight. It took 6, 24, and 48 hours for the reduction of silver ions. A color change of red was observed in the reaction mixture after the incubation period. According to the UV-visible spectrophotometer results, since the fastest reduction and the fastest color change occurred at 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃, temperature and pH experiments were continued with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃.

To confirm the biosynthesis of AgNPs, 10 ml of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts were added to 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ (Fluka) aqueous solution at different temperatures (40-50-60-70-80-90-100°C). In order to evaluate AgNPs biosynthesis in different pH ranges (5-7-10), 10 mL of extracts were adjusted to 5, 7, and 10 with 1N HCl and 1M NaOH, respectively. Then 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ was added to the prepared solutions (Nabikhan et al., 2010; Anjum and Abbasi, 2016; Xia et al., 2016; Yugay et al., 2023). The first pH of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts was 5.89, 6.00, and 5.92, respectively.

2.3. Characterization of bio-silver nanoparticles

UV-visible spectroscopy analysis was performed with a UV-visible absorption spectrophotometer (Tetra T80+UV/VIS Spectrophotometer PG) to determine the formation of AgNPs biosynthesized from calli. After mixing the callus extracts with AgNO₃, the formation of AgNPs was first visually observed and confirmed by color change. Absorbance measurements in the range of 200 to 800 nm were then recorded to distinguish the maximum surface plasmon of AgNPs. The analyses were carried out with quartz cuvettes. Distilled water was used for blank and zero UV-visible spectroscopy (Aref and Salem, 2020; Lashin et al., 2021).

The size and shape distribution of AgNPs was performed with a TEM (Hitachi HT7800) device operating at an acceleration voltage of 120 kV (Rakesh et al., 2022). AgNPs,

which are biosynthesis products, were centrifuged at 12.000 rpm for 10 minutes. All callus extract residues and unconverted Ag(I) ions were washed three times with distilled water. Finally, it was sonicated in distilled water for 5 minutes. It was filtered with 0.22 µm filters. 3 µl of sample was dropped on the carbon-coated grid. All samples were dried at 24°C±2 for 15 min.

Phase formation, purity, and crystal structure of the biosynthetic product AgNPs were identified using XRD (X-ray diffraction) spectrometry (Panalytical Empyrean). The process was carried out using Cu/Kα radiation (λ = 1.54 Å) at a value of 2θ between 20° and 80°. The tube current of 40 mA, scan speed of 0.1°/min, step size of 0.02°, and voltage of 45 kV were maintained as operating parameters (Ozturk Kup et al., 2020; Gharari et al., 2022). AgNPs, which are biosynthesis products, were centrifuged at 25.000 rpm for 7 minutes. All plant extract residues and unconverted Ag(I) ions were washed three times with distilled water. Then, samples were dried at 24±2°C for 2 days.

Perkin Elmer 400 FTIR/FTFIR Spectrometer Spotlight 400 was used for FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) spectroscopy. The wavelength was measured at a resolution of 4 cm⁻¹ in the range of 400 to 4000 cm⁻¹ according to ATR (Lashin et al., 2023). The callus aqueous extract's functional groups, which have major roles in the biosynthesis of AgNPs, were analyzed using FTIR. AgNPs, which are biosynthesis products, were centrifuged at 12.000 rpm for 10 minutes. All plant extract residues and unconverted Ag(I) ions were washed three times with distilled water. Then, samples were dried at 60°C for 48 hours (Sharifi-Rad et al., 2020; Lashin et al., 2021).

XRD and FTIR analyses were carried out at the Science and Technology Application and Research Center, Zonguldak Bulent Ecevit University. TEM analyses were carried out at the Eskisehir Osmangazi University Application and Research Center, Eskisehir.

2.4. Determination of potential biological activity

Antibacterial activity: The agar-well diffusion method was used to determine the antibacterial activity of biosynthesized AgNPs on Gram-positive *S. aureus* ATCC 25923 and Gram-negative *E. coli* CECT 4972 bacteria. Antibacterial levels were tested by inhibition zone measurement. Bacteria were inoculated in 5 mL of TSB medium and incubated at 35±1°C for 18±2 hours. After incubation, 0.1 ml of the bacterial culture adjusted to 0.5 McFarland standards was evenly spread on Mueller-Hinton agar. Then, 8 mm diameter wells were made in Petri dishes using sterile punches at 2.5 cm intervals, and 100 µL of samples diluted to a final concentration of 1 µg/1µl were placed in each trough and incubated at 37°C for 24 hours. The inhibition zone (ZOI) was evaluated in terms of the diameter of the growth-free regions with the aid of a caliper. As a negative control, sterile distilled water was used (Devi et al., 2018; Baruah et al., 2021; EUCAST, 2022). The antibacterial tests were repeated three times, and the average of the three obtained data points was reported.

2.5. In vitro antioxidant assay: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

The activity of DPPH in the samples was determined by making some modifications to the Sanchez-Moreno method (Wang and Lee, 1996). The DPPH activity of biosynthesized AgNPs was studied against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

(DPPH). Extracts of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus were used as a control group. Biosynthesized AgNPs from the extracts were prepared from aqueous products at different concentrations (1.0, 0.5, 0.25, and 0.125 mg L⁻¹) and added to a well plate. Then, 2 ml of freshly prepared ethanolic solution of DPPH solution was added to each well (Szydłowska-Czerniak et al., 2012; Fierascu et al., 2014). The plate was incubated in the dark for approximately 30 minutes. At this time, the mixing solution changed from violet to yellow. With a UV-spectrophotometer, 3 repetitive readings were performed at 1-minute intervals at an absorbance of 517 nm. A butylated hydroxyanisole (BHA) solution was used as a standard. The Tetra Brand T80+UV/VIS Spectrometer PG Instruments Model was used to determine DPPH free radical scavenging activity.

DPPH activity was calculated as Ellnain et al. (2003) and Ozturk Kup et al. (2020):

$$\text{Inhibition\%} = [\text{Control (DPPH)} - \text{Sample (DPPH)}] / \text{Control (DPPH)} \times 100.$$

2.6. *In vitro* antioxidant assay of 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)

The ABTS free radical scavenging activities of the samples were determined by making some modifications to the method studied by Moldovan et al. (2016). To form ABTS⁺ radical cation, 6.5 mM ABTS, and 2.45 mM potassium persulfate solution were mixed in equal volumes (1:1) and incubated for 16 hours in the dark and at room temperature until a dark green color appeared. ABTS⁺ was diluted with distilled water to give an absorbance value of 0.6-0.8 units at 734 nm (Moldovan et al., 2016; Sharifi-Rad et al., 2021). Extracts of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus were used as a control group. Different amounts of AgNP aqueous products (1.0, 0.5, 0.25, and 0.125 mg L⁻¹) were prepared and added to a well plate. Then, a freshly prepared aqueous solution of 2 mL ABTS was added to each well. The plate was incubated in the dark for approximately 30 minutes. Also, the mixing solution changed from dark purple to transparent. Three repetitive readings were performed at 1-minute intervals at 734 nm absorbance with a UV spectrophotometer. BHA solution was used as a standard. The Tetra Brand T80+UV/VIS Spectrometer PG Instruments Model was used to evaluate ABTS free radical scavenging activity.

ABTS radical scavenger percentage was calculated with the equation $\% = [\text{Control (ABTS)} - \text{Sample (ABTS)}] / \text{Control (ABTS)} \times 100$ (Das et al., 2020).

The Scherer-Debye equation was used to calculate the average crystallite size of AgNPs (Eq. 2):

$$D = (K \times \lambda) / \beta \times \cos\theta$$

D= the size of the crystal, its unit is equal to λ unit, usually angstrom or nm,

λ = the X-ray wavelength, Used K-Alpha1 wavelength,

K= a dimensionless shape factor, with a value close to unity,

B= the full width at half maximum,

θ = the peak position on the horizontal axis of diffraction pattern, which, if the horizontal axis is 2θ . It should be divided into two to get θ .

2.7. Statistical analysis

A statistical analysis of the data given in callus percentages was attributed to the previous study (Colgecen et al., 2014). They subjected the percentages of callus to the arcsin

transformation (Snedecor and Cochran, 1967) and analyzed all the data statistically with the SPSS package program. AgNPs biosynthesis was performed from the callus extracts of natural tetraploid *T. pratense* L.; each experiment was repeated 3 times. For the statistical analysis and calculations of the differences between the radical scavenging activities of the obtained AgNPs products, "SPSS for Windows Ver. 24.0" (SPSS Inc., Chicago, IL., USA) package programs the groups were compared with the Duncan separation test (Duncan, 1955). In statistical decisions, the $p < 0.05$ level was accepted as an indicator of a significant difference.

3. Results

3.1. Callus initiation

The seeds of the natural tetraploid *T. pratense* L. (Fig. 1a) were germinated in an MS nutrient medium without a plant growth regulator. The first germination was observed after 3 days. Hypocotyl (0.5 cm), apical meristem (2-3 mm), and epicotyl (0.5 cm) explants (Fig. 1c) of grown 15-day-old aseptic seedlings (Fig. 1b) were planted in MS media (Colgecen et al., 2014). Hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived calli were obtained after four weeks (Fig. 2).

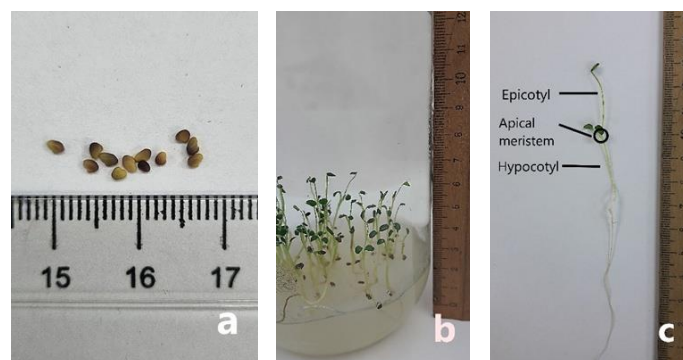


Fig. 1. Natural tetraploid *T. pratense* L. (a) seeds, (b) 15-day-old aseptic seedlings in *in vitro*, (c) parts of a 15-day-old aseptic seedling.

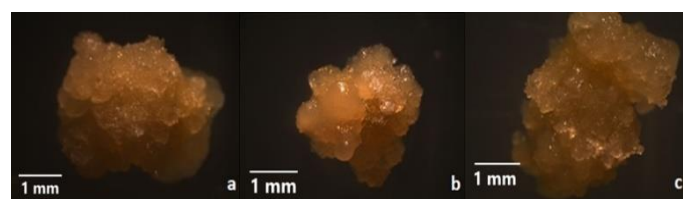


Fig. 2. The four weeks calli producing from natural tetraploid *T. pratense* L. (a) apical meristem, (b) epicotyl, (c) hypocotyl.

3.2. Ultraviolet-violet spectroscopy

AgNPs were produced by mixing 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ with 10 ml of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts. The reduction of Ag⁺ in the AgNO₃ solution and the formation of AgNPs were determined using UV-vis spectroscopy, which is one of the important techniques. The occurrence of biosynthesized AgNPs was visualized with a color change (dark red-brown) after completion of the reaction between extracts of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ (Fig. 3). The biosynthesized AgNPs maximum absorbance was visualized for hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus at wavelengths of 470, 458, and 460 nm, respectively. The change

of $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extract in terms of AgNPs formation at 6, 24, and 48 hours was recorded (Fig. 4). The dark red-brown color of the AgNP solution produced with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3$ remained unchanged for 6 months. This demonstrated the stability of AgNPs.

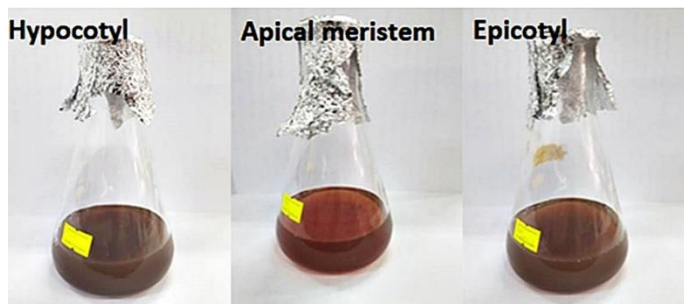


Fig. 3. The appearance of biosynthesized silver nanoparticles at 24°C with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts after 48 hours.

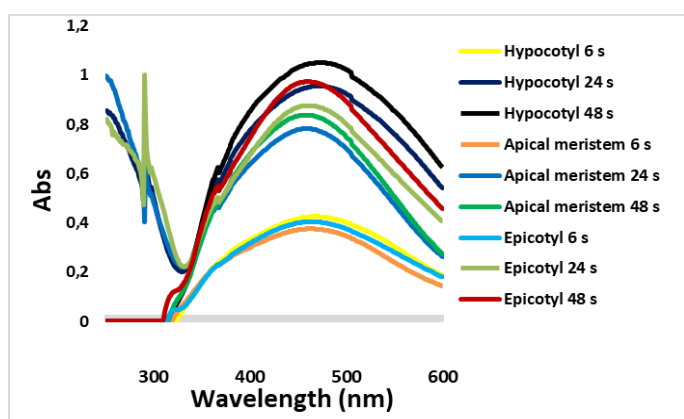


Fig. 4. UV-VIS spectrum of biosynthesized silver nanoparticles with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts after 6, 24 and 48 hours.

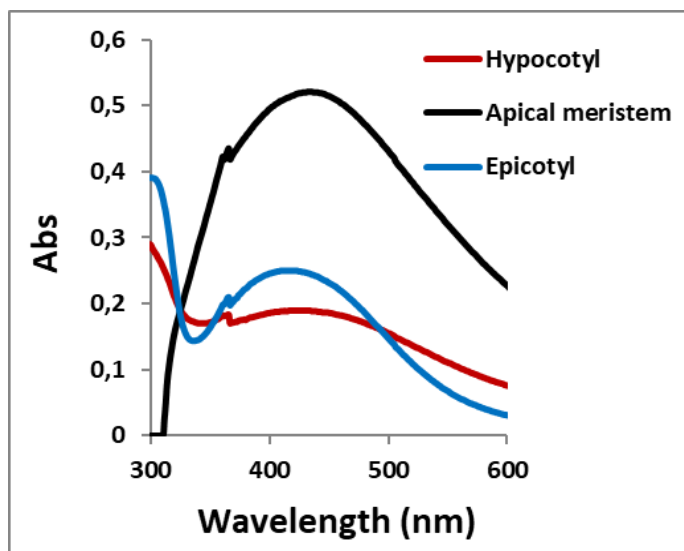


Fig. 5. UV-VIS spectrum of biosynthesized silver nanoparticles at 90°C with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts.

AgNPs biosynthesis experiments were carried out separately at 40, 50, 60, 70, 80, 90, and 100°C temperatures with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts (hypocotyl, apical meristem, and epicotyl). After 2 hours, a change in reaction color started. The change in the reaction color was observed the fastest in the samples kept at 90°C and the slowest

in the samples kept at 40°C . The highest biosynthesis was determined at 90°C . The biosynthesized AgNPs maximum absorbance was observed for hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus at 424, 436, and 417 nm wavelengths, respectively (Fig. 5).

AgNPs biosynthesis experiments were performed with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts (hypocotyl, apical meristem, and epicotyl) at pH 5, 7, and 10. The change in reaction color started as soon as $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3$ was added. The most intense color change was seen at pH 5. Maximum absorbance in the UV spectrophotometer was observed for hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus at wavelengths of 456, 449, and 480 nm, respectively (Fig. 6).

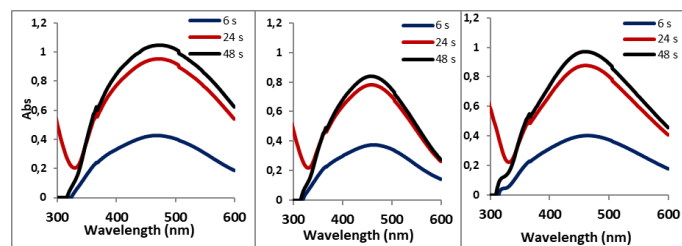


Fig. 6. UV-VIS spectrum of biosynthesized silver nanoparticles at pH: 5 with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived callus extracts after 6 hours.

3.3. TEM analysis of produced silver nanoparticles

TEM was applied to determine the morphology and size of AgNPs, which are biosynthesis products. Biosynthesized AgNPs from apical meristem derived calli were only evaluated by TEM analysis since the highest biosynthesis was determined in apical meristem derived calli for concentration, temperature, and pH experiments. Biosynthesized AgNPs, with $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3 + 1 \text{ g}/10 \text{ ml}$ callus extracts at room temperature had different shapes: triangular, elliptical, and spherical (Fig. 7a). AgNPs tend to aggregate. TEM analysis confirmed that it has an AgNP size distribution ranging from 18.25 to 37.8 nm.

Biosynthesized AgNPs from apical meristem derived calli at 90°C were found to be smaller in size and spherical in shape. TEM analysis confirmed that it has an AgNP size distribution ranging from 8.34-16.01 nm (Fig. 7b). AgNPs produced at 90°C were separated from each other and did not aggregate.

It was determined that AgNPs produced at pH:5 were spherical and elliptical. TEM analysis confirmed that it has an AgNP size distribution ranging from 10.67-37.85 nm (Fig. 7c).

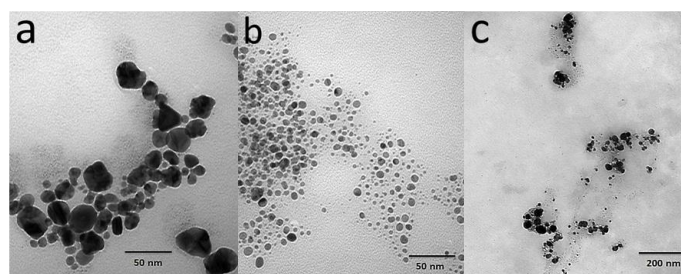


Fig. 7. Transmission electron microscopy micrographs of biosynthesized silver nanoparticles with apical meristem derived calli. a. $1.96 \text{ mg L}^{-1} \text{ AgNO}_3$, b. 90°C temperature, c. pH: 5.

3.4. XRD analysis of produced silver nanoparticles

The crystal structure of biosynthesized AgNPs with apical

meristem, hypocotyl, and epicotyl derived callus extracts was evaluated by XRD analysis. No 2 θ peak was observed for biosynthesized AgNPs from the apical meristem and epicotyl calli at 90°C using a concentration of 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml callus extract. The 2 θ peak was at 32.30° for AgNPs biosynthesize from hypocotyl calli. This (101) was attributed to the Miller indices (Fig. 8).

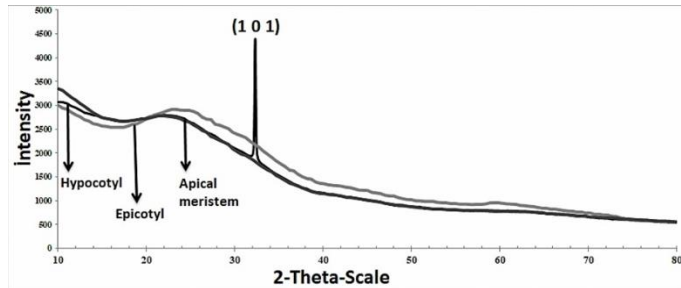


Fig. 8. XRD model of biosynthesized silver nanoparticles at 90°C with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived callus extract.

For biosynthesized AgNPs at pH:5 using a concentration of 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml callus extract, the 2 θ peaks were at 32.01°, 37.84°, 46.07° for the apical meristem. For hypocotyl: 32.55°, 38.35°, 46.52°. For epicotyl: 32.30°, 38.20°, 46.39°. These were attributed to the Miller indices (101), (111), and (200), respectively (Fig. 9).

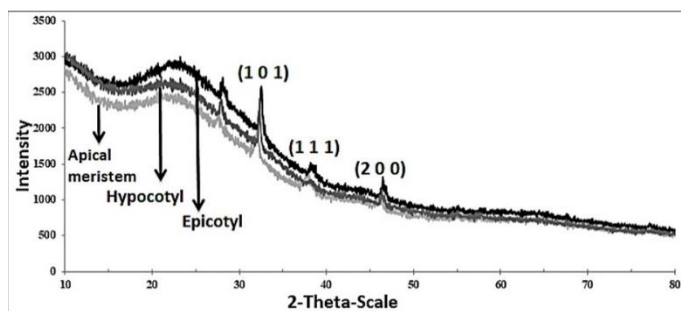


Fig. 9. XRD model of biosynthesized silver nanoparticles at pH:5 with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived calli extract.

These peaks were caused by organic compounds present in the extract, which are responsible for the reduction of silver ions and stabilization of the resulting nanoparticles. The average crystal size of AgNPs was determined as 13.5 nm for biosynthesized AgNPs from apical meristem calli at 90°C, and 26 nm to medium at pH:5. It proved to be similar when compared with the TEM results.

3.5. FTIR analysis of produced silver nanoparticles

FTIR analysis was performed to identify possible organic biomolecules of hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived callus extracts responsible for the biosynthesis of AgNPs. Absorption peaks in the FTIR spectrum of biosynthesized AgNPs from hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts at 90°C using a concentration of 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml callus extract: for hypocotyl: 2913.7, 2856.5; for apical meristem: 2971.1, 2902.1; for epicotyl: 3257.2, 2964.7, 2918.8, 2859 cm⁻¹ (Fig. 10). The strong absorption bands 2913.7, 2856.5, 2971.1, 2902.1, 3257.2, 2964.7, 2918.8, and 2859 cm⁻¹ represent -CH stretching of the -

CH₃ and -CH₂ functional groups.

