



ATATURK  
UNIVERSITY  
PUBLICATIONS

# Food Science and Engineering Research

*Official Journal of Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Food Engineering*

*Formerly: ATA-Food Journal*

**Volume 2 • Issue 2 • September 2023**



EISSN 2980-1451  
[foodscience-ataunipress.org](http://foodscience-ataunipress.org)

# Food Science and Engineering Research

## Editor in Chief

Mustafa ŞENGÜL   
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey  
E-Mail: msengul@atauni.edu.tr

## Associate Editors

Elif DAĞDEMİR   
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey  
E-Mail: elifdag@atauni.edu.tr

Mehmet YÜKSEL   
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey  
E-Mail: mehmet.yuksel@atauni.edu.tr

## Editorial Board

İbrahim ÇAKIR  
Department of Food Engineering, Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Bolu, Turkey

Songül ÇAKMAKÇI  
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Bülent ÇETİN  
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Kenan Sinan DAYISOYLU  
Department of Food Engineering, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Engineering and Architecture, Kahramanmaraş, Turkey

Enes DERTLİ  
Department of Food Engineering, Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, İstanbul, Turkey

Halef DİZLEK  
Department of Food Engineering, Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Osmaniye, Turkey

Sezai ERCİŞLİ  
Department of Horticulture, Fruit Growing and Breeding, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Mustafa Fatih ERTUGAY  
Department of Food Engineering, Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering and Architecture, Erzincan, Turkey

İlhami GÜLÇİN  
Department of Biochemistry, Atatürk University, Faculty of Science, Erzurum, Turkey

Mehmet İNAN  
Department of Food Engineering, Akdeniz University, Faculty of Engineering, Antalya, Turkey

Mehmet Murat KARAOĞLU  
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Mükerrem KAYA  
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Yogender P. Khasa  
Department of Microbiology, University of Delhi South Campus, New Delhi, India

Erhan Sulejmani  
Faculty of Food Technology and Nutrition, State University of Tetovo, Macedonia

Memnune ŞENGÜL  
Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

Mesut TAŞKIN  
Department of Molecular Biology and Genetics, Atatürk University, Faculty of Science, Erzurum, Turkey

Lütfiye YILMAZ ERSAN  
Department of Food Engineering, Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Bursa, Turkey



**Founder**  
İbrahim KARA

**General Manager**  
Ali ŞAHİN

**Finance Coordinator**  
Elif YILDIZ ÇELİK

**Journal Managers**  
Deniz KAYA  
Irmak BERBEROĞLU  
Arzu ARI

## Publications Coordinators

Gökhan ÇİMEN  
Alara ERGİN  
İrem ÖZMEN  
Derya AZER  
Beril TEKAY  
Nuri ÇALIŞIR

## Project Coordinators

Doğan ORUÇ  
Sinem Fehime KOZ

## Project Assistant

Batuhan KARA

## Contact

Publisher: Atatürk University  
Address: Atatürk University, Yakutiye, Erzurum, Turkey

Publishing Service: AVES  
Address: Büyükdere Cad. 199/6, 34394, Şişli, İstanbul, Turkey  
Phone: +90 212 217 17 00  
E-mail: info@avesyayincilik.com  
Webpage: www.avesyayincilik.com

# Food Science and Engineering Research

## AIMS AND SCOPE

Food Science and Engineering Research is a peer reviewed, open access, online-only journal published by the Atatürk University.

Food Science and Engineering Research is a biannual journal that is published in English, and Turkish in March and September.

As of 2023, the journal has changed its title to Food Science and Engineering Research.

Current Title  
Food Science and Engineering Research  
EISSN: 2980-1451

Previous Title (2022)  
ATA-Gıda dergisi  
EISSN: 2822-2776

Food Science and Engineering Research is covered in EBSCO.

Food Science and Engineering Research aims to contribute to the literature by publishing manuscripts at the highest scientific level. The journal publishes research articles and reviews that are prepared in accordance with ethical guidelines.

The scope of the journal includes, but is not limited to, topics relevant to milk and dairy products technology, meat and meat products technology, grain and grain products technology, fruit and vegetable technology, food chemistry and toxicology, food microbiology, food hygiene and sanitation, food ethics and legislation, food biotechnology, food safety, and all other related interdisciplinary theoretical research.

The target audience of the journal includes researchers and specialists who are interested or working in all fields within the journal's scope.

### Disclaimer

The statements or opinions expressed in the manuscripts published in the journal reflect the views of the author(s) and not the views of the editors, editorial board, and/or publisher. The editors, editorial board, and publisher are not responsible for the content of the manuscripts and do not necessarily endorse the views expressed in them. It is the responsibility of the authors to ensure that their work is accurate and well-researched, and the views expressed in their manuscripts are their own. The editors, editorial board, and publisher simply provide a platform for the authors to share their work with the scientific community.

### Open Access Statement

Food Science and Engineering Research is an open access publication.

Starting on March 2023, all content published in the journal is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) 4.0 International License which allows third parties to use the content for non-commercial purposes as long as they give credit to the original work. This license allows for the content to be shared and adapted for non-commercial purposes, promoting the dissemination and use of the research published in the journal.

The content published before March 2023 was licensed under a traditional copyright, but the archive is still available for free access.

All published content is available online, free of charge at [foodscience-ataunipress.org](http://foodscience-ataunipress.org).

You can find the current version of the Instructions to Authors at <https://www.foodscience-ataunipress.org/EN>

Editor in Chief: Mustafa ŞENGÜL  
Address: Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey  
E-mail: [msengul@atauni.edu.tr](mailto:msengul@atauni.edu.tr)

Publisher: Atatürk University  
Address: Atatürk University, Yakutiye, Erzurum, Turkey

Publishing Service: AVES  
Address: Büyükdere Cad. 199/6, 34394, Şişli, İstanbul, Turkey  
Phone: +90 212 217 17 00  
E-mail: [info@avesyayincilik.com](mailto:info@avesyayincilik.com)  
Webpage: [www.avesyayincilik.com](http://www.avesyayincilik.com)

# Food Science and Engineering Research

## CONTENTS

### RESEARCH ARTICLES / ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- 28 Microbiological and Physicochemical Characterization of Honey Samples from Erzurum  
*Erzurum İline Ait Bal Örneklerinin Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Karakterizasyonu*  
Memnune ŞENGÜL, Mustafa ŞENGÜL, Ahmet DODOLOĞLU
- 34 Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Ticari Kefirlerin Mikrobiyolojik Kalitesinin Araştırılması  
*Investigation of Microbiological Quality of Commercial Kefirs Consumed in Erzurum Market*  
Burcu Bazu ÇIRPICI, Bülent ÇETİN
- 38 Kaz But Etinde Tuz Oranının Depolama Boyunca Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklere Etkisi  
*Effect of Salt Level on Some Physicochemical and Microbiological Properties for Goose Thigh Meat Storage*  
Emre KABİL, Aydın Aytaç GÜRDAL
- 44 Effects of Storage on Antioxidant Composition of Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Jam  
*Depolamanın Kivi (Actinidia deliciosa) Reçelinin Antioksidan BileŐimini Üzerine Etkisi*  
Muhammet DEMİRBAŞ, İhsan Güngör ŞAT

### REVIEW ARTICLE / DERLEME




- 50 Bitkisel Materyallerdeki Biyoaktif Bileşenlerin Ekstraksiyonunda Kullanılan Konvansiyonel ve Yeni Nesil Ekstraksiyon Yöntemleri  
*Conventional and Novel Methods for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials*  
Zeynep Gizem TAŞKIRAN, Aleyna DÜNDAR, Hilal YILDIZ

### REVIEWERS LIST / HAKEM LİSTESİ

- 59 Acknowledgement of Reviewers

# Microbiological and Physicochemical Characterization of Honey Samples from Erzurum

## Erzurum İline Ait Bal Örneklerinin Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Karakterizasyonu

Memnune ŞENGÜL<sup>1</sup>   
Mustafa ŞENGÜL<sup>1</sup>   
Ahmet DODOLOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey  
<sup>2</sup>Department of Animal Science, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey



### ABSTRACT

In this study, the physico-chemical and microbiological characteristics of 20 honey samples stored at room temperature and collected from Erzurum province (Turkey) was studied. Moisture content varied from 13.80% to 20.60%, refractive index from 1.4850 to 1.5023, ash value from 0.026% to 0.495%, pH from 3.11 to 4.58, total acidity from 14.61 meq/kg to 53.44 meq/kg, total sugars from 63.89% to 86.49%, reducing sugars 53.38% to 78.29% and sucrose from 0.45% to 21.66%, diastase activity from 0 to 38.5 °G, 5-Hydroxymethylfurfural from 0.77 to 5.76 mg/kg. The color parameters  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  determined using a colorimeter were within the range of 36.04–57.12, –1.92 to 7.46, and 2.69–22.91, respectively. The least and the highest of total aerobic mesophilic bacteria, fungi (yeasts and molds), and osmophilic yeast counts were determined to be  $1.5 \times 10$  to  $1.3 \times 10^3$ ,  $<10$  to  $2.6 \times 10^2$ ,  $<10$  to  $4.0 \times 10^2$  cfu/g, respectively. However, thermophilic *Bacillus* spores and coliform bacteria counts were found to be  $<10$  cfu/g in analyzed samples.

**Keywords:** Color, diastase activity, HMF, honey, microbiological properties, sugar

### ÖZ

Bu çalışmada, oda sıcaklığında saklanan ve Erzurum ilinden toplanan 20 adet bal örneğinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Örneklerin nem içeriği %13,80 ile %20,60 arasında, kırılma indisi 1,4850 ile 1,5023 arasında, kül değeri %0,026 ile %0,495 arasında, pH 3,11 ile 4,58 arasında, toplam asitlik 14,61 meq/kg ile 53,44 meq/kg arasında, toplam şekerler %63,89 ile %86,49, indirgen şekerler %53,38 ile %78,29 ve sükröz %0,45 ile %21,66, diastaz aktivitesi 0 ile 38,5 °G, 5-Hidroksimetilfurfural 0,77 ile 5,76 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk parametreleri sırasıyla 36,04-57,12-1,92 ile 7,46 ve 2,69-22,91 aralığında belirlenmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf ve ozmofilik maya sayılarının en az ve en yüksek değerleri sırasıyla  $1,5 \times 10$  ile  $1,3 \times 10^3$ ,  $<10$  ile  $2,6 \times 10^2$ ,  $<10$  ile  $4,0 \times 10^2$  cfu/g olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan analiz edilen örneklerde termofilik *Bacillus* sporları ve koliform bakteri sayılarının  $<10$  kob/g olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Renk, diastaz aktivitesi, HMF, bal, mikrobiyolojik özellikler, şeker

Received/Geliş Tarihi: 23.01.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 12.04.2023

Publication Date/Yayın Tarihi: 28.09.2023

Corresponding Author/Sorumlu Yazar:  
Memnune ŞENGÜL  
E-mail: memnune@atauni.edu.tr

Cite this article as: Şengül, M., Şengül, M., Dodoloğlu, A. (2023). Microbiological and physicochemical characterization of honey samples from Erzurum. *Food Science and Engineering Research*, 2(2), 28-33.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

## Introduction

Honey, a viscous, aromatic native sweet product, is manufactured by *Apis mellifera* bees from the nectar of herbs or from secretions of living parts of plants or excretions of plant-sucking insects on the living parts of plants, which bees collect, transform by combining with specific substances of their own, deposit, dehydrate, store and leave in honeycombs to ripen and mature (Golob et al., 2005). The essential types of honey according to botanical source are flower honey or sap honey, obtained from the nectar of plants, and honeydew honey (Golob et al., 2005; Muñoz and Palmero, 2006). Honey is a widely used food that liked around the world since the earliest times. Honey contains at least 181 substances (Ouchemoukh et al., 2005). It is a semi-solid food (water: 15–18% approx.) which comprises a complex mixture of carbohydrates, mainly glucose and fructose; other sugars are present as traces, depending on the floral origin. Moreover, organic acids, lactones, free amino acids, minerals, vitamins

(vit B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, and nicotinic acid), phenolic compounds, enzymes, and solid particles, mainly consisting of pollen, traces of wax, and variable amounts of sugar-tolerant yeast and pigments are present (Downey et al., 2005; Fallico et al., 2004; Ouchemoukh et al., 2005; Özcan et al., 2006). Bees and plants are the sources of honey components, and honey composition depends to a great extent on the nectar sources, plant, climate, environmental conditions, and the ability of the beekeeper (Fernández-Torres et al., 2005; Özcan et al., 2006).

Besides its nutritional value, honey also contains bacterial agents with different floral activity and a limited variety of microorganisms. Spore-forming aerobes and anaerobes are the dominant microflora in honey. In addition, lactic acid bacteria (LAB), yeast, and fungi species can be found in honey either as a part of the existing microflora or as a result of contamination (Lani et al., 2017). Vegetative forms of bacteria that cause human disease have not been found in honey. Since bacteria do not multiply in honey, the high number of vegetative bacteria in honey indicates recent contamination from a secondary source (Iurlina & Fritz, 2005). Microbial contamination occurs in honey from various sources. Primary sources of contamination are pollen, water, digestive system of a honey bee, powder, air, soil, and nectar. These are relatively difficult to eradicate. Secondary microbial infections occur during postharvest processing and storage of honey. It is due to the lack of attention to hygiene, which can be controlled more easily with good production practices (Lani et al., 2017). Major microbial contaminants in honey are molds, yeasts, *Bacillus* spp., and *Clostridium* spp.; their numbers are indicators of the commercial quality and safety of honey. Honey has natural antimicrobial properties that can delay development of many microbes (Lani et al., 2017). Microorganisms in honey may influence quality or safety. These also could cause human illness under certain conditions (Migdał et al., 2000; Snowdon & Cliver, 1996). Osmophilic yeasts are a problem in the honey industry for starting the fermentation of honey. As fermentation is proportional to the concentration of yeast, honey with a very high yeast count is not likely to be palatable or marketable. Honey made from flowers in humid regions has more yeast and can spoil in the comb (Snowdon & Cliver 1996).

No published information on the microbiological properties of honey collected from Erzurum is available. For this reason, the aim of this work was to determine the chemical and microbiological properties of honey stored at room temperatures and collected from Erzurum. The following parameters were analyzed: refractive index, moisture, ash, sucrose, total and reducing sugars, total acidity, pH, diastase activity, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), which are considered the basic parameters for characterizing honey. On the other hand, total aerobic mesophilic bacteria, fungi (yeasts and molds), osmophilic yeast counts, thermophilic *Bacillus* spores, and coliform bacteria were also determined. Thus, results obtained from this work would probably help to introduce the honey.

## Methods

### Honey Samples

The present study used 20 honey samples collected in Erzurum (Turkey). The samples were taken directly from the beekeepers. All samples were unpasteurized, stored in glass sample jars, and immediately transferred to the laboratory and kept at room temperature until required for analysis. Analyses were carried out at least in duplicate.

### Chemical Analysis

Moisture was determined by measuring the refractive indices at 20°C with a Carl Zeiss Abbé refractometer, and the corresponding moisture content (%) was calculated using the Wedmore table (AOAC, 1984). The following parameters were determined according to AOAC methods (AOAC, 1984): ash, diastase activity, total acidity, and pH. Total acidity and pH were measured using an ATI-ORION 420A pH meter. 5-Hydroxymethylfurfural was measured by a spectrophotometric method (Cemeroğlu, 2010). Sucrose and total and reducing sugars were estimated by Lane and Eynon method.<sup>9</sup>  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  color parameters were determined using the Minolta colorimeter (CR-200 Minolta Camera Co., Osaka, Japan).  $L^*$  is the luminance or lightness component, which ranges from 0 to 100, and  $a^*$  and  $b^*$  are the two chromatic components which  $a^+$ : red;  $-$ : green and  $b^+$ : yellow;  $-$ : blue.

### Microbiological Analysis

#### Homogenization of Honey Samples

Eleven grams of honey were homogenized for 1.5 minutes with a Stomacher Lab-Blender in 99 mL of 2.0 % sodium citrate solution. Serial dilutions were prepared in 0.1 sterile peptone water, and duplicate plates were used for all microbiological counts.

#### Microorganisms and Growth Conditions

In the microbiological analysis studied in honey, the media and conditions of incubation used were as follows: (a) Total aerobic mesophilic bacteria, plate count agar (PCA, Oxoid), 30 ± 1°C/48 ± 3 h (Baumgart et al., 1993). (b) Fungi (yeasts and molds), Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar FIL-IDF (YGC Agar, Fluka), 25 ± 2°C/3–5 days (Baumgart et al., 1993). (c) Thermophilic *Bacillus* spores, Casein-peptone Soyameal-peptone Agar (CASO Agar, Fluka) (dilutions incubated 70 ± 1°C/10 minutes), 55 ± 1°C/72 ± 3 h (Baumgart et al., 1993). (d) Coliform bacteria, Violet Red Bile Agar (VRB Agar, Merc), 24–48 ± 1°C/24 ± 3 h (Baumgart et al., 1993). (e) Osmophilic yeasts, Potato Dextrose Agar (PDA, Merc) (added 60 % saccharose), 32 ± 1°C/48 ± 3 h (Baumgart et al., 1993).

#### Statistical Analysis

To estimate variability in chemical composition and microbiological properties of honey samples were determined some statistical parameters including mean, range, standard deviation, and coefficient of variation for each index. Additionally, correlation was used to determine the possible relationship between the (a) growth of microbial groups, and (b) presence of indicator and pathogen (SPSS, 1999).

## Results, Discussion and Conclusions

### Physicochemical Parameters

Table 1 summarizes the minimum, maximum, mean, standard deviation, and variation coefficient of the data obtained from analyses of the selected physicochemical parameters (refractive index, moisture, ash, pH, total acidity, diastase activity, HMF, reducing sugar, sucrose, total sugar,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  color parameters).

The moisture content of honey depends on the harvest season, climate, moisture content of original plant nectar, degree of maturity reached in the hive, processing techniques, and storage conditions, and it is highly important for the shelf life of the honey during storage (de Rodríguez et al., 2004; Downey et al., 2005; Ouchemoukh et al., 2005; Özcan et al., 2006). A high moisture content generally causes the honey to ferment, spoil, and lose flavor, causing honey-quality loss. The refractive index varied from 1.48 to 1.50, and the corresponding moisture content ranged

**Table 1.**  
Some Physical and Chemical Characteristics of Honey Samples

Physicochemical Parameters	Minimum	Maximum	Mean	SD	Variation Coefficient
Refractive index	1.49	1.509	1.50	4.78	319.76
Moisture (%)	13.80	20.60	16.28	1.95	12.02
Ash (%)	0.03	0.50	0.12	0.11	91.08
HMF (mg/kg)	0.77	5.76	3.19	1.52	48.01
Reducing sugar (%)	53.38	78.29	65.80	5.65	8.60
Sucrose (%)	0.45	21.66	7.87	6.33	80.53
Total sugar (%)	63.89	86.49	73.67	5.50	7.47
pH	3.11	4.58	3.69	0.42	11.48
Total acidity (meq/kg)	14.61	53.41	27.42	10.92	39.83
Diastase activity (°G)	0	39.00	20.45	11.88	58.09
<i>L</i> *	36.04	57.12	47.023	6.73	58.09
<i>a</i> *	-1.92	7.46	0.98	2.49	256.25
<i>b</i> *	2.69	22.91	13.36	5.55	41.58

Note: G=Gothe; SD=Standard deviation.

between 13.80% and 20.60%; these values are within the range found by other researchers (Lazaridou et al., 2004; Ouchemoukh et al., 2005; Sanz et al., 2005; Yanniotis et al., 2006). Eighteen samples yielded moisture between 13.80 % and 20.00 %, indicating a proper degree of maturity. Nevertheless, two samples had moisture contents slightly above 20%, likely due to earlier honey extraction from hives. More samples with moisture contents were below 20%; the maximum value allowed by Turkish Food Codex, Honey Notification (2000) means that the fermentation ability is low. Usually, the quality of the studied honey is good because honey samples have low moisture content.

Sugars represent the largest portion of the honey composition, and the monosaccharides fructose and glucose are the most abundant, while small amounts of disaccharides (mainly maltose and sucrose) are also present; other disaccharides higher sugars (trisaccharides and oligosaccharides) are also present in small quantities (Lazaridou et al., 2004; Zamora et al., 2006). Sugars are the major components of honey. The total and reducing sugars amounts vary from 63.89% to 86.49%, from 53.38% to 78.29%, respectively. Sucrose contents ranged from 0.45% to 21.66%. According to the Turkish Food Codex Honey Notification (2000) [16], honey can contain up to 5% sucrose. In this research, only six honey samples showed an appropriate sucrose content ranging from 0.45% to 3.49%. Other samples have higher sucrose content than 5%. The sucrose level can increase if the beekeeper overfed the bees with sugar during the spring (Anklam, 1998). Moreover, high content of this sugar means an early harvest of the honey (Azeredo et al., 2003). The sugars content of honey has been reported by many scientists (Ouchemoukh et al., 2005; Tosun & Keleş 2002; Yilmaz & Yavuz, 1999). Honey is rich in sugar and a good source of energy. This is very important in human nutrition, especially for babies, children, and sportsmen, and in situations demanding urgent energy.

The ash content is a quality criterion for honey botanical origin; the honeydew honeys have higher ash content than blossom honeys present (Downey et al., 2005; Ouchemoukh et al., 2005). Honey has a rather low mineral content that varies widely depending on the particular botanical origin, pedoclimatic conditions, and extraction technique (Baumgart et al., 1993). The ash content

of the studied honey samples ranged from 0.03% to 0.50%. In the case of honey, clustering based on the mineral composition can distinguish honeys by their geographical or floral provenance.

The acidity of honey is due to the presence of organic acids, particularly the gluconic acid and inorganic ions such as phosphate and chloride. The pH of honey is affected by conditions during extraction and storage, which also affects texture, stability and shelf life (Corbella & Cozzolino, 2006). pH is of great importance during honey extraction and storage due to its influence on texture, presentation, and endurance (Özcan et al., 2006; Terrab et al., 2002). Acidity in honey was calculated as total acidity. The mean value for total acidity was found in the range of 14.61– 53.44 meq/kg. Honeys have a pH in the range of 3.11–4.58. That is, all honeys were acidic. These results agreed with data reported by Iurlina and Fritz (2005), Ouchemoukh et al. (2005), and Özcan et al. (2006). The variation in acidity among different honey types may be attributed to variations in these constituents due to harvest season (de Rodríguez et al., 2004).

5-Hydroxymethylfurfural measurement is used to evaluate the quality of honey. In fresh foods, the HMF level is close to zero (Kus et al., 2005). The HMF content of honey is an indicator of freshness, and it is known that heating of honey results in the formation of HMF, which is produced during acid-catalyzed dehydration of hexoses such as fructose and glucose. Hydroxymethyl furfural (HMF) is one of the most typical products of degradation, and several factors influence the formation of HMF in honey: temperature and time of heating; storage conditions; use of metallic containers, and the chemical properties of honey, which are related to the floral source from which the honey has been extracted, these indicate pH, total acidity, mineral content; however, no information on the correlation between chemical characteristics and HMF level of honey is available (Corbella & Cozzolino, 2006; Downey et al., 2005; Fallico et al., 2004; Özcan et al., 2006; Spano et al., 2006; Zappalà et al., 2005). Its concentration tends to increase as the honey ages, as a function of the low pH values, the botanical origin, the humidity, and from thermal and/or photochemical stress, until it even reaches levels of some tenths of mg/kg (Spano et al., 2006). 5-Hydroxymethylfurfural values showed between 0.77 to 5.76 mg/kg. All samples showed low

HMF content, below the allowable limit of 40 mg/kg (Turkish Food Codex, Honey Notification, 2000).

