

**SİNOP ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

SİNOP UNIVERSITY  
JOURNAL OF NATURAL SCIENCES

Cilt/Volume 6

Sayı/Number 2

*Sinop Üniversitesi'nin 43. Bilimsel Yayınıdır.*

*It is the 43th Scientific Publication of Sinop University.*

*ISSN 2536-4383/e-ISSN 2564-7873*

# SİNOP ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Sinop University Journal of Natural Sciences*

## **SAHİBİ/PUBLISHER**

Prof. Dr. Nihat DALGIN (Sinop Üniversitesi Rektörü/Rector)

## **EDİTÖR/EDITOR**

Prof. Dr. Türkey ÖZTÜRK

## **YARDIMCI EDİTÖR/CO EDITOR IN CHIEF**

Dr. Öğr. Üyesi Sevda YILDIZ

## **EDİTÖR KURULU/EDITORIAL BOARD**

Prof. Dr. Kamil DEMİRCİ

Prof. Dr. Ahmet TABAK

Prof. Dr. Cem Cüneyt ERSANLI

Prof. Dr. Ahmet ÖZER

Prof. Dr. Hülya TURAN

Prof. Dr. Levent BAT

Prof. Dr. Şükrü ÇELİK

Prof. Dr. Hülya ÖZLER

Doç. Dr. Emel ÇANKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Levent ÖNCEL

Doç. Dr. Oylum GÖKKURT BAKI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal BALKI

Prof. Dr. Carlo BARDARO

Prof. Dr. Kulwinder SINGH MANN

Prof. Dr. Richard P. PATTERSON

Prof. Dr. Vishwanath P. SINGH

Doç. Dr. Jakrapong KAEWKHAO

Dr. Julia KORNYCHUK

Dr. Bahaeddine TAOUFİK

## **DİL EDİTÖRLERİ (İNGİLİZCE)/LANGUAGE EDITORS (ENGLISH)**

Doç.Dr. Murat UZUNCA

## **MİZANPAJ EDİTÖRÜ/LAYOUT EDITOR**

Dr. Bengünur ÇORAPCI

## **ADRES/ADDRESS**

Sinop Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Osmaniye Mahallesi Üniversite Caddesi  
No:52K-SİNOP

**Tel:** 0 368 271 57 28 **Faks:** 0 368 271 57 29

<https://dergipark.org.tr/sinopfbd>

**e-Posta:** [sufbd@sinop.edu.tr](mailto:sufbd@sinop.edu.tr)

## Araştırma Makaleleri/Research Articles

Sayfa/Page

Odun Kompozit Malzemelerle İlgili Şikayetlerin Veri Madenciliği Yöntemleriyle Değerlendirilmesi 95

*Evaluation of Complaints About Wood Composite Materials Using Data Mining Methods*

**Selahattin BARDAK**

Sarıkum Gölü'nde (Sinop) Ötrofikasyona Neden Olan Bazı Besin Tuzlarının ve Fizikokimyasal Parametrelerin İncelenmesi 115

*Investigation of Some Nutrient Salts and Physicochemical Parameters Causing Eutrophication in Sarıkum Lake (Sinop)*

**Zeynep HASANÇAVUŞOĞLU ve Ayşe GÜNDOĞDU**

A Generalization of Two-Dimensional Bernstein-Stancu Operators 130

*İki Boyutlu Bernstein-Stancu Operatörlerinin Bir Genelmesi*

**Nazmiye GÖNÜL BİLGİN and Melis EREN**

*Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti (Callistosporiaceae: Agaricales) from Mediterranean Region of Turkey 143

*Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nden Xerophorus donadinii (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti (Callistosporiaceae: Agaricales)*

**Oğuzhan KAYGUSUZ and Meryem Şenay ŞENGÜL DEMİR AK**

Kadına Yönelik Şiddet ve Çok-Boyutlu Çapraz Tablo ile Analizi 152

*Violence Against Women and Analysis of Multi-Way Contingency Table*

**Nazan DANACIOĞLU**

## Derlemeler/Reviews

Sayfa/Page

Selenyum, Su Ürünleri ve Sağlık 162

*Selenium, Seafoods and Health*

**Demet KOCATEPE, Derya Canan BÜYÜKKOL ve Gözde ÖZTÜRK ALTUNYURT**

Bitkilerde Hücre Duvarı Mekanizmasında Strese Bağlı Meydana Gelen Savunma Cevapları 174

*Stress Induced Defence Responses in Cell Wall Mechanisms in Plants*

**Hatice ÇETİNKAYA ve Burcu SEÇKİN DİNLER**

İn Vitro Etin Üretimi ve Besleyici Değeri 189

*In Vitro Meat Production and Nutritional Value*

**Büşra ÇAKALOĞLU EBCİM, Emine NAKİLCİOĞLU ve Semih ÖTLEŞ**

Bal Arısı ve Bal Arısı Ürünleri 202

*Honey Bee and Honey Bee Products*

**Mukaddes ARIGÜL APAN, Murat ZORBA ve Ümit KAYABOYNU**



## Odun Kompozit Malzemelerle İlgili Şikayetlerin Veri Madenciliği Yöntemleriyle Değerlendirilmesi

Selahattin BARDAK<sup>1</sup>

How to cite: Bardak, S. (2021). Odun kompozit malzemelerle ilgili şikayetlerin veri madenciliği yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 95-114. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.938500>

### Araştırma Makalesi

**Sorumlu Yazar**  
Selahattin BARDAK  
sbardak@sinop.edu.tr

**Yazarlara ait ORCID**  
S.B.: 0000-0001-9724-4762

**Received:** 17.05.2021  
**Accepted:** 23.09.2021

### Öz

Odun kompozit malzemeler olarak bilinen sunta, MDF ve kontrplak günümüzde mobilya endüstrisi başta olmak üzere birçok endüstride kullanılabilir. Bu ürünler doğal ahşap malzemeye alternatif ürünlerdir. Masif malzeme fiyatlarının yüksekliği nedeniyle artık bunların yerine odun kompozitler kullanılabilir. Odun kompozit malzemelerden üretilen mobilya ürünleri tüketiciler tarafından tercih edilmesine rağmen hem ürün hem de verilen hizmet ile ilgili çok sayıda şikayet yapılmaktadır. Web sayfaları ve sosyal medya özellikle de twitter bu şikayetlere ulaşabildiğimiz yerlerdir. Veri madenciliği yöntemleri çok sayıda bulunan web sayfaları ve twitter verilerinden anlamlı veriler çıkarmamızı sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmada odun kompozit malzemeler ile ilgili şikayetlerin web sayfaları ve twitter verileri kullanılarak veri madenciliği yöntemleriyle değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirilme sonucu en fazla şikayetlerin sunta kompozit malzemesinde olduğunu, bunu mdf ve kontrplak ürünlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veri madenciliği modelleri sayesinde tüketici davranışlarıyla ilgili geniş kapsamlı bilgilere ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Odun kompozit malzemeler, şikayet, twitter, web, veri madenciliği, web madenciliği

## Evaluation of Complaints About Wood Composite Materials Using Data Mining Methods

<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sinop, Türkiye

Bu çalışma Creative Commons Attribution 4.0 International License ile lisanslanmıştır.

### Abstract

Particleboard, MDF and plywood, known as wood composite materials, can be used in many industries, especially the furniture industry. These products are alternative products to natural wood materials. Due to the high prices of massive materials, wood composites can be used instead of these, which we can add the desired features. Although furniture products made of wood composite materials are preferred by consumers, there are many complaints about both the product and the service provided. Web pages and social media, especially twitter, are places where we can reach these complaints. Data mining methods allow us to extract meaningful data from many web pages and twitter data. In this study, complaints about wood composite materials were evaluated using data mining methods using web pages and twitter data. As a result of the evaluation made, it was determined that the most complaints were about the fiberboard composite material, followed by the MDF and plywood products. Thanks to the data mining models used in this study, comprehensive information about consumer behavior has been obtained.

## Giriş

Günümüzde mobilya endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda odun kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Odun kompozitleri odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen malzemeleri ifade etmektedir [1]. Bu kompozit malzemeler içerisinde en çok bilinenler yonga levha (sunta), lif levha (özellikle de orta yoğunluktaki lif levha (MDF) ve kontrplaktır. Gelişen ve değişen dünya ve ülkemiz koşullarına bağlı olarak; orman ürünlerine duyulan gereksinimin çoğalması ve ormanların aşırı kullanılması sonucu azalan orman kaynakları ve artan hammadde fiyatları orman kaynaklarının daha rasyonel kullanılmasını gerektirmektedir. Bu nedenden ötürü odunun masif olarak değerlendirilmesinin yanında yongalı, lifli ve tabakalı üretim yöntemleri geliştirilerek daha düşük kalitede odun ve çeşitli endüstri atıklarının kullanımına olanak sağlanmaktadır [2, 3]. Böylece orman kaynaklarının kullanımı azalmakta ve hammadde fiyatları da düşmektedir. Odun kompozit malzemeler tüketiciler tarafından çok kullanılmasına rağmen hem ürün hem de verilen hizmet ile ilgili çok fazla şikayetler oluşabilmektedir. Büyük miktardaki veriler içerisinde önemli olanlarını bulup çıkarma işlemine veri madenciliği denir. Veri madenciliği milyarlarca veri ve çok fazla değişken ile ilgilenmektedir. [4]. Veri madenciliği (DM) veri bilimi sürecinin temel bir bileşenidir. Son yıllarda, birçok alanda çeşitli problemlerin üstesinden gelmek için devasa bir DM algoritmaları kütüphanesi geliştirilmiştir [5]. Birçok endüstri veri madenciliğinin önemini farkındadır ve işletmelerinde etkin bir şekilde kullanarak maliyetlerini düşürmektedir. Müşteri davranışlarını anlayabilmek ve müşterilere hızlı bir şekilde ulaşabilmek için veri madenciliği tekniklerinden faydalanılmaktadır [6]. Veri toplamak için web sayfalarından faydalanmak iyi bir alternatiftir. İnternet, neredeyse her konuda bilginin olduğu ve birçok problemin çözümü için fikirlerin bulunduğu çok sayıda metin bilgisi içermektedir. Ancak insanlar için bu verilerin tüm internet kaynaklarını taranması ve aralarındaki ilgili fikirlerin tanımlanması zaman alıcı olmaktadır [7]. Web madenciliği, veri madenciliğinin alt alanı olup veri madenciliğinde kullanılan yöntemler kullanılmaktadır. Burada web ile ilgili belgelerden ve elde edilen diğer verilerden bilgi ayıklama, analiz etme ve sonuç ortaya çıkarma işlemleri otomatik olarak yapılabilmektedir [8, 9]. Web madenciliği sayesinde internetteki birçok veriden işimize yarayacak anlamlı veriler çıkarabilmekteyiz. Günümüzde sosyal medya hızlı bir şekilde gelişerek sosyal yaşamın önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu gelişime paralel olarak makine öğrenmesi ve veri madenciliği araçları neredeyse bütün bilim dallarında aktif olarak kullanılan yöntemler haline gelmiştir [10 - 12]. Twitter, bireysel kullanıcıların düşüncelerini takip etmelerini ve yaşamlarındaki olaylarla ilgili yorumları neredeyse gerçek zamanlı olarak sunan bir araçtır. Milyonlarca insanın dile getirdiği düşüncelerini anlamak için değerli bir veri kaynağıdır. Fakat büyük miktarda veri çok karmaşıktır. Bu karmaşık verilerden anlamlı veriler çıkarabilmek için veri

madenciliği ve twitter verileri faydalanılarak işletmeler ve kurumlar için önemli geri bildirimler elde edilebilmektedir [13, 14]. Veri çalışmalarını kolaylaştırmak ve çeşitli çalışmaların yapılabilmesi için veri madenciliği araçları geliştirilmiştir. Her aracın kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. RapidMiner bu araçlar içerisinde kullanımı kolay ve en çok kullanılan veri madenciliği araçlarından biridir. Şekil 1’de dünyada kullanılan popüler veri madenciliği araçları verilmiştir [15].