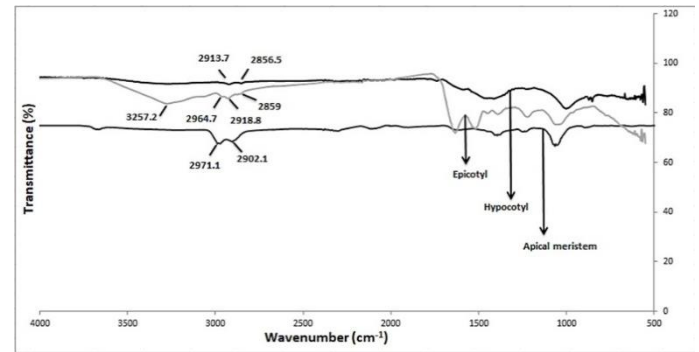


Fig. 10. FTIR spectrum of biosynthesized silver nanoparticles at 90°C condition with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived calli extracts.

Absorption peaks in the FTIR spectrum of biosynthesized AgNPs from hypocotyl, apical meristem and epicotyl derived callus extracts at pH:5 using a concentration of 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml callus extract: for hypocotyl: 2921.7, 2859; for apical meristem: 2937.2, 2850; for epicotyl: 2930.2, 2853.3 cm⁻¹ (Fig. 11).

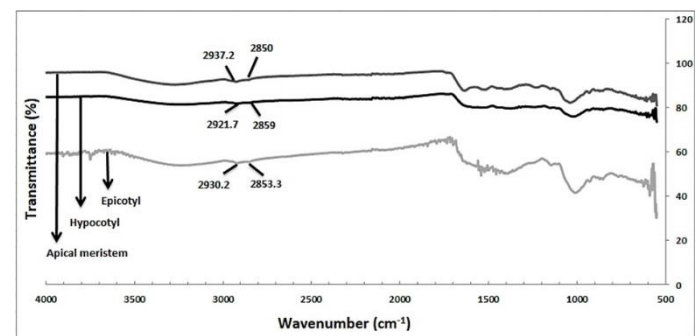


Fig. 11. FTIR spectrum of biosynthesized silver nanoparticles at pH:5 condition with 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃ + 1 g/10 ml hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived calli extracts.

The strong absorption band at 2921.7, 2859, 2937.2, 2850, 2930.2, 2853.3 cm⁻¹ represents the -CH stretching of the -CH₃ and -CH₂ functional groups (Sahayaraj et al., 2012; Mourdikoudis et al., 2018).

3.6. Determination of potential biological activity

Antibacterial activity: According to UV-Visible Spectrophotometer and XRD results, biosynthesized AgNPs using hypocotyl, apical meristem, and epicotyl calluses at pH: 5 were used for antibacterial activity experiments since the medium with the highest biosynthesis production was pH: 5. Hypocotyl, apical meristem and epicotyl calli without AgNPs were used as control group.

When the antibacterial test results were evaluated, no antibacterial activity was detected in the callus extracts (control group) that did not contain AgNP. However, no bacterial growth was observed in AgNP-hypocotyl (1.7mm), AgNP-apical meristem (1.2mm), and AgNP-epicotyl (1.6mm) zone diameters against Gram-positive *S. aureus* ATCC 25923 bacteria in AgNP-containing samples. Against Gram-negative *E. coli* CECT 4972 bacteria, no bacterial growth was observed in the zone diameters of AgNP- hypocotyl (1.0mm) and AgNP-epicotyl (1.1mm) (Fig. 12).

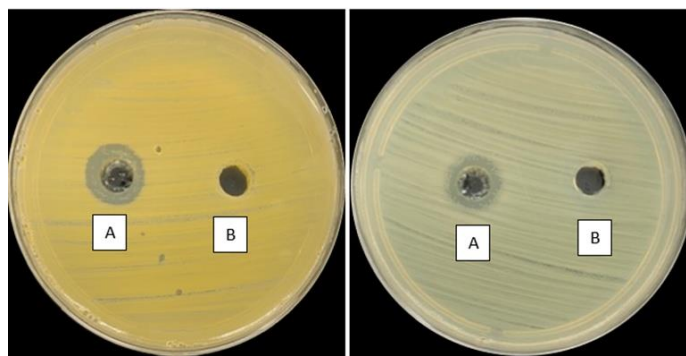


Fig. 12. Antibacterial effect by Agar-well cut diffusion method against *S. aureus* ATCC 25923 and *E. coli* CECT 4972 (A) AgNP-Epi (B) Epi

To increase the effectiveness of antibiotics used against *E. coli* bacteria and *S. aureus*, which are the most common microorganisms among the microorganisms that are the most common cause of hospital-acquired infections, 1 µg/µl AgNP used. Investigation of antibacterial activity of biosynthesized AgNPs against these bacteria was compared by determining the effect of control groups.

Considering the antibiotic effect against *S. aureus* ATCC 25923 bacteria, it was observed that 1 µg/µl was ineffective in many antibiotics except Oxacillin antibiotic, and it showed an effect against Nitrofurantoin antibiotic agent with a zone diameter of 18-22mm. We have found that Nitrofurantoin showed on 20-25mm (CLSI, 2020) inhibition zone to *E. coli*. In our opinion when the concentration of the biosynthesized AgNPs increases various influences may be done on antibacterial activity and at their use many areas might be grounded.

3.7. Determination of antioxidant activity

Hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts were measured as the control group for DPPH and ABTS radical activity, and biosynthesized AgNPs from the callus extracts as the experimental group were measured. The results for biosynthesized AgNPs antioxidant activity are shown in Fig. 13.

The highest DPPH radical activity for extracts of control group-hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus was 52%, 48% and 49%, respectively; ABTS activity was 68%, 63%, 71%, respectively. DPPH radical activity for hypocotyl-AgNP; in concentration, temperature, and pH experiments: 55%, 41% and 46%, respectively; ABTS radical activity: 58%, 44% and 47%. DPPH radical activity for the apical meristem-AgNP; in concentration, temperature, and pH experiments: 65%, 39% and 41%, respectively; ABTS radical activity: 63%, 47% and 54%. DPPH radical activity for epicotyl-AgNP; in concentration, temperature and pH experiments: 53%, 44% and 49%, respectively; ABTS radical activity: 58%, 49% and 56% (Fig. 13) (Table 1).

4. Discussion

Plant tissue cultures are important for production of secondary metabolites. Plant growth regulators in different combinations or in different concentrations are used to increase the concentrations of secondary metabolites in calli (Jakovljević et al., 2022; Ozyigit et al., 2023). Since in our previous study, the highest secondary metabolite production occurred in the MS medium containing kinetin (1.5 mg L⁻¹), NAA (1.5 mg L⁻¹) and 2,4-D (0.7 mg L⁻¹) (Colgecen et al., 2014). So, to callus production was used in the same medium for this study. The first

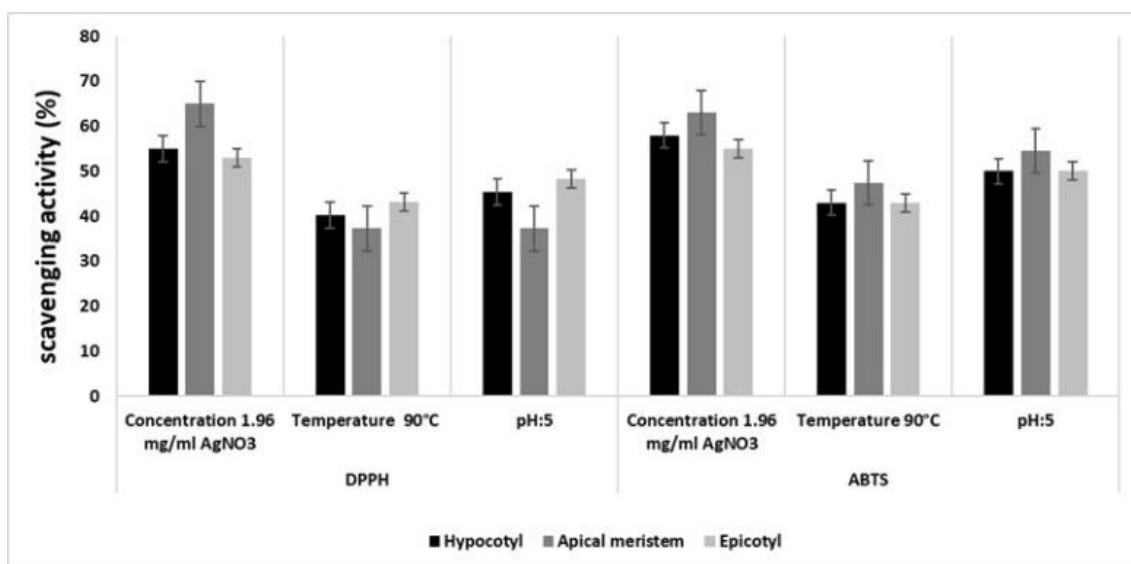


Fig. 13. Antioxidant activity of biosynthesized silver nanoparticles at 1.96 mg L⁻¹ AgNO₃, 90°C and pH:5 conditions (a) hypocotyl, (b) apical meristem, (c) epicotyl.

Table 1

The effect on antioxidant activity of biosynthesized silver nanoparticles by callus extracts (p<0.05).

The Biosynthesized Silver Nanoparticles	Hypocotyl		Apical Meristem		Epicotyl	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
Concentration (1.96 mg L ⁻¹ AgNO ₃)	46.00±1.76	49.40±3.42	50.00±5.40	49.50±4.94	44.70±3.76	48.75±2.83
Temperature (90°C)	38.75±1.03	41.75±1.03	37.00±0.80	42.00±1.77	41.50±1.03	41.75±1.03
pH:5	42.50±2.48	47.00±2.48	38.50±1.50	45.75±3.49	45.75±2.48	47.00±2.48

Mean ± SE

callus formation occurred after 1 week. After 4 weeks, the calli were taken to the second subculture.

In our study, at different concentrations of AgNO_3 (0.16, 0.5, 0.84, 1.18, 1.52 and 1.96 mg L^{-1}), different temperatures (40, 50, 60, 70, 80, 90, 100°C) and different pH (5, 7, 10) experiments, a change was observed in callus cultures of natural tetraploid *T. pratense* L. Since the bioreducing agents in the extracts are important and primary source in reducing Ag^+ ions to Ag^0 particles (Chowdhury et al., 2008; Vijayaraghavan et al., 2012; Rodríguez-León et al., 2013; Firoozi et al., 2016; Malik et al., 2022), the color transformation observed in our study was attributed to a reduction mechanism.

In terms of reduction time, reduction (Ag^+ to Ag^0) started in 6 hours in terms of color change with the addition of AgNO_3 to callus and cell suspension culture extracts in concentration and temperature experiments in our study, while reduction started as soon as AgNO_3 was added in terms of color change in pH trials. It was concluded that the recording of different reduction times in different conditions depends on the changes in the amount of metabolites in the herb and *in vitro* samples, the temperature and pH of the environment (Raja et al., 2012; Manosalva et al., 2019; Bernabé-Antonio et al., 2022). In our study, the reduction time, which is 4-6 hours under concentration, temperature, and pH conditions, is similar to our study according to the literature (Patra et al., 2015; Labulo et al., 2016; Jalab et al., 2021). Some literatures do not give a reduction period, since the time at which the reduction begins is important, not giving the reduction period is seen as a deficiency (Sathiya and Akilandeswari, 2014). In our study, we have given the onset of reduction and the stability of the color in accordance with much literature. Also, preliminary experiments were carried out at 200-800 nm wavelength to determine the UV-VIS spectrum range of biosynthesized AgNPs using extracts of callus of natural tetraploid *T. pratense* L. According to the results, it was determined that the wavelength of 300-600 nm was sufficient for the absorbance range of AgNPs, and the studies were continued in the range of 300-600 nm (Mude et al., 2009; Nabikhan et al., 2010; Netala et al., 2015; Solanki et al., 2021; Alfarraj et al., 2023). For ultraviolet-violet spectroscopy, similar results were determined in the studies of some researchers. Aref and Salem (2020) observed the maximum absorbance for biosynthesized AgNPs with *Cinnamomum camphora* callus extract is at 420 nm, Botcha and Prattipat (2020) observed the maximum absorbance is at 447 nm for the biosynthesized AgNPs with *Hyptis suaveolens* callus extract, Lashin et al. (2021) observed maximum absorbance at 440 nm for biosynthesized AgNPs by *Solanum incanum* L. callus extract.

AgNPs formation was interpreted according to the results of UV-VIS spectra using callus extracts of the natural tetraploid *T. pratense* L. (1 g/10 ml) + AgNO_3 (0.16, 0.5, 0.84, 1.18, 1.52 and 1.96 mg L^{-1}) salt at different concentrations. It was determined that the absorbance peak shifted towards the shorter wavelength region (blue) as the AgNO_3 concentration increased. As a result of our experiments, we continued the experiments with 1.96 mg L^{-1} AgNO_3 at different temperatures and pH intervals by using the extracts of callus cultures.

A lower temperature was seen as a slower increase in the absorption band. It was concluded that the rate of nanostructure formation is importantly dependent on temperature. Yeshchenko et al. (2013) suggested that higher temperatures increase the activation energy of molecules, thus leading to a faster reaction rate.

Studies have shown that the size, morphology, stability,

and chemical-physical properties of metal nanoparticles are affected by experimental conditions (extract or salt concentration, temperature, and pH), the interaction of metal ions with reducing agents, and absorption processes (Ghorbani et al., 2011). In general, control of the shape, size, and distribution of the produced nanoparticles; synthesis methods are achieved by changing reducing and stabilizing factors. Since the optical, electronic, magnetic, and catalytic properties of nanoparticles depend on their size, shape, and chemical-physical properties, the size and shape of AgNPs are quite important for some experiments, so few studies focus specifically on the size and shape of AgNPs (He et al., 2004; Khodashenas and Ghorbani, 2019; Restrepo and Villa, 2021).

The size and shape of AgNPs are generally evaluated by TEM analysis, however, it is also known that the broadening or narrowing of the UV-VIS spectrum band is a wider nanoparticle size range and amount in solution (Nikaeen et al., 2020; Chowdhury et al., 2021). In our study, the peaks in the absorption band in the UV-VIS spectrum of AgNPs biosynthesized under different conditions using callus extracts were wider for concentration trials, while they were narrower for temperature and pH studies. According to the results obtained, when all samples are examined, AgNPs seen in TEM micrographs support the UV-VIS spectrum results in terms of size and shape. It was concluded that AgNPs were affected by different conditions, with different sizes of AgNPs biosynthesized under different conditions in concentration (1.96 mg L^{-1} AgNO_3 + 1 g/10 ml), temperature: 90°C and pH: 5 experiments according to TEM micrographs. This suggested that AgNPs were covered by biomolecules such as primary and secondary metabolites in the extracts and was confirmed by studies by different researchers (Lu et al., 2014; Roy et al., 2019; Baran et al., 2023).

When compare the DPPH and ABTS reporting, ABTS was confirmed to have significantly higher ($p < 0.05$) scavenging activity. According to some researchers, it has been reported that the antioxidant activity of biosynthesized AgNPs is due to the presence of terpenoids, phenolic compounds, and flavonoids, which allows them to act as hydrogen donors and reducing agents in plants (Bedlovičová et al., 2020).

5. Conclusion

In the current study, biosynthesized AgNPs using the extract of hypocotyl, apical meristem, and epicotyl derived callus extracts were reported using callus extract of natural tetraploid *Trifolium pratense* L. for the first time. Characterization of AgNPs was performed using UV-vis, TEM, XRD, and FTIR analysis, and results revealed that different concentrations of callus extract did not affect the performance of the prepared nanoparticles as well as crystallinity. The biosynthesized AgNPs were triangular, elliptical, and spherical in shape and determined by TEM, and XRD. In the current study, green biosynthesis of AgNPs was performed antimicrobial activity and antioxidant activity of AgNPs were evaluated, and the result revealed that AgNPs have potential antimicrobial activity against *E. coli* bacteria and *S. aureus*. Moreover, biosynthesized AgNPs have strong antioxidant activity as well as antimicrobial activity in safe use. In summary, these findings underscore the potential of biotechnological strategies in green nanotechnology, which can be offered for developing metal nanoparticles with potential biomedicine and biotechnology applications. Additionally, biosynthesized

AgNPs can be offered as an alternative solution to seed surface sterilization, or AgNPs can be recommended for seeds with low germination percentages based on the positive effect of AgNPs on seed germination. On the other hand, biosynthesized AgNPs can be a solution in studies such as increasing the shelf life of foods, contamination problems of medical devices, developing antibiotics against resistant bacteria, and increasing the effectiveness of active substances used in cancer research.

Acknowledgements: The research project was supported by Zonguldak Bulent Ecevit University, Science Research Project

References

- Ahmad, N., Muhammad, J., Khan, K., Ali, W., Fazal, H., Ali, M., ... & Hano, C. (2022). Silver and gold nanoparticles induced differential antimicrobial potential in calli cultures of *Prunella vulgaris*. *BMC chemistry*, 16(1), 20.
- Aktepe, N. (2021). Synthesis, characterization and antimicrobial activities of silver nanomaterials. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 12(2), 347-354.
- Alfarraj, N. S., Tarroum, M., Al-Qurainy, F., Nadeem, M., Khan, S., Salih, A. M., ... & Perveen, K. (2023). Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Exploring Their Potential of Reducing the Contamination of the In Vitro Culture Media and Inducing the Callus Growth of *Rumex nervosus* Explants. *Molecules*, 28(9), 3666.
- Allawadhi, P., Singh, V., Khurana, A., Khurana, I., Allawadhi, S., Kumar, P., ... & Bharani, K. K. (2021). Silver nanoparticle based multifunctional approach for combating COVID-19. *Sensors International*, 2, 100101.
- Anjum, S., & Abbasi, B. H. (2016). Thidiazuron-enhanced biosynthesis and antimicrobial efficacy of silver nanoparticles via improving phytochemical reducing potential in callus culture of *Linum usitatissimum* L.. *International Journal of Nanomedicine*, 11, 715-728.
- Aref, M. S., & Salem, S. S. (2020). Bio-callus synthesis of silver nanoparticles, characterization, and antibacterial activities via *Cinnamomum camphora* callus culture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101689.
- Arsène, M. M. J., Podoprigora, I. V., Davares, A. K. L., Razan, M., Das, M. S., & Senyagin, A. N. (2021). Antibacterial activity of grapefruit peel extracts and green-synthesized silver nanoparticles. *Veterinary World*, 14(5), 1330-1341.
- Avcioglu, F., Behçet, M., Karabork, S., & Kurtoglu, M. G. (2019). Yara örneklerinden izole edilen Mikroorganizmaların Antimikrobiyal direnç oranları-üç yıllık değerlendirme. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 110-114.
- Labulo, A. H., Adesuji, E. T., Dedeke, O. A., Bodede, O. S., Oseghale, C. O., Moodley, R., ... & Adegoke, O. A. (2016). A dual-purpose silver nanoparticles biosynthesized using aqueous leaf extract of *Detarium microcarpum*: an under-utilized species. *Talanta*, 160, 735-744.
- Aziz, M. S. A., Shaheen, M. S., Nekeety, A. A., & Wahhab, M. A. A. (2014). Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles biosynthesized using *Chenopodium murale* leaf extract. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18, 356-363.
- Baran, M. F., Keskin, C., Baran, A., Hatipoğlu, A., Yildiztekin, M., Küçükaydın, S., ... & Eftekhari, A. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* L. Peel extract, their antioxidant, antipathogenic, and anticholinesterase activity. *Molecules*, 28(5), 2310.
- Baruah, K., Haque, M., Langbang, L., Das, S., Aguan, K., & Roy, A.S. (2021). *Ocimum sanctum* mediated green synthesis of silver nanoparticles: A biophysical study towards lysozyme binding and antibacterial activity. *Journal of Molecular Liquids*, 337, 116422.
- Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020). A brief overview on antioxidant activity determination of silver nanoparticles. *Molecules*, 25(14), 3191.
- Bernabé-Antonio, A., Martínez-Ceja, A., Romero-Estrada, A., Sánchez-Carranza, J. N., Columba-Palomares, M. C., Rodríguez-López, V., ... & Gutiérrez-Hernández, J. M. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using *Randia aculeata* L. cell culture extracts, characterization, and evaluation of antibacterial and antiproliferative Activity. *Nanomaterials*, 12(23), 4184.
- Botcha, S., & Prattipati, S. D. (2020). Callus extract mediated green synthesis of silver nanoparticles, their characterization and cytotoxicity evaluation against MDA-MB-231 and PC-3 cells. *BioNanoScience*, 10, 11-22.
- Buyukkartal, H. N., & Colgecen, H. (2007). The reasons of sterility during pollen grain formation in the natural tetraploid *Trifolium pratense* L. *International Journal of Botany*, 3(2), 188-195.
- Chowdhury, M. H., Ray, K., Geddes, C. D., & Lakowicz, J. R. (2008). Use of silver nanoparticles to enhance surface plasmon-coupled emission (SPCE). *Chemical Physics Letters* 452, 162-167.
- Chowdhury, R. A., Dhar, S. A., Das, S., Nahian, K., & Qadir, R. (2021). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from the aqueous extract of the leaves of *Citrus aurantifolia*. *Materials Today: Proceedings*, 44, 1039-1042.
- CLSI, (2020). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 30th ed. CLSI supplement M100. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Colgecen, H., Caliskan, U., Kartal, M., & Buyukkartal, H. N. (2014). Comprehensive evaluation of phytoestrogen accumulation in plants and *in vitro* cultures of *Medicago sativa* L. 'Elçi' and natural tetraploid *Trifolium pratense* L.. *Turkish Journal of Biology*, 38, 619-627.
- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S., & Yadav, V. (2016). Mechanistic basis of antimicrobial actions of silver nanoparticles. *Frontiers in Microbiology*, 16(7), 1831.
- Das, G., Shin, H., & Patra, J. K. (2020). Comparative assessment of antioxidant, anti-diabetic and cytotoxic effects of three peel/shell food waste extract-mediated silver nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 9075-9088.
- Devi, M. P. I., Nallamuthu, N., Rajini, N., Rajulub, A. V., Ramc, N. H., & Siengchin, S. (2018). Cellulose hybrid nanocomposites using Napier grass fibers with in situ generated silver nanoparticles as fillers for antibacterial applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 99-106.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F-test. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Elci, S. (1982). The utilization of genetic resource in fodder crop breeding, *Eucarpia*. Fodder Crop Section, September, Aberystwyth, UK, 1-347.
- Ellnain-Wojtaszek, M., Kruczynski, Z., & Kasprzak, J. (2003). Investigation of the free radical scavenging activity of *Ginkgo biloba* L. leaves. *Fitoterapia*, 74, 1-6.
- EUCAST, (2014). Antimikrobik duyarlılık testine yönelik disk difüzyon yöntemi Sürüm.
- Fierascu, I., Bunghez, I. R., Fierascu, R., Ion, R. M., Dinu-Pîrvu, C. E., & Nuță, D. (2014). Characterization and Antioxidant Activity of Phytosynthesized Silver Nanoparticles Using *Calendula officinalis* Extract. *Farmacia*, 62, 1.
- Firoozi, S., Jamzad, M., & Yari, M. (2016). Biologically synthesized silver nanoparticles by aqueous extract of *Satureja intermedia* C.A. Mey and the evaluation of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 6, 357-364.
- Gharari, Z., Hanachi, P., Sadeghinia, H., Walker, T. R. (2022). *Cichorium intybus* bio-callus synthesized silver nanoparticles: A promising antioxidant, antibacterial and anticancer compound. *International Journal of Pharmaceutics*, 625, 122062.
- Ghorbani, H. R., Safekordi, A. A., Attar, H., & Rezayat Sorkhabadi, S. M. (2011). Biological and non-biological methods for silver nanoparticles synthesis. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 25(3), 317-326.
- Gonzalez-Carter, D. A., Leo, B. F., Ruenraroengsak, P., Chen, S., Goode, A. E., Theodorou, I. G., ... & Porter, A. E. (2017). Silver nanoparticles