Honey diastase activity is a quality factor influenced by honey storage and heating, thus indicating honey freshness and overheating (de Rodríguez et al., 2004). The diastase activity of analyzed honey samples was between 0 and 38.5 °G. Eighteen honey samples showed an appropriate diastase number above 8 °G and only two samples showed values below 8 °G, the limit allowed by Turkish Food Codex, Honey Notification (2000). These values are in close agreement with those found by other researchers (Andrade et al., 1999; Costa et al., 1999; Tosun & Keleş, 2002). One of the samples did not show diastase activity. This shows that the sample was synthetically produced. Tosun and Keleş (2002) have determined the diastase activities of some honey samples to be below eight and of one sample to be zero, which is an indication of overheating or imitation.

The color parameters  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  measured using the Minolta colorimeter were within the range of 36.04–57.12 (–1.92)–7.46 and 2.69–22.91, respectively—one of the simplest red component and yellow components. The color of honey is related to the content of phenolics, HMF, pollen, and minerals (Lazaridou et al., 2004).

### Microbial Counts

Twenty honey samples obtained from the Erzurum province of Turkey were examined for the possible presence of microorganisms. The total bacteria, fungi, osmophilic yeasts, thermophilic *Bacillus*, and coliform bacteria counts in analyzed samples are shown in Table 2. Table 3 shows the correlation results among microbiological groups. There was a significant correlation between the total bacteria count and fungi and osmophilic yeasts (Table 3).

**Table 2.**  
The Results of the Microbiological Quality of Honey

Organisms	Log <sub>10</sub> Microorganisms/g Honey				
	$\bar{x}^a$	Range	CV <sup>b</sup>	$n^c$	% <sup>d</sup>
Total bacteria	2.02	1.78–2.26	25.14	20	–
Total coliforms	1.00	1.00–1.00	—	20	100
Fungi	1.21	1.00–1.43	37.81	20	55
Osmophilic yeasts	1.18	0.97–1.39	36.68	20	80
Thermophilus <i>Bacillus</i> spores	1.00	1.00–1.00	—	20	100

Note: <sup>a</sup>Geometric mean.

<sup>b</sup>Coefficient variation

<sup>c</sup>Number of samples/analyzed

<sup>d</sup>Percent of samples with negative growth.

**Table 3.**  
Correlation Coefficient between the Microorganisms in Honey

Organisms	Total bacteria	Total coliforms	Fungi	Osmophilic Yeasts
Total coliforms	a			
Fungi	0.450*	a		
Osmophilic yeasts	0.506*	a	0.867**	
Thermophilus <i>Bacillus</i> spores	a	a	a	a

Note: \*Correlation is significant at the  $p < .05$  level. \*\*Correlation is significant at the  $p < .01$  level. <sup>a</sup>Correlation is significant at the  $p > .05$  level.

While the least total bacteria count was  $1.5 \times 10^0$  cfu/g, the highest was determined as  $1.3 \times 10^3$  cfu/g. The fungi count of honey samples ranged between  $<10$  and  $2.6 \times 10^2$  cfu/g. The osmophilic yeasts count of honey samples ranged from  $<10$  to  $4.0 \times 10^2$  cfu/g. In addition, 20% of honey samples contained detectable levels of osmophilic yeasts.

However, fewer than 10 cfu/g were in 80 % of honey samples (Table 2). Variation in levels of thermophilic *Bacillus* spores among samples has not been observed. Counts of thermophilic *Bacillus* spores were found below detectable levels in analyzed samples ( $<10$  cfu/g). Coliform bacteria count was also found to be below detectable level in analyzed samples ( $<10$  cfu/g).

The microorganisms of more interest in honey are total bacteria, fungi, total coliforms, osmophilic yeasts, and bacterial spores. Honey is expected to present low numbers and little variety of microorganisms since it possesses antimicrobial properties that discourage growth, besides a low water activity (Snowdon & Cliver, 1996). Total bacteria count provides very general information and is a general indicator of the microbial quality of honey. Total bacteria counts of honey samples can vary from zero to tens of thousands per gram for no apparent reason. Variations in total bacteria numbers may be due to the sample type, the honey's age, the time of harvest, and the analytical technique. The number of total bacteria in the analyzed samples was very low compared with other research results (Table 2). There was also a significant ( $p < .05$ ) correlation between the total bacteria count and fungi and osmophilic yeasts (Table 3). Fathy and Ashour (1997) determined that the total honey count reached  $2.0 \times 10^4$  cfu/mL. Migdal et al. (2000) found that total count of aerobic bacteria varies from  $1.0 \times 10$  to  $4.6 \times 10^5$  cfu/g.

As can be seen from Table 2, in the present study, we determined fungi in 9 (45 %) samples, ranging in number from  $< 10$  to  $2.6 \times 10^2$  cfu/g. There was a significant correlation between fungi and osmophilic yeasts (Table 3). Migdal et al. (2000) obtained similar results, with counts between  $< 10$  and  $9.0 \times 10^3$  cfu/g. The numbers of osmophilic yeasts were low. The incidence of osmophilic yeasts varied from sample to sample. There was also a significant correlation between osmophilic yeasts and the total bacteria (Table 3). Snowdon and Cliver (1996) consider yeasts to be among the main microorganisms that interfere with the quality of honey. As fermentation is proportional to the concentration of osmophilic yeasts, honey with a very yeast count is not likely to be palatable. Piana et al. (1991) assayed 50 samples of Italian honey and primarily found osmophilic yeasts in the range of  $1.0$  to  $3.5 \times 10^3$  cfu/g. Only 34 of the samples contained osmophilic yeasts. An average of nine yeast colonies per gram of honey was found in 35 retail samples tested by Nakano and Sakaguchi (1991).

Thermophilic *Bacillus* spores were found below detectable levels in 20 honey samples analyzed in this research (Table 2). In a study of the incidence of *Bacillus* and *Clostridium* spores in honey factories and retail outlets, Kokuba et al. (1994) detected no *C. botulinum* but detected spores, most of them of the genus *Bacillus*, in 67 of 71 (97%) samples.

In the present study, none of the 20 samples contained total coliforms, in agreement with the data obtained by Snowdon and Cliver (1996) and Rall et al. (2003) who reported the absence of pathogenic bacteria in honey. Coliform counts are an indicator of hygienic quality. Since fecal contamination of honey has not been



reported, an assay for coliforms could also be used as a general indicator of fecal contamination as well as sanitation.

Based on the results obtained, we concluded that the microbiological properties of the honey samples collected from Erzurum are very good. In this study, incidence of coliform bacteria were determined as low <10 cfu/g, that honeys can have an acceptable quality with coliform bacteria. The results obtained agreed with the requirements of the Turkish Food Codex, Honey Notification, 2000. Eighteen of the studied samples are found to be low in moisture and, therefore, safe from fermentation. Nevertheless, two samples had moisture contents slightly above 20%, likely due to earlier honey extraction from hives. Only six honey samples showed an appropriate sucrose content; other samples had higher sucrose content than 5%. All honeys were acidic. All of the samples showed low HMF content, below the allowable limit of 40 mg/kg (Turkish Food Codex, Honey Notification, 2000). The diastase activity of analyzed honey samples was between 0 and 38.5 °G. Further investigations are required to determine phenolic contents, antioxidant activity, and antimicrobial activity of honey. The results obtained from this study will also be a guide for future studies.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – M.S., M.S., A.D.; Design – M.S., M.S., A.D.; Supervision – M.S., M.S., A.D.; Resources – M.S., M.S., A.D.; Materials – M.S., M.S., A.D.; Data Collection and/or Processing – M.S., M.S., A.D.; Analysis and/or Interpretation – M.S., M.S., A.D.; Literature Search – M.S., M.S., A.D.; Writing Manuscript – M.S., M.S., A.D.; Critical Review – M.S., M.S., A.D.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** This study was funded by Atatürk University with the project number BAP-2003/224.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir – M.S., M.S., A.D.; Tasarım – M.S., M.S., A.D.; Dene-tleme – M.S., M.S., A.D.; Kaynaklar – M.S., M.S., A.D.; Malzemeler – M.S., M.S., A.D.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – M.S., M.S., A.D.; Analiz ve/veya Yorum – M.S., M.S., A.D.; Literatür Taraması – M.S., M.S., A.D.; Yazıyı Yazan – M.S., M.S., A.D.; Eleştirel İnceleme – M.S., M.S., A.D.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Bu çalışma Atatürk Üniversitesi tarafından BAP-2003/224 proje numarasıyla finanse edilmiştir.

## References

- Andrade, P. B., Amaral, M. T., Isabel, P., Carvalho, J. C. M. F., Seabra, R. M., & Proença da Cunha, A. P. (1999). Physicochemical attributes and pollen spectrum of Portuguese heather honeys. *Food Chemistry*, 66(4), 503–510. [CrossRef]
- Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4), 549–562. [CrossRef]
- AOAC (1984). *Official methods of analysis* (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Azeredo, L. da C., Azeredo, M. A. A., De Souza, S. R., & Dutra, V. M. L. (2003). Protein content and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80(2), 249–254. [CrossRef]
- Baumgart, J., Eigener, U., Firnhaber, J., Hildebrandt, G., Reenen-Hoekstra, E. S., Samson, R. A., Spicher, G., Timm, F., Yarrow, D., & Zschaler, R. (1993). *Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln* (3., aktualisierte und erw. Aufl.). Hamburg, Germany.
- Cemeroğlu, B. (2010). Gıda analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları* (vol. 34, s. 634). Ankara.
- Corbella, E., & Cozzolino, D. (2006). Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5), 534–539. [CrossRef]
- Costa, L. S. M., Albuquerque, M. L. S., Trugo, L. C., Quinteiro, L. M. C., Barth, O. M., Ribeiro, M., & De Maria, C. A. B. (1999). Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys. *Food Chemistry*, 65(3), 347–352. [CrossRef]
- de Rodríguez, G. O., Sulbarán de Ferrer, B., Ferrer, A., & Rodríguez, B. (2004). Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84(4), 499–502. [CrossRef]
- Downey, G., Hussey, K., Daniel Kelly, J. D., Walshe, T. F., & Martin, P. G. (2005). Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico-chemical data. *Food Chemistry*, 91(2), 347–354. [CrossRef]
- Fallico, B., Zappalà, M., Arena, E., & Verzera, A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2), 305–313. [CrossRef]
- Fathy, H. M., & Ashour, H. (1997). Effect of some antibiotics on brood rearing activity in honey bee colonies and the microflora in the produced honey. *Apiacta*, XXXII, 119–125.
- Fernández-Torres, R., Pérez-Bernal, J. L., Bello-López, M. A., Callejón-Mochón, M., Jiménez-Sánchez, J. C., & Guiraúm-Pérez, A. (2005). Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta*, 65(3), 686–691. [CrossRef]
- Golob, T., Doberšek, U., Kump, P., & Nečemer, M. (2005). Determination of trace and minor elements in Slovenian honey by total reflection X-ray fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry*, 91(4), 593–600. [CrossRef]
- Iurlina, M. O., & Fritz, R. (2005). Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology*, 105(3), 297–304. [CrossRef]
- Kokuba, Y., Jinbo, K., Kaneko, S., & Matsumoto, M. (1994). Prevalence of spore-forming bacteria in commercial honey. *Annual Report of Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health*, 35, 192–196.
- Kus, S., Gogus, F., & Eren, S. (2005). Hydroxymethyl furfural content of concentrated food products. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 367–375. [CrossRef]
- Lani, M. N., Zainudin, A. H., Razak, S. B. A., Mansor, A., & Hassan, Z. (2017). Microbiological quality and pH changes of honey produced by stingless bees, *Heterotrigona itama* and *Geniotrigona thoracica* stored at ambient temperature. *Malaysian Applied Biology*, 46(3), 89–96.
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Bacandritsos, N., & Sabatini, A. G. (2004). Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys. *Journal of Food Engineering*, 64(1), 9–21. [CrossRef]
- Migdał, W., Owczarczyk, H. B., Kędzia, B., Hołderna-Kędzia, E., & Madajczyk, D. (2000). Microbiological decontamination of natural honey by irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 57(3–6), 285–288. [CrossRef]
- Turkish Food Codex, Honey Notification (2000). No. 25347. T.C. Ministry of Agriculture and Rural Affairs.
- Muñoz, E., & Palmero, S. (2006). Determination of heavy metals in honey by potentiometric stripping analysis and using a continuous flow methodology. *Food Chemistry*, 94(3), 478–483. [CrossRef]
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18(1), 52–58. [CrossRef]
- Özcan, M., Arslan, D., & Ali Ceylan, D. A. (2006). Effect of inverted saccharose on some properties of honey. *Food Chemistry*, 99(1), 24–29. [CrossRef]

- Piana, M. L., Pado, G., Cesaroni, D., Cuetti, L., Bucci, M. A., & Gotti, P. (1991). Research on microbial characteristics of honey samples of Udine province. *Rivista della Società Italiana di Scienze dell'Alimentazione*, 20, 293–301.
- Rall, V. L. M., Bombo, A. J., Lopes, T. F., Carvalho, L. R., & Silva, M. G. (2003). Honey consumption in the state of São Paulo: A risk to human health? *Anaerobe*, 9(6), 299–303. [\[CrossRef\]](#)
- Sanz, M. L., Gonzalez, M., de Lorenzo, C., Sanz, J., & Martínez-Castro, I. (2005). A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*, 91(2), 313–317. [\[CrossRef\]](#)
- Spano, N., Casula, L., Panzanelli, A., Pilo, M. I., Piu, P. C., Scanu, R., Tapparo, A., & Sanna, G. (2006). An RP-HPLC determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey: The case of strawberry tree honey. *Talanta*, 68(4), 1390–1395. [\[CrossRef\]](#)
- SPSS (1999). SPSS for Windows Release 10.01, SPSS inc.
- Terrab, A., Díez, M. J., & Heredia, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79(3), 373–379. [\[CrossRef\]](#)
- Tosun, M., & Keleş, F. (2002). *Erzurum ve ilçelerinde üretilen balların analitik özellikleri. Türkiye 7. Gıda Kongresi*; 2002.
- Yanniotis, S., Skaltsi, S., & Karaburnioti, S. (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 372–377. [\[CrossRef\]](#)
- Yılmaz, H., & Yavuz, Ö. (1999). Content of some trace metals in honey from south-eastern Anatolia. *Food Chemistry*, 65(4), 475–476. [\[CrossRef\]](#)
- Zamora, M. C., Chirife, J., & Roldán, D. (2006). On the nature of the relationship between water activity and % moisture in honey. *Food Control*, 17(8), 642–647. [\[CrossRef\]](#)
- Zappalà, M., Fallico, B., Arena, E., & Verzera, A. (2005). Methods for the determination of HMF in honey: A comparison. *Food Control*, 16(3), 273–277. [\[CrossRef\]](#)

# Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Ticari Kefirlerin Mikrobiyolojik Kalitesinin Araştırılması

## Investigation of Microbiological Quality of Commercial Kefirs Consumed in Erzurum Market

Burcu Bazu ÇIRPICI   
Bülent ÇETİN 

Atatürk Üniversitesi, Ziraat  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği  
Bölümü, Erzurum, Türkiye

### ÖZ

Bu çalışmada dört farklı ticari kefir Erzurum piyasasından temin edilmiş, örneklerin mikrobiyolojik özellikleri ve pH değeri araştırılmıştır. Buna göre kefirlerin ortalama laktobasil, laktokok ve mayaküf sayıları sırasıyla 8,88, 8,10 ve 4,75 log kob/mL olarak belirlenmiştir. Koliform bakteri grubu ticari kefir örneklerinin hiçbirinde bulunmamıştır. Kefir örneklerinin pH değeri 4,35 ile 4,56 arasında değişmekte olup ortalama değeri 4,48 olarak tespit edilmiştir. Analiz edilen tüm kefir örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kefir, mikrobiyolojik özellikler, pH

### ABSTRACT

In this study, four distinct commercial kefir samples were obtained from Erzurum market, and microbiological properties and pH values of the samples were investigated. Accordingly, the average lactobacilli, lactococci, and yeast-mold counts of kefir samples were determined as 8.88, 8.10, and 4.75 log cfu/mL, respectively. Coliform bacteria were not detected in any of the commercial kefir samples. The pH value of kefir samples varied between 4.35 and 4.56, and the average value was 4.48. It was determined that the microbiological properties of all kefir samples analyzed were in accordance with the Turkish Food Codex Communiqué on Fermented Milk Products.

**Keywords:** Kefir, microbiological properties, pH

### Giriş

Kefir, asidik ve alkolik fermantasyonun bir araya getirilmesiyle elde edilen tarihi yüzyıllar öncesine dayanan bir süt içeceğidir (Assadi vd., 2000). Bu ekşi, kıvamlı içecek Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Fransa ve Brezilya gibi ülkelerde de insanlar arasında popüler hale gelmiştir (Azizi vd., 2021). "Kefir" ismi Türkçe'de "iyi his" anlamına gelen "keyif" kelimesinden türetilmiştir (Nielsen vd., 2014). Bu ürün farklı bölgelerde knapon, kefir, kefir, kiaphur, kepi, kephir ve kipi olarak tanınmaktadır (Ahmed vd., 2013). Kafkas Dağları'nda, Orta Asya'da ortaya çıkmıştır ve binlerce yıldır tüketilmektedir (Otlis & Cagindi, 2003). Bağımsızlık sisteminin güçlendirilmesi ve sindirim sağlığının iyileştirilmesinin yanı sıra antimikrobiyal, antioksidan aktivite, antiviral, antitümör ve antimutajenik de dâhil olmak üzere kefirin sağlığa birçok yararı vardır (Serafini vd., 2014).

Geleneksel olarak kefir, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus Leuconostoc* ve *Acetobacter* bakterileri ile *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Kazachstania* ve *Pichia* mayalarının karmaşık bir mikrobiyal simbiyozu ile sütün kefir daneleri kullanılarak fermente edilmesiyle üretilir (Miguel vd., 2010, Purutoğlu vd., 2020). Kefir geleneksel olarak koyun sütünün kefir daneleri ile aşılmasıyla üretilirken, günümüzde inek veya keçi sütünden de elde edilmektedir (Barukcic vd., 2017). Kefir daneleri, kefir adı verilen özel bir ekzopolisakkarit matrisi içinde bakteri ve maya türlerinin oluşturduğu kompleks mikrobiyal topluluk içeren, düzensiz, karnabahar görümlü, jelatinimsi ve yapışkan yapıya sahip, beyazdan açık sarıya kadar değişen renklerde ve farklı boyutlarda (1–4 cm uzunluğunda) olan granüllerdir (Dertli ve Çon, 2017, Garofalo vd., 2020, Biçer vd., 2021). Ticari kefir ise dondurularak kurutulmuş saf

Geliş Tarihi/Received: 05.08.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04.09.2023

Yayın Tarihi/Publication Date: 28.09.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Burcu Bazu ÇIRPICI

E-mail: burcu.cirpici@atauni.edu.tr

Cite this article as: Çirpici, B.B., Çetin, B. (2023). Erzurum piyasasında tüketime sunulan ticari kefirlerin mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Food Science and Engineering Research*, 2(2), 34-37.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

ticari kefir kültürleri kullanılarak sütün fermantasyonu veya daha büyük ölçekte backslopping (Rus yöntemi) yoluyla üretilmektedir (Garofalo vd., 2020, Biçer vd., 2021). Kefirin eşsiz lezzeti ve aroması, fermantasyon sırasında kefir danelerinde bulunan laktik asit bakterileri, mayalar ve asetik asit bakterileri arasındaki simbiyotik ilişkinin bir sonucudur (Ünal vd., 2020).

Türk Gıda Kodeksi 30.11.2022 tarih ve 32029 sayı, 2022/44 nolu Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre kefir "Fermentasyonda, kefir danesine özgü karakteristik mikroorganizmalar olan *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefiranofaciens*, *Lactobacillus kefirgranum*'dan en az ikisini, laktozu fermente eden mayalardan *Kluyveromyces marxianus* ve etmeyen mayalardan *Saccharomyces spp.*'yi zorunlu olarak içeren bunun yanında *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Acetobacter* ve benzeri bakteri cinslerine ait türler ile farklı maya türlerini de bulundurabilen kefir danelerinin veya starter kültürlerin kullanıldığı fermente süt ürünü" dür (Anonim, 2022).

Kefirin popülerliğinin giderek artmasıyla Türkiye'de ticari kefir üretimi ve tüketiminde artış olmuştur. Bu nedenle ticari olarak üretilen kefirlerin halk sağlığı açısından kalitesi ve güvenilirliği daha da önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada Erzurum piyasasında satılan, farklı firmalara ait sade ticari kefir örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerinin mevcut standartlara uygun olup olmadığını belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Yöntemler

### Kefir Örnekleri

Bu çalışmada Erzurum piyasasında satılan dört farklı firmaya ait ticari sade kefir örnekleri alınarak orijinal ambalajları içerisinde soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir. Örnekler laboratuvara getirildikten sonra 1 saat içinde analizleri yapılmıştır. Kefirler TK1, TK2, TK3 ve TK4 olarak kodlanmıştır.

### Mikrobiyolojik Analizler

10 ml homojen kefir örneği ile 90 mL %0,85'lik steril NaCl çözeltisi Stomacher cihazında homojen edilmiştir. Homojenize edilen örneklerden seri dilüsyonlar hazırlanmış ve bu dilüsyonlar MRS (Merck, Almanya), M17 agar (Merck, Almanya), PDA (Merck, Almanya) ve VRBA besiyerlerine ekilmiştir. Bu besiyerleri laktik asit bakterilerinin sayımı için 30°C'de 2–3 gün anaerobik koşullarda, streptokokların sayımı için 30°C'de 24–48 saat aerobik koşullarda, maya-küf sayımı için PDA besiyeri kullanılmış olup ekim öncesi %10'luk steril tartarik asitten 14 mg/L ilave edilip pH değeri 3,5'e ayarlanmış ardından 25 °C'de 5 gün aerobik koşullarda inkübe edilmiştir. Koliform grubu mikroorganizmaların sayımı için çift tabakalı ekim yapılan VRBA besiyerleri 37 °C'de 24–48 saat inkübe edilmiştir (Ünal vd., 2020, Çırpıcı ve Çetin, 2023). MRS, M17 ve PDA besiyerlerinde yayma yöntemi, VRBA besiyerinde dökme plak yöntemi kullanılmıştır (Öksüztepe vd., 2020, Çırpıcı ve Çetin, 2023). İnkübasyon sonrasında 30–300 koloni içeren petripler sayılmıştır.

### pH Analizi

Örneklerin pH değerleri, kalibrasyonu yapılmış pH metre (Hanna pH-211) kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

## Bulgular ve Tartışma

Ticari kefir örneklerine ait kimyasal parametre olan pH değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre çalışmada incelenen ticari kefir örneklerinin pH değerlerinin 4,35 ile 4,56 arasında değişen değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar yapılan bazı çalışmalarla

**Tablo 1.**  
Kefir Örneklerinin pH Sonuçları

Kefir örnekleri	pH
TK1	4,52
TK2	4,48
TK3	4,56
TK4	4,35
En düşük	4,35
En yüksek	4,56
Ortalama	4,48
Standart sapma	±0,09

benzerlik göstermektedir. Irigoyen vd. (2005) yapmış olduğu çalışmada %1 ve %5 kefir danesi katılan kefirlerin pH değerlerinin sırasıyla 4,50 ve 4,40 olduğu tespit edilmiştir. Guzel-Seydim vd. (2005) yapmış olduğu çalışmada ise 22 saat fermantasyon sonrasında ortalama pH değeri 4,55 bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ticari sade kefirlerin ortalama pH değeri 4,54 olup en az 4,21 en çok 4,72 olarak tespit edilmiştir. (Öksüztepe vd., 2020). Ünal vd. (2020) piyasadan alınan 6 farklı ticari kefirde pH değerlerini minimum 4,26, maksimum 4,37 ve ortalama 4,33 olarak tespit etmişlerdir. Cetinkaya ve Elal Mus (2012) yapmış olduğu çalışmada ise ticari kefirlerin pH değeri ortalama 4,30'dur. Bu değerler bu çalışmada belirlenen ortalama pH değerinden düşüktür. Hecer vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada farklı sıcaklıklarda üretilen kefirlerin pH değerleri 3,90 ile 5,65 arasında olup bu değerler genel olarak bu çalışmadaki pH değerlerinden yüksektir.