Şekil 1. Veri madenciliği araçları [16]

Yapılan bu çalışmada odun kompozit malzemelerden sunta, mdf ve kontrplak ile ilgili hem ürün ve hem de ürünün özellikleri ve verilen hizmet ile ilgili yapılan şikayetlerin web sayfaları ve twitter verileri kullanılarak veri madenciliği yöntemleriyle değerlendirilmesi yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

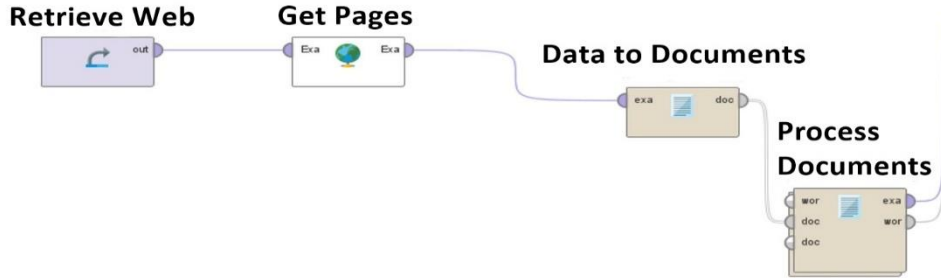
### Verilerin Belirlenmesi

Odun kompozit malzemeler hakkında internetteki şikayet verilerinin toplanmasında çeşitli web sayfalarından faydalanılmıştır. Suntayla ilgili şikayetlerin belirlenmesi için 02 Mayıs 2016-05 Mayıs 2021 tarihleri arasında 163 internet sayfasının linkleri alınmıştır. MDF için 05 Mayıs 2016-05 Mayıs 2021 tarihlerinde 53 internet sayfasının linkleri alınmıştır. Kontrplak için ise 02 Mayıs 2016-23 Nisan 2021 tarihleri arasında 6 web sayfasının linkleri alınmıştır. Daha sonra alınan bu linkler excel dosyasına kaydedilmiştir. Twitterda bu ürünler ile ilgili şikayet verilerinin toplanmasında ise; sunta ve MDF için 22-30 Nisan 2021 tarihleri arasındaki tweetler, kontrplak için ise 23-30 Nisan 2021 tarihleri arasındaki tweetlerden yararlanılmıştır.

### Verilerin Modellenmesi

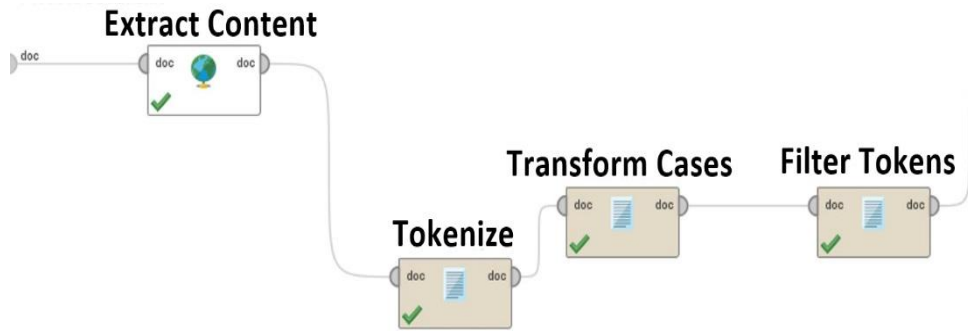
Sunta, MDF ve kontrplak web sayfaları ve twittlerden şikayet verilerinin toplanması ve analiz edilmesinde RapidMiner yazılımı kullanılmıştır. Rapidminer bir veri madenciliği platformudur. Bu platformda birçok veri madenciliği algoritması bulunmaktadır. Aynı zamanda yazılım operatörlerden

oluşmakta ve bu operatörler sayesinde ihtiyaca uygun iş akışları oluşturulabilmektedir [17 - 20]. İş akışlarında her operatörün bir görevi bulunmaktadır. Rapidminer yazılımı ile web sayfalarındaki verileri toplamak ve analiz etmek için oluşturulan proses Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Web sayfalarındaki verileri toplamak ve analizi için oluşturulan proses

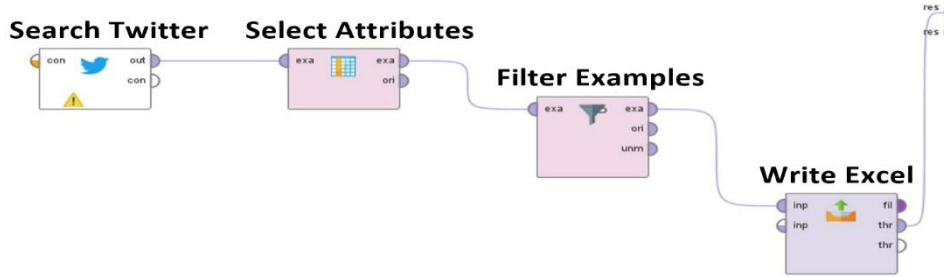
Yukarıdaki hazırlanan proses de her operatörün farklı bir görevi bulunmaktadır. Retrieve web operatörü depolanan bilgilere erişebilmek ve bunları sürece yükleme, Get Pages operatörü veri kümesindeki her satır için URL belirtilen özelliklerin çıkarılması, Data to Documents operatörü veri kümesinin her örneği için bir belge oluşturarak bir veri kümesini bir belge koleksiyonuna dönüştürme ve Process Documents operatörü ise belgelerin işlenmesi görevini yapmaktadır. Belgelerin işlenmesi için oluşturulan proses Şekil 3’te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Belgelerin işlenmesi için oluşturulan proses

Yukarıdaki şekildeki operatörlerin görevlerine bakacak olursak; Extract Content operatörü HTML belgesinden metin içeriğinin çıkarılması, Tokenize operatörü girdilerin bölümlenmesi, Transform Cases operatörü bir belgedeki tüm karakterleri sırasıyla küçük veya büyük harfe dönüştürme ve Filter Tokens operatörü ise belli bir uzunlukta ve kısalıkta olan kelimelerin filtre edilmesi görevini görmektedir. Sunta, MDF ve kontrplakla ilgili şikayetleri belirlemek amacıyla her bir kompozit malzeme için Şekil 2 ve Şekil 3’te oluşturulan modellere farklı excel dosyası yüklenmiştir. Bunun sonucunda da modeller 3 defa

oluşturulup ve çalıştırılmıştır. Twetterden verileri toplamak ve analiz etmek için oluşturulan proses Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Veri toplama ve analizi için oluşturulan proses

Yukarıdaki şekilde verilen operatörlerden Search Twitter operatörü twetterdaki bir kelime ve kelime grubu için arama yapmak için kullanılır. Select Attributes operatörü örnek kümenin özniteliklerinin bir alt kümesini seçer ve diğer öznitelikleri kaldırmak amacıyla kullanılmaktadır. Filter Examples operatörü bir örnek kümede hangi örneklerinin tutulacağını ve hangi örneklerin ise kaldırılacağını belirlemektedir. Write Excel operatörü ise elde edilen verilerin excel dosyasına yazmaktadır. Search Twitter operatörüne sorgu olarak her bir odun kompozit malzemede şikayetleri belirlemek amacıyla “sunta -RT”, “MDF -RT” ve “kontrplak -RT” girilmiştir. Hazırlanan model her bir malzeme çeşidi için ayrı olmak üzere 3 defa çalıştırılmıştır. Şekil 5’te sunta için hazırlanan sorgu ekranının görüntüsü verilmiştir.

Parameters	
Search Twiteer	
connection source	predefined
connection	NewConnection
query	sunta-RT
result type	recent or popular
limit	1000
since id	
max id	
language	tr
locale	
until	
<input type="checkbox"/> filter by geo location	

Şekil 5. Sunta sorgusu için hazırlanan ekran görüntüsü

Tekrar eden tweetleri engellemek için her bir kelimenin yanına RT yazılmıştır. Ayrıca dil kısmına tr yazılarak sadece Türkçe tweetler taranmıştır.



## Bulgular ve Tartışma

Sunta, MDF ve kontrplak hakkında internet sayfalarında geçen kelimeler web madenciliği modeli ile tespit edilmiştir. Bu kelimelerden sunta, MDF ve kontrplak ile ilgili hem ürün hem de verilen hizmet bazında yapılan şikayetler belirlenmiş ve diğer kelimeler elenmiştir. Şikayetlerle ilgili toplam kelime ve doküman sayıları sunta, MDF ve kontrplak için sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Sunta, MDF ve kontrplakla ilgili şikayetleri içeren kelime bulutları sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Web madenciliği analizi sonucu elde edilen suntayla ilgili şikayetler

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Ahşap	2/2	Firmasının	10/9	Kırıklar	7/7	Tablasının	4/4
Ahşabı	1/1	Firmamız	4/4	Kırıktı	20/19	Tablo	8/4
Ahşap	44/35	Firmaya	41/35	Kırılan	47/38	Tadilat	7/7
Ahşaplar	3/3	Firmayı	21/18	Kırılana	1/1	Tadilata	4/4
Ahşaplardan	1/1	Fiyat	18/16	Kırılarak	5/5	Tadilatın	1/1
Ahşaptan	2/2	Fiyata	10/9	Kırıldı	325/141	Tahtaları	6/5
Ahşaptı	1/1	Fiyatı	14/13	Kırıldığını	12/11	Tahtaların	1/1
Aksam	4/4	Fiyatını	3/3	Kırılma	6/5	Tahtalarında	1/1
Aksamda	1/1	Gacur	1/1	Kırılmalar	5/5	Tahtalarının	1/1
Aksamları	1/1	Gacır	6/5	Kırılmaları	3/3	Tahtanın	3/3
Aksamı	5/5	Gacırtı	1/1	Kırılmasını	164/163	Tahtası	200/19
Aksamını	1/1	Garanti	260/163	Kırılmasıyla	22/2	Tahtasında	3/3
Aksesuar	6/5	Garantide	4/3	Lavabolu	2/2	Tahtasını	3/3
Aksesuara	1/1	Garantim	1/1	Lavabosu	4/4	Takım	32/26
Aksesuarla	1/1	Garantimi	1/1	Leke	5/4	Takıma	3/3
Aksesuarlar	3/3	Garantinin	5/5	Lekeler	2/2	Takımda	2/2
Aksesuarları	5/5	Garantisini	37/29	Lekeleri	1/1	Takımlar	2/2
Aksesuarı	1/1	Garantisini	1/1	Lekeli	8/7	Takımlardan	1/1
Alışveriş	75/58	Garantisine	2/2	Lojistik	28/24	Takımları	8/7
Alışverişi	7/7	Garantisiz	1/1	Mail	35/27	Takımı	462/146
Alışverişim	6/5	Gardolabı	2/2	Malzeme	147/90	Takımında	2/2
Alışverişide	1/1	Gardolabım	1/1	Malzemelerde	165/163	Takımımı	4/4
Alışverişler	8/7	Gardolabı	9/8	Malzemeleri	12/12	Takımımın	9/9
Ambalaj	8/8	Gardolabın	1/1	Malzemenin	18/17	Takımımızı	4/3
Ambalajında	2/2	Gardolap	2/1	Malzemesi	23/21	Takımımızın	2/2
Amortisör	5/5	Gardropta	3/2	Masa	149/73	Takımın	19/17
Amortisörler	4/4	Gardıro	1/1	Masada	3/3	Takımına	8/8
Aparat	2/2	Gardırobu	6/6	Masadaki	1/1	Takımında	11/10
Aparatlar	4/4	Gardırobun	23/18	Masadan	2/2	Takımındaki	4/3
Aparatları	4/4	Gardırop	165/94	Masalar	1/1	Takımından	7/7
Aparatı	8/7	Gardıroplar	3/3	Masaların	2/2	Takımını	41/35
Aralık	53/36	Gardıropta	8/6	Masalı	2/2	Takımının	75/56
Aralıklar	1/1	Gardıroptan	3/3	Masam	9/8	Talep	70/55
Aralıklı	4/3	Gecikme	5/5	Masamın	9/8	Tamir	56/45
Aramama	20/18	Gecikmesi	2/2	Masamız	2/2	Tamirat	5/5
Aramamak	1/1	Gecikmeler	1/1	Masamızda	1/1	Tedarik	18/15