- reduce brain inflammation and related neurotoxicity through induction of H2S-synthesizing enzymes. *Scientific reports*, 7(1), 42871.
- He, B., Tan, J., Liew, K., & Liu, H. (2004). Synthesis of size controlled ag nanoparticles. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 221, 121-126.
- Iashin, I., Hasanin, M., & Hassan, S. A. M. (2023). Green biosynthesis of zinc and selenium oxide nanoparticles using callus extract of *Ziziphus spina-christi*: characterization, antimicrobial, and antioxidant activity. *Biomass Conv. Bioref*, 13, 10133-10146.
- Jakovljević, D., Stanković, M., & Warchoń, M. (2022). Basil (*Ocimum L.*) cell and organ culture for the secondary metabolites production: a review. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 149, 61-79.
- Jalab, J., Abdelwahed, W., Kitaz, A., & Al-Kayali, R. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Acacia cyanophylla* and its antibacterial activity. *Heliyon*, 7(9), e08033.
- Jeremiah, S. S., Miyakawa, K., Morita, T., Yamaoka, Y., & Ryo, A. (2020). Potent antiviral effect of silver nanoparticles on SARS-CoV-2. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 533, 195-200.
- Khodashenas, B., & Ghorbani, H. R. (2019). Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(8), 1823-1838.
- Khaosaad, T., Krenn, L., Medjakovic, S., Ranner, A., Lossl, A., Nell, M., Jungbauer, A., & Vierheilig, H. (2008). Effect of mycorrhization on the isoflavone content and the phytoestrogen activity of red clover. *Journal of Plant Physiology*, 165, 1161-1167.
- Kumar, K. S., & Kathireswari, P. (2016). Biological synthesis of silver nanoparticles (Ag-NPS) by *Lawsonia inermis* (Henna) plant aqueous extract and its antimicrobial activity against human pathogens. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(3), 926-937.
- Lashin, I., Fouda, A., Gobouri, A. A., Azab, E., Mohammedsalem, Z. M., & Makhariha, R. R. (2021). Antimicrobial and *in vitro* cytotoxic efficacy of biogenic silver nanoparticles (Ag-NPs) fabricated by callus extract of *Solanum incanum L.* *Biomolecules*, 11, 341.
- Li, W. R., Xie, X. B., & Shi, Q. S. (2011). Antibacterial effect of silver nanoparticles on *Staphylococcus aureus*. *Biomaterials*, 24, 135-141.
- Lu, F., Gao, Y., Huang, J., Sun, D., & Li, Q. (2014). Roles of biomolecules in the biosynthesis of silver nanoparticles: case of *Gardenia jasminoides* extract. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 22, 706-712.
- Malik, M., Iqbal, M. A., Malik, M., Raza, M. A., Shahid, W., Choi, J. R., & Pham, P. V. (2022). Biosynthesis and characterizations of silver nanoparticles from *Annona squamosa* leaf and fruit extracts for size-dependent biomedical applications. *Nanomaterials*, 12(4), 616.
- Manosalva, N., Tortella, G., Cristina Diez, M., Schalchli, H., Seabra, A. B., Durán, N., & Rubilar, O. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles: effect of synthesis reaction parameters on antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 88.
- Moldovan, B., David, L., Achim, M., Clichici, S., & Filip, G.A. (2016). A green approach to phytomediated synthesis of silver nanoparticles using *Sambucus nigra L.* fruits extract and their antioxidant activity. *Journal of Molecular Liquids*, 221, 271-278.
- Mourdikoudis, S., Pallares, R. M., & Thanh, N. T. K. (2018). Characterization techniques for nanoparticles: comparison and complementarity upon studying nanoparticle properties. *Nanoscale*, 10, 12871-12934.
- Mude, N., Ingle, A., Gade, A., & Rai, M. (2009). Synthesis of silver nanoparticles using callus extract of *Carica papaya*-A first report. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 18(1), 83-86.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.
- Nabikhan, A., Kandasamy, K., Raj, A., & Alikunhi, N. M. (2010). Synthesis of antimicrobial silver nanoparticles by callus and leaf extracts from saltmarsh plant, *Sesuvium portulacastrum L.* *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79, 488-493.
- Netala, V. N., Kotakadi, V. S., Nagam, V., Bobbu, P., Ghosh, S. B., & Tarte, V. (2015). First report of biomimetic synthesis of silver nanoparticles using aqueous callus extract of *Centella asiatica* and their antimicrobial activity. *Applied Nanoscience*, 5, 801-807.
- Nikaen, G., Yousefinejad, S., Rahmdel, S., Samari, F., & Mahdavinia, S. (2020). Central composite design for optimizing the biosynthesis of silver nanoparticles using *Plantago major* extract and investigating antibacterial, antifungal and antioxidant activity. *Scientific Reports*, 10, 9642.
- Ochoa-Villarreal, M., Howat, S., Hong, S., Jang, M. O., Jin, Y. W., Lee, E. K., & Loake, G. J. (2016). Plant cell culture strategies for the production of natural products. *BMB Reports*, 49(3), 149.
- Ozturk Kup, F., Coskuncay, S., & Duman, F. (2020). Biosynthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Aesculus hippocastanum* (horse chestnut): Evaluation of their antibacterial, antioxidant and drug release system activities. *Materials Science and Engineering: C*, 107, 110207.
- Ozyigit, I. I., Dogan, I., Hocaoglu-Ozyigit, A., Yalcin, B., Erdogan, A., Yalcin, I. E., ... & Kaya, Y. (2023). Production of secondary metabolites using tissue culture-based biotechnological applications. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1132555.
- Pandit, R. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles from seed extract of *Brassica nigra* and its antibacterial activity. *Nusantara Bioscience*, 7 (1), 15-19.
- Patra, S., Mukherjee, S., Barui, A. K., Ganguly, A., Sreedhar, B., & Patra, C. R. (2015). Green synthesis, characterization of gold and silver nanoparticles and their potential application for cancer therapeutics. *Materials Science and Engineering: C*, 53, 298-309.
- Raja, K., Saravanakumar, A., & Vijayakumar, R. (2012). Efficient synthesis of silver nanoparticles from *Prosopis juliflora* leaf extract and its antimicrobial activity using sewage. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 97, 490-494.
- Rakesh, B., Srinatha, N., Rudresh Kumar, K. J., Madhu, A., Suresh Kumar, M. R., & Praveen, N. (2022). Antibacterial activity and spectroscopic characteristics of silver nanoparticles synthesized via plant and *in vitro* leaf-derived callus extracts of *Mucuna pruriens* (L.) DC.. *South African Journal of Botany*, 148, 251-258.
- Restrepo, C. V., & Villa, C. C. (2021). Synthesis of silver nanoparticles, influence of capping agents, and dependence on size and shape: a review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100428.
- Rodríguez-León, E., Iñiguez-Palomares, R., Navarro, R. E., Herrera-Urbina, R., Tánori, J., Iñiguez-Palomares, C., & Maldonado, A. (2013). Synthesis of silver nanoparticles using reducing agents obtained from natural sources (*Rumex hymenosepalus* Extracts). *Nanoscale Research Letters*, 8, 318.
- Roy, A., Bulut, O., Some, S., Mandal, A. K., & Yilmaz, M. D. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles: biomolecule-nanoparticle organizations targeting antimicrobial activity. *RSC Advances*, 9, 2673-2702.
- Sahayaraj, K., Rajesh, S., & Rathi, J. M. (2012). Silver nanoparticles biosynthesis using marine alga *Padina pavonica* (Linn.) and its microbicidal activity. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 7(4), 1557-1567.
- Salem, S. S., & Fouda, A. (2021). Green synthesis of metallic nanoparticles and their prospective biotechnological applications: an overview. *Biological Trace Element Research*, 199, 344-370.
- Sathiya, C. K., & Akilandeswari, S. (2014). Fabrication and characterization of silver nanoparticles using *delonix elata* leaf Broth. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 128, 337-341.
- Sharifi-Rad, M., Pohl, P., Epifano, F., & Álvarez-Suarez, J. M. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Astragalus tribuloides* delile. root extract: characterization, antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory activities. *Nanomaterials*, 10, 2383.
- Sharifi-Rad, M., Pohl, P., & Epifano, F. (2021). Phytofabrication of silver nanoparticles (agnps) with pharmaceutical capabilities using *Otostegia persica* (Burm.) Boiss. leaf extract. *Nanomaterials*, 11(4), 1045.
- Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in Biotechnology*, 34, 7.
- Snedecor, G. W., Cochran, W. G. (1967). Statistical methods. Iowa, USA: The Iowa State University Press, 327-329.
- Solanki, A., Rathod, D., Patel, I. C., & Panigrahi, J. (2021). Impact of silver nanoparticles as antibacterial agent derived from leaf and callus of *Celastrus paniculatus* Willd. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7, 60-69.
- Szydłowska-Czeraniak, A., Tulodziecka, A., & Szlyk, E. (2012). A silver nanoparticle-based method for determination of antioxidant capacity of rapeseed and its products. *Analyst*, 137, 3750.
- Tian, X., Jiang, X., Welch, C., Croley, T. R., Wong, T. Y., Chen, C., & Yin, J. J. (2018). Bactericidal effects of silver nanoparticles on *Lactobacilli*


- and the underlying mechanism. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10, 8443-8450.
- Vijayaraghavan, K., Kamala Nalini, S. P., Udaya Prakash, N., & Madhankumar, D. (2012). Biomimetic synthesis of silver nanoparticles by aqueous extract of *Syzygium aromaticum*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 94, 114-117.
- Wang, C. K., & Lee, W. H. (1996). Separation, Characteristics, and Biological Activities of Phenolics in Areca Fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44(8), 1-6.
- WHO, (2019). World Health Organization. New report calls for urgent action to avert antimicrobial resistance crisis. Joint News Release, 1-29.
- Xia, Q. H., Ma, Y. J., & Wang, J. W. (2016). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Taxus yunnanensis* callus and their antibacterial activity and cytotoxicity in human cancer cells. *Nanomaterials*, 6, 160.
- Yeshchenko, O. A., Dmitruk, I. M., Alexeenko, A. A., Kotko, A. V., Verdal, J., & Pinchuk, A. O. (2013). Temperature dependence of the surface plasmon resonance in gold nanoparticles. *Surface Science*, 608, 275-281.
- Yugay, Y. A., Sorokina, M. R., Grigorchuk, V. P., Rusapetova, T. V., Silant'ev, V. E., Egorova, A. E., ... & Shkryl, Y. N. (2023). Biosynthesis of Functional Silver Nanoparticles Using Callus and Hairy Root Cultures of *Aristolochia manshuriensis*. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(9), 451.
- Yurttas, E., Tetik, N., & Ayrilmis, N. (2022). Antimicrobial properties of 3D printed biocomposites with heat-treated wood flour using silver nanoparticles with leaf extract. *Wood Material Science and Engineering*, 18(2), 663-671.

Cite as: Karahan, H., Tetik, N., & Colgecen, H. (2023). Phytofabrication of silver nanoparticles using callus extract of natural tetraploid *Trifolium pratense* L. and its bioactivities. *Front Life Sci RT*, 4(SI), 18-28.



Derleme makalesi / Review article

İslami perspektiften genetiği değiştirilmiş organizmalar

Ali Yüksek*¹ ¹ Ondokuz Mayıs University, Faculty of Divinity, Department of Basic Islamic Sciences, 55200, Samsun, Türkiye

Öz

Gıda, tarih boyunca her toplumun en önemli konularından biri olmuştur. Geçmişte onun yokluğu veya kıtlığı problemken bugün temiz, sağlıklı veya helal olup olmaması problem teşkil etmektedir. Artık günümüzde geleneksel gıda üretiminden uzaklaşmış olup uluslararası düzeyde modern teknolojilerle üretilen gıdaları tüketmek ile karşı karşıyayız. Maalesef birçok gıdanın içerisinde çeşitli hormonlar, zararlı gıda katkı maddeleri veya İslam'a göre haram kabul edilen maddeler bulunmaktadır. Bu durum Müslümanların yaşamında önemli bir problem teşkil etmektedir. Bugün sağlığa zararlı veya içerisinde haram madde bulunan teknolojik ürünlerden korunma konusunda halk yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, İslam'ın helal ve sağlıklı gıdaya bakışına ve bu konudaki temel kriterlerine kısaca göz attıktan sonra, insanların çoğu tarafından ne olduğu bilinmeyen, dini açıdan haramlığı ve helalliyi konusunda farklı görüşler ileri sürülen genetiği değiştirilmiş gıdalar ele alındı. Bu sebeple GDO'nun ne olduğunu, onun insan sağlığına, ekolojik dengeye, sosyal ahlaka ne tür fayda ve zararlarının olduğuna yer verildi. Sonuçta bilim insanlarının görüşlerine, İslam Hukukçularının konuya yaklaşımlarına itibar ederek İslam hukuku bağlamında bir değerlendirme sunuldu.

Anahtar kelimeler: Fıkıh; İslam hukuku; helal gıda; GDO; genetik

Genetically modified organism from an Islamic perspective

Abstract

Food was undoubtedly crucial in all societies throughout history. The biggest food problem in the past was absence or scarcity, but today, it is clean, healthy, and halal. Currently, people are faced with foods that are not traditionally known as food suppliers but are produced by new technologies at the international level, like hormones, harmful additives, or gene transfer from haram sources. This situation is an essential problem in the religious life of the Muslims. It leaves him to face haram. In this article, after briefly examining Islam's perspective on halal and healthy food and its basic criteria in this regard, genetically modified foods, which are often unknown to most people and subject to different opinions regarding their religious permissibility or prohibition, are discussed. Therefore, the definition of GMOs, their potential benefits and harms to human health, ecological balance, and social ethics are addressed. In the end, relying on the opinions of scientists and the approach of Islamic jurists, an evaluation is presented within the context of Islamic law.

Keywords: Halal food; fiqh; Islamic law; GMO, genetics

* Sorumlu yazar / Corresponding author.

E-mail: ali.yuksekk@omu.edu.tr (A. Yüksek).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1382020> Yazar katkıları / Author contributions

Geliş tarihi / Received 27 Ekim 2023 / 27 October 2023; Kabul tarihi / Accepted 27 Aralık 2023 / 27 December 2023

Çevrimiçi yayın / Available online 30 Aralık 2023 / 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

1. Giriş / Introduction

Gıda konusu, bütün toplumlarda, tarih boyunca olduğu gibi günümüzde de büyük önem arz etmektedir. Gıdanın geçmişte en büyük sorunu, yokluğu veya azlığı iken bugün temiz, sağlıklı ve helal olup olmadığıdır (Bux ve ark., 2022). Günümüz dünyasında birçok ülkenin halkı had safhada gıda eksikliği sebebiyle ölümler bazı ülkelerde de zararlı katkı maddeleri, kimyasallar, hormonlar, herbisitler, fungusitler, insektisitler ve genetiği değiştirilmiş ürünler yüzünden büyük tehlikelerin pençesinde yaşamaktadır (Akpan ve ark., 2023). Artık dünyanın büyük bir kısmında insanlar geleneksel gıda tedariklerinden uzaklaşmışlardır. Uluslararası şirketler tarafından teknolojik imkanlarla üretilen, içeriğinde birçok zararlı veya İslami açıdan haram kaynaktan yapılmış, gen transferleri yapılmış, mahiyetini uzmanından başkasının anlayamayacağı gıdalar yaygın halde bulunmaktadır. Bu durum özellikle İslami ilkelere göre yaşamak isteyen Müslümanlar için sıkıntılar oluşturmaktadır (Hasim ve ark., 2022).

Çağdaş bilimin sayesinde biyoteknolojik yöntemlerle canlıların üremesi değişmiş ve doğal seleksiyonun dışına çıkmıştır. Aslında canlıların doğal çiftleşme yöntemleri ile soylarını devam ettirdikleri tarih boyunca bilinen bir gerçektir. Böylece genetik özellikleri kalıtsal olarak devam etmiştir (Lewis ve Morran, 2022). Eski dönemlerde herhangi bir canlıdan izole edilen bir genin farklı bir türdeki canlıya aktarılabilmesi akil bile edilemezken 2000'li yıllara gelindiğinde biyoteknolojik imkânlar sayesinde bunlar rutin bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Ozyigit, 2012). Modifiye türler, varyeteler, yeni ürünler artık bu şekillerde elde edilebilmektedir. Bu yeni ürünlerin hayatımıza girmesi ile bunların dini açıdan helalliyi ve haramlığı tartışılmaya başlanmıştır. Bu ürünler tüketilebilir mi, tamamen farklı türleri doğal olmayan yöntemlerle birleştirirsek İslami açıdan bu caiz olur mu, bu uygulamalar ekonomik, sosyolojik, çevre ve sağlık açısından insan ve doğaya zararlı olabilir mi?

İşte bu sorular diğer din mensuplarında olduğu gibi İslam alimlerinin de gündemini meşgul etmiştir. Bu çalışmada, İslam'ın sağlıklı ve helal gıdaya bakışı ile genetiği değiştirilmiş (GD) ürünlere bakışı anlatılmıştır. Özellikle mahiyeti, helal ya da haram olmasına etki eden unsurları, insan, hayvan ve çevre sağlığına ve genel ahlaka ne gibi fayda ve zararlarının olduğu ve onları tüketmenin İslam hukuku açısından bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Helal gıdanın önemi / The importance of halal food

İslam dini, insan hayatını tüm yönleriyle ele alır ve hemen her konuda bir takım emir, yasak ve tavsiyelerde bulunur. Bir Müslüman, onun her konuda insana iyi ve güzeli tavsiye edeceğini ve insanı iki cihanda mutlu edeceğini düşünür (Senturk ve Yazici, 2019). Bu yüzden Müslüman için doğru bir inanç ve ibadet hayatı ne kadar önemli ise onun İslam'a uygun bir şekilde yemesi, içmesi, giyinmesi, aile içi ilişkilerini devam ettirmesi ve sosyal hayattaki tüm işlerini İslam'a göre düzenlemesi önemlidir. İyi bir Müslüman olmak için şüphesiz birçok faktör vardır. Sahih bir itikat, bilgili, bilinçli Müslümanlık, ihlas ve güzel ahlaka sahip olma bunlardan bazılarıdır. İslami açıdan bir amelin salih ve makbul olabilmesi için Allah rızasına niyet etmek ve İslam'ın istediği usul ve kaidelere uygun ifa edilmesi esastır. Helal rızık ise bu iki şartı kuşatan en önemli unsurlardandır (Karaman, 1996). Kur'an'da buna işaret eden birçok ayet vardır. “*Ey peygamber! Tertemiz*

nimetlerden yiyip için, güzel işler yapın. Kuşkusuz ben yaptıklarınızı eksiksiz bilmekteyim” (Mü'minun 118/51) ayetinde helal rızıkla beslenmek, helal ve temiz şeyleri yemek ve peşinden salih amel yapmak emredilmiştir. Yine “*Ey insanlar! Yeryüzündeki şeylerin helal ve temiz olanlarından yiyin...*” (Bakara 2/172) ayeti de konunun örnekleri arasındadır. Hz. Peygamber de haram yemenin sakıncasını, ibadet ve duaların kabulüne olan etkisini şöyle açıklar: “*Nice saç, sakalı dağınık, toz toprak içinde kalmış (üzerinde uzun yolculuğun eseri olan) bazı kişiler elini semâya doğru açar ve ‘Ey Rabbim! Ey Rabbim!’ diye dua eder. Bunun yediği, içtiği haram, giydiği haramdır, haram ile beslenmektedir. Bunun duası nasıl kabul edilsin*” (Müslim, Zekât, 65; Tirmizî, Tefsir-i Bakara, 2992).