Ticari kefir örneklerinin yapımında kullanılan sütlerin kalitesi, starter kültürünün kombinasyonu, fermantasyon süresi, sütün mayalanma sıcaklığı ve kuru madde miktarı pH değerindeki farklılıkları etkileyebilir (Öksüztepe vd., 2020).

Ticari kefir örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada ticari kefir örneklerinin laktobasil sayıları 8,76 ile 9,02 log kob/mL arasında olup ortalama değerinin 8,88 log kob/mL olduğu belirlenmiştir. En yüksek laktobasil sayısı TK1, en düşük ise TK3 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Cetinkaya ve Elal Mus (2012), Bursa'da satılan ticari kefirlerde laktobasil sayılarının en az 1, en çok 8,77 log kob/mL ortalama değerinin ise 7,56 log kob/mL olduğunu bulmuşlardır. Elazığ'dan temin edilen ticari kefirlerden yapılan başka bir çalışmada ise laktobasil sayılarının en düşük, en yüksek ve ortalama sayıları sırasıyla 6,79, 7,65 ve 7,33 log kob/mL olarak belirlenmiştir (Öksüztepe vd., 2020). Piyasadaki

**Tablo 2.**  
Kefir Örneklerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları (log kob/ml)

Kefir örnekleri	Laktobasil sayısı	Laktokok sayısı	Maya-küf sayısı	Koliform bakteri sayısı
TK1	9,02	8,78	5,85	<1
TK2	8,80	8,11	4	<1
TK3	8,76	8,92	5,15	<1
TK4	8,91	6,60	4	<1
En düşük	8,76	6,60	4	<1
En yüksek	9,02	8,92	5,85	<1
Ortalama	8,88	8,10	4,75	<1
Standart sapma	±0,12	±1,06	±0,91	-

ticari kefirlerden yapılan başka bir çalışmada laktobasil sayılarının en az 8,15 log kob/mL, en çok 9,09 log kob/mL ortalama değerinin ise 8,47 log kob/mL olduğu bulunmuştur.

Çalışmada laktokok sayısı 6,60–8,92 log kob/mL arasında değişmekte olup ortalama olarak 8,10 log kob/mL düzeyinde olduğu saptanmıştır. En yüksek laktokok sayısı TK3 örneğinde saptanırken, en düşük laktokok sayısı TK4 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Piyasadan temin edilen ticari kefir örneklerinin minimum, maksimum ve ortalama laktokok sayıları sırasıyla 8,39, 9,34 ve 8,78 log kob/mL olarak tespit edilmiştir (Ünal vd., 2020). Cetinkaya ve Elal Mus (2012) yapmış oldukları çalışmada, ticari kefir örneklerinin laktokok sayılarını en düşük, en yüksek ve ortalama olarak sırasıyla 5,00, 8,80 ve 8,26 log kob/mL olarak bulmuşlardır. Irigoyen vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada kefir örneklerinin ortalama laktokok sayısı 8,00 log kob/mL olarak bulunmuştur. Öksüztepe vd. (2020) tarafından yapılmış olan çalışmada ise sade kefirlerdeki laktokok sayısı minimum 7,38, maksimum 8,30 ve ortalama 7,63 log kob/mL olarak tespit edilmiştir. Çalışmadaki kefirlerin ortalama laktokok değerleri incelendiğinde, Ünal ve ark. (2020) ile Cetinkaya ve Elal Mus'un (2012) çalışmalarındaki değerlerin altında olduğu görülürken, Irigoyen ve ark. (2005) ile Öksüztepe ve ark. (2020) çalışmalarındaki değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tüm kefir örneklerinde küf kolonisi gözlenmemiş olup inkübasyon sonrası besiyerlerinde sadece maya tespit edilmiştir. Kefir örneklerinin ortalama maya sayısı 4,75 log kob/mL olarak belirlenirken, en yüksek maya sayısı 5,85 log kob/mL en düşük maya sayısı 4,00 log kob/mL olarak tespit edilmiştir. TK2 ve TK4 örnekleri en düşük maya konsantrasyonuna sahipken TK1 örneği en yüksektir. Ünal vd. (2020) maya sayısını minimum, maksimum ve ortalama olarak sırasıyla 4,38, 5,37 ve 4,91 log kob/mL bulmuşlardır. Başka bir çalışmada is maya sayısı minimum değeri için gözlenmezken, maksimum 4,56 log kob/mL, ortalama olarak 2,88 log kob/mL olarak tespit edilmiştir (Öksüztepe vd., 2020). Irigoyen vd. (2005) ortalama maya sayısını 5,00 log kob/mL, Cetinkaya ve Elal Mus (2012) 6,89 log kob/mL olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmadaki ortalama maya sayıları Öksüztepe vd. (2020)'in yaptığı çalışmadan yüksek olup diğer çalışmalardan düşüktür.

Hijyen indikatörü olarak koliform grubu bilindiği üzere en önemli indikatör mikroorganizmalardandır (Öksüztepe vd., 2020). Bu çalışmada incelenen tüm ticari kefir örneklerinde koliform bakteri tespit edilmemiştir. Ünal vd. (2020) ve Öksüztepe vd. (2020) çalışmalarında koliform bakteri bulamazken, Dinç (2008) ve Çıray (2017)'in yapmış oldukları çalışmalarda koliform bakterisi bulunmuştur. Dinç (2008) tarafından yapılan çalışmada kefir örneklerinin genel değerlendirmesinde koliform bakteri ile kontaminasyon düzeyi %32,5 (39/120) olarak saptanmış olup ortalama değer 11,58 MPN/ml'dir. Çıray (2017) tarafından yapılan çalışmada ise İstanbul'dan temin edilen 100 adet kefir örneğindeki koliform grubu bakteri kontaminasyonu seviyesi ortalama 13 kob/mL olarak bulunmuştur.

Çırpıcı ve Çetin (2023) tarafından yapılan başka bir çalışmada kefir danelerinden koliform bakteri izole edilmiş ve danelerden iki tanesi kullanılarak kefir üretilmiştir. Üretilen kefirlerde de koliform bakterilerinin yüksek konsantrasyonda kefire geçtiği tespit edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre kefirde bulunması gereken toplam spesifik mikroorganizma en az  $10^7$  kob/g, mayalar ise en az  $10^3$  kob/g olmalıdır (Anonim, 2022). Bu

belirtilen değerlere bakıldığında analiz edilen tüm kefirlerin mikrobiyolojik kalite parametresinin Türk Gıda Kodeksine uygun olduğu görülmüştür. Ancak analiz edilen örnek sayısının az olması genelleme yapmak için sınırlama getirmektedir. Ticari kefirlerin halka kaliteli, güvenilir ve sağlıklı bir şekilde ulaştırılması için üretimden tüketime kadar tüm proseslerde GHP (Good Hygiene Practice), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) ve GMP (Good Manufacture Practice) kurallarının titizlikle uygulanması gerekmektedir (Öksüztepe vd., 2020).

## Sonuç

Çalışmada kullanılan tüm kefir örneklerinin laktobasil, laktokok ve maya-küf sayılarının Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde belirtilen değerlere uygun olduğu belirlenmiş olup hiçbir kefir örneğinde koliform grubu bakteri tespit edilmemiştir. Geleneksel olarak üretilen bazı kefirlerin koliform grubu bakteri içermesi, halk sağlığı açısından büyük risk oluşturduğu yapılan ilgili literatür incelendiğinde görülmektedir. Üretilen kefirin tüketiciler için, özellikle de yaşlı, kanser, diyabet hastası, bebek, AIDS, hamile ve emziren kadınlar gibi hassas popülasyonlar için potansiyel bir sağlık riski taşıması nedeniyle çalışmada elde ettiğimiz veriler doğrultusunda ticari olarak üretilen kefirlerin tüketilmesinin daha güvenilir olabileceği görülmektedir. Çünkü ticari kefirlerin üretimden tüketimine kadarki tüm proseslerinde GHP (Good Hygiene Practice), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) ve GMP (Good Manufacture Practice) kurallarının titizlikle uygulandığı düşünülmektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir – B.Ç.; Tasarım – B.Ç.; Denetleme – B.Ç.; Kaynaklar – B.Ç.; Malzemeler – B.Ç.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – B.B.Ç.; Analiz ve/veya Yorum – B.B.Ç.; Literatür Taraması – B.B.Ç.; Yazıyı Yazan – B.B.Ç.; Eleştirel İnceleme – B.Ç.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – B.Ç.; Design – B.Ç.; Supervision – B.Ç.; Resources – B.Ç.; Materials – B.Ç.; Data Collection and/or Processing – B.B.Ç.; Analysis and/or Interpretation – B.B.Ç.; Literature Search – B.B.Ç.; Writing Manuscript – B.B.Ç.; Critical Review – B.Ç.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

- Ahmed, Z., Wang, Y., Ahmad, A., Khan, S. T., Nisa, M., Ahmad, H., & Afreen, A. (2013). Kefir and health: A contemporary perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 422–434. [CrossRef]
- Anonim (2022). *Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022/44)*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı.
- Assadi, M. M., Pourahmad, R., & Moazami, N. (2000). Use of isolated kefir starter cultures in kefir production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6), 541–543. [CrossRef]
- Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2021). Kefir and its biological activities. *Foods*, 10(6), 1210. [CrossRef]

- Barukcic, I., Gracin, L., Jambrak, A. R., & Bozanic, R. (2017). Comparison of chemical, rheological and sensory properties of kefir produced by kefir grains and commercial kefir starter. *Mljekarstvo*, 67, 169–176.
- Biçer, Y., Telli, A. E., Sönmez, G., Turkal, G., Telli, N., & Uçar, G. (2021). Comparison of commercial and traditional kefir microbiota using metagenomic analysis. *International Journal of Dairy Technology*, 74(3), 528–534. [\[CrossRef\]](#)
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri* (2. Baskı). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 34.
- Cetinkaya, F., & Elal Mus, T. (2012). Determination of microbiological and chemical characteristics of kefir consumed in Bursa. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59(3), 217–221. [\[CrossRef\]](#)
- Çıray, Z. (2017). *Piyasada Satılan ticari kefirlerin mikrobiyal Kalitesinin Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Çırpıcı, B. B., & Çetin, B. (2023). Determining the safety of kefir grains for public health. *Food Bioscience*, 53, 102648. [\[CrossRef\]](#)
- Dertli, E., & Çon, A. H. (2017). Microbial diversity of traditional kefir grains and their role on kefir aroma. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 151–157. [\[CrossRef\]](#)
- Dinç, A. (2008). *Kefirin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Garofalo, C., Ferrocino, I., Reale, A., Sabbatini, R., Milanović, V., Alkić-Subašić, M., Boscaino, F., Aquilanti, L., Pasquini, M., Trombetta, M. F., Tavoletti, S., Coppola, R., Cocolin, L., Blesić, M., Sarić, Z., Clementi, F., & Osimani, A. (2020). Study of kefir drinks produced by backslipping method using kefir grains from Bosnia and Herzegovina: Microbial dynamics and volatiline profile. *Food Research International*, 137, 109369. [\[CrossRef\]](#)
- Guzel-Seydim, Z., Wyffels, J. T., Seydim, A. C., & Greene, A. K. (2005). Turkish kefir and kefir grains: Microbial enumeration and electron microscopic observation. *International Journal of Dairy Technology*, 58(1), 25–29. [\[CrossRef\]](#)
- Hecer, C., Ulusoy, B. H., & Kaynarca, D. (2019). Effect of different fermentation conditions on composition of kefir microbiota. *International Food Research Journal*, 26, 401–409.
- Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torre, P., & Ibáñez, F. C. (2005). Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90(4), 613–620. [\[CrossRef\]](#)
- Miguel, M. G. D. C. P., Cardoso, P. G., Lago, L., & Schwan, R. F. (2010). Diversity of bacteria present in milk kefir grains using culture-dependent and culture-independent methods. *Food Research International*, 43(5), 1523–1528. [\[CrossRef\]](#)
- Nielsen, B., Gürakan, G. C., & Ünlü, G. (2014). Kefir: A multifaceted fermented dairy product. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 6(3–4), 123–135. [\[CrossRef\]](#)
- Öksüztepe, G., Demir, P., Karatepe, P., Alan, S., & Akgöl, M. (2020). Ticari kefirlerin bazı kalite parametrelerinin incelenmesi. *Veterinary Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, 5(2), 40–47. [\[CrossRef\]](#)
- Otles, S. O., & Cagindi, O. E. (2003). Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 54–59. [\[CrossRef\]](#)
- Purutoğlu, K., İspirli, H., Yüzer, M. O., Serencam, H., & Dertli, E. (2020). Diversity and functional characteristics of lactic acid bacteria from traditional kefir grains. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 57–66. [\[CrossRef\]](#)
- Serafini, F., Turrone, F., Ruas-Madiedo, P., Lugli, G. A., Milani, C., Duranti, S., Zamboni, N., Bottacini, F., Van Sinderen, D., Margolles, A., & Ventura, M. (2014). Kefir fermented milk and kefir promote growth of *Bifidobacterium bifidum* PRL2010 and modulate its gene expression. *International Journal of Food Microbiology*, 178, 50–59. [\[CrossRef\]](#)
- Ünal, F. N., Kalyas, A., Gürbüz, Z., Şengül, M., & Ürkek, B. (2020). Ticari kefirlerin bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Gıda*, 45, 555–563.

# Kaz But Etinde Tuz Oranının Depolama Boyunca Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklere Etkisi

## Effect of Salt Level on Some Physicochemical and Microbiological Properties for Goose Thigh Meat Storage

Emre KABİL   
Aydın Aytaç GÜRDAL 

Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek  
Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü,  
Yalova, Türkiye



### Öz

Araştırmada farklı oranlarda tuzlanan kaz but etinin vakum ambalajlanıp soğukta depolanması ve depolama boyunca renk parametreleri, TBARS (tiyobar bütirikasit reaktif maddeler), pH ve TAMB (toplam aerobik mezofilik bakteri) değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tuzlamada, %0, %4, ve %8 (w/w) oranında kaya tuzu ete ilave edilmiştir. Tuz difüzyonu sonucu vakum ambalajlanan etler buzdolabında +4°C'de muhafaza edilmiş, 12 güne kadar 3 gün arayla analizler gerçekleştirilmiştir. Tuz oranının artmasıyla  $L^*$  değerleri önemli ölçüde azalmıştır ( $p < 0,05$ ).  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ise %4 ve %8 tuz oranlarında farklılık göstermemiştir. Tuzlama ile TBARS değerleri önemli oranda artarak kontrol grubunda  $0,46 \pm 0,02$  olan değer %4 ve %8 de sırasıyla  $0,86 \pm 0,01$  ve  $0,83 \pm 0,01$  olarak tespit edilmiştir ( $p < ,05$ ). pH değeri depolama süresi ve tuz ilavesiyle artmış, farklı oranlarda tuz kullanımıyla değişmemiştir. TAMB sayısı depolama boyunca artarken, tuz ilavesiyle azalmıştır ( $p < ,05$ ). Depolama boyunca kontrol grubunda TAMB sayısı  $5,07 \pm 0,20$ 'den  $7,11 \pm 0,30$ 'a yükselerek tuzlanan örneklerle göre daha fazla değişim göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Renk, kaz eti, lipit oksidasyonu, tuz oranı

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effect of different salt levels on the color parameters, TBARS (thiobar butyric acid reactive substance), pH, and TAMB (total aerobic mesophilic bacteria) values of vacuum-packed goose thigh meat during cold storage. Salting process was realized by adding 0%, 4%, and 8% (w/w) rock salt to the meat. after salt diffusion, vacuum packed meats were stored in the refrigerator at +4°C and analyses were performed every 3 days up to 12 days.  $L^*$  values decreased significantly with the increase in salt content ( $p < .05$ ). On the other hand,  $a^*$  and  $b^*$  values did not differ in 4% and 8% salt levels. TBARS values increased significantly with salting, while the value was  $0.46 \pm 0.02$  in the control group, and  $0.86 \pm 0.01$  and  $0.83 \pm 0.01$  in 4% and 8% salt levels, respectively ( $p < .05$ ). The pH value increased with the storage time and the addition of salt and did not change with the use of salt at different levels. TAMB increased significantly during storage and also decreased with the addition of salt ( $p < .05$ ). TAMB increased from  $5.07 \pm 0.20$  to  $7.11 \pm 0.30$  in the control group and showed a greater change compared to the salted samples during storage.

**Keywords:** Color, goose meat, lipid oxidation, salt level

Geliş Tarihi/Received: 21.08.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 14.09.2023

Yayın Tarihi/Publication Date: 28.09.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:  
Emre KABİL  
E-mail: emre.kabil@yalova.edu.tr

Cite this article as: Kabil, E., Gürdal, A.A. (2023). Kaz but etinde tuz oranının depolama boyunca bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklere etkisi. *Food Science and Engineering Research*, 2(2), 38-43.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

### Giriş

Et ve ürünleri üretim teknolojisi gereği farklı oranlarda tuz içermektedir. Rios-Mera ve ark. (2021) yaptıkları derlemede, bologna tipi sosisten salama kadar farklı tip et ürünlerinde yapılan araştırmalarda tuz oranlarının yüzde olarak  $1,20 \pm 0,57$ – $5,98 \pm 0,59$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kaz eti muhafaza süresinin uzatılması ve aroma gelişimi için tuzlanan et ürünleri arasındadır. Bu et insanlar tarafından uzun zamandan beri tüketilmektedir (Oz & Celik 2015). Dünya genelinde kanatlı eti üretimine katkısı düşük olan kaz eti üretimi son yıllarda artış trendinde olup Çin ve Mısır dünyadaki en büyük

üreticileridir (Wołoszyn ve ark., 2020). Yüksek doymamış yağ asidi ve protein içeriğiyle bilinen kaz eti (Boz ve ark., 2019) ülkemizde çoğunlukla geleneksel yöntemlerle tuzlanıp kurutulmakla birlikte son yıllarda dondurulmuş olarak da satışa sunulmaktadır.

Tuz (NaCl), sahip olduğu bir çok teknolojik işlevi ve düşük maliyeti nedeniyle et ürünlerinin üretiminde kullanılan temel bir bileşendir (Pinton ve ark., 2020). Bu işlevler arasında ürünün lezzetini artırma, negatif yüklü Cl<sup>-</sup> iyonları ile tuzlu tadın oluşumu, su aktivitesini düşürerek istenmeyen mikrofloranın gelişimini engellemek gösterilebilir (Yalınkılıç ve ark., 2023). Ancak yüksek NaCl seviyesi ürünlerinin kalitesi ve tüketici sağlığı üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır. Aşırı NaCl tüketimi yüksek tansiyon, kalp-damar hastalıkları, böbrek hastalıkları, gastrit, çeşitli metabolik problemler ve obezite gibi birçok sağlık sorunu oluşturmaktadır (Pinton ve ark., 2021). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre çoğu insan günde ortalama 9–12 g tuz tüketmekte ve bu önerilen maksimum seviyenin (5 g/gün) oldukça üstünde kalmaktadır (DSÖ, 2020). Bunun yanında düşük sodyum alımının da insanlarda çeşitli problemlere neden olacağı belirtilmektedir (Zhang ve ark., 2022). Et ürünlerinde sodyum miktarını azaltmak mümkün olmakla birlikte tuzun ürüne kattığı lezzet, su tutma kapasitesindeki değişim, mikrobiyal aktivitedeki azalma gibi özellikler dolayısıyla işlem zorlaşmaktadır (Alino ve ark., 2010).

Lipidler et ve ürünlerinde doğal olarak bulunmakta, bunula birlikte üretim esnasında da bileşime ilave edilebilmektedir (Mariutti & Bragagnolo 2017). Lipidlerde bozulmanın temel nedeni oksidasyon olup bu reaksiyon malondialdehit gibi bileşenlerin oluşmasıyla sonuçlanmakta ve renk tekstür, aroma gibi özellikleri etkilemektedir (Al-Dalali ve ark., 2021). Ayrıca düşük konsantrasyonlarda ilave edildiğinde bile NaCl lipit oksidasyonunu ve metmyogloblin oluşumunu teşvik edici etki göstermektedir (Gheisari & Motamedi, 2010). Böylece renk ve tatta da istenmeyen değişiklikler meydana gelmektedir (Mariutti & Bragagnolo 2017). Ayrıca tuz miktarı ile mikrobiyal aktivite arasında da doğrudan bir ilişki mevcuttur. Tuz miktarındaki azalma genel olarak mikrobiyal gelişimi arttırmaktadır (Yalçın & Şeker, 2016).

Ülkemizde Kars-Ardahan illerinde yetişen kazlara ait sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Güven ve ark., 2002; Oz & Çelik, 2015; Kamber & Yaman, 2016; Oz ve ark., 2016; Kaban ve ark., 2020). Ayrıca literatürde kaz but etlerinin farklı oranlarda tuzlanması sonucu muhafaza süresince meydana gelen bazı değişikliklere yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada Ardahan'ın Göle ilçesinden temin edilen kaz but etleri farklı oranlarda tuzlanıp (Kontrol %0, %4, ve %8) vakum ambalajlanarak +4°C'de muhafaza edilmiş ve bu süre boyunca lipit oksidasyonu, renk parametreleri, pH ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı belirlenmiştir.

## Yöntemler

### Materyal

Araştırmada kullanılan kaz but etleri Ardahan'ın Göle ilçesinde yerel olarak kaz yetiştiriciliği yapan bir çiftlikten temin edilmiştir. Aynı dönemde yumurtadan çıkmış ve aynı diyetle beslenmiş dişi kazlara ait sağ ve sol butlar kesim sonrası alınarak soğuk şartlarda laboratuvara getirilmiştir.

### Tuzlama

Butlar kaya tuzu (Kartuz, Türkiye) kullanılarak %0, %4, ve %8 oranında tuzlanmıştır. Tuzun ete difüzyonu için örnekler +4°C'de 24 saat bekletilmiş ardından vakum ambalajlama yapılarak +4°C'de muhafaza edilmiştir.

Tiyobarbitirik asit reaktif substans (TBARS), renk parametreleri, pH ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) 0, 3, 6, 9, ve 12. günlerde yapılmıştır. Analiz öncesi etler kıyma haline getirilerek örnekleme yapılmıştır. Kuru madde, toplam mineral madde, yağ ve protein analizleri sadece işlenmemiş butta, pH analizi işlenmemiş ve tuzlanmış butlarda diğer analizler tuzlanmış butlarda gerçekleştirilmiştir.

### Nem, Yağ, Protein ve Kül Analizi

İşlenmemiş but etlerinin nem, yağ, protein ve kül içerikleri Gökalp ve ark., (1999) tarafından verilen metoda göre yapılmıştır.

### pH Analizi

İşlenmemiş ve tuzlanmış butların pH değerlerini belirlemek amacıyla kıyma haline getirilmiş örnekten 5 g tartılıp üzerine 50 mL saf su ilave edilmiş ve ultraturrax (WiseTis-HG-15D, Daihan Co., Wonju, Korea) ile 1 dk. homojenize edilmiştir. Ardından kalibre edilen pH metre (Hanna HI 2211, ABD) ile pH değerleri belirlenmiştir.