Tablo 1'in devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Aramamız	4/4	Gecikmeli	15/14	Masanın	70/47	Tedarikçi	5/5
Aramamıza	4/4	Gecikmesi	9/9	Masası	146/89	Teknik	37/31
Aramıyorlar	5/5	Gelemedi	2/2	Masasında	2/2	Telefon	25/23
Aranacaksın	1/1	Gelemedi	1/1	Masasındaki	1/1	Telefona	11/11
Arayacaklar	1/1	Gelmedik	75/55	Masasından	2/2	Telefonda	6/5
Arıza	1/1	Gelmediler	7/6	Masasını	6/6	Telefondaki	1/1
Arka	83/55	Gelmediği	5/5	Masasının	32/28	Telefondan	2/2
Arkada	7/7	Gelmediği	1/1	Masaya	8/6	Telefonla	10/8
Arkadaki	3/3	Gelmemeleri	1/1	Masayla	1/1	Telefonlara	9/9
Askılı	1/1	Gelmemesi	3/3	Masayı	19/14	Telefonları	1/1
Askılık	6/6	Gelmemiş	2/2	Masif	8/7	Telefonlarıma	1/1
Askılıklar	1/1	Gelmemişti	1/1	Mağaza	50/39	Telefonlarımı	3/3
Ayakkabılık	40/28	Gelmezler	1/1	Mağazada	29/21	Telefonu	8/8
Ayakkabılıkta	2/2	Gelmiyor	17/15	Mağazadaki	5/5	Telefonuma	2/2
Ayakkabılık	3/2	Gelmiyorlar	2/2	Mağazadakiler	1/1	Teslim	385/141
Ayaklar	21/20	Geri	135/83	Mağazadan	16/15	Teslimat	112/69
Ayaklara	1/1	Getiremedi	1/1	Mağazaları	5/5	Teslimata	8/7
Ayaklarda	3/3	Getiremiyor	1/1	Mağazanın	5/4	Teslimatla	1/1
Ayaklarına	1/1	Getirmiyor	2/2	Mağazanızdan	10/10	Teslimatlar	1/1
Ayaklarında	8/7	Geçmedi	173/163	Mağazası	18/18	Teslimatta	4/4
Ayakları	7/7	Geçmelerini	1/1	Mağazasına	11/11	Teslimattaki	1/1
Ayaklarını	11/10	Geçmemesi	2/2	Mağazasında	4/4	Teslimattan	3/3
Ayaklarının	13/13	Geçmesine	16/15	Mağazasından	133/87	Teslimatı	37/29
Ayaklı	6/6	Giderilmiyor	2/2	Mağazaya	24/21	Teslimatım	1/1
Ayağında	3/3	Grubu	42/28	Mağazayı	11/11	Teslimatın	2/2
Ayağının	10/10	Grubunda	6/6	Mağdur	48/41	Teslimatında	1/1
Aynalı	27/20	Grubunu	5/5	Mağduriyet	10/9	Teslimatına	1/1
Aynası	13/13	Grubunun	9/9	Mağduriyete	1/1	Teslimatını	2/2
Aynasında	2/2	Grup	7/5	Mağduriyeti	17/17	Teslimde	1/1
Aynasının	4/3	Gruplarının	2/2	Mağduriyetim	5/5	Teslimden	1/1
Ayrıldı	24/23	Gönderim	2/2	Mağduriyetin	1/1	Teslimdi	1/1
Ayrıldıktan	1/1	Göndermediler	7/6	Mağduriyetimi	4/4	Teslimi	187/163
Ayrıldığı	1/1	Göndermemişler	5/5	Mağduriyetimin	3/3	Tesliminde	1/1
Ayrıldığını	1/1	Göndermeyip	1/1	Mağduriyetimiz	6/6	Tesliminden	1/1
Ayrılma	2/2	Göndermiyor	3/3	Mağduriyetin	5/4	Ulaşmadı	5/5
Ayrılmalar	5/4	Gıcırda	10/9	Mağduriyetler	5/5	Ulaşmaması	1/1
Ayrılması	3/3	Gıcırdaması	2/2	Mağduru	2/1	Umursamaz	1/1
Ayrılmış	7/6	Gıcırıyor	9/9	Mağdurum	4/4	Umursamazlık	1/1
Açmadı	1/1	Gıcırtı	16/13	Mağduruyum	1/1	Umursanmadı	1/1
Açmadılar	1/1	Gıcırtılar	2/2	Mağduruyuz	1/1	Unutmuş	1/1
Açmıyor	2/2	Gıcırtılara	2/2	Mağduruz	10/10	Unutmuşlar	1/1
Açmıyorlar	1/1	Gıcırtısı	2/2	Mekanizma	2/2	Unuttukları	1/1
Aşınmalar	1/1	Gıcırtısından	2/2	Mekanizması	6/6	Unuttuklarını	2/2
Aşınmalardan	1/1	Haftadır	16/15	Memnuniyetsiz	2/2	Unutulmuş	1/1
Aşınması	1/1	Haftalar	3/3	Memnuniyetsizim	1/1	Verilmedi	8/8
Aşınmış	2/2	Haftalarca	3/3	Memnuniyetsiz	1/1	Verilmediği	1/1
Bacak	4/4	Haftalarda	2/2	Memnuniyetsizlik	11	Verilmediğinden	1/1
Bacaklardan	1/1	Haftalardır	5/4	Menteşe	24/21	Verilmemesi	3/3
Bacakları	6/4	Hala	104/67	Menteşeden	1/1	Vida	98/71
Bacaklarında	1/1	Hasar	201/163	Menteşeler	6/6	Vidalama	12/12
Bacaklarındaki	2/2	Hasara	2/2	Menteşeleri	8/8	Vidalar	38/32
Bacağı	6/5	Hasardan	1/1	Mesaj	12/11	Vidaları	19/17

Tablo 1'in devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Bantlar	3/3	Hasarlar	3/3	Mesajlara	3/3	Vidaların	10/10
Bantlarla	1/1	Hasarları	2/2	Mesajlarıma	2/2	Vidası	14/14
Başlık	2/1	Hasarlı	129/73	Mesajlarımız	1/1	Vitrin	5/4
Bayi	15/13	Hasarlıydı	5/3	Mesajlarınıza	2/2	Vuruk	4/4
Bayii	10/8	Hasarı	4/4	Mobilya	1768/163	Vuruklar	3/3
Bayiiden	1/1	Hasarın	3/2	Mobilyacı	8/8	Vurulmuş	1/1
Bayiinden	4/4	Hasarından	2/2	Mobilyada	5/5	Vurup	1/1
Bayiisine	1/1	Hasarını	1/1	Mobilyadan	54/46	Yamuk	37/30
Bayimize	1/1	Hizmet	210/163	Mobilyalar	22/19	Yamukluğu	1/1
Bayine	1/1	Hizmete	1/1	Mobilyaları	20/15	Yamuktu	1/1
Bayinizden	6/5	Hizmetinde	1/1	Mobilyalarını	8/8	Yamuldu	14/12
Bayinize	2/2	Hizmetle	2/2	Mobilyaların	18/17	Yamulmuş	5/5
Bayisi	8/8	Hizmetler	1/1	Mobilyanın	24/23	Yatak	1123/163
Bayisinde	1/1	Hizmetleri	55/41	Mobilyası	8/8	Yatakla	4/4
Bayisinden	24/22	Hizmetlerinden	16/14	Mobilyasından	3/3	Yataklar	6/6
Bayisine	1/1	Hizmetlerine	26/26	Mobilyayı	14/13	Yatakları	1/1
Bayisinin	3/3	Hizmetlerini	50/46	Model	43/35	Yatakların	2/2
Baza	842/163	Hiçbir	149/93	Modelde	1/1	Yataklarında	1/1
Bazaaltı	1/1	Hiçbiri	1/1	Modeli	12/11	Yataklarından	2/2
Bazanız	6/4	Hurda	4/4	Modelin	3/3	Yataklarını	1/1
Bazada	13/13	Hüsran	2/2	Modelinden	1/1	Yataklarının	2/2
Bazadan	7/7	İade	134/82	Montaj	171/91	Yataklı	4/4
Bazalar	6/5	İadem	1/1	Montaja	18/17	Yataksızım	1/1
Bazalarda	1/1	İademi	2/2	Montajda	9/8	Yatakta	24/19
Bazalardan	2/2	İademin	2/2	Montajdan	5/5	Yataktaki	1/1
Bazaları	3/3	İadeniz	1/1	Montajları	3/3	Yataktan	23/20
Bazalı	60/40	İadesi	14/13	Montajı	41/36	Yatağa	16/16
Bazamda	1/1	İadesin	1/1	Montajını	18/18	Yatağı	74/53
Bazamın	10/10	İadesini	12/12	Monte	76/46	Yatağım	11/9
Bazamız	4/4	İlgilenilmedi	3/3	Mutfak	104/59	Yatağımda	2/2
Bazamızın	4/4	İlgilenilmemektedir	1/1	Müşteri	262/128	Yatağımdaki	1/1
Bazanın	179/101	İlgilenilsin	1/1	Nakliyat	12/9	Yatağımın	7/6
Bazanızı	1/1	İlgilenmediler	7/7	Nakliye	18/17	Yatağımız	2/2
Bazası	19/17	İlgilenmiyorlar	2/2	Onarmadılar	3/3	Yatağımızda	1/1
Bazasına	2/2	İlgisizdi	2/2	Otururken	3/3	Yatağımızı	1/1
Bazasında	3/3	İlgisizlik	2/2	Oturuyor	1/1	Yatağımızın	7/6
Bazasından	2/2	İlgisizlikte	1/1	Oturuyorken	1/1	Yatağın	117/69
Bazasını	4/4	İlgisizliği	2/2	Oyuk	3/3	Yatağına	2/2
Bazasının	30/25	İptal	9/7	Oyuklar	2/2	Yatağında	4/3
Bazayı	49/37	İptali	1/1	Paketi	211/163	Yatılmıyor	2/2
Bağlantı	27/25	İptalimi	1/1	Paketimi	3/3	Yavrulu	16/12
Bağlantıları	3/3	İptalini	2/2	Paketimizi	1/1	Yetkili	39/31
Bağlantılarının	2/2	İskelet	9/8	Paketin	7/7	Yetkililer	2/2
Bağlantılı	1/1	İskeleti	10/10	Paketinde	1/1	Yüzeyi	7/5
Bağlantısı	1/1	İskeletin	2/2	Paketindeki	1/1	Yüzeyinde	2/2
Bağlantısında	5/5	İskeletinde	3/3	Paketlenmesi	1/1	Yüzeyindeki	2/2
Başlık	100/69	İskeletinin	3/3	Paketlenmemiş	1/1	Yıkılıyor	1/1
Başlıklar	2/2	İstedigimi	6/6	Paramparça	18/12	Yıkım	1/1
Başlıklarda	1/1	İstedigimizden	2/2	Parçalanmış	8/8	Yıpranma	3/2
Başlıkları	2/2	İstedigimizi	3/3	Parçalanıp	2/2	Zaman	48/39
Başlıkların	2/1	İstemedigimiz	1/1	Parçalanıyor	1/1	Zamanda	25/22
Başlıklarını	1/1	İşçilik	13/11	Parçaları	85/61	Zamanla	11/11
Başlıklh	13/10	İşçiliği	1/1	Parçalı	13/10	Zamanlar	1/1
Başlıkta	4/4	Kabaran	1/1	Patlamış	3/3	Zamanlarda	2/2
Başlıktan	4/4	Kabarcıklar	1/1	Patlamıştır	1/1	Zamanında	16/14
Başlığımız	1/1	Kabardı	22/16	Patlatarak	1/1	Zarar	27/24
Başlığında	10/10	Kabardığını	1/1	Patlatmışlar	2/2	Zararlar	1/1