2.1. Gıdanın helal olmasında etkili olan unsurlar / Factors that affect food being halal

Tüm din ve kültürlerde gıdanın sağlıklı olması ve tabii olunan dini inanışlara uygun olması önem arz etmiştir. Çünkü insanlar, gıda maddelerinin sağlığa olduğu kadar insanın ruhuna, kişiliğine, akıl ve zekasına, itikadına ve psikolojisine yönelik etkilerinin olduğuna inanmışlardır (Yukse, 2018).

2.2. Bir maddenin haram kılınma kriterleri / Criteria for making a substance haram

İslam dini ilkeleriyle yeni bir hukuk düzeni ortaya koymuş ve bu hukuk düzeniyle sağlık, barış, güven ve ahlakın koruyucusu, denetçisi ve uygulayıcı olmuştur (Yukse, 2016).

Tüm toplumların inanç ve hukuk düzeni vardır. İslam, fert ve cemiyet halinde insanlığın yararına olmak üzere getirdiği mükellefiyetler içerisinde bir takım emir ve yasaklara yer vermiştir. Dini literatürde haram ve helal çizgileri olarak adlandırılan bu çerçeve İslam'ın temel sınırlarıdır (Karaman, 1996). İslam'a göre helal şeyler sayılamayacak kadar çok olduğu için az sayıda haramlar Kur'an'da yer almıştır. Helal dairesi o kadar geniştir ki insan hiç haramlara tevessül etmeden yaşamını idame ettirebilir.

İslam'da bir şeyin helal veya haram kılınmasındaki temel unsur teabudiliktir. Yani dinde bir şeyin sadece ve sadece Allah'ın emri veya yasağı olduğu için gereğinin yapılmasıdır. Allah'ın rızasını hedeflemek esastır. Zira Kur'an'daki bazı yiyeceklerin haram kılınmasının sebebini sadece bu teabudilik anlayışıyla izah edebilir (Yukse, 2018). Dinde hikmetini anlayamadığımız bazı şeyler de olabilir. Mesela Kur'an ayetlerinde Yahudilikte ve diğer bazı önceki ümmetlerde olduğu gibi bazı yiyecekler ceza ve imtihan etmek amacıyla haram kılınmıştır. Nisa ayetinde, bu onların, zulüm yapmaları, birçok insanı Allah yolundan alıkoymaları, fâizle işgal etmeleri ve insanların mallarını haksız yollardan ele geçirmeleri gibi sebeplerle yapılmıştır (Nisa 4/160; A'raf 7/163).

Allah, bir şeyi yasaklarken bazen kişiden ziyade toplum menfaatinin gözetmiştir. Zira İslam'da “Umumun menfaatinin hususun menfaatinden üstün oluşu” temel prensipler arasındadır. İnsan yaşamının tehlikeye atılmaması, canın muhafazası ve zararların defedilmesi yine İslam'ın temel prensipleri arasında yer almaktadır. Helal ve haram gıdaların belirlenmesinde başvurulacak ilkelere biri de fayda-zarar kriteridir. Hatta Kur'an'daki (Bakara 2/219) alkollü içki örneğinde olduğu gibi zararı faydasından daha fazla olanlar da haram kılınmıştır. İçkiyi haram kılan ayette içkinin birtakım faydalarının olduğundan da bahsedilmektedir. Ancak beslenmenin temel amacı, insanın akıl, beden ve ruh sağlığı

koruma ve sağlıklı yaşamasını sağlamaktır. Bu ise alkollü içkilerde yotuktur (Ibn Kesir; Kutub, 1986).

Haram ve Helal kılınan şeyler insanın tahammül sınırları içerisinde. Nitekim Allah, Kur'an'daki "*Allah insana ancak taşıyabileceği yükü yükler*" (Bakara 2/286); "*Hiç kimseye güç yetireceğinden fazlasını yüklemeyiz; elimizde hakkı söylemekte olan bir kitap vardır ve onlar hiçbir haksızlığa uğratılmazlar*" (Mü'minun 118/62) ifadeleriyle insana yapamayacağı sorumlulukları yüklemeyeceğini beyan etmiştir.

Dinde, helaller haramlardan çoktur. Haramı giden yollar doğal olarak kapatılmıştır. Helaller, insanın dünya nimetlerini tatması bakımından oldukça geniş ve yeterli düzeydedir. Haramı tevessüle gerek yoktur. Mesela, Allah içkiyi yasaklarken onun yerine akıl ve beden sağlığına faydalı olan türlü türlü içecekleri helal kılmıştır (Karaman, 2010). Yiyecek olarak zararlı ve çirkin olanlar haram kılınırken güzel ve iyi olanlar helal edilmiştir. Yine ipekli giysileri erkeklere haram kılarken pamuk, keten ve yün giysileri helal kılmıştır. Nesilleri helak eden zina haram kılınırken nikâh yoluyla huzur bulmak, üremek meşru kılınmıştır. Zararlı veya pis olan hayvanların etlerinin yenmesi yasaklanırken, eti, sütü, yumurtası faydalı evcil veya yabani pek çok hayvan eti helal kılınmıştır. Yine toplum ekonomisini bozan faiz yasaklanırken adil alışveriş ve ticaret yapmak teşvik edilmiştir. Allah, helal dairesini harama nazaran daha geniş tutarak, kulların harama yönelmeden mutlu olmalarını sağlamıştır (Karadavi, 1973).

Birçok alanda olduğu gibi yiyecek ve içecekler alanında da sadece zorunlu ve çok az hallerde yasaklama getirildiği bir gerçektir. Bu Allah'ın kullarına bir rahmet ve kolaylık ihsanının doğal bir sonucudur. Zira Kur'an'da, "*Deki; bana vahyolunanda ölmüş hayvan (meyte), akutlanmış kan, domuz eti -ki asli pisliktir- ya da günah işlenerek Allah'tan başkası adına kesilmiş hayvanlardan başka, yiyecek kimseye haram kılınmış bir şey bulamıyoruz*" (En'am 6/145) buyurularak haram kılınan yiyecek maddelerinin temelde dört tür olduğu belirtilmiş bu sınırlama başka ayetlerle de desteklenmiştir. Bu ayette gıdaların temiz-pis olma durumlarına göre helal veya haram oluşlarına dikkat çekilmiştir. Hz. Peygamber de bu konuda bazı kriterler koymuştur. Kur'an ve sünnetteki ifadelerden hareketle İslam hukukçuları, yiyecek ve içecekler konusunda temel ve asıl hükmün helallik ve mübahlık olduğunu, haramlığın ancak o konuda özel bir nassın bulunmasıyla sabit olacağını ifade etmişlerdir (TDV, 2006).

Kısacası, İslam'da bir şeyin haram olmasının temeli naslardır. Mesela haram edilen bir şeyin faydalı veya zararlı olması, temiz veya pis olması, yasaklanan şeyin doğasında tiksindiricilik ve iğrençliğin bulunması, örf ve genel kabullere uygun olup olmaması, kamu yararının olup olmaması, o şeyin kazanılma ve elde edilme şeklinin meşruyeti, maddenin istihaleye uğrayıp uğramadığı ve o şey eğer bir hayvan ise onun kim tarafından ve nasıl boğazlandığı gibi hususlar önem arz etmektedir (Boran, 2016).

3. Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) nedir? / What is a genetically modified organism (GMO)?

Özellikle XIX. yüzyılda oldukça hızla artan dünya nüfusu karşısında açlığa ve yoksulluğa düşmüş milletlere çare aramak, refah seviyelerini yükseltmek amacıyla bilim insanları yoğun gayretler içerisine girmiştir. Daha yüksek verim elde etmek, kaliteli ürüne erişmek için klasik ıslah yöntemleri istenilen düzeyde olmamıştır (Arvas ve Kaya, 2019). İnek ve bazı keçi türlerinde biyoteknolojik yöntemler aracılığıyla üretimde daha

fazla gelir elde edildiği görülmüştür (Atsan ve Kaya, 2008). Ancak arzulan yüksek verim ve kaliteye yine de erişilememiştir. Arzulanan neticelere ancak asrımızdaki bilgi ve yüksek teknolojinin imkânları sayesinde ulaşılabilmişlerdir.

Tarımsal alet ve yeni yöntemlerin kullanılması, özellikle de sentetik gübrelerin kullanılmaya başlanması, geleneksel ıslah/melezleme yöntemlerinin gelişimi sayesinde tarımda yüksek miktarda kaliteli ürün elde edilmiştir. Yeşil Devrim olarak adlandırılan 1965-1985 yılları arasında bazı sınırlı alanlarda biyoteknolojik yöntemlerle yeni ürünler gerçekleştirilmiştir (Pielke ve Linnér, 2019; Picado, 2022).

Biyoteknolojik ürünler üretme çalışmaları ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. 1973 yılında laboratuvar ortamında ilk defa bir organizmanın genetiği değiştirilmiştir. 1983 yılında da olarak genetiği değiştirilmiş tütün bitkisi elde edilmiştir. 1995 yılında ise genetiği değiştirilmiş mısır bitkisinin açık alanda ekimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların akabinde 1996 yılında uzun raf ömrüne sahip "Flavr Savr" adı verilen domates, altı ülkede piyasaya arz edilip genetiği değiştirilmiş organizmaların ticareti yapılmaya başlanmıştır (Sen ve Altinkaynak, 2014).

Son yıllarda, genetiği değiştirilmiş bitkisel ürün ekim alanları oldukça yaygınlaşarak birçok ülkede genetiği değiştirilmiş bitkisel ürün ekimi yapılmaktadır. Bu arazilerde milyonlarca çiftçi çalışmaktadır (James, 2015). Tabii ki bu bilgiler hızlı bir şekilde her gün değişebilmektedir.

Bitki ve hayvan ıslah çalışmalarının uzun zaman alması, maliyetlerin yüksek olması gibi nedenlerle bilim insanları çözümü genetik biliminde aramaya başlamışlardır. Özellikle gen teknolojisindeki gelişmeler ve genetik mühendisliği çalışmaları tarımsal üretimde kullanılmaya başlanmış, bu sayede ıslah çalışmalarını kısa zamanda ekonomik başarılar elde edilmiştir. Yine bu sayede organizmaların genetik yapılarındaki değişimler hız kazanmıştır. Çeşitli moleküler teknikler ve organizmaların genetik yapılarının başarıyla değiştirilmesi biyoteknoloji kullanım alanları açısından en geniş bilim dallarından biri haline getirmiştir. Tarım başta olmak üzere biyoteknolojinin en yaygın olduğu kullanım alanları arasına tıp, eczacılık, gıda, hayvancılık ve çevre gibi pek çok alan dahil olmuştur. Gen transferlerinin artmasıyla beraber ne yazık ki pek çok problem de oluşmuş, konu dini, ahlaki, hukuki ve felsefi açıdan tartışılır hale gelmiştir (Gozukirmizi, 2010; Gatew ve Mengistu, 2019).

Genetiği değiştirilmiş organizmaları (GDO) kısaca tanımlamak gerekirse; Biyoteknolojik yöntemler kullanılarak bir canlı türüne kendi türü dışındaki bir canlıdan gen veya genler aktarılacak suretiyle kalıtsal olarak belirli özellikleri değiştirilebiliyor. İşte hayvan, bitki veya mikroorganizmalara bu işlem yapıldığında onlara "GDO/Genetiği Değiştirilmiş Organizma" veya "GMO/Genetically modified organism" denilmektedir (Arvas ve Kaya, 2019; Gungor ve Demiryurek, 2021).

Genetiği değiştirilmiş organizmalar ile alakalı birbirine benzer başka tanımlamalar da bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını şöyle verebiliriz; GDO, bir canlının gen diziliminin bir bölümünün yahut tümünün değiştirilmesi ya da ona kendi doğasında bulunmayan bambaşka bir karakter kazandırılmasına yahut doğal programının bozulması yoluyla elde edilen yeni formuna "Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar" denilmektedir (Ozer, 2011).

Genetiği Değiştirilmiş Organizma, rekombinant DNA teknolojisi yöntemleri kullanılarak bir organizmaya başka bir organizmadan yeni bir kalıtsal materyal transfer edilmesi ile oluşan canlılara denir. Bu kalıtsal materyal kendi cinslerinden

olabileceği gibi başka cins ve türlerden de olabilir (Arvas, 2017). Mesela Rekombinant DNA teknolojileri tütün bitkisine bir toprak bakterisi olan *Rhizobium*'dan gen aktarılmış ve elde edilen yeni tütün bitkisi ise genetiği değiştirilmiş organizma olarak isimlendirilmiştir (James, 2015).

Bazı genler bir organizmadan bir diğerine ve hatta akraba olmayan türlere bile gen teknolojileri sayesinde aktarılabilir. Böylece dünyada daha önce hiç bulunmayan gen bileşimleri elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen gıdalar, "GD gıda (GM food)" olarak adlandırılmaktadır (Gunay ve Ozdemir, 2016; FAQGMF, 2023). Bu, aslında insan eliyle yapılan bir kalıtım mühendisliğidir. Bu bir "rekombinant DNA teknolojisi" yani gen teknolojisi tekniğidir. Böyle bir teknoloji ile elde edilen bitkilere "transgenik bitkiler", hayvanlara ise "transgenik hayvanlar" denilmektedir. Bu sayede herhangi bir canlının gen diziliminin bir bölümünün veya tümünün değiştirilmesi ya da kendi doğasında bulunmayan yeni karakterlerin kazandırılması, böylece de asli unsurunun bozulması (değişimi veya iyileştirilmesi) söz konusudur (McCullum ve ark., 2019; Singh ve ark., 2022).

4. GDO içeren ürünlerin farklı açılardan potansiyel fayda ve zararları / Potential benefits and harms of GMO products from different perspectives

Gen transferleri sayesinde elde edilen yeni ürünlere tümünden karşı çıkmak veya tümünden iyi ve güzel demek, desteklemek doğru değildir. Bu yöntemlerle elde edilen ürünlerin insan, hayvan ve doğaya bir takım fayda ve zararları vardır. Bunlardan kısaca şöyle bahsedebiliriz:

4.1. GDO'ların bazı faydaları / Some benefits of GMOs

Transgenik ürünler, günlük hayatımızın birçok alanında bizlere kolaylıklar sunmuştur. Bir takım çevresel sorunların, sağlık ve tarım alanında ortaya çıkan ciddi sıkıntıların, transgenik ürünler yoluyla çözülebileceği düşünülmektedir. Söz konusu bu ürünlerin, bütün dünyada insanların geleceğini tehdit eden açlık ve yetersiz beslenme konusunda ciddi çözümler sunabileceği öngörülmektedir (Celik ve Balik, 2007). Bu görüşü savunan bilim insanları GDO içeren ürünlerin aşağıdaki faydalarından bahsetmektedir.

4.1.1. Tarımsal üretime katkıları / Contributions to agricultural production

Biyoteknolojik metotlarla elde edilen tarım ürünleri, klasik yöntemlerle elde edilenlere kıyasla daha kısa sürede elde edilmekte ve farklı ekolojik özelliklere sahip bitkiler oluşmaktadır (Saltik, 2010). Bitkiler bu yöntemlerle hastalıklara karşı daha dayanıklı olacak (USPIRG, 2023), herbisitlere ve diğer tarımsal ilaçlara daha az ihtiyaç duyacaktır (Arvas, 2017). Bitki içerikleri, vitamin bakımından zenginleşirken yeni gen transferi ile, dayanıklılığı az olan ürünlerde muhtemel ekonomik kayıpların önüne geçilmiş olacaktır (Denli, 2012).

4.1.2. Hayvansal üretime katkıları / Contributions to animal production

Biyoteknoloji alanında yeni uygulamalar, hayvanların verimliliğini artıracak, suni yemlerin sindirimlerinin kolaylaştırılması sayesinde hayvanların hastalıklara karşı dayanıklılığını artıracaktır. Hayvan hücrelerinde biyolojik ve

kimyasal değişimler yapılarak et, süt ve yumurta gibi gıdaların kalitelerinin artırılması sağlanacaktır (Denli, 2012).

4.1.3. Çevresel faydaları / Environmental benefits

Tarımsal üretimde kullanılan bazı kimyasal gübreler ile bitkisel hastalık ve zararlılarla mücadelede kullanılan bazı kimyasalların bitki ve çevre üzerinde birtakım olumsuzluklar oluşturduğu bilinmektedir. Genetiği değiştirilmiş ürünlerle bu zararların bertaraf edilmesi düşünülmektedir (Denli, 2012). Transgenik bitkiler ve bakteriler aracılığı ile çevre temizliği günümüzde yapılan önemli çalışmalardandır (Ozyigit ve ark., 2021).

4.1.4. Ticari ve sosyo-ekonomik hayata katkıları / Contributions to commercial and socio-economic life

Açlık ve yetersiz beslenme sorunu tarih boyunca insanların temel problemleri arasında olmuştur. Son birkaç yüzyılda dünyadaki insan ve hayvan popülasyonunun artması, su, enerji ve toprak kaynaklarının aynı oranda gelişmemesi, evrenin birçok ülkesinde insanların açlık ve yetersiz beslenme sorununu körüklemiştir. Bitki ve hayvanlarda gen transferlerinin yapılmasıyla hem maliyet hem de verimliliklerin artacağı, bu sayede de açlık ve yetersiz beslenme problemlerine çözüm üretilebileceği belirtilmektedir (Denli, 2012). Ayrıca uygulanan gen teknolojisi sayesinde ürünlerin çürüme ve hastalanma süreleri geciktirilerek üretici açısından nakliye ve depolama maliyetlerinde ciddi ekonomik kazançlar elde edilmiştir (Korkut ve Soysal, 2013).

4.1.5. Besin kalitesi ve sağlığa yönelik katkılarının artırılması / Increasing nutritional quality and contributions to health

Bir gıda maddesinin, sağlıklı, taze ve olgun olması, vitamin değerlerinin yüksek olması, onunla beslenen canlılar için hayati önem arz etmektedir. Biyoteknolojik yöntemler ve gen transferleriyle ürünlerin vitamin değerleri yükseltilebilir, protein kalitesi artırılabilir. Mesela bir ürünün aminoasit içeriklerinin artırılması için protein metiyonin ve lizin içerikleri artırılabilir. Eğer tahıllarda lizin miktarı artırırsa hayvanlardaki et, süt, yün miktarlarında artışlar olacaktır (Sun ve Liu, 2004). Besin değeri artırılmış ürünler, yetersiz beslenmeyi azaltmaya yardımcı olacak ve gelişmekte olan ülkelerin temel besin ihtiyaçlarını karşılamalarına olanak tanıyacaktır. Örneğin, Afrika ülkelerinde kassava, 500 milyon üzerinde insanın beslenmesinde önemli bir kaynaktır, özellikle birçok üçüncü dünya ülkesinde. Son yıllarda, kassava bitkisinin genetik yapısı, Afrika kassava mozaik virüsüne ve genel mozaik virüslere dirençli, aynı zamanda yüksek besin değeri sunan türlerin üretilmesi amacıyla değiştirilmiştir (Celik ve Balik, 2007).

4.1.6. Sebzelerin ve meyve depolama ömrü ve organoleptik kalitelerinin artırılması / Increasing the storage life and organoleptic quality of vegetables and fruits

Gen transferleri yoluyla sebzelerin ve meyvelerin raf ömrü uzatılabilir. Koku, lezzet, görüntü açısından arzulanan organoleptik (duyu organlarımız ile algılanabilen) özellikler sağlanabilir. Amerika Gıda ve İlaç İdaresi (US FDA) onaylı genetiği değiştirilmiş ilk ürün olan Flavr Savr domateslerinde bu durum Calgene Şirketi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Domateslerin kızarma, olgunlaşma ve koku kalitesi sağlanmış, bozulma süreleri geciktirilmiştir. Aynı faydalar çilek, ahududu, şeftali ve ananas gibi başka ürünlerde de görülmüştür. Raf ömrünün uzaması nakliyat, depolama ve işlenmeyi kolaylaştırmıştır. Böylece tüketiciler taze ve kaliteli meyve ve sebzelere ulaşmışlardır (Celik ve Balik, 2007; Sharma ve ark., 2022).