### TBARS Analizi

2 g örnek tartıldıktan sonra üzerine 12 ml TCA (Trikloroasetik asit) çözeltisi (%7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 Propil galat 3 mL etanolde çözülür) ilave edilip ultraturrax'da (WiseTis-HG-15D, Daihan Co., Wonju, Kore) 15–20 saniye homojenize edilmiştir. Ardından homojenize çözelti Whatman 1 filtre kağıdından süzülüp süzüntüden 3 ml alınarak üzerine 3 ml TBA (0,02 M) çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışım kaynayan su banyosunda (100°C) 40 dakika tutulup soğuk su içerisinde 5 dakika soğutulduktan sonra 2000g de 5 dakika santrifüj (Tdz5-Ws, Shangay, Çin) işlemine tabi tutularak spektrofotometrede (Jenway 6300, UK) 530 nm dalga boyunda ölçüm yapılmış standart küre 1,1,3,3-tetraetoksi propan ile çizilmiştir (Lemon, 1975). Elde edilen veriler mg malondialdehit (MDA)/kg olarak sunulmuştur.

### Renk Parametreleri

Butların yüzey renk yoğunlukları kolorimetre cihazı (FRU Wr-10, China) ile belirlenmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan uluslararası aydınlatma komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır.

### Toplam Mezofilik Aerobik Bakteriler

Stomayer poşetine 10 gram örnek tartılıp üzerine %0,85 NaCl içeren steril fizyolojik su eklenmiştir. Ardından bu karışım stomayerde 2 dakika homojenize edilmiş ve bu homojenizat kulanılarak farklı dilüsyonlar hazırlanmıştır. Uygun dilüsyonlardan Plate Count Agar (PCA) besiyerine 100 µL ekim yapılmış ve petriler 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Oluşan koloniler sayılıp sonuç log kob/g olarak verilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Araştırmada tuz oranı ve depolama süresi faktör olarak alınmış ve analizler üç paralelli olarak yürütülmüştür. Veriler istatistik programı ile (IBM Statistical Package for the Social Sciences, 27,0) varyans analizine tabi tutulup önemli bulunanlar ( $p < ,05$ ) Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları tablolarda ve grafiklerde, ortalama değerler  $\pm$  standart sapma olarak gösterilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Ham kaz but etine ait kuru madde, yağ, kül ve protein değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Derisi sıyrılmış kaz but etinden kemiğin ayrılmasıyla geride kalan tüm et ve yağ kitlesinin homojen hale getirilmesi sonucu elde edilen yüzdesel verilere göre kuru madde oranı  $29,40 \pm 0,43$ , yağ içeriği  $9,66 \pm 0,33$ , ham protein



**Tablo 1.**

Kaz but etinin kuru madde, yağ, ham protein, kül ve pH değerleri

% Kuru Madde	% Yağ	% Ham Protein	% Kül	pH
29,40 ± 0,43	9,66 ± 0,33	20,26 ± 0,01	1,02 ± 0,03	5,97 ± 0,02

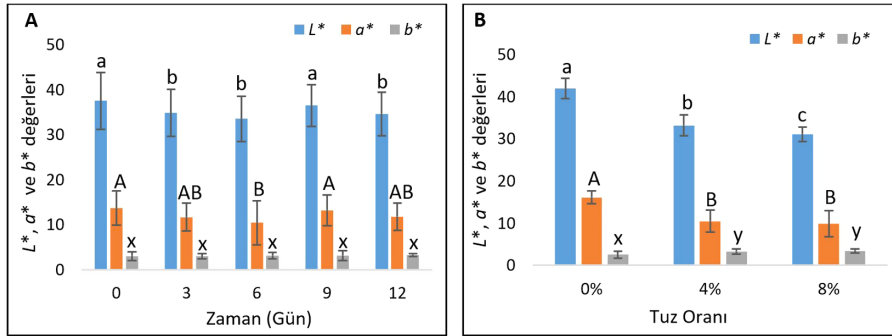
Note: ± = Standart sapma

20,26 ± 0,01, kül 1,02 ± 0,03, ve pH değeri ise 5,97 ± 0,02 olarak belirlenmiştir. Oz ve ark. (2016) kaz but etinde gerçekleştirdikleri araştırmada su, protein ve yağ oranları ile pH değerini sırasıyla %72,43 ± 1,45, %19,29 ± 0,35, %2,37 ± 0,65, ve 6,78 ± 0,12 olarak belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada farklı diyetlerle beslenen kaz but etlerinde su %71,15 ± 0,09–70,13 ± 0,09, protein %19,05 ± 0,05–18,89 ± 0,03, yağ %8,21 ± 0,01–8,93 ± 0,05 arasında değişim göstermiştir (Biesek ve ark., 2020).

Renk değerleri et ve ürününün kalitesini ve tüketici beğenisini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Ölçülen parametrelerden  $L^*$  değeri 0–100 arasında koyudan açık renge değişimi;  $a^*$ , +kırmızı, – yeşil değerleri,  $b^*$  ise + olduğunda sarı, – değerlerde ise mavi rengi ifade etmektedir (Pindi ve ark., 2023). Şekil 1A depolama boyunca örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini göstermektedir. Elde edilen verilere göre 0. günden sonra  $L^*$  ve  $a^*$  değerinde düşüş meydana gelmiş, 9. Gün haricinde diğer günlerde sabit kalmıştır.  $b^*$  değerinde ise zamana

bağlı istatistiki bir farklılık tespit edilememiştir. Orkusuz ve ark. (2017) vakum ambalajladıkları kaz etinin depolama boyunca  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde istatistiki bir farklılık tespit etmemişlerdir. Şekil 1B tuz oranının artışıyla  $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$  değerlerindeki değişimi göstermektedir. Kontrol grubu (%0) en yüksek  $L^*$  değerlerini gösterirken tuz oranının artışıyla bu değerlerde azalma gerçekleşmiştir. Choi ve Chin (2020) de artan tuz içeriğiyle  $L^*$  ve diğer renk değerlerinin azaldığını göstermişlerdir. Bu durum NaCl'ün myogloblin oksidasyonu sonucu oksimiyogloblinin metmyoglobline dönüşmesiyle gerçekleşmektedir (Pietrasik ve ark., 2009). Nitekim tuzlama ile kırmızılığın göstergesi olan  $a^*$  değerlerinde de azalma oluşmuştur. Yalçın ve Şeker (2016) tuzun  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini etkilemediğini tespit etmişlerdir.

Farklı oranda tuzlanmış kaz but etlerinin depolama süresince renk parametrelerindeki değişim Tablo 2'de gösterilmiştir.  $L^*$  değerleri depolama boyunca tüm günlerde tuzlama ile azalmıştır. Depolama süresince ise %8 tuz içeren grubun  $L^*$  değerinde istatistiki olarak önemli bir değişim gerçekleşmemiştir. Tuzlama işlemiyle 0. gün haricinde  $a^*$  değerleri azalmış ancak %4 ve %8 tuz oranları arasında istatistiki bir farklılık görülmemiştir. Benzer sonuç, da Silva Campêlo ve ark. (2020) tarafından da bildirilmiştir. Depolama boyunca ise %0 ve %4 tuz oranlarında değişim oluşmazken %8 tuz içeriğinde sadece 3. günde azalma gerçekleşmiştir.  $b^*$  değerleri ise farklı tuz içeriklerinde zamanla önemli bir değişim göstermemiştir.

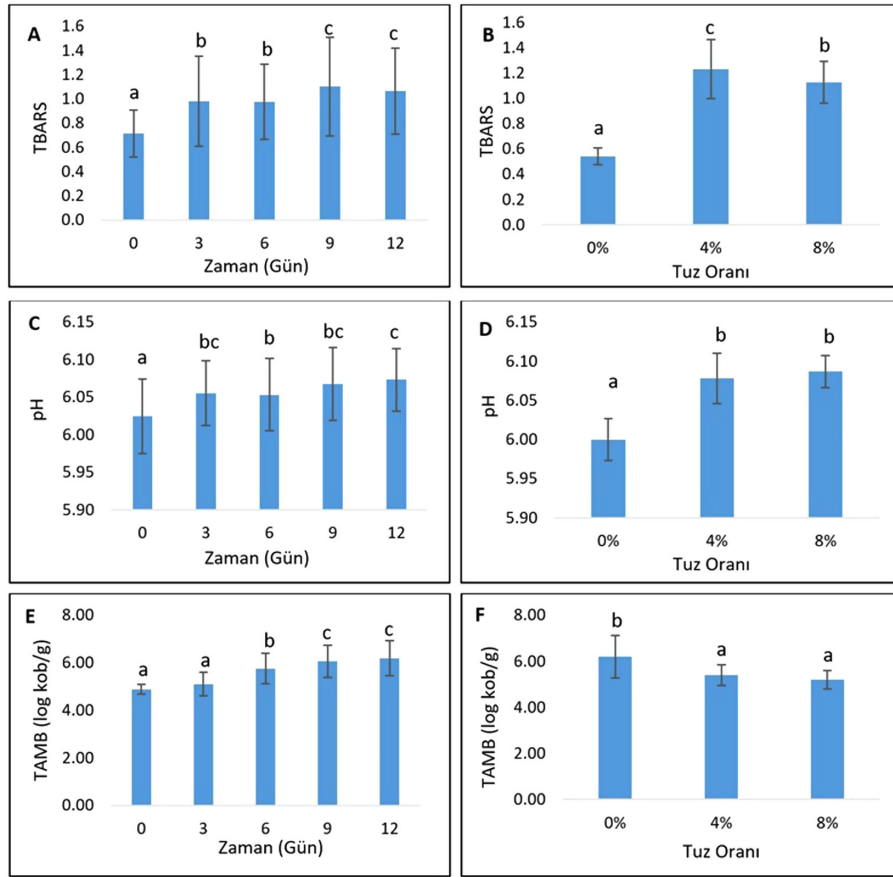
**Şekil 1.**Depolama (A) ve tuz oranına (B) göre butların renk parametreleri. a–c, A–B, x–y: Farklı harfler istatistiki olarak farklıdır ( $p < .05$ ).**Tablo 2.**

Farklı oranda tuzlanmış etlerin depolama süresince renk parametrelerindeki değişim

Tuz	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün
<b><math>L^*</math> değerleri</b>					
%0	45,10 ± 1,71 <sup>aA</sup>	41,43 ± 2,06 <sup>aB</sup>	40,18 ± 1,56 <sup>aB</sup>	42,32 ± 2,31 <sup>aAB</sup>	40,88 ± 1,39 <sup>aB</sup>
%4	36,44 ± 2,06 <sup>bA</sup>	32,47 ± 2,07 <sup>bBC</sup>	30,35 ± 0,16 <sup>bC</sup>	34,17 ± 1,36 <sup>bAB</sup>	32,56 ± 1,11 <sup>bBC</sup>
%8	31,10 ± 2,30 <sup>cA</sup>	30,79 ± 1,31 <sup>bA</sup>	30,10 ± 1,10 <sup>bA</sup>	33,10 ± 1,73 <sup>bA</sup>	30,53 ± 1,25 <sup>bA</sup>
<b><math>a^*</math> değerleri</b>					
%0	16,43 ± 0,70 <sup>aA</sup>	15,32 ± 2,03 <sup>aA</sup>	16,57 ± 2,36 <sup>aA</sup>	16,78 ± 1,59 <sup>aA</sup>	15,61 ± 0,44 <sup>aA</sup>
%4	12,11 ± 4,83 <sup>aA</sup>	10,31 ± 0,67 <sup>bA</sup>	8,06 ± 1,90 <sup>bA</sup>	11,60 ± 1,61 <sup>bA</sup>	10,45 ± 1,33 <sup>bA</sup>
%8	12,62 ± 4,18 <sup>aA</sup>	9,43 ± 1,86 <sup>bAB</sup>	6,74 ± 1,64 <sup>bB</sup>	11,29 ± 3,45 <sup>bAB</sup>	9,38 ± 0,81 <sup>bAB</sup>
<b><math>b^*</math> değerleri</b>					
%0	2,10 ± 0,67 <sup>bA</sup>	2,89 ± 0,92 <sup>aA</sup>	2,74 ± 0,70 <sup>aA</sup>	2,22 ± 1,44 <sup>aA</sup>	3,01 ± 0,15 <sup>aA</sup>
%4	3,21 ± 1,05 <sup>abA</sup>	3,09 ± 0,75 <sup>aA</sup>	3,45 ± 0,45 <sup>aA</sup>	3,48 ± 0,49 <sup>aA</sup>	3,33 ± 0,59 <sup>aA</sup>
%8	3,83 ± 0,09 <sup>aA</sup>	3,06 ± 0,37 <sup>aA</sup>	3,30 ± 0,84 <sup>aA</sup>	3,75 ± 0,12 <sup>aA</sup>	3,49 ± 0,47 <sup>aA</sup>

Note: ± = Standart sapma.

<sup>a,b,c</sup>aynı sütunda farklı işaretli olanlar istatistiki olarak farklıdır ( $p < .05$ ). <sup>A,B,C</sup>Aynı satırda farklı işaretli olanlar istatistiki olarak farklıdır ( $p < .05$ ).



**Şekil 2.**

Depolama (A, C, E) ve tuz oranına (B, D, F) göre butların TBARS, pH ve TAMB değerleri. a–c: Farklı harfler istatistiki olarak farklıdır ( $p < ,05$ ).

Et ve ürünlerinde lipid oksidasyonu kesimden hemen sonra başlamakta ve daha sonra uygulanan işlemler, tuz ilavesi ve depolama ile artmaktadır (da Silva Campêlo ve ark., 2020). Lipid oksidasyonu başlama, yayılma ve sonlanma olmak üzere üç adımda

meydana gelen bir serbest radikal zincir reaksiyonudur (Min & Ahn, 2005). Şekil 2A depolama boyunca TBARS değerlerinde meydana gelen değişimi göstermektedir. Buna göre TBARS değerlerinde zamanla bir artış meydana gelmiştir ( $p < ,05$ ). Orkusz

**Tablo 3.**

Farklı oranda tuzlanmış etlerin depolama süresince TBARS, pH, ve TAMB değerlerindeki değişim

TBARS değerleri (mg MDA/kg)					
Tuz	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün
%0	0,46 ± 0,02 <sup>bb</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>bb</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>ba</sup>	0,57 ± 0,05 <sup>ca</sup>	0,62 ± 0,03 <sup>ca</sup>
%4	0,86 ± 0,01 <sup>ad</sup>	1,16 ± 0,07 <sup>ac</sup>	1,15 ± 0,07 <sup>ab</sup>	1,47 ± 0,04 <sup>aa</sup>	1,41 ± 0,07 <sup>aa</sup>
%8	0,83 ± 0,01 <sup>ab</sup>	1,18 ± 0,10 <sup>aa</sup>	1,21 ± 0,01 <sup>aa</sup>	1,25 ± 0,02 <sup>ba</sup>	1,16 ± 0,04 <sup>ba</sup>
pH değerleri					
Tuz	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün
%0	5,98 ± 0,05 <sup>ba</sup>	6,00 ± 0,01 <sup>ba</sup>	5,99 ± 0,02 <sup>ba</sup>	6,01 ± 0,01 <sup>ca</sup>	6,02 ± 0,02 <sup>ca</sup>
%4	6,02 ± 0,01 <sup>abc</sup>	6,09 ± 0,01 <sup>ab</sup>	6,08 ± 0,02 <sup>ab</sup>	6,11 ± 0,01 <sup>aa</sup>	6,08 ± 0,01 <sup>bb</sup>
%8	6,07 ± 0,02 <sup>ab</sup>	6,08 ± 0,01 <sup>ab</sup>	6,09 ± 0,03 <sup>ab</sup>	6,08 ± 0,02 <sup>ba</sup>	6,11 ± 0,02 <sup>aa</sup>
TAMB değerleri (log kob/g)					
Tuz	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün
%0	5,07 ± 0,20 <sup>ab</sup>	5,33 ± 0,83 <sup>ab</sup>	6,52 ± 0,11 <sup>aa</sup>	6,93 ± 0,13 <sup>aa</sup>	7,11 ± 0,30 <sup>aa</sup>
%4	4,87 ± 0,10 <sup>ac</sup>	5,05 ± 0,31 <sup>abc</sup>	5,49 ± 0,45 <sup>ba</sup>	5,69 ± 0,20 <sup>ba</sup>	5,89 ± 0,10 <sup>ba</sup>
%8	4,72 ± 0,19 <sup>ac</sup>	4,92 ± 0,20 <sup>abc</sup>	5,24 ± 0,25 <sup>ba</sup>	5,57 ± 0,28 <sup>ba</sup>	5,57 ± 0,20 <sup>ba</sup>

Note: ± = Standart sapma.

<sup>a,b,c</sup>aynı sütunda farklı işaretli olanlar istatistiki olarak farklıdır ( $p < ,05$ ). <sup>A,B,C</sup>Daynı satırda farklı işaretli olanlar istatistiki olarak farklıdır ( $p < ,05$ ).

ve ark. (2017) vakum ambalajlama ile depoladıkları kaz etinde benzer sonucu rapor etmişlerdir. Şekil 2B ise tuz oranına göre TBARS değerindeki değişimi göstermektedir. Buna göre kontrol grubuna göre %4 veya %8 oranında tuzlama yapıldığında TBARS değerinde önemli bir artış meydana gelmiştir ( $p < ,05$ ). Bu durumun tuzun prooksidan etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tuzun bu etkisi daha önce yapılmış araştırmalarda da bildirilmiştir (Lin ve ark., 2015; Kim ve ark., 2013). Şekil 2C zamanla pH değerindeki değişimi göstermektedir. 0 ve 12. gün arasında pH değeri önemli ölçüde değişmiştir ( $p < ,05$ ). Kim ve ark. (2013) çalışmamıza benzer şekilde araştırmalarında pH değerinin depolama boyunca yükseldiğini bildirmişlerdir. Şekil 2D'ye göre tuzlama ile pH da artış meydana gelmiş ancak tuz oranının %4'den 8'e çıkmasıyla önemli bir fark oluşmamıştır. Choi ve Chin (2020) tuz oranındaki değişimin pH değerinde farklılığa neden olmadığını bildirmişlerdir. Aaslyng ve ark. (2014) da sosis, salam, jambon, bacon gibi çeşitli et ürünlerinde tuzun pH'yı etkilemediğini bildirmişlerdir. Şekil 2.E zamanla TAMB değişimini göstermektedir. TAMB sayısı depolama süresince önemli ölçüde artmıştır ( $p < ,05$ ). Ayrıca tuz ilavesi ile TAMB sayısı önemli ölçüde azalmış, %4 ile %8 tuz oranı arasında azalma olmasına rağmen bu far istatistiki olarak önemli çıkmamıştır.

Tablo 3 farklı oranda tuzlanmış etlerin depolama süresince TBARS, pH ve TAMB değerlerindeki değişimi göstermektedir. Tüm günlerde tuzlama ile TBARS değeri önemli ölçüde artmış ( $p < ,05$ ), tuz oranının %4'ten %8'e çıkmasıyla ise 0, 3, ve 6. günlerde bu değerde önemli bir değişim olmamıştır ( $p > ,05$ ). Depolama sonunda en düşük TBARS değeri  $0,62 \pm 0,03$  ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Campo ve ark. (2006) ette TBARS değerinin 2,0 mg MDA/kg değerinin altında olması gerektiğini söylemişlerdir. Gerçekleştirilen çalışmada tüm değerler belirtilen noktanın altında tespit edilmiştir.

Kontrol grubu pH değerleri zamanla önemli bir değişim göstermemiştir ( $p > ,05$ ). %4 ve %8 oranında tuz içeren gruplarda ise 12. gün sonunda başlangıca göre farklılık bulunmuştur (Tablo 3). da Silva Campêlo ve ark. (2020) farklı oranda tuzladıkları ette kontrol grubunda 12. gün sonunda pH değerinde farklılık tespit etmemişlerdir. Tablo 3'te 0 ve 3. günlerde tuz oranındaki artışla TAMB değeri de artmış ancak bu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p > ,05$ ). 6, 9, ve 12. günlerde ise tuzlama ile TAMB sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Depolama süresince tüm gruplarda TAMB sayısı önemli ölçüde artmış olup en büyük fark kontrol grubunda ( $5,07 \pm 0,20-7,11 \pm 0,30$ ) görülmüştür.

## Sonuç

Tuz, et işleme teknolojisinde yaygın olarak kullanılan ve etin çeşitli özelliklerini değiştirip muhafaza süresini uzatan, ayrıca lezzeti önemli derecede etkileyen önemli bir katkıdır. Ancak et ürünlerinde yüksek oranda tuz bulunması insan sağlığı üzerine çeşitli olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Gerçekleştirilen araştırmada kaz but etinin farklı oranlarda tuzlanması renk parametreleri üzerine önemli değişimlere neden olmuştur. Açık rengin göstergesi olan  $L^*$  değerinin tuz oranının artmasıyla azalmıştır. Ayrıca tuzlama işlemiyle  $a^*$  değeri de azalmıştır. Bunun yanında tuzun sahip olduğu prooksidan etki tuzlama işlemiyle TBARS değerlerinin artmasına neden olmuştur. TBARS değeri ayrıca depolama sonunda da başlangıca göre artış göstermiştir. Tuz su aktivitesini düşürerek mikrobiyal aktiviteyi azaltmaktadır. Mevcut çalışmada tuz ilavesi sonucu TAMB sayısında önemli bir azalma olmuştur. Depolama boyunca da tuz ilave edilen gruplardaki TAMB sayısı daha az artmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir - E.K.; Tasarım - E.K.; Denetleme - E.K.; Malzemeler - E.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - E.K.; Analiz ve/veya Yorum - E.K., A.A.G.; Literatür Taraması -E.K.; Yazıyı Yazan - E.K.; Eleştirel İnceleme; E.K., A.A.G.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – E.K.; Design – E.K.; Supervision – E.K.; Materials – E.K.; Data Collection and/or Processing – E.K.; Analysis and/or Interpretation – E.K., A.A.G.; Literature Search – E.K.; Writing Manuscript – E.K.; Critical Review – E.K., A.A.G.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

- Aaslyng, M. D., Vestergaard, C., & Koch, A. G. (2014). The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. *Meat Science*, 96(1), 47–55. [CrossRef]
- Al-Dalali, S., Li, C., & Xu, B. (2021). Effect of frozen storage on the lipid oxidation, protein oxidation, and flavor profile of marinated raw beef meat. *Food Chemistry*, 376, 131881. [CrossRef]
- Aliño, M., Grau, R., Toldrá, F., Blesa, E., Pagán, M. J., & Barat, J. M. (2010). Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. *Meat Science*, 85(3), 580–588. [CrossRef]
- Biesek, J., Kuźniacka, J., Banaszak, M., & Adamski, M. (2020). The quality of carcass and meat from geese fed diets with or without soybean meal. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(2), 200. [CrossRef]
- Boz, M. A., Oz, F., Yamak, U. S., Sarica, M., & Cilavdaroglu, E. (2019). The carcass traits, carcass nutrient composition, amino acid, fatty acid, and cholesterol contents of local Turkish goose varieties reared in an extensive production system. *Poultry Science*, 98(7), 3067–3080. [CrossRef]
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311. [CrossRef]
- Choi, J. S., & Chin, K. B. (2020). Evaluation of physicochemical and textural properties of chicken breast sausages containing various combinations of salt and sodium tripolyphosphate. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(4), 577–586. [CrossRef]
- da Silva Campêlo, M. C., de Medeiros, J. M. S., Rebouças, L. D. O. S., Figueiroa, L. V. A., de Oliveira, P. V. C., & da Silva, J. B. A. (2020). Shelf life and consumer preference for sun dried meat produced with different levels of sodium chloride. *Research, Society and Development*, 9(10), e2039108297. [CrossRef]
- DSÖ (2020). *Salt reduction*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>
- Gheisari, H. R., & Motamedi, H. (2010). Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377–383. [CrossRef]
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Zorba, Ö., & Tülek, Y. (1999). *Et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu*. Atatürk Üniversitesi yayın No: 751, ziraat Fak. Yayın No:318, Ders Kitapları serisi No: 69, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.