Tablo 1'in devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Başlığının	12/11	Kabarma	13/12	Patlatmıştır	1/1	Zararlı	1/1
Bekledik	22/17	Kabarmalar	5/4	Patlattı	2/2	Zede	1/1
Bekledim	21/20	Kabarmaması	3/3	Patlattılar	2/2	Zedelediler	1/1
Beklediğimiz	4/4	Kabarması	2/2	Piston	2/2	Zedelenme	1/1
Bekleme	5/5	Kabarmış	5/5	Pişman	48/36	Zedelenmeye	1/1
Beklememize	2/2	Kabarmıştı	2/2	Pişmanlık	9/7	Zedelenmiş	5/2
Bekletip	1/1	Kabarıp	2/2	Pişmanlıktır	11/10	Zigon	16/12
Bekletiyor	1/1	Kalitesiz	336/130	Pişmanlığı	10/10	Zigonda	1/1
Bekletiyorlar	2/1	Kalitesizdi	3/3	Pişmanlığım	1/1	Zigonlu	1/1
Bekletmek	2/2	Kalitesizi	2/2	Pişmanlığımız	1/1	Zorladılar	1/1
Bekletmelerine	1/1	Kalitesizlik	5/4	Pişmanım	20/19	Zorlama	1/1
Beklettiler	12/11	Kalitesizlikler	1/1	Pişmanız	6/6	Çatladı	44/38
Berjer	20/13	Kalitesizlikte	2/2	Plastik	63/46	Çatladılar	1/1
Berjeri	1/1	Kalitesizliği	56/44	Problem	35/25	Çatlak	81/57
Berjerim	1/1	Kalitesizliğin	2/2	Problemi	18/17	Çatlakla	1/1
Berjerimin	2/2	Kalitesizliğinden	2/2	Problemler	3/3	Çatlaklar	13/12
Berjerimiz	1/1	Kalitesizliğine	1/1	Rafı	10/8	Çatlakları	2/2
Berjerin	5/4	Kalitesizliğini	2/2	Rafın	3/3	Çatlakların	1/1
Beşiği	6/6	Kalitesizmiş	2/2	Rafını	3/2	Çatlaklı	1/1
Beşiğimiz	1/1	Kalkmalar	1/1	Rafının	1/1	Çatlaktı	2/2
Beşiğimizi	1/1	Kalkması	1/1	Ranza	36/19	Çatlaktır	1/1
Beşiğin	8/7	Kalkmış	12/12	Ranzada	1/1	Çatlama	11/9
Beşiğini	2/2	Kandırdı	3/3	Ranzadan	1/1	Çatlamalar	5/5
Bilgilendirilmedi	1/1	Kandırdıkları	1/1	Ranzalar	1/1	Çatlaması	3/3
Birleşmiyor	1/1	Kandırdılar	1/1	Ranzaları	1/1	Çatlamaya	3/2
Birleştirme	4/4	Kandırmaca	3/3	Ranzanın	12/9	Çatlamış	13/13
Birleştirmeler	1/1	Kandırmacası	1/1	Ranzanızı	1/1	Çatlamıştı	1/1
Bitiremedi	1/1	Kandırmak	2/2	Ranzası	2/2	Çatlamıştır	1/1
Bitirememiştir	1/1	Kandırılmış	2/2	Ranzasının	1/1	Çatlatmışlar	3/3
Bitirilmedi	1/1	Kandırıp	2/2	Ranzaya	1/1	Çekmece	43/35
Bitmedi	4/3	Kandırıyor	5/4	Ranzayı	3/3	Çekmecede	1/1
Bitmemiş	3/3	Kandırıyor	3/3	Saatlerce	3/3	Çekmeceler	17/17
Bombe	2/2	Kanepeler	36/25	Sabitlenemiyor	4/4	Çekmecelerde	2/2
Bombelenme	1/1	Kanepelerde	1/1	Sallandı	2/2	Çekmecelere	1/1
Bombeli	3/3	Kanepelerden	1/1	Sallanma	3/2	Çekmeceleri	15/14
Boyalar	6/6	Kanepeleri	1/1	Sallanmaktadır	1/1	Çekmecelerin	11/11
Boyalarda	1/1	Kanepenin	15/11	Sallanır	2/2	Çekmecelerindeki	1/1
Boyaları	6/6	Kanepesinin	3/3	Sallanıyor	20/19	Çekmecelerinden	2/2
Boyaların	2/2	Kanepeye	2/2	Sallanıyordu	2/2	Çekmecelerini	2/2
Boyalı	3/3	Kapak	43/38	Sandalye	59/	Çekmecelerinin	3/3
Boyanmamış	2/2	Kapaklanıp	1/1	Sandalyeden	1/1	Çekmeceli	49/36
Boyutları	2/2	Kapaklar	34/34	Sandalyeler	17/16	Çekmecenin	13/10
Boyutlarında	2/2	Kapaklarda	1/1	Sandalyelerden	1/1	Çekmecesini	11/10
Bozuk	23/21	Kapaklarla	1/1	Sandalyeleri	8/8	Çekmecesinde	2/2
Bozukluk	1/1	Kapakları	56/47	Sandalyelerim	3/3	Çekmecesini	1/1
Bozuldu	29/25	Kapakların	6/6	Sandalyelerimin	2/2	Çekmecesinin	6/6
Bozulması	3/3	Kapaklarında	2/2	Sandalyelerimiz	1/1	Çekyat	14/9
Bozulmasın	1/1	Kapaklarını	3/3	Sandalyelerin	19/15	Çekyatlardan	1/1
Bozulmuş	2/2	Kapaklarının	14/13	Sandalyenin	11/8	Çekyatı	1/1
Bölme	1/1	Kapaklı	35/28	Sandalyesi	9/9	Çekyatın	4/3
Bölmeler	1/1	Kapanmıyor	13/11	Sandalyesinin	2/2	Çivi	5/5
Bölmesi	1/1	Kapanmıyordu	2/2	Sandalyeye	3/2	Çizik	39/32
Ciddiyetsiz	1/1	Kapağı	54/47	Sandalyeyi	2/2	Çizikler	14/12
Ciddiyetsizlikten	2/2	Kapağın	7/6	Sandık	11/9	Çizikleri	1/1
Ciddiyetsizliği	1/1	Kapağında	20/2	Sandıklı	4/3	Çizikli	1/1
Civata	4/4	Kapağındaki	6/5	Satıcı	31/27	Çizikti	3/2
Conta	3/2	Kapağını	7/6	Satıcıdan	7/6	Çizildi	3/2

Tablo 1'in devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Contası	3/2	Kapağının	7/7	Satıcısı	2/2	Çizilen	1/1
Dalga	17/15	Kaplama	24/20	Satıcıyı	2/2	Çizilmiş	3/3
Darbe	17/13	Kaplamada	2/2	Satılan	21/18	Çizmişler	1/1
Davranıyor	1/1	Kaplamalar	3/3	Sehpa	73/36	Çökme	30/22
Davranıyorlar	1/1	Kaplaması	10/10	Sehpadan	1/1	Çökmeden	1/1
Davranışı	2/2	Kaplamasında	2/2	Sehpalar	3/2	Çökmektedir	1/1
Dayanaksız	1/1	Kapı	24/24	Sehpalarını	1/1	Çökmüş	4/4
Dayanamadı	1/1	Kapılar	4/4	Sehpamın	1/1	Çökmüştü	2/2
Dayanaksız	8/8	Kapıları	6/5	Sehpamızı	1/1	Çökmüştür	1/1
Dayanaksızmış	1/1	Kapılarının	1/1	Sehpanın	15/13	Çöktü	70/53
Dağılacak	1/1	Kapıların	1/1	Sehpası	14/11	Çöktüğünü	1/1
Dağıldı	16/12	Kapılarına	1/1	Sehpasına	1/1	Çökük	3/3
Dağılması	3/3	Kapılarında	1/1	Sehpasında	2/2	Çöküyor	7/6
Dağılmış	2/2	Kapılı	44/33	Sehpasının	4/4	Çözemediler	1/1
Dağılmıştı	2/2	Kararma	3/3	Sehpaya	1/1	Çürük	6/5
Dağılır	2/2	Kargocu	5/5	Sehpayı	3/3	Çürüme	1/1
Dağılıyor	7/6	Kargolamama	1/1	Servis	354/137	Çürümeler	1/1
Defolu	79/54	Kargolanma	4/3	Servise	22/19	Çıktı	246/123
Defoluydu	3/3	Kargolanmamıştır	2/2	Servisi	51/39	Çıta	4/4
Deforme	46/35	Kargolanması	1/1	Servisin	10/10	Çıtalar	2/2
Deformeler	2/2	Kargom	15/12	Servisinde	1/1	Çıtaları	2/2
Deformeleri	1/1	Kargomu	3/3	Servisinden	1/1	Çıtaların	2/2
Deformeli	1/1	Kargomun	3/3	Servisine	1/1	Çıtanın	1/1
Deformesi	2/2	Kargosu	2/2	Servisini	7/7	Çıtası	6/5
Demiri	15/13	Kargoya	37/29	Servisinin	2/2	Ödeme	17/16
Demirleri	15/14	Kargoyla	3/3	Serviste	3/3	Ödemede	1/1
Değişecek	5/5	Kargoyu	180/165	Servisten	12/12	Ödemek	1/1
Değişecekmiş	1/1	Karyola	142/79	Sesi	13/11	Ödemesi	180/171
Değişim	81/55	Karyolada	4/4	Sevkiyat	5/5	Ölçü	10/7
Değişimi	38/30	Karyoladan	3/3	Sevkiyatlarını	1/1	Ölçüde	3/3
Değişimini	7/7	Karyolalar	1/1	Sevkiyatta	2/2	Ölçülerde	2/2
Değişmesi	9/9	Karyolamız	2/2	Sipariş	309/13	Ölçülere	1/1
Değiştirdi	15/12	Karyolanın	31/27	Siparişe	4/4	Ölçüleri	6/6
Değiştirdiler	6/6	Karyolası	11/9	Siparişi	94/67	Ölçülerin	1/1
Değiştirdi	6/6	Karyolasını	2/2	Siparişim	30/27	Ölçülerinde	3/3
Değiştirdiler	20/17	Karyolasının	6/6	Siparişimde	15/15	Ölçüsünde	1/1
Değiştirebileceğinizi	163/163	Karyolaya	3/3	Siparişimi	5/5	Önemsemiyorlar	1/1
Değiştireceğiz	6/5	Karyolayı	5/5	Siparişimin	2/2	Önemsemiyorsunuz	1/1
Değiştirelim	6/6	Kasa	5/5	Siparişimiz	5/5	Önemsenmediğini	1/1
Değiştiremiyoruz	1/1	Kasasında	2/2	Siparişin	4/4	Ötüyordu	1/1
Değiştiremeyiz	2/2	Kasası	5/5	Siparişimizi	2/2	Ötüyor	3/3
Değiştirildi	12/11	Kayma	2/2	Siparişinde	3/3	Ücret	42/34
Değiştirilmesini	10/10	Kaymalar	1/1	Siparişinizde	1/1	Ücrete	1/1
Değiştirmediler	7/6	Kenarlar	5/5	Siparişle	7/6	Ücreti	186/163
Değiştirmelerini	5/5	Kenarlarda	2/2	Siparişler	3/3	Ücretinden	1/1
Değiştirmiyorlar	4/4	Kenarları	22/21	Siparişleri	1/1	Ücretini	6/6
Dolaba	6/6	Kenarların	1/1	Siparişlerim	3/3	Ücretiyle	1/1
Dolabı	120/68	Kenarlarına	4/4	Siparişlerimde	2/1	Ücretli	176/163
Dolabım	5/4	Kenarlarında	6/5	Siparişlerimi	1/1	Ünitesi	102/66
Dolabımdaki	1/1	Kenarlarının	3/3	Siparişlerimizin	2/2	Ünitesinde	1/1
Dolabımı	2/2	Kitaplık	66/41	Sistem	170/163	Ünitesindeki	1/1
Dolabımın	9/7	Kitaplıklı	2/2	Sistemi	14/13	Ünitesini	11/11
Dolabımıza	1/1	Kitaplıkta	3/3	Sorumsuzluk	9/8	Ünitesinin	19/17
Dolabımız	2/2	Kitaplıktan	2/2	Sorumsuzlukları	1/1	Üretici	10/9
Dolabın	94/65	Kitaplığı	6/6	Sorumsuzluktan	1/1	Üretim	24/21
Dolabında	5/5	Kitaplığının	1/1	Sorumsuzluğu	7/7	Ürün	1385/163
Dolabını	12/11	Kitaplığın	11/10	Sorun	137/84	Üründe	24/20