4.1.7. İnsan hastalıklarının tedavisinde ve organ naklinde kullanılması / Use in the treatment of human diseases and organ transplantation

Gen transferlerinin en önemli faydalarından biri de hastalıkların tedavisine fayda sağlamasıdır. Birçok hastalık ilaç kullanmadan ve ameliyat yapılmadan tedavi edilebilecektir. Örneğin meme bezindeki fibrinojen üretiminde, genetiği değiştirilmiş hayvanlar kullanılmaktadır. İnsan hastalıklarında klonlanmış hayvanlar model olmuştur. Henüz tedavisi bulunamayan kistik fibrozis benzeri hastalıklar etkili bir şekilde iyileştirilebilmektedir. Diyabet hastalarında insülin ve hemofili hastalarında diyabet faktörü gibi farmakolojik proteinlerin üretiminde genetiği değiştirilmiş olan hayvanlar kullanılmaktadır. Keçi, koyun ve domuz gibi birçok hayvan klonlanarak organ nakli için kullanılabilirler. Böylece hastaların organ nakli için uzun süre beklemeleri gerekmez (Celik ve Balik, 2007; Sykes ve Sachs, 2019; Pipe ve ark., 2022).

4.1.8. Bio-fabrikalar ve endüstriyel kullanım için ürün ham materyali açısından kullanımı / Use in terms of product raw material for bio-factories and industrial use

Yeni yüzyılın ilk çeyreğinde ilaç sanayi, rekombinant DNA teknolojileri ile üretilen kimyasal maddelerden çokça yararlanmaktadır. Bu kimyevi maddelerin arasında ilaç etken maddeleri olarak yararlanılabilen sekonder bileşiklerden vitaminler, insülin ve kan proteinleri gibi organizmalar için gerekli veya yararlı pek çok türleri bulunmaktadır. Bu rekombinant DNA teknolojileri ile elde edilen enzimler, proteinler ve aşılardan faydalı bileşiklere sadece tıp sahasında değil eczacılık ve gıda üretimi sahalarında da çokça karşılaşırlar. Örneğin, yoğurt üretiminde faydalanılan bakterilerin genomları ile yeniden düzenleme yapılarak daha az bir sürede daha fazla peynir ve yoğurt elde edilmektedir. Bu sayede rekombinant DNA yöntemleri kullanılarak canlılar adeta biyo-fabrika konumuna getirilerek elde edilen ürünler daha avantajlı olabilmektedir (Hugenholtz ve ark., 2000; Celik ve Balik, 2007; Stander ve ark., 2022; Ozyigit ve ark., 2023).

4.2. GDO'ların bazı zarar ve riskleri / Some harms and risks of GMOs

2000'li yılların başından itibaren GDO içeren ürünler sıklıkla tüketicilere sunulmaya başlanmıştır. Bu, aynı zamanda bu ürünlerin lehine ve aleyhine söylemleri beraberinde getirmiştir. Özellikle bazı tüketici temsilcileri, halk sağlığını önemseyen gruplar, din ve etik çevreler, çevre ve hayvan hakları savunucuları birtakım verileri de ele alarak GDO karşıtlığına başlamışlardır. Bunlar, özellikle bu ürünlerin insan, hayvan ve çevre sağlığına zarar verebileceğini, dolayısı ile insan ve hayvan mutluluğunu olumsuz yönde etkileyeceğini savunmuşlardır (Celik ve Balik, 2007; Korkut ve Soysal, 2013; Wiley, 2015). Ayrıca, bu ürünleri üretenlerin çok az sayıda olduklarını, buna rağmen onlarla diğer ticari firmalar arasında bazı ekonomik

problemlerin doğabileceğini, GDO içeren ürün üretmeyenlerin bu durumdan fazlasıyla negatif etkileneceklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca bu firmaların çoğu, uluslararası bazda üretim yaparlar. Bu durum tekeli bir piyasanın oluşmasına, bölgesel birçok üreticinin yok olmasına da yol açabilir. GDO içeren ürünler küçük çevrelerce patentlenebilir böylece de biyoçeşitliliğin azalmasına sebep olabilir (Ozer, 2011).

4.2.1. GDO içeren ürünlerin sağlık üzerine potansiyel zararları / Potential harms of GMO products on health

GDO içeren ürünlerin insan, hayvan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkileri ilk transgenik ürünlerden itibaren gündeme getirilmiştir. Bunların başında zehirlenmeler, alerjik reaksiyonlar ve beslenme ile ilgili etkiler gelmektedir. Ayrıca hastalıkların tedavisinde antibiyotiklere karşı direncin oluşabileceği, transfer edilen genlerin yan etkilere sebep olabileceği, klonlanan genin stabilitesini koruması ile toksik etkilere sebep olabilecek özel içeriklerin ortaya çıkma ihtimali gibi pek çok menfi etkilerinin de olabileceği ifade edilmektedir (Korkut ve Soysal, 2013). Bir üründe bulunan ve alerjik etkisi olan bir genin başka bir türe aktarılması transgen bitkiyi muhtemel zararlı şekle getirebilmektedir. Mesela soya fasulyesinin besin öğelerini arttırmak için Brezilya fıstığından alınan bir genin, soya bitkisinde alerjik etkiler gösterdiği bilinmektedir. Bu yüzden olumsuz sonuçlarının önüne geçmek için gen aktarımından transgenik olacak bitkide bulunan proteinler ve aminoasitler birtakım testlerden geçirilmelidir (Denli, 2012). Transgenik ürünlerin tüketilmesi neticesinde meydana gelen bazı olumsuz sonuçlar saptanmıştır. Bunun birçok örneği vardır. Mesela 1989 yılında Amerika'da "Showa Denko" adlı bir şirket, bakteriden gen aktararak "L-Tryptophan" içeren gıda katkı maddesini piyasaya sürmüştü bunun neticesinde de halktan şikâyetler gelmiştir. Bu ürün 5 bin kişide ciddi hastalıklar meydana getirmiştir. "Eozinofili Miyalji Sendromu, (EMS)" kas hastalığı sonucunda 37 kişi yaşamını yitirmiş, 1500 kişi felç olmuş, bazı insanlarda da ağırlı yutma ve deri kızarmaları, kalp rahatsızlıkları, ışığa karşı duyarlılık, bağışıklık bozuklukları gibi rahatsızlıklar görülmüştür. Bu olumsuz sonuçlar neticesinde ilgili firma "L-Tryptophan" içeren katkı maddesinin kullanımını iptal etmiştir (Saltik, 2010).

4.2.2. Alerjik reaksiyonlar / Allergic reactions

Rekombinant gen nakilleri ile organizmalara transfer edilen yeni genin özellikleri, canlılarda alerjilere sebep olabilmektedir. Örneğin Brezilya fıstığında bulunan ve alerjiye neden olduğu saptanan "2S" geninin soya fasulyesine aktarılması neticesinde oluşan transgenik soya fasulyesinin alerjik reaksiyonlara sebep olduğu somut olarak ispatlanmıştır (Korkut ve Soysal, 2013).

4.2.3. Gıda güvenliği ve kalitesindeki değişiklik / Change in food safety and quality

Gen teknolojisi ile gıda maddelerinde özellikle de tahıllarda; protein, vitamin, yağ ve karbonhidrat değerlerinde değişiklikler yapılabilmektedir. Mesela "Altın pirinç-Golden rice" olarak isimlendirilen A vitamini miktarı yüksek pirinç üretilmiştir. Fakat ilgili çalışmalarda istenen özellikler transgenlere aktarıldığında bazı besin unsurlarında istenmedik vitamin kayıpları da görülmüştür (Potrykus, 2001; Arvas, 2017).

Tarım kimyasallarına dayanıklı transgenik soya fasulyeleri ile geleneksel soya fasulyelerinin fitoöstrojen oranlarının karşılaştırılması ile yapılan çalışmada GD soya fasulyelerinin fitoöstrojen düzeyinin %12-14 oranında daha az çıktığı görülmüştür. Aynı sonuçların karoten miktarı 50 kat artırılan transgenik kanolada ise tokoferol düzeyinin transgenik olmayan kanola ile karşılaştırıldığında önemli oranda az çıktığı görülmüştür. Ayrıca kanoladaki E vitamini oranının azaldığı görülmüştür (Korkut ve Soysal, 2013; Natarajan ve ark., 2013).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki asıl hedef, ekonomik açıdan yükselmektir (Tokel ve ark., 2022). Fakat bu ürünlerin bazılarının sağlık açısından pek de iç açıcı olmadığını göstermektedir. Ayrıca transgenik ürünlerin insan ve hayvan genomunda nasıl bir etkiye neden olacağına tamamen bilinmemesi de ayrı bir sorundur. Her ne kadar tüketilen transgenik ürünlerin sindirim sırasında çeşitli enzimler ile parçalanıp vücuttan atıldığı ifade edilse de bazı çalışmalar bunun aksine aktarılan bu genlerin sindirim enzimleri ile tamamen parçalanmadığını belirtmektedir (Denli, 2012; Lassoued ve ark., 2019).

4.2.4. Biyolojik çeşitliliğin azalması / Reduced biodiversity

Genetiği değiştirilmiş tohumların, ekimi yapılan tarlalara yakın bölgelerde yetişen aynı türe ait yabani veya genetiği değişmemiş bitkilere tozlaşma yolu ile genetiği değiştirilmiş organizmalardaki yabancı genlerin aktarılmasına *gen kaçışı* denir. Bunların çevreye dağılması halinde çeşitli çevre sorunlarının oluşabileceğinden bahsedilmektedir. Bu, en önemli risk olarak ifade edilebilir. Bunu önlemek için ciddi ve masraflı tedbirler almak gerekmektedir. Gen kaçması sonucunda hedef olmayan organizmaların herbisit ve böcek direnci gibi özellikler kazanması sonucu doğal varyetelerden ayrık otu gibi süper yabani bitki türleri oluşabilir. Bu durumda çapraz tozlaşma sırasında böceklerde de aynı gen kaçışları olabilir. Bu gen kaçışları, uzun vadede organizmaların genetik özgünlüğünü kaybetmesine, dayanıklı yabani bitki ve böceklerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durum daha fazla tarım ilaçlarının kullanımını ve masraflarını arttırabilir (Arvas ve Kaya, 2019; Miles ve ark., 2019; Lal ve ark., 2020).

4.2.5. Çevresel zararlar ve kaygılar / Environmental damages and concerns

İnsanoğlunun doğaya ve ekosisteme zarar veren müdahalelerde bulunması canlı ve çevre felaketlerine sebep olmaktadır. Kur'an-ı Kerim'de zaten buna "*Başınıza her ne musibet gelirse, kendi yaptıklarınız yüzündendir. O, yine de çoğunu affeder*" (Şûrâ, 42/30) ayetiyle işaret edilmiştir. İşte insanın doğaya karşı yapmış olduğu olumsuz müdahalelerden biri de genetik transferlerdir. Çünkü GDO'ların doğrudan ya da dolaylı olarak çevre üzerinde bir takım olumsuz etkileri son yıllarda sıklıkla dile getirilmektedir. Bitkiler arasında gen alışverişleri hayvanlara oranla daha kolaydır. Bu yüzden genetiği değiştirilmiş bitkilerdeki gen kaçışı önem arz etmektedir. Bu sebeple meyve ve sebzelerden beklenen faydalar alınmayabilir (Korkut ve Soysal, 2013; Lal ve ark., 2020).

4.2.6. Gen patentleme ve terminatör teknolojisinin etkisi / Gene patenting and the impact of terminator technology

Transgenik ürünler üreten bazı biyoteknoloji şirketleri, günlük hayatta önemli gördükleri genleri ve tohumları

patentleyerek kendi kontrolleri altında tutmak gayreti içerisinde bulunabilmekteler. Bunun bazı mahzurları vardır. Bu durumda o firmalar kendileri dışındaki araştırmacılara karşı çıkmaktadırlar. Terminatör gen teknolojisi ile patentli transgenik tohumlar bir defaya mahsus toprağa ekilmekte olup onlardan çıkan tohumlar bir kez daha kullanılmamaktadır (Safian, 2019). Bu bir anlamda kısır bitki elde etme tekniğidir. Terminatör teknolojisi birçok farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Onun yöntemleri konumuzun dışındadır. Terminatör gen teknolojisi insanları uluslararası firmalara bağımlı hale getirebilir. Bu firmalar tohumları diledikleri fiyatlardan satabilirler. Ayrıca transgenik tohumlar için özel kimyasal ilaçlar gerekecektir. Yine aynı firmalar bu ilaçları piyasaya sürecektir. Neticede terminatör teknolojisi ile tarım üreticileri birçok açıdan o firmalara bağımlı kalacaklardır (Celik ve Balik, 2007; Mukherjee ve Kumar, 2014).

4.2.7. GD gıdaların etiketlenmesi ile ilgili kaygılar / Concerns about labeling GMO foods

Avrupa Birliği yasalarına göre, bir ürünün içerisinde %0,9 oranında GDO veya türevleri varsa bu bilgi etikete yazılmalıdır. AB de yetkili iki teşkilattan biri AB Komisyonu, diğeri ise Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi EFSA'dır. Bu limit, ülkelere göre değişkenlik arz edebilir. Mesela bu oran Fransa'da %0,1; İsviçre, Avustralya, Yeni Zelanda'da ve Çin'de %1; Güney Kore'de %3; İsrail ve Rusya'da %0,9, Japonya, Tayland, Tayvan ve Endonezya'da %5; Brezilya için %1 ve Norveç'te ise %2'dir. Kanada ve ABD'de GDO etiketleme zorunluluğu yoktur. Halkın isteği etiketleme yönünde olsa da serbest ticaret açısından her iki devlet de bunu uygulamamaktadır (Korkut ve Soysal, 2013).

Türkiye'de ise 2010 senesinde dönemin tarım bakanı, tescil edilmiş genler dışında GDO içeren ürünlere izin verilmediğini ifade etmiş ancak belirli miktarda ve izni alınmışlara etiketleme şartıyla ruhsat vermiştir. Tarım Bakanlığınca yayımlanan GDO yönetmeliğinin 5/3. maddesinde GDO, bebek mamalarında yasaklandı. Aynı yönetmeliğin 5/6. maddesinde GDO ve türevlerinin kullanım oranı %0,9'un altındaysa ürün GDO'suz sayıldı. 5/8. maddesinde ise GDO'suz bir ürün üreten firmanın ürettiği ürünün etiketine "GDO'suzdur" ibaresinin yazılması yasaklandı (Ozer, 2011). Bu durum "acaba etikete GDO'suzdur ifadesinin yazılmasının yasaklanması kimi, niçin rahatsız eder?" sorusunu akıllara getirmiştir (Gunay ve Ozdemir, 2016).

4.2.8. Hayvan refahı açısından kaygılar / Concerns regarding animal welfare

GDO endüstrisi ilaç endüstrisi gibi, deneylerde sıklıkla bazı hayvanları laboratuvarlarda kobay olarak kullanılmaktadır. Genetik biliminin ilerlemesi ile beraber, hayvanların süt, et ve yağ gibi özelliklerini değiştirerek, daha fazla ürün elde edilmeye çalışılmaktadır. Mesela domuzla aktarılan ve irileşmeyi destekleyen genler, etin daha az yağlı ve daha yumuşak olmasını sağlamıştır. Yine Yeni Zelandalı araştırmacıların geliştirdiği kazein proteini yüksek süt üreten transgenik inekle peynir üretiminde verimliliği arttırmıştır. Ar-Ge çalışmaları ile hastalık direncinin geliştirilmesi, koyunlarda doğum oranının artırılması, iki aktif yumurtalık oluşturarak tavuklarda yumurta üretiminin artırılması gerçekleştirilmiştir (Korkut ve Soysal, 2013). Benzer bir uygulama da örümcekte keçiye yapılan bir gen transferi durumudur. Keçi sütünün örümcek ağı gibi lifler içerdiğinin

görüldüğü iddia edilmiştir (Tonguc, 2017). Eğer gerçekten durum bu aşamalara gelmişse, böyle bir sütün içimi birçok açıdan problemli hale gelmiş demektir.

Hayvanların genleriyle oynanması hayvan hakları savunucuları tarafından reddedilmektedir. Onlara göre daha fazla kazanç elde etmek için hayvanların genetikleri ile oynamak hayvanlara bir tür eziyettir. Aynı zamanda bu bir çevre problemidir (Denli, 2012).

4.2.9. Dini, etik ve kültürel kaygılar / Religious, ethical and cultural concerns

Gen transferleri sayesinde yeni canlı türlerinin ya da varyantlarının elde edilmesi dini, ahlaki ve etik tartışmaları beraberinde getirmiştir. Bu yöntemlerle yeni canlı türlerinin oluşturulması Allah'ın yaratıcılığına bir müdahale olabileceği, hilkati değiştirme söz konusunun olabileceği, onun evrene koyduğu sistemi bozabileceği ve Allah'ın bundan hoşnut olmayacağını ifade eden dini bilgiler vardır. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar nereye kadar dayanabilir, tüm canlıları bir felakete sürükler mi, bu sayede insanlığın sonunu insanlık kendi elleriyle hazırlar mı? kaygıları bu çevrelerin zihinlerini meşgul etmektedir (Ozer, 2011; Yuksek, 2018; Arvas ve Kaya, 2019). Yakın geçmişimizde bu kaygılara yol açan bazı hadiseler gerçekleşmiştir. Mesela 2003 yılında sperme gerek duyulmaksızın bir anneden alınan deri hücrelerinden elde edilen kök hücreyle bir bebek dünyaya getirilmiş ve adı "Eve (Havva)" olan iki kopya bebek oluşturulmuştur (Mutlu, 2010). Bu işlem daha 1996'da gerçekleştirilen ilk transgenik koyun Dolly örnek olarak yapılmıştır (Korkut ve Soysal, 2013). Erkeğe gerek olmadan "kopya canlıların üretilmesi kadın-erkek ilişkilerini olumsuz etkileyerek dünyanın doğal seyrini bozabilecektir. Ayrıca anne-baba, eş, dede, dayı amca gibi kavramlar anlamlarını yitirecektir.

Konuyla ilgili araştırmaları yapan Ahmet Mutlu özetle şu kaygı ve öngörülerini dile getirmektedir: "Kendilerine imkân sağlandığında, insanların uygun olmayan ve aklın sınırları dışındaki eylemlerde bulunma olasılığının olduğunu unutmamak gerekir. Bu nokta, ailelerin, doğacak çocuklarını seçme ya da seçmeme tavırları bakımından oldukça önemli görünmektedir. Hamilelik aşamasında kusurlu olduğu öğrenilen bir çocuğun doğumunun engellenmesi ve "standart" özelliklerde bir çocuğa sahip olma keyfiyeti, anne-baba kavramlarının hem kültürel hem de psikolojik olarak içeriğinin boşalması ve çocukların ebeveynlerine sadece "biyolojik bir bağlılık duymaları" sonucunu doğurabilecektir.

Doğacak çocukların cinsiyetini seçebilmek insan soyunun devamı bakımından ve ekolojik dünyanın geleceği bakımından tehlikeler taşımaktadır. Her şeyden evvel çeşitli toplum ya da toplulukların -ilkel toplulukların Ataerkil yapıları ya da feminist gruplar- tek cins çocuk sahibi olma eğilimleri, neslin sürekliliği bakımından potansiyel bir tehlike taşımaktadır. Öte yandan böyle bir eğilim, "insan klonlama" yöntemi ile birlikte düşünüldüğünde de normal olmayan insan artışı sonucunda doğal kaynaklar ve besinler üzerinde büyük baskılar olabilecektir.

"En iyi ve en kaliteli" ye sahip olmayı körükleyen kapitalizmin ve onun ayrılmaz cüzü rekabet için gen teknolojisi, mevcut tüm -yasal ve ahlaki- sınırlamaları kaldıran bir işlev taşımaktadır. Yine para ve onun gücü... En iyi ve en kalitelinin ölçüsü para olduğundan, değişen fiyatlara göre "adam satın almak veya siparişi vermek" mümkün olabilecektir.

Tüm insan hakları ile ilgili bildiriler de yer alan "insanlar eşit yaratılmıştır" ifadesi genetiğin mevcut gelişmelerine göre yeniden kurgulanmak durumundadır. Bir taraftan, düzenin kaynağı olarak

karmaşanın ve çeşitliliğin gerektiğine dikkat çeken gelişmeler yaşanırken, diğer taraftan, belirli kalıplardan çıkan "tek tip" insanların geliştirilmesi, bilim içinde bir çelişkidir. Fiziksel ve düşünsel farklılıklarımızın giderildiği bir ortamda, insanların eşitliğinden değil, "denk"liğinden söz edilir. Dolayısıyla "bütün insanlar eşit yaratılmıştır" söylemi de "bütün insanlar koyun (!) yaratılmıştır" olarak okunabilir.

Bireysel ve toplumsal standardizasyonun bir diğer tehlikesi, olaylar ve fikirlerin nüvesindeki diyalektiğin yok olmasıdır. Çünkü More'un ütopyasında olduğu üzere, tek tip yaşam ve insanlardan oluşan bir dünyada insanoğlunun düşünme kabiliyeti de büyük zarar görecektir. Bilimsel ve toplumsal hayatın belkemiği olan bu olguların unutulması, insanoğlunun tek boyutlu bir geleceğe mahkûm olmasından başka, bilgiyi elinde tutan ve kullanan bir "seçkinler sınıfı"nın doğmasını da kolaylaştıracaktır.