- Güven, A., Gülmez, M., Duman, B., & Sezer, C. (2002). The microbiological contamination of traditionally processed raw goose carcasses marketed in Kars (Turkey). *Internet Journal of Food Safety*, 3, 4–7.
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for windows Version 27.0*. IBM Corp.
- Kaban, G., Kızılkaya, P., Börekçi, B. S., Hazar, F. Y., Kabil, E., & Kaya, M. (2020). Microbiological properties and volatile compounds of salted-dried goose. *Poultry Science*, 99(4), 2293–2299. [\[CrossRef\]](#)
- Kamber, U., & Yaman, H. (2016). Microbiological analysis of dried goose carcasses. *Macedonian Veterinary Review*, 39(2), 143–152. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, H. W., Choi, Y. S., Choi, J. H., Kim, H. Y., Hwang, K. E., Song, D. H., Lee, S. Y., Lee, M. A., & Kim, C. J., Lee, M. A., & Kim, C. J. (2013). Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. *Meat Science*, 95(3), 641–646. [\[CrossRef\]](#)
- Lemon, D. W. (1975). *An improved tba test for rancidity new series circular*. No. 51. Halifax-laboratory.
- Lin, C., Toto, C., & Were, L. (2015). Antioxidant effectiveness of ground roasted coffee in raw ground top round beef with added sodium chloride. *LWT – Food Science and Technology*, 60(1), 29–35. [\[CrossRef\]](#)
- Mariutti, L. R., & Bragagnolo, N. (2017). Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94, 90–100. [\[CrossRef\]](#)
- Min, B., & Ahn, D. U. (2005). Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152–163.
- Orkusz, A., Haraf, G., Okruszek, A., & Wereska-Sudnik, M. (2017). Lipid oxidation and color changes of goose meat stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Poultry Science*, 96(3), 731–737. [\[CrossRef\]](#)
- Oz, F., & Celik, T. (2015). Proximate composition, color and nutritional profile of raw and cooked goose meat with different methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2442–2454. [\[CrossRef\]](#)
- Oz, F., Kızıl, M., & Çelik, T. (2016). Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1047–1053. [\[CrossRef\]](#)
- Pietrasik, Z., & Janz, J. A. M. (2009). Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. *Meat Science*, 81(3), 523–532. [\[CrossRef\]](#)
- Pindi, W., Qin, L. W., Sulaiman, N. S., Mohd Zaini, H., Munsu, E., Wahab, N. A., & Mohd Noor, N. Q. I. (2023). Effects of salt reduction and the inclusion of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) on the physicochemical properties of chicken patties. *Applied Sciences*, 13(9), 5447. [\[CrossRef\]](#)
- Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Correa, L. P., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., dos Santos, M., Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. (2020). Ultrasound and low-levels of NaCl replacers: A successful combination to produce low-phosphate and low-sodium meat emulsions. *Meat Science*, 170, 108244. [\[CrossRef\]](#)
- Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., Cichoski, A. J., Boeira, C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: An overview. *Current Opinion in Food Science*, 40, 1–5. [\[CrossRef\]](#)
- Rios-Mera, J. D., Selani, M. M., Patinho, I., Saldaña, E., & Contreras-Castillo, C. J. (2021). Modification of NaCl structure as a sodium reduction strategy in meat products: An overview. *Meat Science*, 174, 108417. [\[CrossRef\]](#)
- Wołoszyn, J., Wereska, M., Goluch, Z., Haraf, G., Okruszek, A., Teleszko, M., & Król, B. (2020). The selected goose meat quality traits in relation to various types of heat treatment. *Poultry Science*, 99(12), 7214–7224. [\[CrossRef\]](#)
- Yalçın, M. Y., & Şeker, M. (2016). Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. *LWT – Food Science and Technology*, 68, 153–159. [\[CrossRef\]](#)
- Yalınkılıç, B., Kaban, G., & Kaya, M. (2023). Effect of sodium replacement on the quality characteristics of pastırma (a dry-cured meat product). *Food Science and Human Wellness*, 12(1), 266–274. [\[CrossRef\]](#)
- Zhang, Y., Guo, X., Peng, Z., & Jamali, M. A. (2022). A review of recent progress in reducing NaCl content in meat and fish products using basic amino acids. *Trends in Food Science and Technology*, 119, 215–226. [\[CrossRef\]](#)



# Effects of Storage on Antioxidant Composition of Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Jam

## Depolamanın Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Reçelinin Antioksidan Bileşimi Üzerine Etkisi

Muhammet DEMİRBAŞ<sup>1</sup>  
İhsan Güngör ŞAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Technology,  
Giresun University, Şebinkarahisar  
School of Applied Sciences,  
Giresun, Turkey

<sup>2</sup>Department of Food Engineering,  
Atatürk University, Faculty of  
Agriculture, Erzurum, Turkey



This paper is taken from Muhammet Demirbaş's thesis ("Effects of Storage on Composition of Kiwi Fruit Jam") done in 2010 at Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Food Engineering under the direction of Prof. Dr. İhsan Güngör Şat.

Received/Geliş Tarihi: 03.08.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 18.09.2023

Publication Date/Yayın Tarihi: 28.09.2023

Corresponding Author/Sorumlu Yazar:  
Muhammet DEMİRBAŞ  
E-mail: muhammet.demirbas@giresun.edu.tr

Cite this article as: Demirbaş, M, Şat, İ.G. (2023). Effects of storage on antioxidant composition of kiwi (*actinidia deliciosa*) jam. *Food Science and Engineering Research*, 2(2), 44-49.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the changes occurring during the production and storage of kiwifruit jam. In the study, the effect of fruit ripeness on jams quality also investigated. Jams were produced from raw and ripe kiwi fruits at 67, 70, and 73°Bx. The jams were stored at room temperature for 3 months. In the analysis, it was determined that the antioxidant capacity of fresh fruits was higher. The antioxidant activity of raw fruits was found to be 76% and the antioxidant activity of ripe fruits was found to be 75%. In ripe fruits, vitamin C, total phenolics and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH<sup>•</sup>)-scavenging activity were higher than raw fruits. It was determined that raw fruits contained 37.02 mg/100 g and ripe fruits contained 58.52 mg/100 g vitamin C. The antioxidant activity and vitamin C content of the jams decreased during storage. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical-scavenging activity and total phenolic content of the jams increased during storage.

**Keywords:** Antioxidant, DPPH<sup>•</sup>, phenolic, kiwi, jam

### ÖZ

Bu çalışma ham ve olgunlaşmış kiwi meyvelerinden reçel üretmek amacıyla yapılmıştır. Bu bağlamda reçel kalitesine meyve olgunluğunun etkisinin de incelendiği çalışmada ham ve olgun kiwi meyvelerinden 67, 70, ve 73 brikslerde reçeller üretilmiştir. Üretilen reçeller üç ay süresince oda sıcaklığında depolanmıştır. Yapılan analizlerde taze meyvelerin antioksidan kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ham meyvelerin antioksidan aktivitesi 76%, olgun meyvelerin antioksidan aktivitesi 75% bulunmuştur. Olgun meyvelerde ise C vitamini, toplam fenolik madde ve 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH<sup>•</sup>) radikali giderme aktivitesi ham meyvelerden daha yüksektir. Ham meyvelerin 37,02 mg/100 g, olgun meyvelerin ise 58,52 mg/100 g C vitamini içerdikleri belirlenmiştir. Reçellerin antioksidan aktivitesi ve C vitamini miktarları depolama süresince azalmaktadır. Reçellerin DPPH<sup>•</sup> radikali giderme aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarları depolama süresince artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan, DPPH<sup>•</sup>, fenolik, kiwi, reçel

### Introduction

*Actinidia* species, known worldwide as kiwifruit, are valued for their sweet, slightly acidic structure, high nutritional value, and especially high vitamin C content (Salinero et al., 2009). Kiwi fruit, which started to be cultivated in our country in the early 1990s, has taken its place after tea and hazelnut, especially in the Black Sea Region agriculture. In addition, kiwi fruit, which was offered to the market by the grain in the past years in our country, has become sold by weight. In addition, the increase in production brings along some storage problems. In addition to consumption as fresh fruit, kiwifruit can be processed into different products in order to spread consumption to a wider area and to increase diversity and added value in the food industry and trade.

Fruits and vegetables contain significant amounts of biologically active compounds that fulfill physiological and biochemical functions beneficial to human health. In recent years, the concept of functional

food has emerged. According to this concept, food can provide some physiological benefits while meeting nutritional requirements. Fruits are excellent foods because they contain low amounts of calories and high amounts of antioxidants (Tavarini et al., 2008). Fruits and vegetables have an important place in our diet as they are rich in various vitamins, minerals, phenolic substances, and dietary fiber. Many fruits and vegetables contain significant amounts of certain vitamins. Others are the main source of essential minerals for humans. They also help digestion due to the organic acids and cellulose they contain. Especially fresh fruits have a natural laxative effect (Demirci, 2003).

Fruits and vegetables are processed by various methods to increase their consumption and flavor as well as to extend their shelf life (Oey et al., 2008). Today, consumers pay more attention to food safety and quality. As a result, many consumers have turned to less processed and quality-preserved foods. In order to develop an effective heat treatment technology for the production of foods with high organoleptic properties and nutritional quality, the functional changes of heat-treated foods need to be extensively investigated (Roy et al., 2007).

For centuries, various fruits have been used to cure some ailments (Bayram et al., 2019). In recent years, food scientists and nutritionists have reported that daily fruit and vegetable consumption reduces the risk of many diseases such as cancer and cardiovascular diseases (Du et al., 2009). These beneficial effects are attributed to the various antioxidants contained in fruits and vegetables. Antioxidant compounds including polyphenols, ascorbic acid, carotenoids, and tocopherols scavenge radicals in various ways. Fruits are the main source of antioxidants in the human diet. Kiwifruit, one of today's most popular fruits, is characterized by its high vitamin C content and is abundant in other beneficial compounds such as vitamin E, carotenoids, flavonoids, and minerals. It also contains significant amounts of chlorophyll and carotenoid pigments (Tavarini et al., 2008). Kiwi consumption is reported to have a preventive effect against many types of cancer. Especially its protective effect on digestive system cancers attracts attention (Collins et al., 2003).

Kiwifruit is known to be a good source of vitamin C like citrus fruits. The fruits of *Actinidia* spp. are superior sources of vitamin C as citrus fruits. The most widely cultivated *Actinidia* species is *A. deliciosa* cv. Hayward. This variety is grown commercially in many countries due to its fruit size, high productivity, and storability (Ferguson, 1999). This fruit, which is consumed with pleasure, also contains coumarins called fraxin and esculin, which are known for their nutraceutical properties (Hirsch et al., 2002).

Fruits and vegetables are difficult to store fresh for long periods without spoiling, so they are processed into a variety of products to produce different products. Fruits are rendered resistant with high levels of sugar and transformed into a variety of products, most of which are not directly related to the fruit from which they are produced in terms of their qualities, usually to be consumed for breakfast. These products are generally divided into groups such as jam, marmalade, and jelly. Jam is a viscous product prepared by adding sugar to the fruit in the form of whole, half, sliced, or smaller pieces, with or without seeds and pits, with or without shells (Cemeroğlu, 2004).

Kiwifruit is generally consumed as fresh fruit. Processing practices and scientific studies on this subject are not sufficient.

Therefore, in this study, in which kiwi fruit was processed into jam, which is a durable product, and composition analyses were performed at certain intervals, it was tried to reveal what changes occurred in its components as well as protecting the product with processing and storage.

## Methods

### Material

*A. deliciosa* cv. Hayward fruit, which was used as research material, was obtained from Erzurum market. Kiwifruits to be processed into jam were classified as immature and ripe. Fruits with a firm-hard texture and sour taste were accepted as raw. Fruits were considered ripe when the skin could be separated from the flesh without using a knife.

In line with the preliminary trials, it was decided to produce the jams to be produced in the study from a mixture of 50% fruit, 37.5% sugar, and 12.5% water. It was observed that citric acid and pectin addition was not necessary in the jams produced in this way. Thus, it was ensured that the jams produced were completely natural and in accordance with the extra traditional jam standard (Anonymous, 2006). Then, jam samples of 67, 70, and 73°Bx were produced from raw and ripe fruits, filled into 190 mL glass jars and stored for 3 months.

### Sample Preparation for Analysis

Before the analysis of fresh kiwi fruit, the fruits selected to represent the mass were homogenized after peeling and slicing. Similarly, for the analyses to be performed on jams, a representative amount of jam samples were taken and homogenized.

To obtain the extracts to be used in the determination of total phenolic matter, antioxidant activity and DPPH radical-scavenging activity, 10 g of homogenized fresh fruit and jam samples were weighed and pure water was added and the volume was completed to 30 mL. After thorough mixing, it was filtered with Whatman 1 filter paper.

### Determination of Dry Matter

Fruit and jam samples were weighed  $3.0 \pm 0.1$  g into tared dry matter containers and kept at 65°C for 24 hours and then the temperature was increased to 105°C. The drying process was continued until a constant weighing was obtained at this temperature. Total dry matter values were calculated using the weighing values before and after drying (Keleş, 1983).

### Vitamin C Assay

Vitamin C amounts in homogenized fruit and jam samples were determined by 2,6-dichlorophenolindophenol dye titration method. In the analysis, 1% oxalic acid and 0.05% 2,6-dichlorophenolindophenol dye solution were used. In addition, the dye solution was standardized by titration with 0.02% ascorbic acid standard solution. In the analysis, fruit and jam samples were homogenized in 1% oxalic acid solution and titrated with the dye solution. Vitamin C amounts were calculated based on the amount of dye solution used in the samples and standardization (Keleş, 1983).

### Determination of Total Phenolic Substance

A volume of 0.1 mL of the prepared sample extracts was transferred into measured test tubes. Then Folin-Ciocalteu and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) solution were added respectively and the volume was completed to 10 mL with distilled water. The tubes were incubated at room temperature for 1 hour and absorbance was

measured at 760 nm. Total phenolic content was calculated in mg gallic acid equivalent/100 g (mg GAE/100 g) of extract using the gallic acid standard curve prepared daily (Gülçin et al., 2004).

#### Antioxidant Activity ( $\beta$ -Carotene Bleaching Method)

Two milligrams of  $\beta$ -carotene was dissolved in 20 mL chloroform to prepare  $\beta$ -carotene solution. Weighed 40 mg linoleic acid and 400 mg Tween 40 into the flask and 4 mL of  $\beta$ -carotene solution was added. The chloroform in the mixture was removed by applying vacuum in a rotary evaporator. After adding 100 mL of oxygenated distilled water and mixing well, 3 mL was transferred into a test tube containing 1 mL of sample extract. After the first absorbance measurement, the samples were placed in a 50°C water bath and the measurement was repeated every 10 minutes for 100 minutes. Measurements were made at 470 nm wavelength. Control was prepared by adding 1 mL of distilled water to 3 mL of  $\beta$ -carotene solution (Kaur & Kapoor, 2002).

$$\text{Control}^* = \ln(a/b) \times (1/t)$$

$$\text{Sample}^* = \ln(a/b) \times (1/t)$$

$$\%AA = ([\text{Control}^* - \text{Sample}^*]/\text{Control}^*) \times 100$$

In the formula, \* means reduction rate, *a* means initial absorbance value, *b* means duration absorbance value, and *t* means time.

#### 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl Radical-Scavenging Activity

Thirty-nine milligrams of DPPH radical was weighed and made up to 100 mL with ethyl alcohol. A weight of 10, 20, 30, and 40 mg of the sample extracts were transferred to test tubes and 0.5 mL of DPPH solution and ethyl alcohol were added to a total of 3 mL. They were kept in the dark for 30 minutes. Absorbance measurement was performed at 517 nm wavelength. Half maximal inhibitory concentration values were calculated based on the absorbance values obtained (Spada et al., 2008).

The equation of the curve obtained from the absorbance of the sample and standards was used to calculate the IC<sub>50</sub> value.

$$Y = \text{Control absorbance}/2$$

In the equation  $Y = ax + b$ , the *x* value corresponds to the IC<sub>50</sub> value.

#### pH Detection

The pH values were determined directly in homogenized fruit samples and jam syrup using a pH meter (ORION THERMO SCIENTIFIC) calibrated with buffer solutions (pH 4.00, 7.00, and 10.1) (Cemeroğlu, 1992).

#### Statistical Analysis

The data obtained as a result of the research were analyzed by applying the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS for Win, Release 9.0-1998). The means of the statistically significant main sources of variation were compared by Duncan multiple comparison test method.

## Results, Discussion, and Conclusion

#### Composition of the Kiwi Fruit

The chemical properties, antioxidant activity, and total phenolic substance amounts of kiwi fruit used as material in this study are given in Table 1.

It was determined that raw fruits contained 37.02 mg/100 g and ripe fruits contained 58.52 mg/100 g vitamin C. Beever and Hopkirik (1990) reported vitamin C content in kiwifruit as 37200 mg/100 g, Spada et al. (2008); 57.85 mg/100 g, Du et al.

**Table 1.**  
Some Chemical Properties of Kiwifruit

	Kiwifruit	
	Raw	Ripe
Dry matter (%)	14.48	14.80
pH	3.18	3.38
Vitamin C (mg/100 g)	37.02	58.52
Total phenolics (mg GAE/100 g)	38.97	60.89
Antioxidant activity (%)	76.00	75.00
DPPH radical-scavenging activity (IC <sub>50</sub> )	50.29	26.88

Note: mg GAE/100 g = milligrams of gallic acid equivalents per 100 g.

(2009); 63.41 mg/100 g, Nishiyama et al. (2004); 29–80 mg/100 g. Korkmaz (2020) stated that the vitamin C value of kiwi samples increased during storage. As seen in the literature, the vitamin C amounts of kiwi fruit are in a wide range and high values. In addition, vitamin C increases during storage. Lee and Kader (2000) determined a similar increase in peach, apricot, and papaya fruits.

The total phenolic content of raw kiwifruit was found to be 38.97 mg GAE/100 g and the total phenolic content of ripe kiwifruit was found to be 60.89 mg GAE/100 g. DPPH radical-scavenging activity was found 50.29 in raw fruits and 26.88 in ripe fruits in terms of IC<sub>50</sub> value. While Wolfe et al. (2008) found the total phenolic content of kiwifruit as 60.4 mg GAE/100 g, Du et al. (2009) calculated as 41.67 mg GAE/100 g. An increase was found in phenolic compound values of all kiwi fruits during cold storage and shelf life (Korkmaz, 2020). Karakaya et al. (2019) stated that total phenolic content decreased during cold storage and shelf life. The amounts of phytochemical compounds are affected by factors such as ripening time, genotype, cultivation techniques, climatic conditions, and postharvest storage conditions (Lee & Kader, 2000).

#### Changes in Chemical Properties of Jam Samples

Compositions of jams produced from raw and ripe fruits at different brix ratios at first, second, and third months are given in Table 2 and 3.

Depending on the storage time, pH values decreased for 3 months. In a study conducted on quince jam, a similar pH decrease was observed in the first 3 months (Zor, 2008). The transition of acidic compounds from fruit tissue to jam syrup during storage may be effective in the emergence of this situation. As a matter of fact, pH analyses were performed directly in the jam syrup. For a good gel formation in products such as jam, marmalade, and jelly, the pH should be between 2.8 and 3.2 (Cemeroğlu, 2004). It has been reported that when the pH falls below 2.7 syneresis and water release begins and when the pH rises above 3.6 no gelation occurs (Tosun, 1998). Storage-dependent changes in kiwi jam properties are given in Table 4.

The pH decrease during storage is faster in jams produced from raw fruits. The decrease is slower in jams produced from ripe fruit. This may be due to the fact that the integrity of the raw fruit tissue is better preserved during cooking and the transfer of acidic compounds to the jam syrup continues during storage. The easier destruction of the fruit tissue in jams produced from ripe fruit may have caused most of the component transfer to the jam syrup to occur during cooking. According to the multiple comparison test results, vitamin C values decreased as the storage

**Table 2.**  
Changes in Jams Produced from Raw Fruit

Brix	67			70			73		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dry matter (%)	62.04	60.06	61.25	63.34	63.62	62.90	69.20	68.78	67.20
pH	3.21	3.16	3.11	3.21	3.15	3.08	3.26	3.15	3.09
Vitamin C (mg/100 g)	29.53	16.75	15.00	27.57	15.38	14.05	22.10	18.80	13.84
Total phenolics (mg GAE/100 g)	26.12	28.32	31.45	28.00	29.67	32.39	30.10	32.70	39.28
Antioxidant activity (%)	68.00	63.00	61.00	67.00	67.00	66.00	71.00	69.00	67.00
DPPH radical-scavenging activity (IC <sub>50</sub> mg/mL)	213.91	134.24	101.65	216.53	190.0	122.46	159.68	114.92	90.10

Note: DPPH = 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; IC<sub>50</sub>, half maximal inhibitory concentration; mg GAE/100 g = milligrams of gallic acid equivalents per 100 g.

**Table 3.**  
Changes in Jams Produced from Ripe Fruit

Brix°	67°			70°			73°		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dry matter (%)	62.46	59.50	60.20	66.47	64.25	64.05	69.55	66.56	66.45
pH	3.13	3.13	3.13	3.15	3.15	3.14	3.18	3.17	3.17
Vitamin C (mg/100 g)	30.30	15.00	11.18	27.64	12.69	10.27	23.82	10.00	9.73
Total phenolics (mg GAE/100 g)	24.56	33.01	44.26	23.30	27.69	35.21	21.11	35.83	42.10
Antioxidant activity (%)	72.00	71.00	70.00	71.00	69.00	67.00	73.00	68.00	63.00
DPPH radical-scavenging activity (IC <sub>50</sub> mg/mL)	175.81	134.46	102.47	151.3	112.46	104.98	131.40	102.56	89.18

Note: DPPH = 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; IC<sub>50</sub>, half maximal inhibitory concentration; mg GAE/100 g = milligrams of gallic acid equivalents per 100 g.

time increased. Vitamin C levels in kiwifruit jams were 26.73, 14.77, and 12.46 mg/100 g in the first, second, and third months, respectively. This decrease was more pronounced especially in the first month. Ascorbic acid is one of the most vulnerable vitamins, as it is highly susceptible to various degradation factors. Losses of ascorbic acid in heat-treated foods occur mainly as a result of chemical degradation. The effective factors on degradation are temperature, water activity, light, oxygen, pH, phenolic compounds, sugars, and metal ions (Kırca & Cemeroglu, 2001). According to the results of Duncan multiple comparison test, it is seen that the amount of vitamin C decreases with increasing brix. It can be thought that the high amount of sugar may be effective in this situation.