Tablo 1'in devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Dolabının	28/25	Koltuk	567/163	Sorunlar	15/12	Üründeki	3/3
Dolap	272/122	Koltukla	2/2	Sorunlarla	2/2	Üründen	18/18
Dolapla	1/1	Koltuklar	17/16	Sorunları	18/15	Üründü	3/3
Dolaplar	3/10	Koltuklarda	2/2	Sorunlarım	3/3	Üründür	4/2
Dolaplarda	2/2	Koltuklardan	3/3	Sorunlarım	2/1	Ürüne	29/27
Dolapları	7/7	Koltukları	8/8	Sorunlarımı	1/1	Ürünle	20/19
Dolapların	5/5	Koltuklarım	8/7	Sorunlarımız	5/5	Ürünler	165/94
Dolaplarına	1/1	Koltuklarımdan	1/1	Sorunlu	36/30	Ürünlerde	10/9
Dolapta	8/7	Koltukların	2/18	Sorunu	310/163	Ürünlerdeki	1/1
Düzeltilmediler	2/2	Koltuklarına	1/1	Sorumum	17/16	Ürünlerden	13/11
Düzeltilmezler	1/1	Koltuklarından	2/2	Sorumumuz	11/11	Ürünlerdi	1/1
Düzeltilmemesi	1/1	Koltuksuz	1/1	Sorunun	16/16	Ürünlere	2/2
Düzeltilmesini	2/2	Koltukta	14/12	Sorununuz	3/3	Ürünleri	76/57
Düzeltilmediler	1/1	Koltuğa	13/10	Sorununuzu	1/1	Ürünlerim	5/5
Düzeltilmiyorlar	3/3	Koltuğu	25/19	Sunta	1429/163	Ürünlerimde	1/1
Dışı	12/12	Koltuğum	4/4	Suntada	15/15	Ürünlerimi	7/6
Ekip	30/26	Koltuğumu	1/1	Suntadaki	1/1	Ürünlerimin	1/1
Ekipmanlar	1/1	Koltuğumun	8/5	Suntadan	75/66	Ürünlerimiz	8/6
Ekipmanları	2/1	Koltuğun	72/53	Suntalam	5/5	Ürünlerimizi	3/3
Eksik	312/117	Koltuğunda	4/4	Suntalar	68/52	Ürünlerimiz	71/56
Eksikler	4/4	Koltuğunun	3/3	Suntalara	2/2	Ürünlerinde	1/1
Eksikleri	4/4	Kolu	12/9	Suntalarda	6/6	Ürünlerinden	3/3
Eksiklerimiz	1/1	Komodun	23/17	Suntalardan	6/6	Ürünlerine	2/2
Eksiklik	1/1	Komodinde	1/1	Suntalarla	3/3	Ürünlerini	9/8
Eksiklikler	3/3	Komodine	1/1	Suntaları	82/62	Ürünlerinin	17/15
Eksiklikleri	1/1	Komodini	1/1	Suntaların	13/13	Ürünleriniz	1/1
Eksikliklerini	1/1	Komodininin	1/1	Suntalarına	1/1	Ürünlerinizi	1/1
Eksikliği	5/4	Komodinin	5/5	Suntalarında	2/2	Ürünlerinizin	1/1
Eksikti	15/13	Komodınlar	2/2	Suntalarından	3/3	Ürünlerle	1/1
Eleman	4/4	Komodınleri	3/3	Suntalarını	3/3	Ürünümüzü	11
Elemanlar	3/3	Konsol	43/33	Suntalarının	5/5	Üçlü	25/20
Elemanları	13/13	Konsolda	1/1	Suntanın	61/53	Üçlüsünün	1/1
Elemanı	11/11	Konsolu	7/6	Suntası	283/131	Şifonyer	37/29
Esniyor	3/2	Konsolumun	5/4	Suntasına	4/2	Şifonyerde	1/1
Ezik	15/14	Konsolumuz	1/1	Suntasında	22/20	Şifonyere	2/2
Ezikler	3/3	Konsolumuzun	1/1	Suntasını	27/24	Şifonyeri	3/3
Ezikli	1/1	Konsolun	14/12	Suntasının	31/29	Şifonyerimin	3/2
Eziklik	1/1	Konsolundaki	2/2	Suntasıyla	1/1	Şifonyerin	11/10
Ezikti	1/1	Koptu	16/15	Suntaya	17/17	Şifonyerinden	1/1
Ezilme	1/1	Kopuk	3/3	Suntaymış	8/8	Şifonyerinin	2/2
Ezilmiş	4/4	Kopukluklar	1/1	Süre	54/46	Şifonyerlerin	2/2
Ezilmişti	2/2	Kredi	168/163	Süreci	15/14	Şikayet	249/180
Eğri	10/7	Kulplar	4/4	Sürecinde	11/10	Şikayetler	185/179
Eğrildi	3/3	Kulpları	11/10	Sürede	36/33	Şikayetçiyiz	164/163
Eğrilik	2/2	Kulpların	3/3	Süresi	40/29	Şube	8/8
Eğrilikler	3/3	Kurulum	138/78	Süreç	17/16	Şubede	3/3
Eşyaları	17/13	Kurulum	24/21	Süreçte	13/12	Şubesi	25/22
Faturasız	7/7	Kurulumdan	9/9	Süreçten	1/1	Şubesinde	8/8
Firma	164/97	Kurulumu	62/44	Sürter	1/2	Şubesinden	92/72
Firmada	5/5	Kurulumunu	18/16	Sürterek	2/2	Şubesine	5/4
Firmadan	40/33	Kusurlu	101/74	Tablanın	2/2	Şubesini	4/4
Firmanın	18/17	Kusurludur	1/1	Tablası	8/	Şubesinin	1/1
Firmanız	1/1	Kusurlusunuz	1/1	Tablasında	2/	Şubeyi	6/6
Firması	35/27	Kusuru	10/10	Tablasını	1/1	Çökmektedir	1/1



Tablo 2. Web madenciliği analizi sonucu elde edilen MDF ile ilgili şikayetler

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Açarken	1/1	Değiştirebileceğiniz	55/53	Kasa	2/2	Sandalyeler	5/5
Adet	80/40	Değiştirmediler	3/2	Kenarlar	2/2	Sandalyeleri	2/2
Adres	4/4	Disiplinsizlik	1/1	Kenarı	4/4	Sandalyelerin	1/1
Adrese	7/5	Divan	1/1	Kitaplıklar	2/2	Sandalyenin	6/6
Adresi	2/2	Dizayn	1/1	Koltuk	37/19	Satarken	10/9
Adresim	1/1	Dolabı	137/53	Koltuklar	2/2	Satıcı	25/19
Adresime	5/3	Dolabım	3/3	Koltuklara	2/2	Satıcıdan	7/6
Adresinde	1/1	Dolabımda	1/1	Koltuklardan	1/1	Satıcılarla	2/2
Adresinde	3/2	Dolabımın	2/2	Koltukları	1/1	Satılan	9/7
Adresine	2/2	Dolabın	20/15	Koltuklarım	1/1	Sehpa	31/19
Ahşap	43/22	Dolabını	7/6	Koltukla	3/2	Sehpadan	3/3
Ahşapla	1/1	Dolapları	3/3	Koltuğa	1/1	Sehpalar	2/2
Akması	1/1	Dolapta	4/3	Koltuğu	4/3	Sehpaların	2/2
Aldığım	150/50	Durmuyor	6/5	Koltuğun	5/4	Sehpalarını	1/1
Aldığıma	2/2	Durmuyorlar	5/5	Kolu	2/2	Sehpasını	2/2
Aldığımin	1/1	Duvar	16/13	Kolunu	1/1	Sehpasının	2/2
Aldığımız	32/23	Duvara	15/10	Komodın	6/5	Sehpayı	3/3
Alığımız	1/1	Dökülmeye	6/4	Komodine	1/1	Sene	30/18
Almadan	3/3	Dökülmüş	2/2	Komodınlar	1/1	Servis	42/21
Almadılar	2/2	Dökülüyor	3/3	Komodınleri	1/1	Servise	3/3
Almak	61/53	Dönmediler	1/1	Konfor	6/3	Servisi	7/7
Almaya	7/6	Dönmüyorlar	5/5	Konsol	10/9	Serviste	3/3
Almıyor	2/2	Düzeltilmediler	2/2	Koptu	55/53	Servisten	3/2
Almıyorlar	1/1	Düzgün	17/14	Kopunca	1/1	Servisçi	1/1
Almış	63/33	Düzgünce	1/1	Korkuluk	2/2	Sipariş	182/51
Almıştım	20/19	Düşen	1/1	Korkuluklu	1/1	Siparişe	1/1
Altlığı	3/3	Düştü	7/5	Kumaş	3/3	Siparişi	122/53
Alttan	1/1	Düştüler	2/2	Kurye	3/3	Siparişim	24/16
Altüst	1/	Düşüyor	5/3	Kuryesi	1/1	Siparişimde	9/6
Altına	4/4	Eksik	63/30	Kusur	5/3	Siparişimdeki	4/4
Altında	10/10	Eksikti	1/1	Kusurları	2/2	Siparişimi	7/7
Altından	1/1	Eksiğin	2/2	Kusurlu	22/16	Siparişimin	3/3
Alıp	11/9	Elbise	2/2	Kusuru	5/5	Siparişiniz	3/
Alırken	21/16	Elamanı	1/1	Kırdı	1/1	Siparişle	1/1
Alışveriş	30/20	Elemanları	2/2	Kırdılar	1/1	Siparişler	1/1
Alışverişi	2/2	Ellerinde	11/7	Kırıkta	3/3	Siparişlerimi	3/2
Alışverişim	4/4	Ellerindeki	3/3	Kırılan	3/3	Sistem	54/53
Alışverişler	3/3	Ellerinden	1/1	Kırıldı	42/22	Sistemde	1/1
Alışverişlerde	2/2	Esnaf	2/2	Kırılma	55/52	Sisteme	5/4
Ambalaja	1/1	Esname	2/2	Kırılması	5/3	Sistemi	4/4
Ambalajlarının	2/2	Estetik	2/2	Kırılmış	8/8	Sorun	32/26
Amerikan	2/2	Eğik	2/1	Kısa	18/16	Sorunlar	7/7
Amatisörleri	2/2	Eğri	4/2	Lake	14/8	Sorunu	86/53
Anlaşma	2/2	Eğrildi	1/1	Lavabolu	8/5	Sorunumu	5/4
Anlaşmalı	2/2	Farklı	50/24	Leke	5/4	Sorunumuz	3/3
Anlaştığımız	3/3	Farklıydı	2/1	Lekeler	6/5	Sorunumuzu	2/2
Aparat	1/1	Firma	74/45	Lekeli	4/4	Sorununu	1/1
Aparatı	2/2	Firmadan	19/18	Lekeliydi	1/1	Taahhüt	9/8
Aparatları	4/4	Firmalara	2/2	Lekeliyor	1/1	Tabanı	2/2
Aparatı	5/5	Firmasının	13/9	Mail	10/7	Tablası	2/2
Aracılığı	6/6	Firmayı	7/6	Maili	3/3	Tablasına	1/1
Aracılığıyla	6/6	Fiyasko	7/7	Malzeme	42/22	Tablasının	3/3
Aradık	6/5	Fiyaskosu	2/2	Malzemede	55/52	Tadilat	2/2
Aradım	40/28	Fiyat	15/13	Malzemedden	5/3	Tahtası	44
Aradığım	4/4	Fiyatlar	3/3	Malzemeler	8/8	Takımı	101/41
Aradığımızda	5/5	Fiyatlarla	2/2	Malzemelerden	18/16	Takımını	5/5
Arama	7/6	Fiyattan	5/5	Malzemeleri	14/8	Takımının	12/11