Yukarıdaki sosyal kültürel yaklaşımları yanı sıra sosyo-ekonomik toplum yapısında da köklü ve rahatsız edici gelişmeler yaşamak mümkündür. Daha açık ifadeyle özellikle işverenler, sigortacılar gibi mesleklerin toplumda icra edilmesi insanlara kobay muamelesi yapılmasına indirgenebilir. Örneğin, işveren işçiden sağlık raporları isteyebilir. Kişinin geninde ileri yaşamında risk ve verim düşüklüğü oluşturabilecek durumu görebilir. Bu durumda da o işçiyi işe almak istemeyebilir. Dolayısıyla hasta ve sakatlık söz konusu olan kişiler sosyal ve ekonomik açıdan daha da kötü durumlara itilebilirler. Sigortacılıkta bu tür ayrımcılıklar yapmak yasak olsa bile sigorta şirketleri hasta ve sakatlara gen haritalara bakarak ya sigorta yapmayacaklar ya da anormal derecede yüksek primler isteyebileceklerdir. Bu durum birey ve toplum nezdinde problemlere sebep olabilecektir. Böylece gen teknolojisi kapitalist çikarlar doğrultusunda kullanılabilir (Mutlu, 2010).

Ortaya konan öngörü ve kaygılar, bu teknolojinin kötü hedefli insanların elinde olması durumunda ne tür sorunların olabileceğini göstermektedir. Bazen iyi niyetli olmakta tehlikeleri bertaraf etmek için yeterli olmayabilir.

Bilindiği üzere İslam ve Yahudilikte domuz eti, haşerat, böcek ve yırtıcı hayvanlar dinen yenmez. Aynı şekilde bu hayvanlardan elde edilmiş ürünler de tüketilemez. Bugün gen transferleri yapan çevreler bu ilkelere genelde itibar etmemektedir. Bu da İslam ve Yahudi din mensupları arasında rahatsızlıklara sebep olmaktadır.

4.2.10. Geleceğe yönelik kaygılar / Concerns about the future

Gen mühendisliği alanındaki verilerden yola çıkılarak birçok bilim adamı geleceğe dair bazı kaygılar içerisindedir. Biyoteknolojik yöntemler ile üretilen fenotipik ve genetik özelliklere sahip hayvan ve bitkilerin ileriki yıllarda ne tür bir sonuca varacakları kestirilememektedir. Bu gelişmeler canlılar dünyası için büyük felaketlere neden olabilirler. Bu durumlar bilim çevrelerinde merak ve kaygı konusudur (Denli, 2012). Onlar bu endişelerine *Salmonella* salgını, deli dana hastalığını ve bunlara benzer birçok hadiseyi örnek olarak gösteriyorlar. Canlı bir varlığı zehirleyebilen mikroorganizmaları ve üretilmiş süper bitkileri konu alan deneyler sırasında laboratuvarlarda olabilecek kazalarda biyolojik toksinlerin, zehirli maddelerin çevreye yayılması halinde oluşabilecek felaketlere de dikkat çekmektedirler (Celik ve Balik, 2007). Bunun en güzel örneklerinden biri de yakın geçmişte tecrübe ettiğimiz, tüm dünyayı maddi ve manevi açıdan olumsuz anlamda etkileyen Covid-19 pandemisinde virüsün doğal bir virüs mü yoksa gen teknolojileri ile elde edilmiş bir biyolojik silah mı olduğu konusudur (Tokel, 2021; Kurtcu ve ark., 2022).

Biyoteknolojik yöntemlerle gıda üreten ve GDO piyasasını elinde tutan büyük şirketler, tohum ve gıda kısıtlamasına

giderlerse teknolojiye geri kalmış, başka ülkelere bağımlı yaşayan veya hasım olan ülkeler büyük açlık ve kıtlıkla karşı karşıya kalabilirler. Jeremy Rifkin bu konuda şunları ifade etmektedir: Genetik mühendisliğindeki ilerlemelerin, biyolojik silahların üretilmesi bakımından dikkat çekici olduğu da muhakkaktır. 20. yüzyılın başlarında atomun parçalanmasıyla, insanlık, ilk kez kendi geleceğinin sona ermesi olasılığıyla karşı karşıya kalmıştır. Arkasından, DNA sarmalının keşfedilmesiyle başlayan ve günümüzdeki gelişmelerle sonuçlanan genetik biliminin “silah” amacıyla kullanıldığına kendi varlığı için daha yıkıcı tehdit oluşturabileceği ileri sürülmektedir (Rifkin, 1998). Genetik mühendisliği marifetiyle üretilen tehlikeli virüsler, bakteri ve mantarlar kasten ya da yanlışlıkla çevreye yayılırsa tüm canlılar için büyük felaketlere yol açılabilir.

5. GDO içeren ürünlerin islam hukuku açısından değerlendirilmesi ve sonuç / Evaluation of GMO products in terms of islamic law and conclusion

Genetiği değiştirilmiş ürünleri İslam hukuku açısından değerlendirirken onu çok farklı açılardan ele almak gerekir. Bir çırpıda ona haramdır, helaldir veya mekruhtur demek doğru olmaz. Sağlıklı bir karar için onun fitratı değiştirme olup olmadığı, canlı organizmada kalıcı izler bırakıp bırakmadığı, gen transferlerinde alan ve veren objenin helal veya necis olup olmadığı, yapılan gen transferlerinin insan ve çevreye maslahat ve menfaat sağlayıp sağlamadığı, bu alanda yapılan çalışmaların gıda ve tohum sektöründe bir sömürü, tekelleşme ve kötü amaçla kullanım oluşturup oluşturmadığı gibi hususlar titizlikle ele alınmalıdır. Bu penceleden bakarak özetle şunları söyleyebiliriz.

Her şeyden önce genetiği değiştirilmiş ürünler uluslararası bazda üretimi ve tüketimi konu olan ve geniş kitleleri ilgilendiren bir konudur. Konunun sağlık, etik, dini ve sosyolojik yönleri vardır. Genetik mühendisleri, biyologlar, sosyologlar, ekonomistler, gen transferleri ile ilgilenenler, bu ürünlerin olumlu ve olumsuz yönlerinden bahsetmektedir. Biyoteknolojik yöntemler kullanılarak bir organizmaya ait doğal özellikler bir başka organizmaya aktarılabilir ve yeni bir tür elde edilebilir. Haliyle bu değişimlerden olumlu veya olumsuz etkilenen çevreler veya rant

Kaynaklar / References

- Akpan, G. E., Ndukwu, M. C., Etim, P. J., Ekop, I. E., & Udoh, I. E. (2023). Food Safety and Agrochemicals: Risk Assessment and Food Security Implications. In *One Health Implications of Agrochemicals and their Sustainable Alternatives* (pp. 301-333). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Arvas, Y. E. (2017). *Genetiği değiştirilmiş bitkiler ve tanısı*, (pp. 1-112). Düsseldorf: LAP Lambert publishing.
- Arvas, Y. E., & Kaya, Y. (2019). Genetiği değiştirilmiş bitkilerin biyolojik çeşitliliğe potansiyel etkileri. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 168-177.
- Atsan, T., & Kaya, T. E. (2008). Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 1-6.
- Boran, M. (2016). Hanefi mezhebinde yiyecek ve içeceklerde helallik ve haramlık ölçütleri, Doktora Tezi, (pp. 60-75). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.
- Bux, C., Varese, E., Amicarelli, V., & Lombardi, M. (2022). Halal food sustainability between certification and blockchain: a review. *Sustainability*, 14(4), 2152.
- Celik, V., & Balik, D. T. (2007). Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO). *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 13-23.
- Denli, M. (2012). Genetiği değiştirilmiş organizmalar, sektörel araştırmalar ve etikler. *İstanbul: Ticaret Odası*, 90, 104-107.
- FAQGMF. (2023). Frequently Asked Questions on Genetically Modified

elde etmek isteyen bazı gruplar oluşabiliyor. Ayrıca GDO'nun insan ve hayvan sağlığı, bitki ve tohum kalitesi, ekonomik dengeler açısından birçok olumlu ve olumsuz sonuçları tespit edilmiş durumdadır. Bu yüzden GDO içeren ürünler hususunda olumlu yaklaşım sergileyen, bu ürünlerin üretimini ve tüketimini destekleyen bazı kişi ve kuruluşlar olduğu gibi, bu ürünlerin insan, hayvan ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle eleştirel bir tutum takınarak bu ürünlerin kullanımının tamamen veya kısmen yasaklanması gerektiğini ileri süren çevreler de vardır. Bu noktalara da dikkat ederek konuyu İslami açıdan şöyle değerlendirebiliriz.

İçerisinde domuz, kan, besmelesiz kesilmiş veya kendi kendine ölmüş hayvandan parçalar bulunan veya İslami açıdan necis sayılan maddelerle elde edilen tüm genetiği değiştirilmiş ürünleri üretmek, yemek, içmek ve ticaretini yapmak İslami açıdan uygun değildir. Dolayısıyla böyle uygulamalara haram demek doğru olacaktır.

Genetiği değiştirilmiş bir ürün, insan, hayvan veya bitkilerde bazı zararlara sebep oluyorsa bunları kullanmak ve üretmekte İslam'ın temel ilkelerine uygun olamaz. Dolayısıyla bunlara da caiz demek doğru olmayacaktır. Ancak insan ve çevre sağlığına, refahına faydalı olursa o zaman İslam buna müsaade edebilir.

Genetiği değiştirilmiş ürünler bir grup insanın aç kalmasına, sömürülmesine, yaşayabilmesi için başkalarına muhtaç olmasına, bir ürünü normalden daha pahalıya almasına veya nimetlerin hep aynı grup insanlar tarafından kullanılmasına sebep olursa yine İslam'ın sosyal adalet prensipleri gereği caiz olmayacaktır. Ancak GDO, insan ve doğaya fayda sağlayacaksa, hastalıklara şifa olacaksa, insanlığın ve doğanın menfaatini temin edecekse elbette İslami açıdan caiz ve helal olacaktır.

Çıkar çatışması / Conflict of interest: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder / The author declares that he has no conflict of interests.

Etik beyanı / Informed consent: Bu çalışmada, yazar, hiçbir insan ya da hayvan denek kullanılmadığını ve Etik Kurul iznine gerek olmadığını beyan eder / The author declares that this manuscript did not involve human or animal participants and informed consent was not collected.

- Foods, <http://www.who.int/foodsafety/>, Erişim tarihi 28.12.2023.
- Gatew, H., & Mengistu, K. (2019). Genetically modified foods (GMOs); a review of genetic engineering. *Journal of Life Sciences and Biomedicine*, 9(6), 157-163.
- Gozukirmizi, N. (2010). *Bitki biyoteknolojisi gıda biyoteknolojisi*, (pp. 393-413). Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd., İstanbul.
- Gunay, H. M., & Ozdemir, M. (2016). İslami açıdan genetiği değiştirilmiş ürünler. *Journal of International Social Research*, 9(45), 1004-1023.
- Gungor, E., & Demiryürek, K. (2021). Türkiye’de genetiği değiştirilmiş organizmalar. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 140-154.
- Hasim, N. A., Amin, L., Mahadi, Z., & Mohamed Yusof, N. A. (2022). Islamic ethical principles to protect environment affected by modern biotechnology. *International Journal of Islamic Thought*, 21.
- Hugenholtz, J., Starrenburg, M., Boels, I., Sybesma, W., Chaves, A. C., Mertens, A., & Kleerebezem, M. (2000). Metabolic engineering of lactic acid bacteria for the improvement of fermented dairy products. *Animating the cellular map. Proceedings of BTK*, 3009-3013.
- James, C. (2015). *Global status of commercialized Biotech/GM crops: 2015 ISAAA Brief No. 51*. ISAAA.
- Karadavi, Y. (1973). *İslamda helal ve haram*, (pp. 1-576). İstanbul: Hilal Yayınları.
- Karaman, F. (1996). Rızık ve kazanç anlayışı üzerine bir inceleme. *Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 1, 155-178.
- Karaman, H. (2010). *Günlük hayatımızda helaller ve haramlar*, (pp. 1-240). İstanbul: İz Yayıncılık.

- Korkut, D., & Soysal, A. (2013). Genetiği değiştirilmiş organizmalar. *Ankara: Halk Sağlığı Uzmanları Derneği (HASUDER). Lönnnerdal, B.(2003). Genetically Modified Plants for Improved Trace Element Nutrition, (133), 1430, 1433.*
- Kurtcu, M., Demir, E., Kiraz, M., & Aydoğdu, G. (2022). Yeni tip koronavirüs (covid-19) biyolojik bir silah olabilir mi? Çorum ilinde yaşayan bireylerin düşünceleri üzerine bir alan araştırması. *Hittit Medical Journal, 4(1), 10-21.*
- Kutub, S. (1986). *Fî Zilâli 'l-Kur 'ân*, (pp. 973-976). Kahire: Dâru'ş-şurûk, II.
- Lal, M., Bhardwaj, E., Chahar, N., Dangwal, M., & Das, S. (2020). (Trans) gene flow: mechanisms, biosafety concerns and mitigation for containment. *Reproductive Ecology of Flowering Plants: Patterns and Processes, 335-394.*
- Lassoued, R., Macall, D. M., Smyth, S. J., Phillips, P. W., & Hessel, H. (2019). Risk and safety considerations of genome edited crops: expert opinion. *Current Research in Biotechnology, 1, 11-21.*
- Lewis, J. A., & Morran, L. T. (2022). Advantages of laboratory natural selection in the applied sciences. *Journal of Evolutionary Biology, 35(1), 5-22.*
- McCullum, C., David, P., & Paoletti, M. G. (2019). Biotechnology in agriculture and the environment: benefits and risks. In *Biotechnology and safety assessment* (pp. 177-217). CRC Press.
- Miles, L. S., Rivkin, L. R., Johnson, M. T., Munshi-South, J., & Verrelli, B. C. (2019). Gene flow and genetic drift in urban environments. *Molecular Ecology, 28(18), 4138-4151.*
- Mukherjee, S., & Kumar, N. S. (2014). Terminator gene technology-their mechanism and consequences. *Science Vision, 14(1), 51-58.*
- Mutlu, A. (2010). Gen teknolojisine ekolojik sorun olarak bakmak. *VIII. Kamu Yönetimi Forumu*, Ankara.
- Natarajan, S., Luthria, D., Bae, H., Lakshman, D., & Mitra, A. (2013). Transgenic soybeans and soybean protein analysis: an overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(48), 11736-11743.*
- Ozer, K. (2011). *Deccal tabakta, dini, siyasi ve vicdani açıdan GDO*, (pp. 1-296). İstanbul: HAYYKitap.
- Ozyigit, I. I. (2012). *Agrobacterium tumefaciens* and its use in plant biotechnology. In: M. Ashraf et al. (Eds.), *Crop Production for Agricultural Improvement*, (pp. 317-361). Springer.
- Ozyigit, I. I., Can, H., & Dogan, I. (2021). Phytoremediation using genetically engineered plants to remove metals: a review. *Environmental Chemistry Letters, 19(1), 669-698*
- Ozyigit, I. I., Dogan, I., Hocaoglu-Ozyigit, A., Yalcin, B., Erdogan, A., Yalcin, I. E., ... & Kaya, Y. (2023). Production of secondary metabolites using tissue culture-based biotechnological applications. *Frontiers in Plant Science, 14, 1132555.*
- Picado, W. (2022). Technology, geopolitics, and institutions: an evaluation of the green revolution dominant narrative in Latin America. In *Handbook of the Historiography of Latin American Studies on the Life Sciences and Medicine* (pp. 1-19). Cham: Springer International Publishing.
- Pielke Jr, R., & Linnér, B. O. (2019). From green revolution to green evolution: A critique of the political myth of averted famine. *Minerva, 57(3), 265-291.*
- Potrykus, I. (2001). Golden rice and beyond. *Plant Physiology, 125(3), 1157-1161.*
- Rifkin, J. (1998). *Biyoteknoloji yüzyılı*, (pp. 1-326). İstanbul: Evrim Yayınları.
- Safian, Y. H. M. (2019). Shariah attitude towards genetically modified foods: aqli and naqli analysis. *Journal of Fatwa Management and Research, 14-28.*
- Saltık, A. (2010). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve halk sağlığı. In *Farklı Boyutlarıyla Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar*, (pp. 33-40). Ankara Tabip Odası.
- Senturk, L., Yazici, S., (2019). *İslam ilmihali*, (pp. 1-584). Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.
- Singh, P. K., Singh, P., Singh, R. P., & Singh, R. L. (2022). Transgenesis in plants: principle and methods. In *Plant Genomics for Sustainable Agriculture* (pp. 41-70). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Stander, J., Mbewana, S., & Meyers, A. E. (2022). Plant-derived human vaccines: Recent developments. *BioDrugs, 36(5), 573-589.*
- Sun, S. S., & Liu, Q. (2004). Transgenic approaches to improve the nutritional quality of plant proteins. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 40, 155-162.*
- Sen, S., & Altinkaynak, S. (2014). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve potansiyel sağlık riskleri. *Sakarya University Journal of Science, 18(1), 31-38.*
- TDV, (2006). *İlmihal II*, 32; bk. Salih Yakup Abdurrahman, *el-İbahatü unde 'l-usûliyyin*, Riyad: Mektebetü'r-rüşd, 30-40.
- Tokel, 2021; Kurtcu ve ark., 2022). Dünya pamuk tarımı ve ekonomiye katkısı. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(2), 1022-1037.*
- Tokel, D., Genc, B. N., & Ozyigit, I. I. (2022). Economic impacts of Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton. *Journal of Natural Fibers, 19(12), 4622-4639.*
- Tonguc, T. (2017). Keçi Sütünden Örümcek Lifi Elde Etmek, <https://www.muhandisbeyinler.net/keci-sutunden-orumcek-lifi-elde-etmek/>, Erişim tarihi 28.12.2023.
- USPIRG, (2023). United States Public Interest Research Group, <http://www.uspirg.org/sites/>, Erişim tarihi 28.12.2023.
- Yukse, A. (2016). Ahlak ekseninde fıkım gençlerde karakter inşası. *Sinop Üniversitesi Uluslararası Gençlik ve Ahlâk Sempozyumu Bildiriler Kitabı. (I)*, 113-133.
- Yukse, A. (2018). *İslam hukukuna göre helal gıda ve GDO'lu ürünler (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar)*, (pp. 1-309). Bışkek: Üniversite Yayınları.

Cite as / Atıf şekli: Yuksek, A. (2023). İslami perspektiften genetiği değiştirilmiş organizmalar. *Front Life Sci RT, 4(SI), 29-37.*



Derleme makalesi / Review article

Geçmişten günümüze potansiyel hammadde kaynağı: Likenler

Orcun Toksoz*¹ ¹ Marmara University, Institute of Pure and Applied Sciences, Biology Program, 34722, Istanbul, Türkiye

Öz

Likenler içerdikleri 1000'den fazla metabolit sayesinde antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, insektisidal, antikanser ve boyar madde potansiyelleri gibi biyolojik etkinliklerinden dolayı çeşitli sektörlerde bir hammadde kaynağı olarak tercih edilmektedir. Yüzlerce yıldır etnofarmakolojik olarak birçok hastalığın tedavisinde halk arasında kullanılmasının yanı sıra günümüzde hala likenlerin ilaç potansiyelleri araştırılmaya devam edilmektedir. Likenlerin kendilerine has aromatik yapısı ve besleyici özellikleri nedeniyle baharat, ekmek-pasta ve çay olarak tüketimleri gıda sektöründe uzun yıllardır devam etmektedir. Ekonomik anlamda en önemli kullanım alanlarından biri olan boyar madde içerikleri nedeniyle likenler başta tekstil sektörü olmak üzere birçok sektörde tercih edilmektedir. Ayrıca tarımsal alanda ise fitopatojenlere karşı insektisidal ve antifungal etkinliğe sahip oldukları bilinmektedir. Likenlerin ve içerdikleri metabolitlerin yalnızca bir kısmının etkinlikleri biliniyor olsa da, tüm özellikleri hala tam olarak aydınlatılmamıştır. Bu bağlamda, liken ve etken maddelerinin biyoaktivitelerinin gelecekte açığa çıkartılmasıyla birlikte, birçok sektörde potansiyel hammadde olarak kullanılması öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Boya; gıda; insektisidal; liken farmasötikleri

Potential raw material source from past to present: Lichens

Abstract

Lichens are preferred as a potential raw material source in various sectors due to their biological activities such as antioxidant, antimicrobial, antifungal, insecticidal, anticancer, and colorant potentials thanks to more than 1000 metabolites they contain. In addition to being used ethnopharmacologically for hundreds of years in the treatment of many diseases, the pharmaceutical potential of lichens is still being investigated today. Due to their aromatic structure and nutritional properties, lichens have been consumed as spices, bread-pastry and tea in the food sector for many years. Lichens are preferred in many sectors, especially in the textile sector, due to their dyestuff content, which is one of the most important economic uses of lichens. They are also known to have insecticidal and antifungal activity against phytopathogens in the agricultural field. Although only some of the activities of lichens and the metabolites they contain are known, all their properties are still not completely described. In this context, with the future discovery of the bioactivities of lichens and their active ingredients, they are expected to be used as potential raw materials in many sectors.

Keywords: Dye; food; insecticidal; lichen pharmaceuticals

* Sorumlu yazar / Corresponding author.