**Table 4.**  
Storage-Dependent Changes in Kiwi Jam Properties

Storage Period (Months)	1	2	3
Dry matter (%)	65.50 ± 3.23 <sup>a</sup>	63.88 ± 3.34 <sup>b</sup>	63.67 ± 2.66 <sup>c</sup>
pH	3.19 ± 0.046 <sup>a</sup>	3.15 ± 0.016 <sup>b</sup>	3.12 ± 0.033 <sup>c</sup>
Vitamin C (mg/100 g)	26.73 ± 3.07 <sup>a</sup>	14.77 ± 2.94 <sup>b</sup>	12.46 ± 2.06 <sup>c</sup>
Total phenolics (mg GAE/100 g)	25.56 ± 3.12 <sup>c</sup>	31.20 ± 3.01 <sup>b</sup>	37.45 ± 5.01 <sup>a</sup>
Antioxidant activity (%)	69.92 ± 3.20 <sup>a</sup>	67.58 ± 2.54 <sup>b</sup>	65.33 ± 3.39 <sup>c</sup>
DPPH radical-scavenging activity (IC <sub>50</sub> )	174.77 ± 32.85 <sup>a</sup>	131.47 ± 29.96 <sup>b</sup>	101.81 ± 11.55 <sup>c</sup>

Note: DPPH = 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; IC<sub>50</sub>, half maximal inhibitory concentration; mg GAE/100 g = milligrams of gallic acid equivalents per 100 g.

<sup>a,b</sup>Means with the same letter are not different from each other.

Total phenolic content of jams produced at different brix values was highest at 73 brix and lowest at 70 brix ( $p < .01$ ). The increase in the amount of phenolic substances was realized at a higher rate in the jams at 73 brix, which were heat treated for a longer period of time. This can be explained by the hypothesis that chalcone formation occurs as a result of the opening of the pyrylium ring under the influence of heat, resulting in the formation of phenolic substances. A similar increase was observed in blackberry jam during storage (Tosun, 1998). The levels of total phenolic substances in kiwifruit jams were determined as 25.56, 31.20, and 37.45 mg GAE/100 g at first, second, and third months, respectively. In this study, total phenolic matter and DPPH radical-scavenging activity, which are antioxidant properties, increased while vitamin C decreased in stored jams. The mentioned properties may affect the antioxidant activity at different levels.

Dependence of the fruit ripeness changes in kiwi jam properties are given in Table 5. Vitamin C contents of jams produced from raw and ripe fruits averaged 19.22 and 16.74 mg/100 g, respectively. Vitamin C levels in jams produced from raw fruit were higher than produced from ripe fruit. However, the total phenolic content was 30.89 mg GAE/100 g in jams produced from raw fruits and 31.90 mg GAE/100 g in jams produced from ripe fruits. Antioxidant activity of jams produced from raw and ripe fruits averaged 66.56% and 69.33%, respectively. Total phenolic content and antioxidant capacity were higher in jams produced from ripe fruit.

In this study, the changes in the composition of jams produced from raw and ripe kiwifruit at 67, 70, and 73°Bx during storage were investigated. Composition and antioxidant analyses were performed first on fresh fruits and then on jams at 1-month



**Table 5.**  
Dependence of the Fruit Ripeness Changes in Kiwi Jam Properties

Fruit Ripeness	Raw Fruit	Ripe Fruit
Dry matter (%)	64.27 ± 3.32 <sup>a</sup>	64.39 ± 3.26 <sup>a</sup>
pH	3.16 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.15 ± 0.02 <sup>a</sup>
Vitamin C (mg/100 g)	19.22 ± 5.9 <sup>a</sup>	16.74 ± 8.21 <sup>b</sup>
Total phenolics (mg GAE/100 g)	30.89 ± 3.81 <sup>b</sup>	31.90 ± 8.26 <sup>a</sup>
Antioxidant activity (%)	66.56 ± 3 <sup>b</sup>	69.33 ± 3.04 <sup>a</sup>
DPPH radical-scavenging activity (IC <sub>50</sub> )	149.3 ± 47.9 <sup>a</sup>	122.7 ± 27.9 <sup>b</sup>

Note: DPPH = 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; IC<sub>50</sub>: half maximal inhibitory concentration; mg GAE/100 g = milligrams of gallic acid equivalents per 100 g.

<sup>a,b</sup>Means with the same letter are not different from each other.

intervals. Antioxidant properties of kiwi fruit such as antioxidant activity, DPPH radical-scavenging activity, total phenolic matter, and vitamin C were found to be quite high. Ripe fruits were found to be richer in terms of these values. The antioxidant components in jams are quite low compared to fresh fruit, but they are still significant despite the heat treatment applied. Vitamin C content and antioxidant activity decreased during storage, while DPPH radical-scavenging activity and total phenolic content increased. Vitamin C levels were higher in jams produced from raw fruit. Vitamin C loss is observed in all jam samples during storage, but the loss is higher in jams produced from ripe fruit. In addition, vitamin C loss increases with increasing brix in all jam samples. Total phenolic matter, DPPH radical-scavenging activity, and antioxidant activity, which are thought to have positive effects on health, are higher in jams produced from ripe fruit. Total phenolic matter and DPPH radical-scavenging activity increased during storage. There is a slight loss in antioxidant activity during storage. As a result, it is seen that jams produced from raw fruits at 70 and 73 brix are superior in terms of quality criteria. While storage has a negative effect on vitamin C, it has no negative effect on other antioxidant properties.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – İ.G.Ş., M.D.; Supervision – İ.G.Ş.; Resources – İ.G.Ş., M.D.; Materials İ.G.Ş., M.D.; Data Collection and/or Processing – M.D.; Analysis and/or Interpretation – İ.G.Ş., M.D.; Literature Search – M.D.; Writing Manuscript – M.D.; Critical Review – İ.G.Ş.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** The study was carried out with the financial support of Atatürk University, The Coordination Unit of Scientific Research Projects. Project No. 2009-196.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir M.D.; Tasarım – İ.G.Ş., M.D.; Denetleme – İ.G.Ş.; Kaynaklar – İ.G.Ş., M.D.; Malzemeler – İ.G.Ş., M.D.; Veri Toplanması ve/veya İşlenmesi – M.D.; Analiz ve/veya Yorum – İ.G.Ş., M.D.; Literatür Taraması – M.D.; Yazıyı Yazan – M.D.; Eleştirel İnceleme – İ.G.Ş.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin mali desteği ile gerçekleştirilmiştir. Proje No. 2009-196.

## References




Anonymous. (2006). *Reçel, jöle, marmelat ve tatlandırılmış kestane püresi tebliği, tebliğ no 2006/55*. Resmi Gazete 30.12.2006-26392.

- Arazuri, S., Jarén, C., & Arana, J. I. (2004). Selection of the temperature in the sugar content determination of kiwifruit. *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 26(4), 607–616.
- Bayram, Y., Torlak, Y., & Sağdıç, O. (2019). Üvez meyvesinin antioksidan aktivitesi. *European Journal of Science and Technology*, 16, 933–939. [CrossRef]
- Baysal, A. (2000). *Genel Beslenme*. Hatipoğlu Yayınları.
- Beever, D. J., Hopkirk, G., Warrington, I. J., & Weston, G. C. (1990). Fruit development and fruit physiology. In *Kiwifruit. Science and Management* (pp. 97–126). Ray Richards in Association with the New Zealand Society of Horticultural Science.
- Cemeroğlu, B. (1992). *Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları*. Biltav üniversite kitapları serisi.
- Cemeroğlu, B. (2004). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi*. Başkent Klise Matbaacılık.
- Collins, A. R., Harrington, V., Drew, J., & Melvin, R. (2003). Nutritional modulation of DNA repair in human intervention study. *Carcinogenesis*, 24(3), 511–515. [CrossRef]
- Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S., & Hanson, E. J. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 893–898. [CrossRef]
- Demirci, M. (2003). *Gıda Kimyası*. Rebel yayıncılık.
- Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. *Food Chemistry*, 113(2), 557–562. [CrossRef]
- Ferguson, A. R. (1999). Kiwifruit cultivars: Breeding and selection. *Acta Horticulturae*, 498, 43–52. [CrossRef]
- Gülçin, W., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food Chemistry*, 87(3), 393–400. [CrossRef]
- Hirsch, A. M., Longeon, A., & Guyot, M. (2002). Fraxin and esculin: Two coumarins specific to *Actinidia chinensis* and *A. deliciosa* (kiwifruit). *Biochemical Systematics and Ecology*, 30(1), 55–60. [CrossRef]
- Karakaya, O., Öztürk, B., & Kadim, H. (2019). Kivi (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) meyvesinin biyoaktif bileşikleri üzerine farklı map uygulamalarının etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 11–17. [CrossRef]
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 153–161. [CrossRef]
- Keleş, F. (1983). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi Laboratuvarı Notları*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Kırca, A., & Cemeroğlu, M. (2001). Askorbik asitin degradasyon mekanizması. *Gıda*, 26(4), 233–242.
- Korkmaz, M. (2020). *Giresun'un farklı ilçelerinde yetiştirilen 'Hayward' Kivi çeşidinde kalite özelliklerinin muhafaza süresince değişimi* (Yüksek lisans tezi). Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Pre-harvest and post-harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207–220. [CrossRef]
- Liu, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action. *International Research Conference on Food, Nutrition, and Cancer*, 134, 3479–3485.
- Montefiori, M., McGhie, T. K., Hallett, I. C., & Costa, G. (2009). Changes in pigments and plastid ultrastructure during ripening of green-fleshed and yellow-fleshed kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 119(4), 377–387. [CrossRef]
- Nishiyama, I., Yamashita, Y., Yamanaka, M., Shimohashi, A., Fukuda, T., & Oota, T. (2004). Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other Actinidiaspecies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), 5472–5475. [CrossRef]
- Oey, I., Lille, M., van Loey, A., & Hendrickx, M. (2008). Effect of high pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 19(6), 320–328. [CrossRef]

- Roy, M. K., Takenaka, M., Isobe, S., & Tsushida, T. (2007). Antioxidant potential, antiproliferative activities and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. *Food Chemistry*, 103(1), 106–114. [\[CrossRef\]](#)
- Salinero, M. C., Vela, P., & Sainz, M. J. (2009). Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). *Scientia Horticulturae*, 121(1), 27–31. [\[CrossRef\]](#)
- Slaughter, D. C., & Crisosto, C. H. (1998). Nondestructive internal quality assessment of kiwifruit using near-infrared spectroscopy. *Seminars in Food Analysis*, 3, 131–140.
- Spada, P. D. S., de Souza, G. G. N., Bortolini, G. V., Henriques, J. A. P., & Salvador, M. (2008). Antioxidant, mutagenic. *Journal of Medicinal Food*, 11(1), 144–151. [\[CrossRef\]](#)
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107(1), 282–288. [\[CrossRef\]](#)
- Tosun, İ. (1998). *Böğürtlenin bileşimi ve böğürtlen reçellerinde renk üzerine depolamanın etkisi* (Doktora tezi). Ondokuz mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wolfe, K. L., Kang, X., He, X., Dong, M., Zhang, Q., & Liu, R. H. (2008). Cellular antioxidant activity of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(18), 8418–8426. [\[CrossRef\]](#)
- Zor, M. (2008). *Depolamanın ayva reçelinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile antioksidan aktivitesi üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

# Bitkisel Materyallerdeki Biyoaktif Bileşenlerin Ekstraksiyonunda Kullanılan Konvansiyonel ve Yeni Nesil Ekstraksiyon Yöntemleri

## Conventional and Novel Methods for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials

Zeynep Gizem TAŞKIRAN   
Aleyna DÜNDAR   
Hilal YILDIZ 

Nevşehir Hacı Bektaş Veli  
Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği  
Bölümü, Nevşehir, Türkiye



### öz

Ekstraksiyon prosesi bilinen en eski kimyasal işlemlerden biridir ve biyoaktif bileşiklerin bitki materyalinden izolasyonu ve saflaştırılmasındaki ilk ve en önemli adımdır. Biyoaktif bileşikler bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek ve saplarında bulunan sekonder metabolitlerdir. Bu metabolitler, bitkilerin hayatta kalmasına ve doğal engellerin üstesinden gelmesine yardımcı olmak için gelişim döngüsü sırasında üretilirler. Biyoaktif bileşenler arasında terpenoidler, alkaloidler, nitrojen içeren bileşikler, organosülfür bileşikler ve polifenoller (fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler, lignanlar, kumarinler, tanenler) yer alır. Bitki dokularından biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için ürün kalitesini, proses verimliliğini, üretim maliyetlerini ve çevresel olarak kabul edilebilir yöntemleri dengeleyen uygun bir ekstraksiyon tekniği kullanılmalıdır. Bugüne kadar biyoaktif bileşenleri elde etmek için birçok teknik geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri (Soxhlet ekstraksiyonu, distilasyon, maserasyon ve infüzyon) gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel bu teknikler biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda başarılı bir şekilde kullanılmasına rağmen, bu yöntemlerde kullanılan ekipmanların birbirinden farklı olması, yöntemlerin zaman alıcı, zahmetli, maliyetli olmaları ve çevreye zararlı organik çözücüler kullanılma gerekliliği ve ısıya duyarlı biyoaktif bileşenlerin bu tekniklerle zarar görmesi söz konusudur. Dolayısıyla son zamanlarda organik çözücü tüketimini ve ekstraksiyon süresini azaltmak için yeni yeşil ekstraksiyon teknolojileri geliştirilmiş ve bu amaçla mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrasonik destekli ekstraksiyon, enzim-destekli ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi daha verimli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Bu derleme, bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılan farklı geleneksel ve yenilikçi teknikler hakkında bilgi vermek ve bu tekniklerin avantaj ve dezavantajlarını ve gıda endüstrisinde kullanım potansiyellerini incelemek için tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoaktif bileşenler, geleneksel yöntemler, ekstraksiyon yöntemleri, yeni teknolojiler

### ABSTRACT

The extraction method, one of the oldest known chemical processes, the first and most important step in the isolation and purification of bioactive compounds from plant material. Bioactive compounds are secondary metabolites found in the roots, stems, leaves, flowers, and stems of plants. These metabolites are produced during the life cycle to help plants survive and overcome natural barriers. Bioactive components include terpenoids, alkaloids, nitrogen-containing compounds, organosulfur compounds, and polyphenols (phenolic acids, flavonoids, stilbenes, lignans, coumarins, and tannins). For the extraction of bioactive compounds from plant tissues, an appropriate extraction technique should be used that balances product quality, process efficiency, production costs, and environmentally friendly methods. To date, many techniques have been developed to obtain bioactive components. Among these techniques, conventional extraction methods (Soxhlet extraction, distillation, maceration, and infusion) are widely used in the food industry. Although these conventional techniques have been used successfully in the extraction of bioactive compounds, there are some disadvantages, such as the difference in equipment used in the techniques, time-consuming and costly methods, the need for organic solvents that harm the

Received/Geliş Tarihi: 01.08.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 11.09.2023

Publication Date/Yayın Tarihi: 28.09.2023

Corresponding Author/Sorumlu Yazar:

Hilal YILDIZ

E-mail: h09yildiz@gmail.com

Cite this article as: Taşkıran, Z.G., Dündar, A., Yıldız, H. (2023). Bitkisel materyallerdeki biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılan konvansiyonel ve yeni nesil ekstraksiyon yöntemleri. *Food Science and Engineering Research*, 2(2), 50-58.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

environment, and the potential for heat-sensitive bioactive components to be damaged. Therefore, recently, new green extraction technologies have been developed to reduce organic solvent consumption and extraction time. Among these techniques, there are some promising extraction techniques, such as microwave-assisted extraction, ultrasonic-assisted extraction, supercritical fluid extraction, and enzyme-assisted extraction.

The present review is designed to give information about the different traditional and innovative techniques used in the extraction of bioactive compounds from plant materials and to examine the advantages and disadvantages of these techniques and their potential for use in the food industry.

**Keywords:** Bioactive components, conventional methods, extraction methods, innovative technologies

## Giriş

Biyoaktif bileşikler terimi 1979 yılında Stephen DeFelice tarafından ortaya atılmış ve hastalıkları önleyen, tedavi eden ve insan sağlığını iyileştiren bileşikler olarak tanımlanmıştır. Biyoaktif bileşikler bitkilerin, hayvanların, mikroorganizmaların ve deniz canlılarının ikincil metabolizmalarının önemli bileşenleri olup, canlılarda çeşitli biyolojik etkiler sergileyen metabolitlerdir ve gıda, nutrasötik, kozmetik ve farmasötik ürünlerin geliştirilmesi için önemli kaynaklardır. “Bitkisel biyoaktif bileşikler” proteinler, karbonhidratlar ve lipitler gibi birincil metabolitlerle birlikte tipik olarak küçük miktarlarda üretilen ikincil metabolitlerdir. Birincil metabolitler bitki dokularının gelişme ve olgunlaşma evrelerinde kullanılırlar. Sekonder metabolitler ise gelişim döngüsü sırasında üretilirler ve bitkilerin hayatta kalmasına ve doğal engellerin üstesinden gelmelerine yardımcı olurlar. Dolayısıyla ikincil metabolitlerin, bitkilerin genel hayatta kalma yeteneğini (ekolojik strese, hastalıklara ve UV radyasyonuna karşı direnç) artırmalarına yardımcı olması ve büyümelerine izin vermesi beklenir (Fu ve ark., 2022; Yang ve ark., 2023; Yusoff ve ark., 2022).

Biyoaktif bileşenler bitkilerin çoğunda bulunduğundan, bu bitki materyalleri birçok değerli biyoaktif bileşenin rezervuarıdır (Bui ve ark., 2022). Biyoaktif bileşenler flavonoidler, fenolik bileşenler, glikozidler, aromatik bileşenler, terpenoidler, alkaloidler, nitrojen içeren bileşikler ve organosülfür bileşiklerini içeren çeşitli sınıflara ayrılırlar (Jha & Sit, 2022a; Lim ve ark., 2022). İçerdikleri bu biyoaktif bileşenlerden dolayı bitki materyalleri farmasötik ve terapötik alanlar ile gıda endüstrisinde giderek daha fazla kullanım alanı bulmuştur. Biyoaktif maddelerin antioksidan, anti-bakteriyel veya anti-inflamatuar kapasite ve nöroprotektif etki sergiledikleri kabul edilmektedir; böylece oksidatif stres ve buna bağlı kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olurlar. Diğer taraftan biyoaktif bileşenler nutrasötik gıda takviyelerinin hazırlanmasında ve koruyucu gıda katkı maddesi olarak da geniş kullanım alanına sahiptirler. Bununla birlikte, bu işlevler biyoaktivitelerine, kimyasal yapılarına ve kullanım konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (More ve ark., 2022; Yusoff ve ark., 2022).

Biyoaktif bileşenleri elde etmek amacıyla ekstraksiyon denilen bir işlemle yararlanılır. Ekstraksiyon özel çözücüler kullanılarak bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal dokulardaki biyoaktif bileşiklerin açığa çıkarılması için kullanılan, bilinen eski kimyasal işlemlerden biridir. Bitki materyallerinden aktif bileşenlerin geri kazanımı ve saflaştırılması için kullanılan en önemli ilk adım olan ekstraksiyon nihai sonuç üzerinde kritik rol oynar. Bu işlem çok farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Roohinejad ve ark., 2016; Toptaş & Şengül, 2019). Bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin kalitatif ve kantitatif olarak tespit edilmeleri çoğunlukla uygun ekstraksiyon yönteminin seçimine dayanmaktadır (Azmir ve ark., 2013).

İyi bir ekstraksiyon yöntemi ucuz, hızlı, çevreci ve verimi yüksek olmalıdır (Toptaş & Şengül, 2019). Farklı prensiplerine rağmen çoğu ekstraksiyon yöntemi ön işlem, ekstraksiyon ve seperasyon olmak üzere üç temel adımdan oluşur (Bui et al., 2022).

Konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri, daha uzun ekstraksiyon süresi ve daha fazla çözücü tüketimi gibi sınırlamaları olmasına rağmen uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler uzun işlem süreleri ve yüksek ekstraksiyon sıcaklıklarından kaynaklanan ısıya duyarlı bileşiklerin bozulmasına neden olduklarından dolayı son yıllarda yeni nesil ekstraksiyon yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır. Bitkilerin yaprakları, kökleri, kabukları, yumruları, gamları veya oleoresinleri, eksüdalı, meyveleri, çiçekleri, rizomları ve ince dalları gibi tüm bitki bileşenleri değişen konsantrasyonlarda aktif kimyasallar üretirler. Bu nedenle, dokulardan elde edilecek ekstraktları en üst düzeye çıkarmak için doğru ekstraksiyon işleminin seçilmesi son derece önemlidir. Diğer taraftan ekstraksiyon verimliliği; ekstraksiyon tekniği, bitki bileşeni matris özellikleri, ekstraksiyon işleminde kullanılan çözügen, sıcaklık, basınç ve süre dâhil olmak üzere birkaç kritik faktörden etkilenir (Jha & Sit, 2022).

Bu çalışma nutrasötik, farmasötik, terapötik maddelerin ve gıda katkı maddelerinin elde edilmesinde kullanılan bitkisel bazlı biyoaktif bileşenleri etkin bir şekilde ekstrakte eden yöntem ve teknolojilere (konvansiyonel ve yeni nesil teknolojiler) odaklanmaktadır.

## Konvansiyonel Ekstraksiyon Teknikleri

Bitki materyallerindeki biyoaktif bileşikler çeşitli konvansiyonel teknikler ile ekstrakte edilebilirler. Bu tekniklerin çoğu kullanılan farklı çözügenlerin ekstrakte etme gücüne, sıcaklığa ve karıştırma uygulamalarına dayanmaktadır. Bitkilerde bulunan biyoaktif bileşenleri elde etmek için kullanılan konvansiyonel teknikler arasında Soxhlet ekstraksiyon, maserasyon, distilasyon ve infüzyon yer alır (Azmir ve ark., 2013).

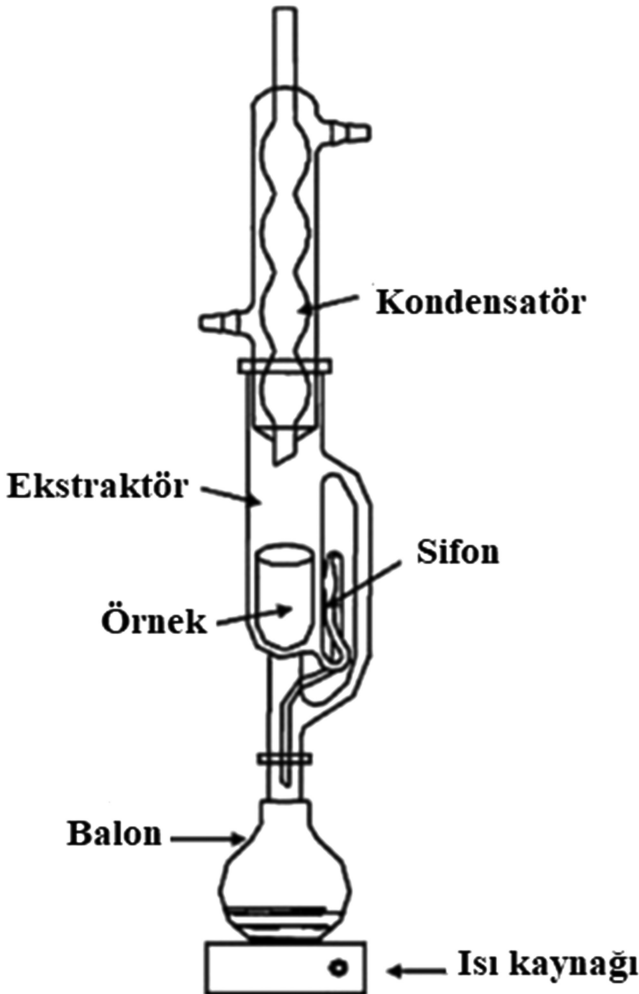
### Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi

Soxhlet ekstraksiyonu, katı malzemelerden analitlerin ekstraksiyonu için en popüler tekniklerden biridir ve hem süzme hem de maserasyon yöntemlerinin bir kombinasyonudur. 1879'da Franz Ritter von Soxhlet tarafından keşfedilmesinden bu yana, standart Soxhlet tekniği hemen hemen her analitik laboratuvarında rutin olarak uygulanmaktadır. Başlangıçta lipit ekstraksiyonu için kullanılırken, daha sonra çeşitli bileşenler için de kullanılmıştır. Soxhlet ekstraksiyonu genellikle iyi ekstraksiyon sonuçları sağlar ve gerçekleştirilmeleri kolaydır. Ekstraktın filtrasyonu ise gerekli değildir. Bununla birlikte yüksek solvent tüketimi ve/veya uzun ekstraksiyon süreleri gerektirir. Ekstraksiyon süresi bir dezavantajdır, çünkü yüksek enerji tüketimi ile ilişkilidir ve ticari

uygulanabilirlik açısından bu durum önemli bir olumsuzluktur (Zygler ve ark., 2012). Diğer katı numune hazırlama teknikleri ile karşılaştırıldığında Soxhlet ekstraksiyonunun en önemli dezavantajları ekstraksiyon için gereken uzun süre ve yalnızca bertaraf edilmesi pahalı olmakla kalmayan ek çevresel sorunların kaynağı olan büyük miktarda çözücü israfıdır. Dahası örnekler genellikle çözücünün kaynama noktasında uzun süre ekstrakte edildiğinden, termolabil bileşenlerin termal ayrışmasına neden olabilmektedir. Çünkü kullanılan çözücüler, hedef bileşiklerin buharlaşmasına ve ayrışmasına ve ayrıca ekstraksiyon kinetiklerinde bir artışa neden olarak maddelerin daha yüksek sıcaklıklarda kaynamasına ve dolayısıyla ısıya dayanıksız bileşiklerin kaybına neden olur. Ayrıca geleneksel bir Soxhlet cihazı, prosesi hızlandırmaya yardımcı olacak şekilde çalkalama sağlamaz. Ek olarak kullanılan çözücünün büyük miktarları ekstraksiyondan sonra bir buharlaşma-konsantrasyon adımını gerektirir (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010).