Tablo 2'nin devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Aramalarıyla	1/1	Garanti	17/12	Malzemelerin	8/5	Talebi	6/5
Aramama	4/4	Garantili	10/8	Malzemelerinde	5/4	Talebim	5/5
Aramışlar	2/2	Garantiye	3/2	Malzemeyi	6/5	Tamir	5/5
Arandım	2/2	Gardolabın	4/3	Marka	4/4	Tamirini	2/1
Ararken	2/2	Gardolabının	2/2	Markada	1/1	Tarihinde	135/29
Arayan	2/1	Gardırop	35/18	Markadan	11	Tarihlerinde	2/2
Arayarak	9/9	Gecikmeli	6/5	Markanın	10/7	Tarihlerinin	1/1
Arayıp	11/10	Gecikmesi	3/3	Markanız	1/1	Tarihleri	3/1
Arkası	1/1	Gelmiyorlar	2/2	Markası	2/1	Tarihte	7/5
Arkaları	7/7	Gelmiş	2/2	Markaya	5/5	Tasarım	20/7
Arkasında	15/11	Gerçekleşmemesi	3/3	Masa	53/24	Tavru	2/2
Arkasındaki	4/4	Getirmediği	2/2	Masadaki	1/1	Tedarik	32/14
Arıyorum	11/9	Geçmedi	56/53	Masadan	1/1	Tedarikçi	5/5
Arıyoruz	5/4	Girmemek	2/2	Masanın	10/8	Tedarikçiden	3/3
Arıza	2/2	Grubu	13/9	Masasını	2/2	Tedarikçiye	1/1
Arızalanan	1/1	Gönderme	5/5	Masasının	58/53	Tedarigi	2/2
Arızası	57/53	Gönderildi	30/20	Masaymış	2/2	Teknik	13/11
Askılık	2/2	Gönderilmiş	6/6	Masayı	2/2	Telefon	17/13
Askının	1/1	Gönderiyo	3/3	Masif	7/5	Telefonla	8/8
Aralık	17/10	Gönderiyorlar	5/5	Mağaza	21/16	Telefonlara	4/4
Asılacak	2/2	Göndermiyorlar	5/5	Mağazada	67/53	Telefonları	1/1
Ayak	10/7	Göndermiyor	8/6	Mağazadakiler	1/1	Telefonlarını	1/1
Ayakkabılık	2/2	Göndermezse	2/2	Mağazadaki	3/3	Telefonu	7/6
Ayaklar	4/4	Göndersinler	1/1	Mağazadan	6/6	Telesekreterin	1/1
Ayaklarının	4/4	Görsel	2/2	Mağazalar	1/1	Temsilci	1/1
Ayaklı	6/4	Gövde	2/2	Mağazaları	4/4	Temsilcileri	1/1
Ayarsız	1/1	Gövdesi	2/2	Mağazasında	4/4	Terstenip	2/2
Ayağı	7/3	Gümüşlük	1/1	Mağazasından	38/25	Terbiyesizlik	3/3
Ayağın	1/1	Günlerdir	5/5	Mağazayı	4/4	Teslim	135/44
Aylarca	1/1	Güvenerek	5/5	Mağdur	23/20	Teslimat	45/28
Aylardır	2/2	Gıcırdamaya	2/2	Mağduriyet	3/3	Teslimatı	9/9
Aynalı	9/9	Haftalarca	3/3	Mağduriyeti	8/8	Teslimattan	2/2
Aynasız	4/4	Hasar	13/7	Mağdurlar	1/1	Teslimi	6/6
Bacakları	4/2	Hata	60/55	Mağdurum	54/53	Tezgah	4/3
Bacağımız	1/1	Hatalar	3/3	Mağduruz	2/2	Teşhir	5/4
Bantlar	3/2	Hatalı	34/23	Membran	3/3	Trajikomik	2/2
Bantları	2/2	Hatası	18/13	Memnuniyetsizliği	5/5	Tutmuyor	3/3
Banyo	123/53	Hizmet	65/53	Menteşe	3/3	Tutulmaması	54/53
Banyoda	1/1	Hizmetleri	18/13	Menteşeleri	55/53	Ulaşamama	3/3
Banyosu	2/2	Hizmetlerinden	5/5	Mesaj	20/12	Ulaşamıyorum	9/6
Baskı	11/5	Hizmetlerini	14/12	Mesajları	3/3	Ulaşmıyor	4/4
Baskılı	1/1	Hizmetlerinize	5/5	Mobilyada	60/55	Ulaşılmıyor	2/2
Bayi	5/4	Hiçbir	43/30	Mobilyalar	8/7	Usta	8/8
Bayii	2/2	Hiçbiri	3/3	Mobilyaların	6/4	Ustalar	1/1
Bayisinden	1/1	Hüsran	3/3	Mobilyalı	1/1	Ustaların	1/1
Baza	35/20	İade	130/85	Mobilyam	2/1	Vida	14/9
Bazalar	1/1	İadede	4/4	Model	12/10	Vidalama	3/3
Bazalarda	2/2	İademin	2/2	Modeli	3/2	Vidalar	2/2
Bazasının	5/5	İadesi	20/17	Modelin	2/2	Vidanın	1/1
Bazayı	5/5	İadesini	7/6	Modelini	1/1	Yalan	60/53
Bağlanamıyorum	3/3	İadeyi	4/4	Modeller	1/1	Yalandan	2/2
Bağlantı	3/3	İhmalleri	1/1	Montaj	25/15	Yalanla	2/2
Başlık	7/6	İletişim	16/15	Montajı	15/13	Yalanı	1/1
Başlıklar	1/1	İlgilenmiyorlar	10/10	Montajını	2/2	Yamuk	6/5
Başlıklarında	1/1	İlgisiz	4/4	Mutfak	29/16	Yamulmuş	2/2
Başlığının	3/3	İmalat	3/3	Mutfağı	3/2	Yamulttular	1/1
Bebek	29/15	İndirim	4/4	Müşteri	78/42	Yapışkan	1/1

Tablo 2'nin devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Bekletip	2/2	İptal	11/7	Müşterilerle	2/2	Yapışkanlar	2/2
Bekletiyorlar	4/4	İptali	3/3	Müşterisini	2/2	Yapıştırıcı	8/6
Bekletiyorsun	1/1	İptalini	2/2	Müşterisiyle	1/1	Yatak	198/53
Bekliyorum	9/9	İskelet	4/4	Müşteriye	6/5	Yataklar	2/2
Berjer	7/5	İskeleti	4/4	Müşteriyle	3/2	Yatağına	3/3
Beğendiğim	5/5	İskeletine	2/2	Nakliyat	8/6	Yollamıyor	3/3
Beşik	20/9	İşçilik	10/10	Nakliye	5/5	Yüzeyi	4/3
Beşiği	8/7	Kabarcıklar	2/2	Olumsuz	3/3	Yıpranma	2/1
Bildirdim	7/7	Kabarma	5/4	Oturma	20/13	Zarar	12/10
Bilgiler	8/8	Kabarmalar	2/2	Oturmada	1/1	Zararımı	1/1
Bilişim	9/4	Kabarmış	3/3	Oturmayan	1/1	Zararımın	1/1
Birleşim	2/2	Kabinli	4/4	Oturunca	2/2	Zedelemiş	1/1
Birlikte	10/9	Kalite	20/20	Oyalama	5/5	Çatlak	8/7
Birliği	53/53	Kalitesini	5/5	Oyalamaktan	2/2	Çatlamalar	1/1
Bitmek	4/4	Kalitesiz	77/40	Oynuyor	2/2	Çatlatmış	1/1
Bitti	2/2	Kalitesizdi	1/1	Pahalı	5/4	Çatlattılar	2/2
Boya	27/18	Kalitesi	1/1	Pahalya	2/2	Çekmece	8/7
Boyaları	4/3	Kalitesizliği	18/15	Paketlenmemesi	2/2	Çekmeceleri	4/4
Boyası	9/8	Kalkmış	2/2	Parçalanan	2/2	Çekmecelerin	2/2
Boyu	2/2	Kalktı	4/4	Parçalandı	2/2	Çekmeceli	7/5
Boyutlarında	1/1	Kalkmış	2/2	Parçaları	19/15	Çekyat	4/3
Bozuk	6/6	Kandırdı	2/2	Parçalı	46/22	Çekyatın	1/1
Bozuldu	6/5	Kandırılıyor	2/2	Parçası	8/7	Çerçeve	20/11
Büfe	1/1	Kanep	2/2	Paslandı	1/1	Çizik	11/9
Camı	3/3	Kanepem	1/1	Paslanma	2/1	Çöktü	5/4
Cayma	1/1	Kanepenin	3/3	Patlak	1/1	Ödeme	13/7
Ciddiyetsiz	3/3	Kapak	18/13	Patlakları	1/1	Ödemede	1/1
Concept	20/20	Kapaklar	10/6	Patlaması	1/1	Ödemesi	60/53
Consept	1/1	Kapakları	17/13	Pişman	14/12	Ödemeye	2/2
Dalga	11/11	Kapakların	4/4	Pişmanlık	3/3	Ödenmiyor	2/2
Darb	3/3	Kapaklarını	4/4	Pişmanlıktır	3/3	Ölçüleri	3/3
Dayanaksız	1/1	Kapaklarının	6/5	Pişmanın	5/5	Ücret	27/22
Dayanmadı	1/1	Kapaklı	15/11	Plastik	20/11	Ücreti	64/53
Dağıldı	4/4	Kapağı	12/7	Problem	6/6	Ünite	4/4
Defalarca	11/10	Kaplama	69/53	Problemleri	4/4	Ünitesinin	3/3
Defalardır	1/1	Kapıları	5/4	Profil	2/2	Üretim	6/6
Defo	1/1	Kapıların	1/1	Pürüz	1/1	Ürün	501/53
Defolar	1/1	Kapılarına	1/1	Raflar	3/3	Üründe	15/14
Defolu	23/16	Kapısı	1/1	Rafların	2/2	Ürüne	13/11
Deformasyon	2/2	Kapısından	1/1	Raflarında	2/2	Ürünler	71/36
Deforma	7/7	Kapıya	2/2	Raflarının	1/1	Ürünlerde	3/3
Defosu	2/2	Karardı	1/1	Raflı	2/2	Ürünleri	45/25
Dekorasyon	100/70	Kargo	12/9	Rafı	2/2	Ürünümüzü	5/5
Delik	5/5	Kargolanmadı	2/2	Renkleri	4/2	Şifonyer	11/9
Demonte	5/5	Kargolanmayan	1/1	Rutubet	3/3	Şifonyerin	6/4
Deneyim	53/53	Kargoların	3/3	Rutubetli	1/1	Şikayet	80/68
Denge	3/3	Kargom	7/6	Saat	28/19	Şikayetler	71/71
Dengesizliği	1/1	Kargomu	2/2	Saati	8/6	Şikayetvar	108/53
Deri	2/2	Kargoyu	10/7	Saatin	4/2	Şişmiş	2/2
Desen	4/4	Karyola	14/11	Saatler	2/2	Şişen	2/2
Destek	10/10	Karyolada	1/1	Sallanan	3/3	Şişme	3/3
Detaylı	55/53	Karyolanın	5/4	Sallanyor	5/5	Şube	3/3
Devriliyor	1/1	Karyolası	2/2	Salon	10/6	Şubesi	18/14
Değişim	20/11	Karyolasının	1/1	Sandalye	19/15	Şubeye	4/4