E-mail: toksozorcun@gmail.com (O. Toksoz).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1402906> Yazar katkıları / Author contributions

Geliş tarihi / Received 10 Aralık 2023 / 10 December 2023; Kabul tarihi / Accepted 26 Aralık 2023 / 26 December 2023

Çevrimiçi yayın / Available online 30 Aralık 2023 / 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

1. Giriş / Introduction

Likenler, mikobiyont (mantarlar) ve fotobiyont (alg veya siyanobakter) simbiyotik birliktelikleri sonucu oluşan karmaşık yapıları organizmalardır (Spribille ve ark., 2016; Arun ve ark., 2023). Mikobiyontlar genellikle, ascomycetes, phycomycetes, basidiomycetes şubesi üyelerinden oluşurken, fotobiyontların ise ökaryotik yeşil algler ve siyanobakterilerden oluştuğu bildirilmiştir (Kosanic ve ark., 2014). Fotobiyontlar klorofil içerdiklerinden dolayı, liken için fotosentez görevi görürken, mikobiyont kısmı ise fotobiyont için gelişim ortamı (nem ve besin) ve organik besin üretimini gerçekleştirirken aynı zamanda mekanik destek sağlamaktadır. Likenlerin dünya çapında farklı şekil, renk ve boyutlarda yaklaşık 20000 türe sahip olduğu tahmin edilmektedir (Kekuda ve ark., 2018). Likenler çöller, yüksek dağlar, kayalar, arktik bölgeler gibi çeşitli ekstrem koşullarda (aşırı sıcak ve soğuk, susuzluk, yüksek seviye ultraviyole radyasyon vb.) hayatta kalmaya adapte olmuş dirençli organizmalar olduklarından geniş bir yayılışa sahiptir (Grimm ve ark., 2021). Türkiye, iklim çeşitliliği ve zengin bitki örtüsü sayesinde likenlerin yetişmesi için uygun bir habitat sağlamaktadır. Türkiyede 4000'e yakın liken türü olduğu düşünülse de yaklaşık 1898 liken ve likenikol fungi türüne ev sahipliği yaptığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. (John ve Türk., 2017; John ve ark., 2020, Cobanoğlu., 2021). Her geçen yıl yapılan çalışmalar ile liken türlerine ait bu sayı artmaya devam etmektedir (Yazici ve Aslan., 2023).

Likenlerin ekstrem koşullarda hayatta kalma eğilimleri, liken maddeleri olarak bilinen içerdikleri benzersiz ve çeşitli metabolitlerin varlığından kaynaklanmaktadır. Liken metabolitlerinin büyük çoğunluğu mikobiyont ortak tarafından üretilirken bazı durumlarda fotobiyont ortağı da katkıda bulunabilmektedir (Cox ve ark., 2005). Bitkilerden farklı olarak tamamı likenlere özgü 1000'den fazla bileşik tanımlanmıştır (Molnár ve Farkas., 2010; Gill ve ark., 2022). Likenlere özgü bu metabolitlerin çoğu temel olarak, asetil-malonat, mevalonat ve şikimat yollarından üretilmektedir. Asetil-malonat yollarından genellikle; depsidler, depsidonlar, antrakononlar, ksantonlar, kromonlar, dibenzofuranlar, mevalonate yolağından, steroidler, karetonidler, terpenler ve şikimat yolları ile, terfenilkinonlar, pulvinik asit türevleri sentezlenmektedir (Goga ve ark., 2020). Likenlerin ürettiği sekonder metabolitlerin; antimikrobiyal (Kilic Yayla ve ark., 2023; Soloveva ve Kuzmina, 2023), antiviral (Bhat ve ark., 2023; Desmarettes ve ark., 2023), antioksidan (Soloveva ve Kuzmina, 2023) antikanser (Kello ve Goga, 2023; Thakur ve ark., 2023), antiinflamatuvar (Rajendran ve ark., 2023), antifungal, insektisidal (Loganathal ve ark., 2023; Tufan-Cetin ve ark., 2023) gibi çeşitli biyoaktivitelere sahip oldukları son yıllarda yapılan çalışmalarda detaylı olarak bildirilmiştir.

Likenlerin çok eski zamanlardan beri, başta Çin ve Mısır uygarlıklarında olmak üzere geleneksel tıpta tedavi amacıyla, antihistaminik ve antibiyotik özellikleri nedeni ile birçok hastalıkta ilaç olarak kullanıldığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Nayaka ve ark., 2010; Shukla ve ark., 2010). Geleneksel olarak liken preparatlarının, harici olarak dahilen veya bitkiler gibi diğer preparatların içerisinde katılarak kullanıldığı bilinmektedir. Genellikle ağız yaraları, cilt enfeksiyonları ve yaraların tedavisinde, sindirim, solunum ve akciğer rahatsızlıklarının tedavisinde etnomedikal olarak sıklıkla kullanıldığı bildirilmiştir (Rethinavelu ve ark., 2023). Günümüzde mevcut kullanılan ilaçların yerini alabilecek doğal etken maddeler ile ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu

bakımdan likenlerin sahip oldukları özgün sekonder metabolitler, farmasötik uygulamalar için potansiyel biyoaktivite gösteren doğal ürün kaynağı olarak araştırılmaktadır (Rankovic ve Kosanic, 2014; Ren ve ark., 2023; Singh., 2023).

Likenler yüzlerce yıldır birçok hastalığın tedavisinde kullanılmasının yanı sıra, besleyici özelliği nedeniyle gıda olarak, boyar madde özellikleri nedeniyle boya sektöründe, antifungal ve insektisidal etkinleri nedeniyle tarım gibi birçok sektör için umut vaat eden potansiyel hammadde kaynağı olarak görülmektedir (Rankovic ve Kosanic, 2019). Likenlerin güçlü biyoaktiviteleri onların birçok sektör için potansiyel kaynak olarak kullanılabilmesini düşündürse de endüstriyel anlamda kullanımları kısıtlıdır. Likenlerin doğada yavaş büyümesi, düşük biyokütleyle sahip olması ve *in vitro* koşullarda üretilmemesi onların endüstriyel olarak kullanımlarını kısıtlamakta ve bu nedenlerle büyük ölçekli ürünlerde kullanımları daha az tercih edilmektedir (Sharma ve Mohammad, 2020).

Tüm bunlara ek olarak, her ne kadar likenler ve liken maddelerinin biyoaktivitelerinin açığa çıkartılması ile ilgili çalışmalara uzun yıllardır devam etse de liken ve metabolitlerinin birçok özelliği hala tam olarak keşfedilmemiştir. Moleküler filogenetik, omik teknolojisi, modern doku kültürü, moleküler mühendislik gibi gelişen yeni biyoteknolojik yaklaşımlar likenlerin metabolit içeriklerinin belirlenmesi ve biyoaktivitelerinin keşfedilmesi açısından yenilikçi ve umut vaat eden yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalra ve ark., 2023).

Bu çalışmada liken ve metabolitlerinin farmakolojik etkinliklerin yanı sıra gıda, boya, tarım gibi sektörlerde potansiyel hammadde olarak kullanılabilirliğine dair mevcut bilgiler ve gelişmelerden bahsedilecektir.

2. Likenlerin gıda endüstrisinde kullanılması / Use of lichens in food industry

Likenler uzun yıllardan beri Çin, Japonya, Hindistan ve İzlanda gibi birçok ülkede gıda olarak kullanılmaktadır. Besin içerikleri açısından yüksek karbonhidrat ve enerji verici özelliğe sahip glukanlar, önemli düzeyde protein, esansiyel aminoasitler, polisakkaritler, bazı vitamin ve mineraller, fenolik içerik ve antioksidan özellikleri sayesinde likenlerin sağlıklı bir besin kaynağı olduğu belirtilmiştir (Thakur ve ark., 2023). Likenler birincil ve ikincil metabolitler bakımından zengin kaynaklardır. Birincil metabolitler; aminoasitler, peptidler, vitaminler, karotenoidlerdir (Dawes, 2017; Goga ve ark., 2020; Rethinavelu ve ark., 2023). Yenilebilir likenlerin ana sekonder metabolitleri ise kinonlar, depsidonlar, depsonlar ve pulvinik asit türevleridir (Shukla ve ark., 2010). Ayrıca askorbik asit, folik asit, riboflavin, tiamin vb. gibi birçok vitamende likenler tarafından sentezlenmesi onların besleyici değeri yüksek bir gıda kaynağı olduğunu göstermektedir (Rankovic, 2014).

Özellikle Doğu Asya ve çeşitli kültürlerde 42 liken türünün baharat, çay, ekmekek ve pastacılık gibi çeşitli gıda sektörlerinde halen kullanıldığı bildirilmektedir (Yang ve ark., 2021; Vinayaka ve Kekuda, 2024). Baharat ve aromatik olarak, *Cetraria islandica*, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea* ve *Ramalina* sp. türleri gıda endüstrisinde yemeklerin içerisinde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. (Hawksworth, 2004; Upreti ve ark., 2005; Aoussar ve ark., 2017; Yusuf, 2020). *Parmelia perlata*, Hindistan, Nepal gibi ülkelerde kokusu ve kendine has aroması nedeniyle et ve balık yemeklerinde baharat olarak kullanılırken (Thakur ve ark., 2023), *Parmotrema* sp.,

Pseudocyphellaria sp., *Heterodermia* sp. ve *Dirinaria* sp. gibi liken türleri Güney Hindistan ve Arap ülkelerinde yemeklerin pişirilmesi aşamasında baharat karışımlarının içerisinde kullanıldığı bildirilmektedir (Ponmurugan ve Arunkumar, 2023). Yine benzer olarak *Bryoria fuscescens*, *Bryoria fremontii*, *Everniastrum cirrhatum*, *Evernia prunastri*, *Parmotrema perlatum* gibi liken türlerinin ekme ve pasta yapımında kullanıldığına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Kirkpatrick ve ark., 2001; Culberson, 2002; Hawksworth, 2004; Devkota ve ark., 2017). Çek Cumhuriyeti, Norveç, İzlanda ve Estonya gibi ülkelerde, *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica* ve *Evernia prunastri* gibi liken türlerinin gıda kıtlığı dönemlerinde ekmeğin içerisinde kullanıldığı bilinmektedir (Airaksinen ve ark., 1986; Pawera ve ark., 2017). Likenlerin yiyecek olarak tüketilmesinin yanı sıra, *Cladonia fenestralis*, *Lobaria pulmonaria*, *Usnea florida*, *Lethariella* sp., *Thamnolia* sp., gibi liken türlerinin çay olarak tüketildiği de bilinmektedir (Cui ve ark., 2000; Wang ve ark., 2001; Odabasoglu ve ark., 2004; Yusuf, 2020). Bu likenlere ek olarak, *Usnea florida* içerdiği yüksek C vitamini içeriği ile soğuk algınlığı gibi hastalıklarda çay olarak tüketilir ve çay karışımlarına eklenerek dengeli ve hijyenik olmaları sağlanır (Yusuf, 2020). *Lethariella* sp. ve *Thamnolia* sp. liken türleri Çin ve Himalayalar'da çay olarak satılmakta ve yerel halk tarafından kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2021). Likenler kendilerine has aromatik ve tıbbi özellikleri nedeniyle çok eski zamanlardan beri çay olarak tüketilerek gıda sektöründe önemli bir yer almaktadır.

Likenlerin gıda endüstrisi açısından bir başka kullanım şekli de sahip oldukları antibakteriyel ve antioksidan gibi etkinlikleri nedeni ile gıdalarda koruyucu madde olarak raf ömrünün uzatılması ve sterilizasyon işlemlerinde kullanılabilme potansiyellerinin olmasıdır. Çeşitli çalışmalar likenlerin özellikle gıda patojeni bakteriler üzerinde antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir (Kumar ve ark., 2010; Abdallah, 2019; Toksoz ve ark., 2022). Gıda sektörüne yönelik çalışmalarının artmasıyla, liken etken maddelerinin etkinliklerinin belirlenmesi, gıda ürünlerinde koruyucu madde olarak kullanılmasıyla birlikte gıdaların raf ömrünü uzatarak sektörel anlamda ekonomik kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir (Queffelec ve ark., 2023).

Likenlerin içerisinde bulunan bazı liken polisakaritlerinin doğal olarak insanlar tarafından sindirilememesi ve bazı metabolitlerin insanlar için toksik olmaları nedeniyle tüketilmeden önce ön işlemlerden geçmesi gerektiği söylenmektedir (Yang ve ark., 2021). Bu nedenle likenlerin gıda olarak tüketilmeden önce çeşitli detoksifikasyon (kaynama, buharlama, odun külü) işlemlerinden geçmesiyle yenilebilir hammadde kaynağı olarak kullanılabilirliğinin artacağı düşünülmektedir (Thakur ve ark., 2023).

3. Likenlerin boyar madde olarak endüstride kullanılması / Use of lichens as dyes in industry

Likenler, çok eski zamanlardan beri yüksek pigmentli bileşiklere sahip olmaları sebebiyle boyar maddeler olarak kullanılmıştır. Özellikle 1950'li yıllarda sentetik boyaların keşfedilmesine kadar likenlerin boya olarak ekonomik potansiyellerinin yüksek olduğu bildirilmektedir (Rather ve ark., 2018). Likenlerin boyar madde olarak kâğıt, gıda, tekstil, kozmetik gibi sektörlerde tercih edildiği ve ticari öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Shukla ve Upreti, 2015). Likenlerden sarı, turuncu, mavi, mor, kahverengi, kırmızı, krem vb. gibi çok çeşitli renkler farklı ekstraksiyon işlemleri sonucunda elde

edilebilmektedir (Sen ve ark., 2014). Likenlerin sahip oldukları bu renk çeşitlerinin içerdikleri, atranorin, lökonarik asit, salazinik asit, emodin, pulvinik asit vb. gibi metabolitler dibenzofuranlar, depsiödanlar, depsonlar, kinonlar ve benzokinon türevlerinden kaynaklanmaktadır (Schweppe, 1993; Upreti ve ark., 2010; Rather ve ark., 2018).

Liken boyar maddelerinin sektörel anlamda kullanımının en güzel örneklerinden birisi *Roccella* sp. ve *Lecanora* sp. gibi liken türlerinde bulunan orsein ve litmus boyar maddelerin turmusol özellikleri göstererek pH gösterge kâğıtlarında kullanılmasıdır (Sharma ve Mohammad, 2020). Ayrıca orsein boyası yün, ipek, deri ve ahşapları boyamak için eski zamanlarda sıklıkla tercih edilmiştir (Elkhateeb ve ark., 2022).

Tekstil ve boya sektöründe, atıkların içerdikleri boyalardan arındırılmadan çevreye salınımı kirliliğe sebep olarak ekolojik dengede birtakım hasarlara yol açmaktadır (Kulkarni ve ark., 2018). Bu açıdan likenlerin, yüksek yüzey alanına ve büyük hücresel boşluklara sahip olması onların biyosorbent potansiyelleri açısından gelecek vaat ettiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Gul, 2020). Koyuncu ve ark. (2020) *Pseudevernia furfuracea* likenin sulu çözeltilerden 'metilen mavisi' boyasının uzaklaştırılmasında ve benzer olarak Senol ve ark. (2021)'de yaptıkları bir çalışmada "Safranin O" boyasını sulu çözeltilerden uzaklaştırmak için *Evernia prunastri* likenin ve Kadi ve ark. (2023) yılında yaptıkları *Xanthoria parietina* likeninin "metilen mavisi ve jansiyen moru" olarak iki farklı katyonik boyada biyoabsorbsiyon özellikleri nedeniyle alternatif bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir.

Sentetik boyaların keşfedilmesinden sonra likenlerin boyar madde olarak kullanılması azalmış olsa da sentetik boyaların çevre ve insan sağlığına vermiş olduğu zararların ortaya çıkması ile birlikte doğal boyar maddeler tüm dünya da tekrar popüler hale gelmiştir (Garg ve Chopra, 2022). Çeşitli çalışmalar likenlerden farklı ekstraksiyon yöntemleri ile renk izole etme ve izole edilen renklerin özellikle tekstil sektöründe alternatif boyar madde olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir (Mohamed ve ark., 2016; Mendili ve ark., 2023).

4. Tarımda likenlerin kullanımı / Use of lichens in agriculture

Likenler antifungal, insektisidal ve biyomonitör özelliklere sahip canlılar olmasından dolayı tarım sektöründe kullanılmaya potansiyellerine sahiplerdir. Özellikle toprakta organik madde içeriğini artırarak bitki büyümesini destekleyebilmektedirler (Akpınar ve ark., 2021; Fuji ve Hayakawa, 2022). Ek olarak, fitoremediasyon özellikleri nedeniyle toprakta ağır metalleri ve zararları maddeler ile mücadele ederek kirlenmiş toprakların temizlenmesine yardımcı olabilirler (Cansaran-Duman ve Aras, 2015; dos Santos Lima ve ark., 2020; Osyczka ve ark., 2023). Bu özellikleri sayesinde bitki hastalıklarının kontrolünde ve çevresel koşullara olan duyarlılıkları nedeniyle tarımsal arazilerin sağlığını izlemek için biyolojik göstergeler olarak da değerlendirilebilirler (Dhaouadi ve ark., 2022).

Özellikle küresel tarım üretimlerinde mikrobiyal patojenler, tarımsal ürünler üzerinde çok ciddi oranda (%10-15) kayıplara neden olmaktadır (Rizzo ve ark., 2021). Bu kayıplar, gıda güvenliğini ve tarımsal gelirleri ciddi anlamda tehdit etmektedir. Bu anlamda böcek, mantar ve bakterilerin neden olduğu bu bitkisel hastalıklarla başa çıkabilmek adına çeşitli sentetik ve kimyasal pestisitler kullanılmaktadır. Pestisitler bitkisel hastalıkları kontrol etmek için oldukça etkili olmasına rağmen bir yoğun ve sık olarak kullanılması zamanla bitkisel patojenlerin dirençli hale gelmesinin yanı sıra ekolojik anlamda

su, toprak ve havaya karışmasıyla kirlilik meydana getirerek ekolojik sistemlerde zararlara neden olmaktadır (Peng ve ark., 2021). Bu sebeplerle kimyasal ve sentetik pestisitlerin yerine geçebilecek doğal ve çevre dostu etkinliğe sahip bileşiklerin araştırılmasının önemi bildirilmektedir (Atanasov ve ark., 2021). Bu bileşikler bitkisel patojenlere karşı pestisitlere benzere etkileri olabileceği gibi ayrıca ekolojik anlamda daha az toksik özellikte olabilir. Bu nedenle, doğal bileşiklerin geliştirilmesi, tarımsal üretimde kimyasal pestisitlerin kullanımını azaltmak için önemli bir fırsat sunabilir. Likenlerden elde edilen salizininik asit, usnik asit, jiroforik asit, barbatik asit, evernik asit vb. gibi birçok metabolitin insektisidal, antifungal ve antimikrobiyal etkileri sayesinde bitkisel patojenlere karşı etkileri olduğu bilinmektedir (Kanivebagilu ve Mesta, 2020; Kalra ve ark., 2021). Bu bağlamda, doğal ve çevre dostu etkinliğe sahip olabilecek likenlerin fitopatolojik etkinliklerinin araştırılması ile tarımsal üretimde kimyasal pestisitlerin yerini alabilmesi için önemli bir temel oluşturacaktır.

4.1. Likenlerin bitkisel patojenlere karşı insektisidal olarak kullanım potansiyelleri / Potentials for insecticidal use of lichens against plant pathogens

Çeşitli araştırmalar likenlerin ve içerdikleri bileşenlerin güçlü birer insektisidal aktiviteye sahip olduklarını göstermektedir. Atranorin, lekanorik asit, usnik asit gibi liken bileşiklerinin kın kanatlı böcekler üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Nimis ve Skert, 2006). Tufan-Cetin ve ark. (2023) yılında yaptıkları *Aedes aegypti* ve *Culex pipiens* patojen sivrisineklerinde, *Evernia prunastri* özütlerinin bu sivrisinekler üzerinde insektisidal etkinliğe sahip olduğunu bildirmişler ve çevre dostu larvasitlerin geliştirilmesi için bir kaynak olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Tarımsal anlamda bitkisel ürünleri doğrudan etkileyen böceklerle mücadelede çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Likenlerin bu anlamda potansiyel bir insektisidal kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Çeşitli çalışmalarda, *Usnea longissima* likenin'den izole edilen usnik asit ve difraktaik asitin, mısır, buğday ve patates bitkilerinde tarımsal mahsul verimini düşüren, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus granaries* ve *Leptinotarsa decemlineata* gibi böcekler üzerine insektisidal etkinliğe sahip oldukları bildirilmiştir (Yıldırım ve ark., 2012a,b; Emsen ve ark., 2015). Zolovs ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada önemli bir tarım zararlısı olan *Arion vulgaris* (İspanyol sümüklü böceği)'e karşı *Cladonia rangiferina*, *Cladonia stellaris* ve *Pseudevernia furfuracea* liken türlerinden *Pseudevernia furfuracea*'nın en etkili olduğu bildirilmiştir.