Şekil 1'de konvansiyonel Soxhlet ekstraktörü görülmektedir (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010).

Soxhlet ekstraksiyonunda Şekil 1'de gösterildiği gibi öncelikle içinde numune bulunan ve genellikle selülozdan üretilmiş,



**Şekil 1.** Konvansiyonel Soxhlet ekstraktörü (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010).

numuneyi hapseden ancak solvent ve solventin çözdüğü bileşen için geçirgen olan bir soxhlet kartuşu, distilasyon balonunda bulunan ve ısıtıcı yardımıyla yoğunlaştırılan solvent ile kademeli olarak doldurulan ekstraktörün haznesi içine yerleştirilir. Sıvı, taşma seviyesine ulaştığında bir sifon onu kartuştan çeker ve tekrar distilasyon balonuna boşaltır böylece ekstrakte edilen analitleri toplu sıvıya taşır (the bulk liquid). İşlem ekstraksiyon tamamlanıncaya kadar devam eder. Bu performans Soxhleti hibrit bir sürekli-sürekli teknik yapar (López-Bascón-Bascon & Luque de Castro, 2019).

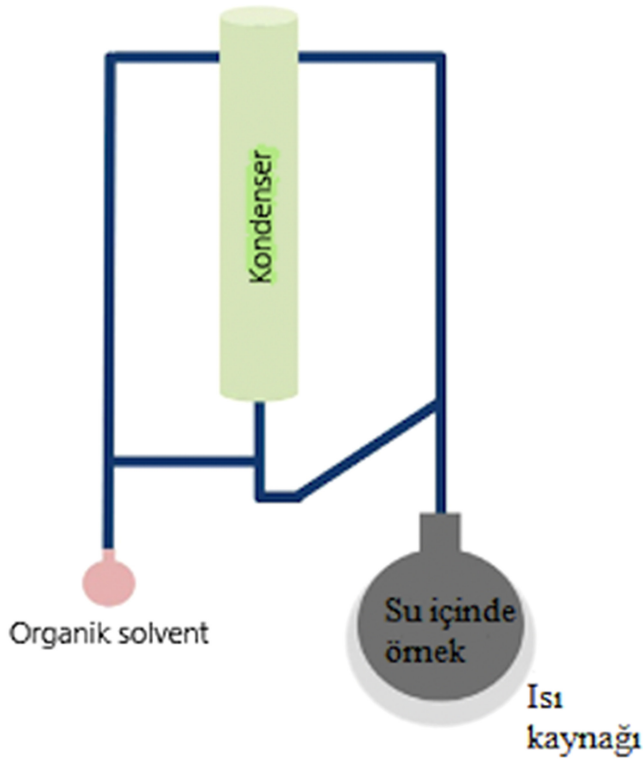
Bugüne kadar, Soxhlet ekstraksiyon tekniği, modern ekstraksiyon tekniklerinin performansının karşılaştırıldığı standart bir teknik olmaya devam etmektedir. Yıllar boyunca, geleneksel Soxhlet tekniğinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için farklı modifikasyonlar üzerine yoğun araştırmalar yürütülmüştür. Bu modifiye Soxhlet ekstraksiyon yöntemleri arasında; yüksek basınç altında Soxhlet ekstraksiyonu, ultrason-destekli Soxhlet ekstraksiyonu, mikrodalga-destekli Soxhlet ekstraksiyon ve otomatikleştirilmiş Soxhlet ekstraksiyon yöntemleri yer almaktadır. Ekstraksiyon sürelerini ve çözgen hacimlerini azaltmak için bu tekniğin yeni yaklaşımları yoğun ilgi görmüştür (Zygler ve ark., 2012).

#### Maserasyon

Maserasyon, çözücünün polaritesini seçerek ve numuneden ilgilenilen bileşiklerin çözünürlüğünü artırmak için ısı ve/veya çalkalama uygulayarak yüksek değerli bileşiklerin ekstraksiyonunu sağlayan ve yaygın olarak kullanılan bir katı-sıvı ekstraksiyon tekniğidir. Diğer geleneksel ve yenilikçi ekstraksiyon tekniklerine kıyasla düşük maliyetlidir ve kullanımı kolay ekipman kullanılarak gerçekleştirilebilir (Garcia-Vaquero ve ark., 2020). Ortam sıcaklığında (~20°C) gerçekleştirilen ve oldukça basit olan bu ekstraksiyon yöntemi, manyetik karıştırıcıya sahip bir reaksiyon kabında gerçekleştirilir. Ekstraksiyonu yapılacak materyal belirli oranlarda ekstraksiyon solventi ile karıştırılarak belirli sürelerde ekstraksiyona tabi tutulur. Bu yöntem termolabil bileşiklerin ekstraksiyonu için çok uygun olma avantajına sahipken, uzun ekstraksiyon süresi, yüksek hacimde solvent kullanımı ve düşük ekstraksiyon verimi gibi dezavantajlara sahiptir (Oprescu ve ark., 2022). Bazı bitki materyalleri için maserasyon süreci saatler ile haftalar arasında sürebilmektedir. Yöntem çok yavaş olduğundan çok zaman alıcıdır. Genel olarak, hammaddenin tamamen tükenmemesi eksik ekstraksiyonla sonuçlanabilmektedir. Bu yaklaşım, kayda değer işlem süresine rağmen ısıya duyarlı kimyasalların çıkarılması için önerilir (Seidel ve ark., 2008). Ayrıca maserasyon protokolleri, biyokütleden yüksek değerli bileşiklerin daha seçici ve verimli bir kütle transferini kolaylaştırmak için çoklu çözücüler, sıcaklık ve çalkalama kombinasyonları kullanılarak çok çeşitli molekülleri özütleyecek şekilde uyarlanabilir (Garcia-Vaquero ve ark., 2020).

#### Distilasyon

Distilasyon teknikleri, esas olarak ikili ve çok bileşenli sıvı karışımları, karışımın her bir bileşeninin seçici kaynama noktalarını ve ardından yoğunlaştırma adımlarını kullanarak ayırmak için kullanılır. 5000 yılı aşkın bir süredir kullanılan bu ekstraksiyon ve ayırma tekniğine, kimya ve petrol arıtma endüstrilerinde bileşikleri saflaştırmak veya ayırmak amacıyla ve bitki uçucu yağlarının elde edilmesinde başvurulmaktadır. Bu ekstraksiyon işlemleri su, su-buhar ve buhar distilasyonu olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Buhar distilasyonu bitkilerden uçucu yağları çıkarmak için en yaygın şekilde uygulanan teknik olup, esaslı numune içeren bir tanka buharın doğrudan uygulanmasına ve matristen uçucu



**Şekil 2.**  
Buhar distilasyon ekstraktörü (Garcia-Vaquero ve ark., 2020).

yağların salınmasına dayanır. Suyun ve uçucu yağların buharları daha sonra soğutulur ve kolayca ayrılabilen bir yağ ve su karışımı oluşturmak üzere yoğunlaştırılır. Şekil 2'de bir buhar distilasyon ekstraktörü görülmektedir (Garcia-Vaquero ve ark., 2020).

Halen kullanımda olan en eski ekstraksiyon tekniklerinden biri olan hidrodistilasyon bitkisel materyallerden uçucu yağlarla birlikte biyoaktif bileşikleri çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu işlemde hiçbir organik çözücü kullanılmaz ve işlem bitki materyallerinin kurutulmasından önce yapılabilir (Silva ve ark., 2005). Buhar distilasyonu günümüzde gıda endüstrisinde uçucu bileşiklerin ekstrakte edilmesinde en yaygın kullanılan tekniktir. Ancak bu ekstraksiyon yöntemleri uzun proses süreleri gerektirdiğinden yüksek enerji tüketen işlemlerdir. Ayrıca, uçucu bileşiklerin uzun süreli ekstraksiyon periyotları sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalması kimyasal modifikasyonlara yol açabilmekte ve ekstrakte edilen moleküllerin özellikleri değişebilmektedir (Garcia-Vaquero ve ark., 2020).

### İnfüzyon

Bu organik solvent ekstraksiyon yaklaşımı kullanılarak, bitki materyali soğuk veya kaynar su ilave edilen su içerisinde birkaç saat demlenmeye bırakılır. Kullanılan bitkiye ve infüzyonun ne kadar güçlü olduğuna bağlı olarak bitki ve çözücü miktarları değişmektedir. İnfüzyon işleminin tamamlanması, maserasyon süresine kıyasla daha kısa sürer (Tiwari ve ark., 2013).

### Yeni Nesil Ekstraksiyon Teknikleri

Bitki materyallerinden ekstrakte edilen biyoaktif bileşenlerin verimini, seçiciliğini geliştirmek ve geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin bazı dezavantajlarını gidermek için yeni ekstraksiyon stratejileri geliştirilmiştir. Yeni ekstraksiyon yaklaşımlarından

bazıları, daha az enerji ve organik çözücü kullandıkları ve çevreye herhangi bir zarar vermedikleri için “yeşil teknoloji” olarak da bilinir. Gıda endüstrisi mikrodalga destekli, ultrason destekli, enzim destekli, süperkritik akışkan gibi yeni ekstraksiyon teknikleriyle ilgilenilmektedir.

### Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

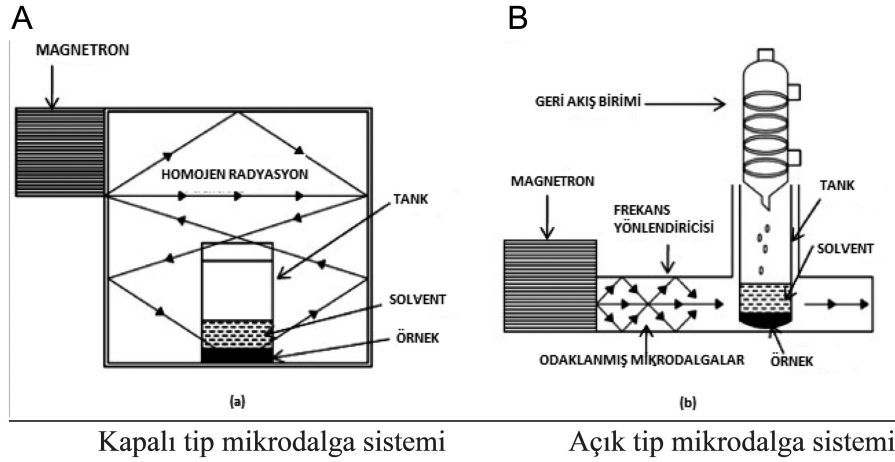
Mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE), mikrodalga kontrollü koşullar altında elde edilebilen çok hızlı ısıtma ve soğutma, çok kısa reaksiyon sürelerinde çok güçlü ekstraksiyon prosedürlerinin geliştirilmesine izin verdiği için, doğal ürün kimyasında gelişmekte olan yenilikçi bir ekstraksiyon sistemidir (Tsukui ve ark., 2014). İyonize olmayan elektromanyetik bir dalga olan mikrodalga 300 MHz ila 300 GHz aralığında değişen frekanslarda birbirine dik olarak salınan elektrik alan ve manyetik alandan oluşur. Bu aralıktaki 915 MHz ve 2450 MHz mikrodalga frekansları, ısıtma uygulamaları için en çok uygulanan frekanslardan ikisidir. Endüstriyel uygulamalar için 915 MHz en çok kullanılan frekans olmuştur. Bununla birlikte 2450 MHz ev aletlerinde uygulama ve analitik amaçlar için en yaygın olarak uygulanan frekanstır. Bir dielektrik malzemenin mikrodalgalara maruz kalması ile dielektrik özelliklerine bağlı olarak elektromanyetik enerji kinetik enerjiye dönüştürülerek doğrudan maruz kalan üründe ısı üretilir. Bu nedenle elektromanyetik dalgalar, geçici olarak polarize olmuş su moleküllerinin dipolar dönüşüne ve iyonların yeniden yönlendirilmesine neden olur, bu da iç sürtünmeye ve son olarak üründe doğrudan ısı üretimine yol açar (Chan ve ark., 2011) (Orsat & Routray, 2017) (Mirzadeh ve ark., 2020).

MDE, atmosferik basıncın üzerinde çalışan “kapalı sistem” ve atmosferik basınç altında çalışan “açık sistem” olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Şekil 3’de kapalı tip (a) ve açık tip (b) mikrodalga sistemleri görülmektedir (Chan ve ark., 2011).

Mikrodalga cihazları dört ana bileşenden oluşur:

- mikrodalga enerjisi üreten, genellikle “magnetron” olarak adlandırılan mikrodalga jeneratörü
- mikrodalgaları magnetrondan mikrodalga boşluğuna yaymak için kullanılan frekans yönlendiricisi
- numunenin yerleştirildiği aplikatör
- mikrodalgaların sadece ileri yönde geçmesine izin veren sirkülatör (Luque-García & Luque De Castro, 2003).

Kapalı bir MDE sisteminde, ekstraksiyonlar farklı mikrodalga radyasyon moduna sahip kapalı bir kaptaki ve tekdüze mikrodalga ısıtması altında gerçekleştirilir. Sistem yüksek çalışma basıncı ve sıcaklık dolayısıyla hızlı ve verimli bir ekstraksiyon sağlar. Ekstraksiyon kabı içindeki basınç, kabın çalışma basıncını aşmayacak şekilde kontrol edilirken, sıcaklık ekstraksiyon çözücüsünün normal kaynama noktasının üzerinde düzenlenebilir. Kapalı sistemdeki son gelişmeler, yüksek basınçlı mikrodalga destekli ekstraksiyonun gelişmesine yol açmıştır. Sıcaklık ve basınçtaki artış, ekstraksiyon çözücüsünün mikrodalga enerjisini absorbe etme kabiliyetinden dolayı mikrodalga destekli ekstraksiyonu hızlandırır. Kapalı sistem, daha az solvent tüketimi ile hızlı ve verimli ekstraksiyon sunmasına rağmen, sınırlı numune verimi ile uçucu bileşiklerin kayıplarına karşı hassastır. Açık sistem, güvenlik sorunları gibi kapalı sistemin eksikliklerini gidermek için geliştirilmiştir ve ısıya dayanıklı bileşiklerin çıkarılması için daha uygun kabul edilir. Bu sistem daha yüksek numune verimine sahiptir ve işlem sırasında herhangi bir zamanda sisteme daha fazla çözücü eklenebilir (Chan ve ark., 2011).



Şekil 3.

Kapalı ve açık tip mikrodalga sistemleri (Chan ve ark., 2011).

MDE yöntemi hızlı ısıtma sayesinde Soxhlet, basınçlı su ekstraksiyonu ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu gibi diğer teknolojilere göre daha yüksek ekstrakt verimine sahiptir. Diğer taraftan bir numune hazırlama tekniği olarak MDE, biyoaktif bileşikler tanımlayıcı olarak değerlendirmek için kromatografi ve spektroskopi gibi analitik sistemlerle kolayca birleştirilebilir. MDE'nin ekstraksiyon verimini arttırmadaki yüksek yeteneği, mikrodalga alanının elektrik bileşeni ile dipolar moleküller ve ekstraksiyon karışımlarında (çözücü-numune) bulunan iyonik türler arasındaki moleküler etkileşimlerden kaynaklanmaktadır (Mirzadeh ve ark., 2020).

MDE işleminin etkinliği zamana, sıcaklığa, katı-sıvı oranına, kullanılan solventin cinsine ve bileşimine bağlıdır. Uygun çözücünün seçimi MDE işlemi sırasında özütleme verimini etkiler, çünkü çözücü kütle transferi ve biyolojik matris üzerinde basınç uygulamak için bir kanal görevi görür. Çözücünün polaritesi ve bitki materyalinden ekstrakte edilecek hedef bileşik, maksimum verim için kritiktir. Örneğin polar bileşikler ekstrakte etmek için polar solventlerin kullanılması, substrattan bileşiklerin maksimum geri kazanımıyla sonuçlanacaktır. MDE sırasında nispeten polar olmayan çözücüler kullanılırken belirli bir oranda (yaklaşık %10) su eklenmesi ekstraksiyon verimini artırmaya yardımcı olabilir (Kanitkar, 2010).

### Ultrason Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

Günümüzde ultrason; ürün verimini en üst düzeye çıkarmak, gıda ürünlerinin güvenliğini sağlamak için geliştirilen, hücreleri parçalamak ve ekstrakt üretmek için kullanılan dolayısıyla tıp, denizcilik veya gıda endüstrisi gibi çok çeşitli alanlarda başarıyla uygulanan çok yönlü teknolojilerden biridir (Lavilla & Bendicho, 2017). Uzun yıllardır sıvı ve katı ortamlarda ultrason enerjisinin kullanımı gıda işleme uygulamalarında yaygınlaşmıştır. Bu teknik; emülsifikasyon, homojenleştirme, ekstraksiyon, kristalleştirme, düşük sıcaklıkta pastörizasyon, gaz giderme, köpük giderme, enzimlerin aktivasyonu ve inaktivasyonu gibi büyük ölçekli ticari uygulamalar için etkili bir araç olmuştur (Picó, 2013). Klasik katı-sıvı ekstraksiyon yöntemleriyle tamamlanması saatler veya günler süren doğal ürünlerin ekstraksiyonu, ultrason-destekli ekstraksiyon (UDE) yöntemiyle dakikalar içinde başarılı bir şekilde yapılabilir. Bu ivme, hücre duvarının bozulmasına ve gelişmiş kütle transferine yol açan farklı ultrason etkilerinden kaynaklanmaktadır. UDE'de potansiyel olarak kullanılabilir solventlerin (toksik olmayan solventlerin kullanımına olanak sağlar, yani genellikle etanol-su karışımları kullanılır) tüketimi daha azdır (Lavilla & Bendicho,

2017). Dolayısıyla, UDE çalışma sürelerini önemli ölçüde azaltan, ekstrakt verimini ve kalitesini artıran, ucuz, çevre dostu, etkili bir ekstraksiyon tekniği olarak kabul edilmektedir (Picó, 2013; Siddiqui ve ark., 2023).

Ultrasonikasyon, homojenleştirme için 20 kHz'in üzerindeki ultrasonik frekansların kullanıldığı bir işlemdir. Ultrason dalgaları 20 kHz'den (insan kulağı tarafından algılanabilirliğin üst sınırı) daha yüksek frekanslara kadar yayılır ve daha sonra hipersonik bölgeye ilerler. Bu ultrason işlemi fenomeni, çözücünün numuneye daha derin nüfuz etmesine izin veren hızlı kesme kuvvetleri oluşturur, böylece difüzyon hızını artırır (Siddiqui ve ark., 2023). UDE'de ultrasonun neden olduğu etkiler esas olarak kavitasyon olgusuyla ilgilidir. Ultrason dalgası ortamdan geçtiğinde ortamın partiküllerinde bir dizi sıkışma ve seyrelme ile boyuna yer değiştirmeler oluşur. Değişen basınçtaki bu alanlarda kavitasyon etkisi ve gaz kabarcıklarının oluşumu gözlenir. Sonikasyon proses dalgası süresince üretilen baloncuklar, seyreltme ve sıkıştırma döngüleri sırasında boyutlarını değiştirebilirler. Bu baloncuklar birkaç döngü boyunca büyür ve kritik bir boyuta ulaşır, ardından şiddetli bir şekilde çöker ve büyük miktarda enerji açığa çıkarırlar (Rutkowska ve ark., 2017). Dolayısıyla ultrason-destekli ekstraksiyonda salınan mekanik dalgalar, kavitasyon kabarcıklarının çökmesi yoluyla yüksek kesme gerilimleri, eşit olmayan basınçlar ve çok yüksek sıcaklıklar (4000°C'ye kadar) yaratarak difüzyon hızını artırır. Kavitasyon, hücre duvarına zarar verir ve solvent ile substrat arasındaki etkileşimleri artırarak kütle transfer katsayısını artırır (Hedayati ve ark., 2021). UDE, hücre duvarlarının ve zarlarının geçirgenliğini önemli ölçüde artırabilmekte ve bu durum ise ekstraksiyon verimini ve oranını artıran çok önemli bir olgu olarak düşünülmektedir.

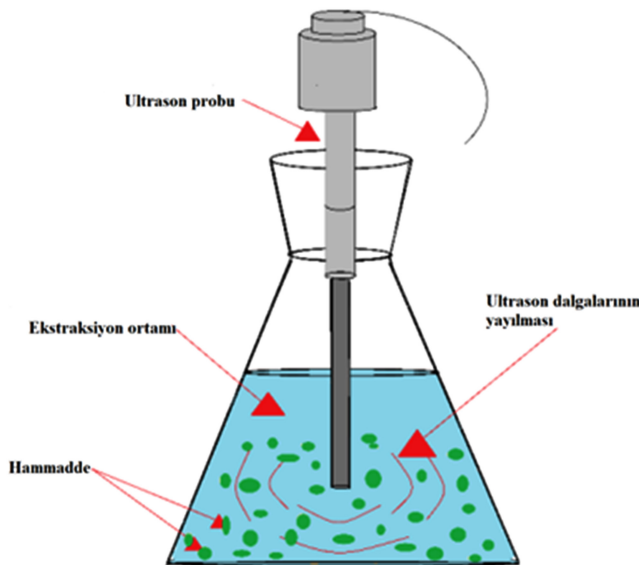
UDE'nin sağladığı avantajlar arasında daha yüksek verim ve ekstraksiyon süresinde azalma, analit degradasyonu, enerji ve çözücü kullanımı yer alır. UDE'de söz konusu olan ve göz önünde bulundurulması gereken birkaç anahtar faktör vardır. Bunlar arasında; ekstrakte edilen dokunun yapısı, olası ön işlemler, ilgili bileşiklerin yeri ve doğası, partikül içi difüzyon, ekstraksiyon süresinde azalma ve daha yüksek işlem hacmi sayılabilir. Ayrıca düşük buhar basıncı, düşük viskozite ve düşük yüzey geriliminin yüksek yoğunluklu kavitasyonu kolaylaştırabilmesi için kullanılacak solventin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. UDE proseslerinde etanol, metanol, aseton ve bunların su ile karışımları antioksidanlar da dâhil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşiklerin

ekstraksiyonu için yaygın olarak kullanılırken; hekzan ve izopropanol gibi solventler ise yağ ekstraksiyonunda tercih edilirler. Bununla birlikte, gıda işleme alanında organik solvent toksisitesi her zaman dikkate alınmalıdır (Cravotto & Binello, 2016).