mdf



Şekil 7. MDF ile ilgili şikayetleri içeren kelime bulutu

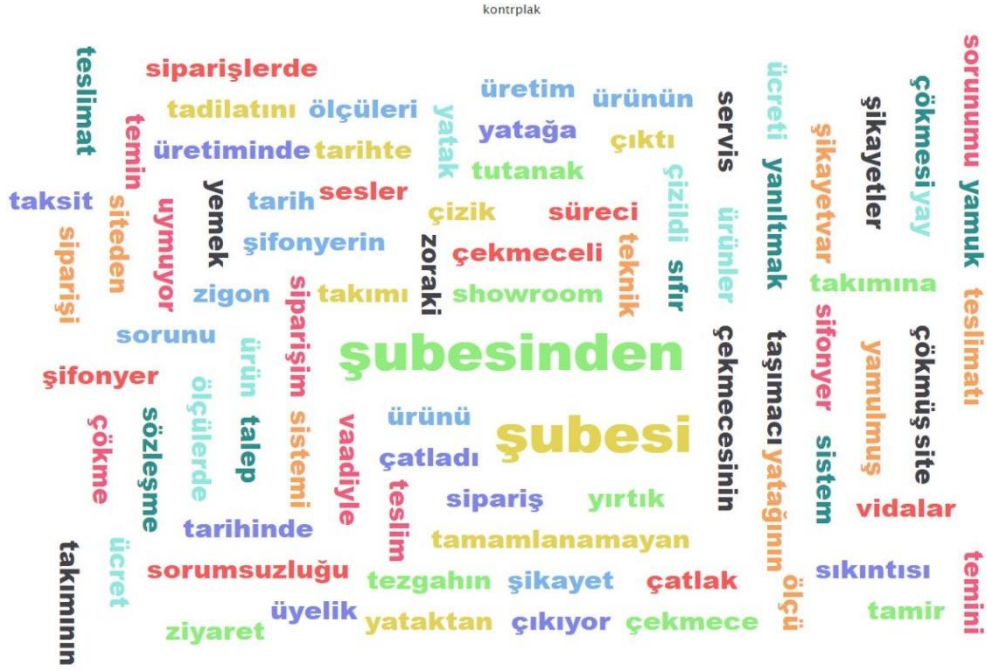
Tablo 2 incelendiğinde MDF ile ilgili şikayetlerin 2. sırada yer alışı bulunmuştur. Yukarıdaki tabloda bulunan kelimeler incelendiğinde (benzer kelimeler toplanmıştır.); MDF’den üretilen ürünlerle ilgili en çok yapılan şikayetler sırasıyla yatak (203 kelime ve 58 doküman), dolap (177 kelime ve 86 doküman), takım şeklinde ürünler (118 kelime ve 57 doküman) ve mobilyada (77 kelime ve 68 doküman) yapıldığı tespit edilmiştir. Verilen hizmet ve ürün özellikleri ile ilgili şikayetlere bakıldığında ise sırasıyla sipariş (360 kelime ve 148 doküman), teslimat (197 kelime ve 89 doküman), iade (167 kelime ve 118 doküman), mağaza (149 kelime ve 117 doküman), tarih (148 kelime ve 38 doküman) ve hata (115 kelime ve 94 doküman) olarak bulunmuştur.

Tablo 3. Web madenciliği analizi sonucu elde edilen kontrplak ile ilgili şikayetler

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Aksesuar	2/2	Firmadan	1/1	Kutuları	3/3	Tadilatını	2/2
Ambalaj	1/1	Firmalar	2/2	Kırılmış	5/4	Taksit	2/2
Arıza	3/2	Firmasını	1/1	Kırık	25/6	Takımı	18/7
Askılı	1/1	Fiyasko	2/2	Kırılır	7/6	Takımına	1/1
Ayak	3/3	Fiyat	2/2	Kırılıyor	1/1	Takımının	5/4
Ayakları	1/1	Fiyatının	1/1	Kısa	5/3	Talep	3/2
Aynalı	1/1	Garanti	3/2	Marka	10/5	Tamamlanmayan	2/2
Baskı	1/1	Garantili	2/1	Masa	5/3	Tamir	1/1
Bayisi	1/1	Garantisi	1/1	Masanın	5/3	Tarih	1/1
Baza	22/5	Gardirop	18/6	Masası	4/2	Tarihinde	12/4
Bazalar	1/1	Gelemedi	1/1	Masasında	1/1	Tarihte	2/2

Tablo 3'ün devamı...

Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı	Kelime	Toplam Kelime/ Web Sayfa Sayısı
Bazalı	3/2	Gelmedi	2/2	Mağaza	2/2	Taşımacı	2/2
Bazanın	15/4	Gelmediler	2/2	Mağazadan	3/2	Teknik	1/1
Bazasına	1/1	Getirmediler	3/3	Mağazanın	3/2	Temin	3/1
Bazasını	1/1	Getirmiyor	1/1	Mağazası	2/2	Temini	1/1
Bazayı	1/1	Göndermiyorlar	2/2	Mağazasından	10/5	Teslim	18/6
Başlığı	2/2	Görüşemiyor	2/2	Mağazaya	2/2	Teslimat	6/3
Başlığında	1/1	Gıcirtı	1/1	Memnuniyeti	1/1	Teslimatı	2/2
Başlığının	1/1	Gıcirtılar	2/2	Mobilya	40/8	Tezgâhın	1/1
Berjer	1/1	Gıcirtısı	1/1	Mobilyalarını	3/2	Tutanak	2/2
Beyaz	2/2	Hafif	1/1	Model	2/2	Uymuyor	6/6
Beşik	4/2	Hasar	1/1	Mutfak	6/3	Vaadiyle	2/2
Beşiğin	1/1	Hasarlı	9/6	Müşteri	17/6	Vidalar	2/2
Birleşme	2/2	Hatalı	2/2	Nakliyat	2/2	Yamuk	1/1
Boya	2/2	Hatasıymış	1/1	Nakliye	1/1	Yamulmuş	2/2
Boyalar	2/2	Hizmetleri	7/4	Nezaket	2/2	Yanıltmak	2/2
Boyalı	1/1	Hizmetlerinde	1/1	Paket	5/4	Yatak	22/5
Boyası	2/2	Hizmetlerini	2/2	Parça	7/5	Yataktan	3/2
Boyayarak	1/1	İlgisizler	2/2	Parçalar	2/2	Yatağa	2/2
Boyu	1/1	İskelet	2/2	Parçaları	1/1	Yatağının	
Boyutundan	1/1	İade	7/6	Parçası	5/3	Yay	
Bulamamış	1/1	İadesini	2/2	Patlak	2/2	Yemek	3/2
Bulamamıştım	1/1	İlgisiz	2/2	Potluk	1/1	Yırtık	1/1
Büktülmüş	1/1	İlgisizlik	2/2	Problemlili	2/2	Zigon	1/1
Darbe	3/2	Kalitesiz	8/4	Profiller	2/2	Ziyaret	6/6
Defolu	2/2	Kapak	4/2	Raflar	3/3	Zoraki	2/2
Deformasyon	1/1	Kapakları	1/1	Rafları	1/1	Çatladı	1/1
Delinmesi	1/1	Kapanmaz	1/1	Reklam	1/1	Çatlak	2/2
Demir	4/4	Kaplamalı	1/1	Rezalet	2/2	Çekmece	10/7
Demiri	1/1	Kapılı	8/6	Sandalyeler	3/3	Çekmeceli	1/1
Demirleri	2/2	Kargo	12/5	Sattıkları	8/6	Çekmecenin	2/2
Design	1/1	Karyola	3/2	Satıcıları	1/1	Çizik	1/1
Destek	2/1	Karyolalı	1/1	Satış	4/2	Çizildi	1/1
Destekleyici	1/1	Karyolamda	1/1	Sehpa	2/2	Çökme	1/1
Detaylı	6/6	Kaynaklı	2/2	Sehpalar	1/1	Çökmesi	1/1
Değişiklikler	1/1	Kenarları	2/2	Sehpasını	2/2	Çökmüş	2/2
Değişim	4/4	Kesecek	2/2	Servis	10/4	Çıktı	6/3
Değişimi	1/1	Kitaplık	4/2	Sesler	3/2	Çıkıyor	1/1
Değiştirdim	1/1	Kitaplığı	2/2	Showroom	2/2	Ölçü	2/2
Dolabı	7/3	Koku	2/2	Sifonyer	6/6	Ölçülerde	1/1
Dolabın	2/2	Kokusu	1/1	Sipariş	11/6	Ölçüleri	1/1
Dolabını	1/1	Koltuk	9/5	Siparişi	2/2	Ücret	2/2
Dolap	13/4	Koltukları	1/1	Siparişim	1/1	Ücreti	7/6
Durmuyorlar	8/8	Koltuğu	2/2	Siparişlerde	2/2	Üretim	2/2
Dökülen	2/2	Koltuğun	4/2	Sistem	6/6	Üretiminde	2/2
Eksik	28/8	Kontrplak	80/15	Sistemi	1/1	Ürün	63/6
Eleman	2/2	Kontrplakla	2/2	Site	2/2	Ürünler	10/4
Esname	2/2	Kontrplaklardan	1/1	Sitiden	2/2	Ürünü	10/6
Ezik	1/1	Kontrplağın	1/1	Sorumsuzluğu	2/2	Ürünün	11/7
Eğildi	2/2	Kredi	6/6	Sorunu	11/6	Üyelik	7/7
Eşyalar	4/4	Kullanımı	6/6	Sorumumu	1/1	Şifonyer	2/2
Eşyalarım	2/2	Kulplar	2/2	Sözleşme	2/2	Şifonyerin	1/1
Eşyaları	1/1	Kulplarda	1/1	Süreci	2/2	Şikayet	11/8
Fabrikasyon	3/3	Kumaş	2/2	Sıfır	2/2	Şikayetler	7/7
Fatura	1/1	Kurmak	3/3	Sıkıntısı	3/2	Şikayetvar	12/7
Faturamı	1/1	Kurulum	8/5	Şubesi	2/2	Şubesi	2/2
Firma	4/2	Kusurlu	4/2	Şubesinden	4/2	Şubesinden	4/2