4.2. Likenlerin bitkisel patojenlere karşı antifungal olarak kullanımları / Potential for use of lichens as antifungal against vegetative pathogens

Likenlerin ve içerdikleri metabolitlerin antifungal etkinliklere sahip oldukları bilinmektedir. Özellikle tarımda ekonomik değere sahip bitkilerin fungal hastalıklara karşı savunmasız olduğu göz önüne alındığında, likenlerin antifungal potansiyelleri nedeniyle bu alanda kullanılabilmesine dair çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Halama ve Haluwin (2004), *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* ve *Cladonia*

portentosa likenlerinin aseton özütlerinin ve evernik asit, usnik asit ve atranorin moleküllerinin sekiz farklı bitki patojeni olan fungusunların inhibe edilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, kullanılan liken özütlerinin oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer olarak, Taghiyeva ve ark. (2022), *Usnea longissima* ekstraktlarının dünyada ciddi sorunlara yol açan, *Fusarium graminearum*'a karşı doğal antifungal etkinliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. *Xanthoparmelia pokornyii* likeninden izole edilen stenospirik ve divarikatik asitlerin son derece dirençli bir mantar olan *Fusarium oxysporum* dahil olmak üzere yedi farklı bitki patojeni fungusu karşı yüksek antifungal etkinliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Fernandez-Pastor ve ark., 2023).

5. Sonuç / Results

Likenler, biyolojik aktiviteleri nedeniyle halk arasında ve endüstriyel anlamda yüzyıllardır kaynak olarak kullanılmaktadır. Özellikle içerdikleri sekonder metabolitlerin antibakteriyel, antioksidan, antifungal ve antikanser gibi aktiviteleri olması sebebiyle farmakolojik olarak günümüzde hala sıklıkla araştırılan organizmalardır. Likenler, protein, karbonhidrat ve vitaminler bakımından zengin olmalarından dolayı gıda olarak tüketilmekte ve bu alanda yapılacak yeni araştırmalarla fonksiyonel özelliklere sahip gıda hammaddesi olarak kullanılma potansiyelini arttırmaktadır. Likenlerden çeşitli pigment maddelerinin izole edilmesi onları boyar madde alanında da ekonomik olarak değerli hale getirmektedir. Tarım sektöründe fitopatojenlerle mücadelede çeşitli liken ve etken maddelerinin antimikrobiyal, antifungal ve insektisidal gibi etkinlikleri tespit edilmiş olsa da hala birçok likenin bu alandaki etkinliklerine dair yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Likenlerin bu anlamda etkinliklerinin ortaya çıkartılması ile tarım sektörü için doğa dostu potansiyel pestisit hammaddesi olarak tarımsal kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Likenlerin ve metabolitlerinin biyoaktivitelerinin aydınlatılması ile ilgili çalışmalar uzun yıllardır devam ediyor olsa da hala tam anlamıyla aydınlatılamamıştır. Likenlerin doğada yavaş büyümesi ve büyük ölçekli üretimler için yeterli biyolojik hacme sahip olmamalarından dolayı endüstriyel olarak kullanılmalarında zorluk ve kısıtlamalar yaşanmaktadır. Mevcut sorun doğrultusunda potansiyel kaynak olan likenlerin gelişen moleküler, omik teknolojisi, doku mühendisliği gibi yeni nesil yöntemlerle beraber yapılacak çalışmalar onların bahsedilen sanayi sektörlerine adaptasyonu için umut vaat etmektedir. Sonuç olarak, likenler farmakoloji, gıda endüstrisi, doğal boyalar ve tarım gibi çeşitli sektörler için potansiyel aktif bileşik kaynağı olduğu düşünüldüğünde, gelişen teknolojilerin yardımı ve disiplinler arası yaklaşımların entegrasyonu ile likenlerin endüstriyel kullanım olanaklarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Çıkar çatışması / Conflict of interest: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder / The author declares that he has no conflict of interests.

Etik beyanı / Informed consent: Bu çalışmada, yazar, hiçbir insan ya da hayvan denek kullanılmadığını ve Etik Kurul iznine gerek olmadığını beyan eder / The author declares that this manuscript did not involve human or animal participants and informed consent was not collected.

Kaynaklar / References

- Abdallah, E. M. (2019). Evaluation of antimicrobial activity of a lichen used as a spice (*Platismatia glauca*). *Advancements in Life Sciences*, 6(3), 110-115.
- Airaksinen, M. M., Peura, P., Ala-Fossi-Salokangas, L., Antere, S., Lukkarinen, J., Saikkonen, M., & Stenbäck, F. (1986). Toxicity of plant material used as emergency food during famines in Finland. *Journal of Ethnopharmacology*, 18(3), 273-296.
- Akpinar, A., Cansev, A., & Isleyen, M. (2021). Effects of the lichen *Peltigera canina* on Cucurbita pepo spp. pepo grown in soil contaminated by DDTs. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 14576-14585.
- Aoussar, N., Manzali, R., Nattah, I., Rhallabi, N., Vasiljevic, P., Bouksaim, M., ... & Mellouki, F. (2017). Chemical composition and antioxidant activity of two lichens species (*Pseudevernia furfuracea* L and *Evernia prunastri* L) collected from Morocco. *J Mater Environ Sci*, 8(6), 1968-1976.
- Arun, A. B., Girish, S., & Ravi, L. (2023). Photobiont symbiotic association in lichens. In *Microbial Symbionts* (pp. 161-175). Academic Press.
- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature reviews Drug discovery*, 20(3), 200-216.
- Bhat, N. B., Das, S., Sridevi, B. V., Nayaka, S., Birangal, S. R., Shenoy, G. G., & Joseph, A. (2023). Molecular docking and dynamics supported investigation of antiviral activity of Lichen metabolites of *Roccella montagnei*: An in silico and in vitro study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-14.
- Cansaran-Duman, D., & Aras, S. (2015). Lichens as an alternative biosorbent: a review. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*, Volume 2, 233-241.
- Cox, P. A., Banack, S. A., Murch, S. J., Rasmussen, U., Tien, G., Bidigare, R. R., ... & Bergman, B. (2005). Diverse taxa of cyanobacteria produce β -N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(14), 5074-5078.
- Cui, G.-Y.; Duan, H. Study on edible lichens in China. *Jiangsu Agric. Res.* 2000, 21, 59–62.
- Culberson, W. L. (2002). Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region—Volume 1. *The Bryologist*, 105(4), 725-725.
- Cobanoğlu, G. (2021). Geçmişten Bugüne İstanbul Liken Çalışmaları Üzerine Bir Derleme. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(1), 259-266.
- Dawes, E. A. (2017). Carbon metabolism. In *Continuous cultures of cells* (pp. 1-38). CRC Press.
- Desmarettes, L., Millot, M., Chollet-Krugler, M., Boustie, J., Camuzet, C., François, N., ... & Séron, K. (2023). Lichen or Associated Micro-Organism Compounds Are Active against Human Coronaviruses. *Viruses*, 15(9), 1859.
- Devkota, S., Chaudhary, R. P., Werth, S., & Scheidegger, C. (2017). Indigenous knowledge and use of lichens by the lichenophilic communities of the Nepal Himalaya. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1), 1-10.
- Dhaouadi, S., Khalloufi, N., Ayati, K., Ayeb, N., & Béjaoui, M. (2022). Use of lichen species for air pollution biomonitoring: Case of Dar-Chichou forest (Cap-Bon, North-East Tunisia). *Environmental and Sustainability Indicators*, 16, 100211.
- dos Santos Lima, D. N., de Oliveira Silva, A. K., da Silva, N. H., & Pereira, E. C. (2020). Bioremediation of salinized soils by the lichen *Cladonia substellata* fomented by a nitrogen source and gamma radiation. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 49, 78-93.
- Elkhateeb, W. A., El-Ghwas, D. E., & Daba, G. M. (2022). Lichens uses surprising uses of lichens that improve human life. *J Biomed Res Environ Sci*, 3(2), 189-194.
- Emsen, B., Yildirim, E., & Aslan, A. (2015). Insecticidal activities of extracts of three lichen species on *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).
- Fernandez-Pastor, I., González-Menéndez, V., Martínez Andrade, K., Serrano, R., Mackenzie, T. A., Benítez, G., ... & Reyes, F. (2023). Xerophytic Lichens from Gypsiferous Outcrops of Arid Areas of Andalusia as a Source of Anti-Phytopathogenic Depsides. *Journal of Fungi*, 9(9), 887.
- Fuji, K., & Hayakawa, C. (2022). Recalcitrance of lichen and moss litters increases soil carbon storage on permafrost. *Plant and Soil*, 472(1-2), 595-608.
- Garg, A., & Chopra, L. (2022). Dye Waste: A significant environmental hazard. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1310-1315.
- Gill, H., Sorensen, J. L., & Collemare, J. (2022). Lichen fungal secondary metabolites: progress in the genomic era toward ecological roles in the interaction. In *Plant Relationships: Fungal-Plant Interactions* (pp. 185-208). Cham: Springer International Publishing.
- Goga, M., Elečko, J., Marcinčinová, M., Ručová, D., Bačkorová, M., & Bačkor, M. (2020). Lichen metabolites: an overview of some secondary metabolites and their biological potential. *Co-evolution of secondary metabolites*, 175-209.
- Grimm, M., Grube, M., Schiefelbein, U., Zühlke, D., Bernhardt, J., & Riedel, K. (2021). The lichens' microbiota, still a mystery?. *Frontiers in Microbiology*, 12, 714.
- Gul, U. D. (2020). Investigate the Antibacterial Activity of Lichen Biomass Used in Textile Dye Removal. *Journal of Biology and Life Science*.
- Halama, P., & Van Haluwin, C. (2004). Antifungal activity of lichen extracts and lichenic acids. *BioControl*, 49(1), 95-107.
- Hawksworth, D. L. (2004). Rediscovery of the original material of Osbeck's Lichen chinensis and the re-instatement of the name *Parmotrema perlatum* (Parmeliaceae). *Herzogia*, 17(105), 37.
- John, V. & Turk, A. (2017). A Checklist of the Lichens of Turkey (Türkiye Likenleri Listesi). *İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayın*, xv + 831 pp.
- John, V., Güvenc, S. & Turk, A. (2020). Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey. –*Archive for Lichenology*, 19: 1-32.
- Kadi, S., Lellou, S., Lellou, A., Hattab, F., Benhebal, H., Boussoum, M. O., ... & Schott, J. (2023). Study of the biosorption of two cationic dyes in aqueous media by heat-treated lichens (*Xanthoria parietina*). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-20.
- Kalra, R., Conlan, X. A., & Goel, M. (2023). Recent advances in research for potential utilization of unexplored lichen metabolites. *Biotechnology Advances*, 62, 108072.
- Kalra, R., Conlan, X. A., & Goel, M. (2021). Lichen allelopathy: a new hope for limiting chemical herbicide and pesticide use. *Biocontrol Science and Technology*, 31(8), 773-796.
- Kanivebagilu, V. S., & Mesta, A. R. (2020). Lichens: A Novel Group of Natural Biopesticidal Sources. In *Plant Pathogens: Detection and Management for Sustainable Agriculture* (pp. 231-240). CRC Press.
- Kello, M., & Goga, M. (2023). Lichen, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf: Analytical Compositional Features, Biological Activity and Use in Cancer Studies. In *Ancient and Traditional Foods, Plants, Herbs and Spices used in Cancer* (pp. 281-296). CRC Press.
- Kekuda, T. P., Lavanya, D., & Pooja, R. (2019). Lichens as promising resources of enzyme inhibitors: A review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(2-s), 665-676.
- Kilic Yayla, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. Ş., İlgün, S., & Ceylan, A. (2023). Analyzing the Impact of *Ramalina digitellata*, *R. fastigiata*, *R. fraxinea*, and *R. polymorpha*'s Usnic Acid Concentration on Antioxidant, DNA-Protective, Antimicrobial, and Cytotoxic Properties. *Chemistry & Biodiversity*, 20(1), e202200816.
- Kirkpatrick, R. C., Zou, R. J., Dierenfeld, E. S., & Zhou, H. W. (2001). Digestion of selected foods by Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* (Colobinae). *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 114(2), 156-162.
- Kosanic, M., Rankovic, B., Stanojkovic, T., Vasiljevic, P., & Manojlovic, N. (2014). Biological activities and chemical composition of lichens from Serbia. *Excli Journal*, 13, 1226.
- Koyuncu, H., & Kul, A. R. (2020). Removal of methylene blue dye from aqueous solution by nonliving lichen (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), as a novel biosorbent. *Applied Water Science*, 10, 1-14.
- Kulkarni, A. N., Watharkar, A. D., Rane, N. R., Jeon, B. H., & Govindwar, S. P. (2018). Decolorization and detoxification of dye mixture and textile effluent by lichen *Dermatocarpon vellereceum* in fixed bed upflow bioreactor with subsequent oxidant oxidative stress study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148, 17-25.
- Kumar, S. V., Kekuda, T. R., Vinayaka, K. S., & Yogesh, M. (2010). Synergistic efficacy of lichen extracts and silver nanoparticles against bacteria causing food poisoning. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 3(1), 67-70.
- Loganathan, K., Chellamuthu, V., Karupuswami, D., Mohan, K., Suresh, U., Panneerselvam, C., ... & Alhawiti, A. S. (2023). Bio-inspired

- synthesis of AgNPs from lichen as potential antibacterial and mosquito larvicidal activity with negligible toxicity on *Gambusia affinis*. *Entomological Research*.
- Mendili, M., Aschi-Smiti, S., & Khadhri, A. (2023). Phytochemical screening of natural textile dyes extracted from Tunisian lichens. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-18.
- Mohamed, N. A., Ahmad, M. R., Abd Kadir, M. I., Ismail, A. S. M. I. D. A., & Wan Ahmad, W. Y. (2016). Dyeing of Silk Fabric with Extracted Dyes from Lichens. *Advanced Materials Research*, 1134, 165-170.
- Molnár, K., & Farkas, E. (2010). Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 65(3-4), 157-173.
- Nayaka S, Upreti DK, Khare R. (2010). Medicinal lichens of India. Drugs from plants. Jaipur: Avishkar Publishers, Distributors; 1-54.
- Nimis, P. L., & Skert, N. (2006). Lichen chemistry and selective grazing by the coleopteran *Lasioderma serricorne*. *Environmental and Experimental Botany*, 55(1-2), 175-182.
- Odabasoglu, F., Aslan, A., Cakir, A., Suleyman, H., Karagoz, Y., Halici, M., & Bayir, Y. (2004). Comparison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(11), 938-941.
- Oszczka, P., Chowanec, K., & Skubała, K. (2023). Membrane lipid peroxidation in lichens determined by the TBARS assay as a suitable biomarker for the prediction of elevated level of potentially toxic trace elements in soil. *Ecological Indicators*, 146, 109910.
- Queffelec, J., Flórez-Fernández, N., Torres, M. D., & Domínguez, H. (2023). *Evernia prunastri* lichen as a source of bioactive glucans with potential for topical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128859.
- Pawera, L., Łuczaj, Ł., Pieroni, A., & Polesny, Z. (2017). Traditional plant knowledge in the White Carpathians: Ethnobotany of wild food plants and crop wild relatives in the Czech Republic. *Human Ecology*, 45, 655-671.
- Peng Y, Li SJ, Yan J, Tang Y, Cheng JP, Gao AJ, Yao X, Ruan JJ, Xu BL. Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents. *Front Microbiol*. 2021;12:670135.
- Ponmurugan, P., & Arunkumar, D. (2023). Biodiversity & Conservative Research.
- Rajendran, K., Karuppiyah, P., Ponnusamy, P., Shaik, M. R., Khan, M., Oh, T. H., & Shaik, B. (2023). Anti-Inflammatory Activity of Mycobiont Extract of *Parmotrema austrosinense* (Zahlbr.) Hale in a Zebrafish Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(5), 1081.
- Rankovic, B., & Kosanic, M. (2019). Lichens as a potential source of bioactive secondary metabolites. *Lichen secondary metabolites: bioactive properties and pharmaceutical potential*, 1-29.
- Rankovic, B., Kosanic, M. (2014). "Lichens as a Potential Source of Bioactive Secondary Metabolites," in *Lichen Secondary Metabolites Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential*. Ed. Ranković, B. (Switzerland: Springer International Publishing), 1–26.
- Rather, L. J., Jameel, S., Ganie, S. A., & Bhat, K. A. (2018). Lichen derived natural colorants: history, extraction, and applications. *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*, 1, 103-14.
- Ren, M., Jiang, S., Wang, Y., Pan, X., Pan, F., & Wei, X. (2023). Discovery and excavation of lichen bioactive natural products. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1177123.
- Rethinavelu, G., Lavanya, M., Krishnamoorthy, S., Baskaran, N., & Sivanandham, V. (2023). Edible lichens and its unique bioactives: A review of its pharmacological and food applications. *Food and Humanity*.
- Rizzo, D. M., Lichtveld, M., Mazet, J. A., Togami, E., & Miller, S. A. (2021). Plant health and its effects on food safety and security in a One Health framework: Four case studies. *One health outlook*, 3, 1-9.
- Schweppe, H., (1993). *Handbuch der Naturfarbstoffe*, Ecomed, Landsberg/Lech.
- Sharma, M., & Mohammad, A. (2020). Lichens and lichenology: Historical and economic prospects. *Lichen-Derived Products: Extraction and Applications*, 101-118.
- Shukla, P., & Upreti, D. K. (2015). Lichen dyes: current scenario and future prospects. *Recent Advances in Lichenology: Modern Methods and Approaches in Lichen Systematics and Culture Techniques, Volume 2*, 209-229.
- Shukla, V., Joshi, G. P., & Rawat, M. S. M. (2010). Lichens as a potential natural source of bioactive compounds: a review. *Phytochemistry reviews*, 9, 303-314.
- Singh, G. (2023). Linking lichen metabolites to genes: emerging concepts and lessons from molecular biology and metagenomics. *Journal of Fungi*, 9(2), 160.
- Soloveva, M. I., & Kuzmina, S. S. (2023). Antioxidant and antimicrobial activity of extracts of *Cetraria islandica* (L.) Ach. and *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. *Acta Biologica Sibirica*, 9, 139-146.
- Spribile, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M. C., ... & McCutcheon, J. P. (2016). Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 353(6298), 488-492.
- Sen, H., Aksoy, A., Cobanoğlu, G., & Selvi, S. (2014). Natural dyeing works on some lichens species distributed in Ayvacık (Çanakkale) and İvrindi (Balıkesir/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 7(3), 184-189.
- Senol, Z. M., Gul, U. D., & Simsek, S. (2021). Bioremoval of Safranin O dye by the identified lichen species called *Evernia prunastri* biomass; biosorption optimization, isotherms, kinetics, and thermodynamics. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.
- Taghiyeva, A., Dulger, A. F. T., Yoruk, E., & Engin, T. A. (2022). Investigation of the antifungal activity of lichen (*Usnea longissima*) extracts against *Fusarium graminearum*. *Anatolian Journal of Botany*, 6(2), 104-108.
- Thakur, M., Kapoor, B., Kapoor, D., & Sharma, N. R. (2023). Lichens: A promising source of anti-cancerous activity and their molecular mechanisms. *South African Journal of Botany*, 159, 155-163.
- Toksoz, O., Turkmenoglu, I., Berber, D., & Sesal, C. (2022). Assessment of the Antibacterial Potency of *Usnea* sp. against Foodborne Pathogens. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(2), 342-349.
- Tufan-Cetin, O., Cengiz, A., Gultekin, Z. N., Kahraman, S., Polat, B., Koc, S., & Cetin, H. (2023). Total phenolic and flavonoid contents of oakmoss lichen *Evernia prunastri* extracts and their insecticidal activities against larvae of two vector mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(4), 1355-1363.
- Upreti, D. K., Divakar, P. K., & Nayaka, S. (2005). Commercial and ethnic use of lichens in India. *Economic botany*, 59(3), 269-273.
- Vinayaka, K. S., & Kekuda, T. P. (2024). Ethnic Knowledge on Medicinal and Nutritional Attributes of Lichens with Emphasis on the Western Ghats. *Ethnic Knowledge and Perspectives of Medicinal Plants*, 57-69.
- Wang, L. S., Narui, T., Harada, H., Culberson, C. F., & Culberson, W. L. (2001). Ethnic uses of lichens in Yunnan, China. *The Bryologist*, 104(3), 345-349.
- Yang, M. X., Devkota, S., Wang, L. S., & Scheidegger, C. (2021). Ethnolichenology—the use of lichens in the Himalayas and southwestern parts of China. *Diversity*, 13(7), 330.
- Yazici, K., & Aslan, A. (2023). Additional records of lichens and lichenicolous fungi from the Giresun, Trabzon and Rize provinces, Turkey. *Phytologia Balcanica*, 29(1), 15-34.
- Yildirim, E., Aslan, A., Emsen, B., Cakir, A., Ercisli, S. (2012a). Insecticidal effect of *Usnea longissima* (Parmeliaceae) extract against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Int J Agric Biol*, 14(2):303–6.
- Yildirim, E., Emsen, B., Aslan, A., Bulak, Y., Ercisli, S. (2012b). Insecticidal activity of lichens against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt J Biol Pest Control*, 22(2):151-6.
- Yusuf, M. (2020). A review on trends and opportunity in edible lichens. *Lichen-Derived Products: Extraction and Applications*, 189-201.
- Zolovs, M., Jakubāne, I., Kirilova, J., Kivleniece, I., Moisejevs, R., Koļesnikova, J., & Pilāte, D. (2020). The potential antifedant activity of lichen-forming fungal extracts against the invasive Spanish slug (*Arion vulgaris*). *Canadian Journal of Zoology*, 98(3), 195-201.

Cite as / Atıf şekli: Toksoz, O. (2023). Geçmişten günümüze potansiyel hammadde kaynağı: Likenler. *Front Life Sci RT*, 4(SI), 38-44.