UDE verimliliği zamana bağlıdır. Ultrason uygulamasında numunenin içerdiği fitokimyasalların salınımı için yeterli süre gerekmesine rağmen, daha uzun ultrason işlem süreleri numunenin bozulmasına neden olabilir. Sıcaklık UDE verimliliğini etkileyen bir diğer faktördür. Kütle transferi sıcaklığın artmasıyla iyileştirilirken, sıcaklıktaki yükseliş ısıya duyarlı bileşenlere zarar verebilir (Cravotto & Binello, 2016).

Ultrasonik ışınlama, numune ile doğrudan temas yoluyla veya ultrasonik banyo sistemleri gibi numunenin bulunduğu kabın duvarlarından indirekt olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Ultrasonik banyonun başlıca dezavantajı, genellikle tek bir frekansta (20 veya 40 kHz) çalışmasıdır. Bununla birlikte, numune ile doğrudan temasın ultrasonik banyoda sağlanandan 100 kata kadar daha fazla bir güç geliştirmesine izin veren bir proba birleştirilmiş ultrason sistemi (Şekil 4) gibi daha verimli ekstraksiyon sistemleri vardır (Medina-Torres ve ark., 2017).

Lee ve ark. (2022) tarafından yürütülen bir araştırmada *Melastoma malabathricum*'un beyaz çiçek çeşidindeki fitokimyasal bileşikler konvansiyonel Soxhlet ekstraksiyonu, ultrason-destekli ekstraksiyon ve modifiye ultrason-destekli ekstraksiyon kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon performansı; toplam flavonoid, toplam fenolik, toplam saponin, toplam polisakkarit ve toplam protein içerikleri açısından değerlendirilmiş ve sonuçlar modifiye ultrason-destekli ekstraksiyonun çalışılan diğer iki ekstraksiyon yöntemiyle karşılaştırıldığında fitokimyasal bileşiklerin ekstraksiyonunun etkinliğini arttırdığını göstermiştir (Lee ve ark., 2022). *Inga marginata* Willd meyvelerinden biyoaktif bileşikler elde etmek amacıyla en yüksek verimli ekstraksiyon yöntemini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada maserasyon, ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmıştır. Hem miktar hem de etkinlik açısından en etkili yöntemin ultrason-destekli ekstraksiyon yöntemi olduğu bildirilmiştir (Flores ve ark., 2023).



Şekil 4. Bir prob ile birleştirilmiş ultrason sistemi (Medina-Torres ve ark., 2017).

### Enzim-Destekli Ekstraksiyon

Yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerinden bir diğeri olan enzim-destekli ekstraksiyon (EDE) metodu, biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda enzimler tarafından hücre duvarı bileşenlerini hidrolize etme ve bitki hücre duvarının yapısal bütünlüğünü bozma prensibine dayanan, yüksek verimli ve çevre dostu olarak kabul edilen yeşil bir teknolojidir (Cheng ve ark., 2015). EDE bitkisel bazlı doğal materyallerin ve üretim sonrası atıklarının yönetimi için yeni çözümler sunan bir yöntemdir. Gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde daha büyük hacimlerde ürün veya aktif bileşen elde etmek için kullanılan umut verici bir metot olarak kabul edilir (Łubek-Nguyen ve ark., 2022). EDE bağımsız yöntem olarak kullanılabilirdiği gibi konvansiyonel metotlarda da verimliliği artırmak için başvurulan bir yöntemdir (Puri ve ark., 2012). Polisakkarit veya lignin gibi moleküllere bağlı olan fitokimyasallar geleneksel prosedürlerle ekstrakte edilemeyeceklerinden dolayı ekstraksiyon sırasında selüloz, alfa amilaz ve pektinaz gibi spesifik enzimler veya karışımları ile muamele edildiğinde bağlı bileşenler serbest bırakılarak ekstraksiyon verimi artırılır. Enzimler spesifiktir ve aktiviteleri reaksiyon koşullarından etkilenmektedir. Dolayısıyla yöntemde kullanılan enzimin hücre duvarını parçalayarak biyoaktif bileşenleri açığa çıkarması; enzim kompozisyonuna, konsantrasyonuna, kullanılan ekstraksiyon solventine, materyal ve solvent oranına, enzim substrat oranına, pH'a, ekstrakte edilecek materyalin partikül boyutuna, ekstraksiyon sıcaklığına ve ekstraksiyon süresine bağlı olarak değişir (Jha & Sit, 2022). Enzimatik reaksiyonlar ılımlı sıcaklık ve pH'da ve nispeten kısa bir zaman aralığında gerçekleştiği için aktif biyomoleküllerin bozunması ve izomerleşmesinin önüne de geçilmiş olur. Bitki hücre duvarlarının çok katmanlı yapısından dolayı hücre duvarını parçalamak ve hücrede bulunan metabolitleri açığa çıkarmak için farklı polimerlere etki eden birkaç grup enzimin birlikte kullanılması gerekebilmektedir. Selülozlar, pektinazlar, hemiselülozlar, proteazlar ve ticari enzim karışımları bu yöntemde en yaygın kullanılan enzimlerdir. Ekstraksiyon koşulları kullanılacak enzimin elde edildiği kaynağa göre belirlenmelidir (Łubek-Nguyen ve ark., 2022). EDE yaygın olarak bitkilerden fenol ve polifenollerin ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde diğer ekstraksiyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında EDE yönteminin elde edilen toplam fenolik ve hedef bileşenlerin ekstrakt verimliliğini artırdığı bildirilmiştir (Krakowska-Sieprawska ve ark., 2021). Pontillo ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir araştırmada, katı-sıvı konvansiyonel ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak elde edilen biberiye yaprak ekstraktlarının toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Katı-sıvı konvansiyonel ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ekstraktların biyoaktivitelerinin mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemine göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan katı-sıvı konvansiyonel ekstraksiyon yöntemi enzimatik hidroliz ile desteklendiğinde ise antioksidan aktivite çok değişmezken toplam fenolik içeriğinin yaklaşık 4,5 kat arttığı rapor edilmiştir (Pontillo ve ark., 2021). *Citrus sinensis* kabuklarından biyoaktif çözümler fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu ve geri kazanımına yönelik yürütülen bir araştırmada konvansiyonel solvent ekstraksiyonu, enzim destekli ekstraksiyon ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular ekstraksiyon yöntemlerinin özellikle fenolik profili ve biyoaktiviteyi etkilediğini göstermiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon ve özellikle de enzim destekli ekstraksiyondan yüksek verim ile elde edilen ekstraktların çok daha güçlü biyoaktivite sergiledikleri bildirilmiştir (Wang ve ark., 2023).



### Süper kritik akışkan ekstraksiyonu

Süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SAE) verimliliği ve çevre dostu özelliği ile biyoaktif bileşenleri ekstrakte etmek için en dikkat çekici alternatiflerden biridir (Dias ve ark., 2021). SAE, hedeflenen bileşikler en saf formlarında elde etmek için tek adımlı bir ayırma ve saflaştırma işlemidir. Geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, SAE'nin atık yönetiminde çevreye zarar vermeyen yönünün yanı sıra daha az solvent kullanımı, hedef bileşenlerin seçiciliği, hızlı ekstraksiyon süresi, düşük viskozite, yüksek difüzyon ve yüksek çözücü gücü gibi avantajları vardır (Hasanov ve ark., 2023; Singh ve ark., 2021). SAE tarafından elde edilen ürünler güvenli ve kalitelidirler (Hasanov ve ark., 2023).

Süperkritik bir sıvı, kritik sıcaklığının ve kritik basıncının üzerinde olan herhangi bir madde olarak tanımlanır. Kritik basınç bir sıvının sıcaklığın artmasıyla gazla dönüşebildiği en yüksek basınç iken, kritik sıcaklık ise basıncın artmasıyla bir gazın sıvıya dönüşebildiği en yüksek sıcaklıktır. Kritik bölgede hem gaz hem de sıvı benzeri özelliklere sahip tek bir faz vardır. Süperkritik bir sıvı, hem katı bir matrise hızla yayılabilen gaz özelliğine hem de malzemeleri bileşenlerine ayırabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca, süperkritik bir sıvının çözme gücü basınç veya sıcaklıktaki bir değişikliğin sonucu olarak yoğunluğundaki bir değişiklikle değişir. Genel olarak, sabit basınçtaki kritik üstü sıvılar için çözme gücü sıcaklıktaki artışla birlikte azalırken, sabit sıcaklıkta ise çözme gücü basınçtaki artışla artar. Bu nedenle, süperkritik bir sıvının çözme gücü hem basınç hem de sıcaklığın uygun manipülasyonları ile maksimize edilebilir ve bir sıvının yoğunluğu belirli bileşenleri seçici bir şekilde çözmek için ayarlanabilir (Walker ve ark., 2007).

Bitkisel materyallerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda son yıllarda çözücü olarak süper kritik akışkan kullanan sıvı ekstraksiyon yöntemleri ilgi görmeye başlamıştır. Pek çok türde saf çözücü süperkritik sıvı ekstraksiyonu için bir çözücü ortamı olarak kullanılabilir (Machmudah ve ark., 2020). CO<sub>2</sub>, etanol, heksan, metanol, pentan, bütan, nitroz oksit, kükürt heksaflorür ve florlu hidrokarbonlar gibi çeşitli çözücüler kritik özelliklerinden dolayı süperkritik sıvı ekstraksiyonunda kullanılabilirken, ortam sıcaklığına yakın bir kritik sıcaklığa (40°C'ye kadar) ve çok yüksek olmayan (7 MPa'ya kadar) bir kritik basınca sahip olan maddeler özellikle ilgi çekicidir. Dolayısıyla, kritik noktası 31,06°C ve 7,38 MPa olan CO<sub>2</sub>, süperkritik koşullar altında ekstraksiyon yöntemlerinde kullanılan birincil süperkritik sıvı çözücü olarak dikkati çeker (Machmudah ve ark., 2020). Çözücü olarak süperkritik CO<sub>2</sub>'nin kullanılması çeşitli avantajlar sunar. Süperkritik CO<sub>2</sub> inört, nispeten toksik olmayan, kolay bulunur, ucuz, tatsız, kokusuz ve çevre dostu bir çözücüdür. CO<sub>2</sub> ekstraktları ve çevreyi kirlilemez ve ozon tabakasına zarar vermez, ve "genel olarak güvenli olarak kabul edilen" (GRAS) bir çözücüdür. Süperkritik CO<sub>2</sub>, sıvılardan daha yüksek bir difüzyon katsayısına ve daha düşük viskoziteye sahiptir, bu da daha elverişli bir kütle transferine yardımcı olur. Yüzey geriliminin olmaması ise katı materyallerin gözeneklerine hızlı nüfuz etmesini sağlar, bu da ekstraksiyon verimliliğini artırır (Dias ve ark., 2021; Machmudah ve ark., 2020).

### Sonuç

Dünya genelinde bitkisel bazlı doğal ürünlerden elde edilen biyoaktif bileşenlerin farmasotik ve gıda endüstrilerinde kullanımına yönelik ilgi her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla bu biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu, doğal ürünlerin aktivitesi ve eldesi üzerine yapılan araştırmalarda en kritik adımdır. Konvansiyonel ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak pek çok yenilikçi

metotlar da geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Yeni ekstraksiyon teknolojilerinde aranan en önemli nitelikler arasında; yüksek ekstraksiyon verimi, fitokimyasalların sahip oldukları biyoaktivitenin korunması, kısa ekstraksiyon süreleri, ekonomik uygulanabilirlik ve çevre dostu olmaları yer almaktadır. Seçilecek ekstraksiyon tekniği bitki matrisine, hedef fitokimyasallara ve ekonomik koşullara bağlı olmakla birlikte, yapılan araştırmalar ile modern tekniklerin sunmuş oldukları kısa ekstraksiyon süreleri, daha az solvent ihtiyacı, çevre dostu olma, yüksek verim, daha iyi korunmuş biyoaktivite gibi avantajlardan dolayı konvansiyonel tekniklere göre daha etkin oldukları kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, var olan ekstraksiyon prosedürlerinin daha ileri düzeye taşınması ve kombine kullanımlarında optimum koşulların belirlenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir – H.Y.; Tasarım – H.Y.; Denetleme – H.Y.; Kaynaklar – H.Y., Z.G.T., A.D.; Literatür Taraması – H.Y., Z.G.T., A.D.; Yazıyı Yazan – H.Y., Z.G.T., A. D.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – H.Y.; Design – H.Y.; Supervision – H. Y.; Resources – H.Y., Z.G.T., A.D.; Literature Search – H.Y., Z.G.T., A.D.; Writing Manuscript – H.Y., Z.G.T., A.D.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** The authors declared that this study has received no financial support.

### Kaynaklar

- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436. [\[CrossRef\]](#)
- Bui, T. B. C., Kokawa, M., Tran, T. T., Nosaki, S., Miura, K., & Kitamura, Y. (2022). Simultaneous stone-milling and extraction enables efficient one-step extraction of hard plant materials. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 80, 103096. [\[CrossRef\]](#)
- Chan, C. H., Yusoff, R., Ngoh, G. C., & Kung, F. W. L. (2011). Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants. *Journal of Chromatography. A*, 1218(37), 6213–6225. [\[CrossRef\]](#)
- Cheng, X., Bi, L., Zhao, Z., & Chen, Y. (2015). *Advances in Enzyme Assisted Extraction of Natural Products* (P. Yarlagadda, Ed.). 3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015). Curran Associates, Inc.
- Cravotto, G., & Binello, A. (2016). Low-frequency, high-power ultrasound-assisted food component extraction. In *Innovative food processing technologies: Extraction, separation, component modification and process intensification* (pp. 3–29). Elsevier Inc. [\[CrossRef\]](#)
- Dias, A. L. B., de Aguiar, A. C., & Rostagno, M. A. (2021). Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105584. [\[CrossRef\]](#)
- Flores, D. C. B., Boeira, C. P., Weis, G. C. C., de Oliveira Mello, R., Reis, F. L., Morandini, L. M. B., Morel, A. F., dos Santos, D., de Moraes Flores, E. M., Záchia, R. A., Nogueira-Librelotto, D. R., Rolim, C. M. B., & da

- Rosa, C. S. (2023). Extraction of antioxidant and antimicrobial compounds from *Inga marginata* Willd bark and pulp using different extraction techniques and phytochemical characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 83, 103244. [\[CrossRef\]](#)
- Fu, J., Zhang, L. L., Li, W., Zhang, Y., Zhang, Y., Liu, F., & Zou, L. (2022). Application of metabolomics for revealing the interventional effects of functional foods on metabolic diseases. *Food Chemistry*, 367, 130697. [\[CrossRef\]](#)
- García-Vaquero, M., Rajauria, G., & Tiwari, B. (2020). Conventional extraction techniques: Solvent extraction. In *Sustainable seaweed technologies: Cultivation, biorefinery, and applications* (pp. 171–189). Elsevier. [\[CrossRef\]](#)
- Harbourne, N., Marete, E., Jacquie, J. C., & O'Riordan, D. (2013). Conventional extraction techniques for phytochemicals. (B. K., Tiwari, N. P., Brunton, & C. S. Brennan, Eds.; First Edition). John, Wiley & Sons, Ltd.
- Hasanov, J., Salikhov, S., & Oshchepkova, Y. (2023). Techno-economic evaluation of supercritical fluid extraction of flaxseed oil. *Journal of Supercritical Fluids*, 194, 105839. [\[CrossRef\]](#)
- Hedayati, S., Niakousari, M., Babajafari, S., & Mazloomi, S. M. (2021). Ultrasound-assisted extraction of mucilaginous seed hydrocolloids: Physicochemical properties and food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 118, 356–361. [\[CrossRef\]](#)
- Jha, A. K., & Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 119, 579–591. [\[CrossRef\]](#)
- Kanitkar, A. V. (2010). *Parameterization of micr ameterization of microwave assisted oil extr e assisted oil extraction and its action and its transesterification to biodiesel*. Louisiana State University.
- Krakowska-Sieprawska, A., Rafińska, K., Walczak-Skierska, J., Kiełbasa, A., & Buszewski, B. (2021). Promising green technology in obtaining functional plant preparations: Combined enzyme-assisted supercritical fluid extraction of flavonoids isolation from *Medicago sativa* leaves. *Materials*, 14(11), 2724. [\[CrossRef\]](#)
- Lavilla, I., & Bendicho, C. (2017). Fundamentals of ultrasound-assisted extraction. In *Water extraction of bioactive compounds: From plants to drug development* (pp. 291–316). Elsevier. [\[CrossRef\]](#)
- Lee, T. H., Lee, C. H., Ong, P. Y., Wong, S. L., Hamdan, N., Ya'akob, H., Azmi, N. A., Khoo, S. C., Zakaria, Z. A., & Cheng, K. K. (2022). Comparison of extraction methods of phytochemical compounds from white flower variety of *Melastoma malabathricum*. *South African Journal of Botany*, 148, 170–179. [\[CrossRef\]](#)
- Lim, J. R., Chua, L. S., & Mustafa, A. A. (2022). Ionic liquids as green solvent and their applications in bioactive compounds extraction from plants. *Process Biochemistry*, 122, 292–306. [\[CrossRef\]](#)
- López-Bascón-Bascon, M. A., & Luque de Castro, M. D. (2019). Soxhlet extraction. In *Liquid-phase extraction* (pp. 327–354). Elsevier. [\[CrossRef\]](#)
- Łubek-Nguyen, A., Ziemichód, W., & Olech, M. (2022). Application of enzyme-assisted extraction for the recovery of natural bioactive compounds for nutraceutical and pharmaceutical applications. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 7). MDPI. [\[CrossRef\]](#)
- Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography. A*, 1217(16), 2383–2389. [\[CrossRef\]](#)
- Luque-García, J. L., & Luque De Castro, M. D. (2003). Where is microwave-based analytical equipment for solid sample pre-treatment going? *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(2), 90–98. [\[CrossRef\]](#)
- Machmudah, S., Wahyudiono, Kanda, H., & Goto, M. (2020). Emerging seaweed extraction techniques: Supercritical fluid extraction. In *Sustainable seaweed technologies: Cultivation, biorefinery, and applications* (pp. 257–286). Elsevier. [\[CrossRef\]](#)
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7(3), 47. [\[CrossRef\]](#)
- Mirzadeh, M., Arianejad, M. R., & Khdemat, L. (2020). Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: A review. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115421. [\[CrossRef\]](#)
- More, P. R., Jambrak, A. R., & Arya, S. S. (2022). Green, environment-friendly and sustainable techniques for extraction of food bioactive compounds and waste valorization. *Trends in Food Science and Technology*, 128, 296–315. [\[CrossRef\]](#)
- Oprescu, E. E., Enascuta, C. E., Radu, E., Ciltea-Udrescu, M., & Lavric, V. (2022). Does the ultrasonic field improve the extraction productivity compared to classical methods – Maceration and reflux distillation? *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*, 179, 109082. [\[CrossRef\]](#)
- Orsat, V., & Routray, W. (2017). Microwave-assisted extraction of flavonoids. In *Water extraction of bioactive compounds: From plants to drug development* (pp. 221–244). Elsevier. [\[CrossRef\]](#)
- Picó, Y. (2013). Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 84–99. [\[CrossRef\]](#)
- Pontillo, A. R. N., Papakosta-Tsigkri, L., Lymperopoulou, T., Mamma, D., Kekos, D., & Detsi, A. (2021). Conventional and enzyme-assisted extraction of rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Toward a greener approach to high added-value extracts. *Applied Sciences*, 11(8). [\[CrossRef\]](#)
- Puri, M., Sharma, D., & Barrow, C. J. (2012). Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology*, 30(1), 37–44. [\[CrossRef\]](#)
- Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Greiner, R., Orlien, V., & Lebovka, N. I. (2016). Negative pressure cavitation extraction: A novel method for extraction of food bioactive compounds from plant materials. *Trends in Food Science and Technology*, 52, 98–108. [\[CrossRef\]](#)
- Rutkowska, M., Namieśnik, J., & Konieczka, P. (2017). Ultrasound-assisted extraction. In *The application of green solvents in separation processes* (pp. 301–324). Elsevier Inc. [\[CrossRef\]](#)
- Seidel, V., Sarker, S. D., Latif, Z., & Gray, A. I. (2008). Initial and bulk extraction. In *Methods in Biotechnology* (Vol. 20).
- Siddiqui, H., Sultan, Z., Yousuf, O., Malik, M., & Younis, K. (2023). A review of the health benefits, functional properties, and ultrasound-assisted dietary fiber extraction. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 30, 100356. [\[CrossRef\]](#)
- Silva, L. V., Nelson, D. L., Drummond, M. F. B., Dufossé, L., & Glória, M. B. A. (2005). Comparison of hydrodistillation methods for the deodorization of turmeric. *Food Research International*, 38(8–9), 1087–1096. [\[CrossRef\]](#)
- Singh, S., Verma, D. K., Thakur, M., Tripathy, S., Patel, A. R., Shah, N., Utama, G. L., Srivastav, P. P., Benavente-Valdés, J. R., Chávez-González, M. L., & Aguilar, C. N. (2021). Supercritical fluid extraction (SCFE) as green extraction technology for high-value metabolites of algae, its potential trends in food and human health. *Food Research International*, 150(A), 110746. [\[CrossRef\]](#)
- Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. S. (Eds.). (2013). *Handbook of plant food phytochemicals: Sources, stability and extraction* (1st ed.). Wiley Blackwell Publishing.
- Topdaş, E. F., & Şengül, M. (2019). Katı-sıvı Ekstraksiyonunda kullanılan modern Teknikler ve bu Teknikler arasında ultrason Yardımlı Ekstraksiyonun yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 201–216. [\[CrossRef\]](#)
- Tsukui, A., Santos Júnior, H. M., Oigman, S. S., De Souza, R. O. M. A., Bizzo, H. R., & Rezende, C. M. (2014). Microwave-assisted extraction of green coffee oil and quantification of diterpenes by HPLC. *Food Chemistry*, 164, 266–271. [\[CrossRef\]](#)
- Walker, T. H., Patel, P., & Cantrell, K. (2007). Supercritical fluid extraction and other technologies for extraction of high-value food processing co-products. In *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing* (Vol. 1, pp. 217–257). Elsevier Inc. [\[CrossRef\]](#)
- Wang, Z., Mei, X., Chen, X., Rao, S., Ju, T., Li, J., & Yang, Z. (2023). Extraction and recovery of bioactive soluble phenolic compounds from brocade orange (*Citrus sinensis*) peels: Effect of different extraction methods thereon. *LWT*, 173, 114337. [\[CrossRef\]](#)

- Yang, Y., Hassan, S. H. A., Awasthi, M. K., Gajendran, B., Sharma, M., Ji, M. K., & Salama, E. S. (2023). The recent progress on the bioactive compounds from algal biomass for human health applications. *Food Bioscience*, 51, 102267. [\[CrossRef\]](#)
- Yusoff, I. M., Mat Taher, Z., Rahmat, Z., & Chua, L. S. (2022). A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. *Food Research International*, 157, 111268. [\[CrossRef\]](#)
- Zygler, A., Słomińska, M., & Namieśnik, J. (2012). Soxhlet extraction and new developments such as Soxtec. *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*, 65–82. [\[CrossRef\]](#)