Şekil 8. Kontrplak ile ilgili şikayetleri içeren kelime bulutu

Tablo 3 incelendiğinde en az şikayetin kontrplak ile ilgili yapıldığı bulunmuştur. Yukarıdaki tabloda bulunan kelimeler incelendiğinde (benzer kelimeler toplanmıştır.); kontrplaktan üretilen ürünlerle ilgili en çok yapılan şikayetler sırasıyla baza (44 kelime ve 15 doküman), mobilya (43 kelime ve 10 doküman) ve dolapta (23 kelime ve 10 doküman) yapıldığı tespit edilmiştir. Verilen hizmet ve ürün özellikleri ile ilgili şikayetlere bakıldığında ise sırasıyla kırık (38 kelime ve 17 doküman) ve mağazada (22 kelime ve 15 doküman) tespit edilmiştir. Twitterdan odun kompozit malzemelerle ilgili yapılan şikayetleri tespit edebilmek için kurulan modeller sonucu en çok karşılaşılan ürün, özellikler ve hizmet ile ilgili şikayetler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Twitter verilerine göre en çok karşılaşılan sorunlar

Odun Kompozit Malzeme Çeşidi	Şikayetler
Sunta	İşçilik, bayii, tedarik, mobilya, fiyat, çürüme, kalite, masa
MDF	Taksit, fiyat, şişme, çürüme, leke, mobilya, dolap
Kontrplak	Mobilya

Twitterdan elde edilen verilen değerlendirilmesi sonucu en fazla tweet 120 ile suntada daha sonra 118 tweet ile MDF’de en az ise 21 tweet ile kontrplakta bulunmuştur.

## Sonuç

Yapılan bu çalışmada odun kompozit malzemelerden olan sunta, MDF ve kontrplak ile ilgili web sayfaları ve sosyal medyada en fazla yapılan şikayetleri tespit edebilmek için veri madenciliği yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu en fazla şikayetin hem web sayfalarında hem de twitter da suntayla ilgili olduğu belirlenmiştir. Bunu MDF ve kontrplak takip etmektedir. İncelenen web sayfalarına göre; sunta, MDF ve kontrplaktan üretilen ürünlerde en fazla

şikayetler sırasıyla mobilya, yatak ve baza olarak bulunmuştur. Verilen hizmet ile ilgili yapılan en fazla şikayetler sunta, MDF ve kontrplakta sırasıyla teslimat, sipariş ve mağaza olmuştur. Ürün özellikleri bakımından incelendiğinde ise en fazla şikayetler sunta ve kontrplak için kırık, MDF için ise hata olarak bulunmuştur. Twitter verilerine bakıldığında ise sunta, MDF ve kontrplaktan üretilen ürünlerde ortak şikâyetin mobilya olduğu belirlenmiştir. Ürün özellikleri bakımından sunta ve MDF için ortak şikâyetin çürüme ve hizmetle ilgili sunta ve MDF için ortak şikâyetin fiyat olduğu tespit edilmiştir. Tüketicilerin davranışlarıyla ilgili veri madenciliği alanında çalışmalar sınırlıdır. Bu alanda çalışmalar artırılarak tüketiciler hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edilebilir.

**Teşekkür -**

**Fon/Finansman Bilgileri** Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

**Etik Kurul Onayı ve İzinler** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

**Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar -**

**Yazarların Katkısı** Yazar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

**Kaynaklar**

- [1] Güler, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 135-160.
- [2] Bardak, S. (2014). Kokar ağaç (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) odununun yonga levha endüstrisinde değerlendirilebilme imkânları. (Tez no. 360814) [Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- [3] Bardak, S., & Bardak, T. (2018, 30 November-2 December). Odun kökenli levhalar ve kullanım alanları [Conference presentation]. 2th International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS 2018-Winter), Turkey. [www.isassymposium.org](http://www.isassymposium.org)
- [4] Çoşlu, E. (2013). Veri madenciliği, XV. Akademik Bilişim Konferansı, Antalya, Türkiye, 615-619.
- [5] Gibert, K., Izquierdo, J., Sanchze Marre, M., Hamilton, S.H., Rodriguez-Roda, I., & Holmez, G. (2018). Which method to use? an assessment of data mining methods in environmental data science. *Environmental Modelling & Software*, 110, 3–27. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.09.021>
- [6] Bardak, T., & Bardak, S. (2019 11-13 June). Veri madenciliğine dayalı olarak sanal ve geleneksel mağaza memnuniyetinin değerlendirilmesi [Conference presentation]. 8th International Vocational Schools Symposium, Turkey. <https://www.umyos.org/>
- [7] Thorleuchter, D., & Poel, D.V. (2013). Web mining based extraction of problem solution ideas. *Expert Systems with Applications*, 40(10), 3961–3969. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.013>
- [8] Mobasher, B., Cooley, R., & Srivastava, J. (2000). Automatic personalization based on web usage mining. *Communications of the ACM*, 43(8), 142-151. <https://doi.org/10.1145/345124.345169>
- [9] Bardak, S., & Bardak, T. (2019, November 22-24). Mobilya ürünlerine olan talebin web madenciliği ile değerlendirilmesi [Conference presentation]. 4th International Symposium on Innovative

Approaches in Engineering and Natural Sciences (ISAS WINTER-2019), Turkey.  
<http://www.isassymposium.org/>

- [10] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- [11] Mitchell, T.M. (1999). Machine learning and data mining. *Communications of the ACM*, 42(11), 4-9. <https://doi.org/10.1145/319382.319388>
- [12] Ankaralı, E., & Külçü, Ö. (2020). Rapidminer ile twitter verilerinin konu modellemesi, *Bilgi Yönetimi Dergisi*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.33721/by.641878>
- [13] Bifet, A., & Frank, E. (2010, October 6-8). Sentiment knowledge discovery in twitter streaming data [Conference presentation]. In International Conference On Discovery Science. Australia.
- [14] Bardak, S., & Bardak, T. (2019, November 22-24). Twitter verilerine dayalı olarak üniversite algısının değerlendirilmesi [Conference presentation]. 4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences (ISAS WINTER-2019), Turkey. <http://www.isassymposium.org/>
- [15] Bardak, S., & Bardak, T. (2018, 30 November-2 December). Üniversite öğrencilerinin mobilya tasarımında geometrik form tercihlerinin veri analizi ile değerlendirilmesi: Sinop Üniversitesi örneği [Conference presentation]. 2th International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS 2018- Winter), Turkey. [www.isassymposium.org](http://www.isassymposium.org)
- [16] Kaur, K. (06 Mayıs 2021). Data mining tools. <http://www.e2matrix.com/blog/2017/10/14/data-mining-tools/>
- [17] Cuesta, H.A., Coffman, D.L., Branas, C., & Murphy, H.M. (2019). Using decision trees to understand the influence of individual- and neighborhood-level factors on urban diabetes and asthma. *Health & Place*, 58, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.04.009>
- [18] Naik, A., & Saman, L. (2016). Correlation review of classification algorithm using data mining tool: weka, rapidminer, tanagra, orange and knime. *Procedia Computer Science*, 85, 662-668, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.251>
- [19] Rasjid, Z.E., & Setiawan, R. (2017). Performance comparison and optimization of text document classification using k-nn and naïve bayes classification techniques. *Procedia Computer Science* 116, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.017>
- [20] Ristoski, P., Bizer, C., & Paulheim, H. (2015). Mining the web of linked data with RapidMiner. *Journal of Web Semantics*, 35 (3), 142-51. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2015.06.004>



## Sarıkum Gölü'nde (Sinop) Ötrofikasyona Neden Olan Bazı Besin Tuzlarının ve Fizikokimyasal Parametrelerin İncelenmesi

Zeynep HASANÇAVUŞOĞLU<sup>1</sup> ve Ayşe GÜNDOĞDU

How to cite: Hasançavuşoğlu, Z., & Gündoğdu, A., (2021). Sarıkum Gölü'nde (Sinop) ötrofikasyona neden olan bazı besin tuzlarının ve fizikokimyasal parametrelerin incelenmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 115-129. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.912499>

### Araştırma Makalesi

#### Sorumlu Yazar

Zeynep HASANÇAVUŞOĞLU  
zeynepbozdogan@sinop.edu.tr

#### Yazarlara ait ORCID

Z. H.: 0000-0002-4564-012X  
A. G.: 0000-0003-1323-1003

Received: 09.04.2021

Accepted: 29.09.2021

### Öz

Sinop il sınırları içerisinde bulunan Sarıkum Gölü'nde ötrofikasyona neden olan bazı besin tuzlarının (amonyum, nitrit, nitrat, fosfat, silisyum) ve fiziko-kimyasal parametrelerin (pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, tuzluluk, askıda katı madde, klorofil-a) su kalitesi yönünden incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma bir yıl boyunca mevsimsel olarak yapılmıştır. Çalışma sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Sarıkum Gölü'nün su kalitesinin çözülmüş oksijen değeri sınıf II ve III, fosfat değeri sınıf III ve ötrofik olduğu, nitrit ve klorofil-a değerleri bakımından hipertrofik özellikte olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin konsantrasyon düzeylerinin düşük veya yüksek olması nedeni ile göl ekosisteminin, özellikle tarımsal kirlilik baskısı altında olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ötrofikasyon, besin tuzları, fiziko-kimyasal parametreler, Sarıkum Gölü

## Investigation of Some Nutrient Salts and Physicochemical Parameters Causing Eutrophication in Sarıkum Lake (Sinop)

<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Sinop, Türkiye

### Abstract

It is aimed to examine and evaluate the nutrient salts (ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, silicon) and some physico-chemical parameters (pH, temperature, dissolved oxygen, salinity, suspended solid, chlorophyll-a) that cause eutrophication in Sarıkum Lake, which is located in Sinop province, in terms of water quality. The study was carried out seasonally for a year. The results of the study were evaluated according to the Water Pollution Control Regulation and the Surface Water Quality Regulation. It has been determined that the current water quality of Sarıkum Lake has class II and III dissolved oxygen, phosphate values has III class and has hypertrophic properties in terms of nitrite and chlorophyll-a values. Due to the low or high concentration levels of these parameters, it has been determined that the lake ecosystem is under pressure especially of agricultural pollution.

**Keywords:** Eutrophication, nutrient, physicochemical parameters, Sarıkum Lake

Bu çalışma Creative Commons Attribution 4.0 International License ile lisanslanmıştır



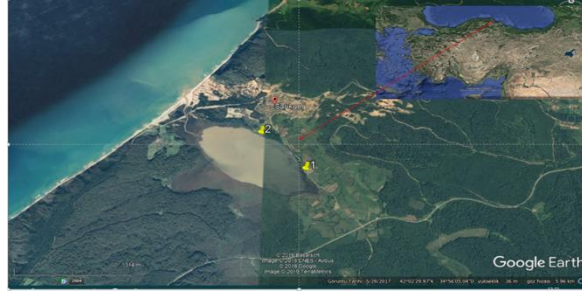
## **Giriş**

Sulak alanlar ekolojik oluşumları açısından önemli fonksiyonlara sahiptir. Bataklık ya da sazlık olarak tanımlanan sulak alanlar özellikleri, yararları ve içerdikleri biyolojik çeşitlilik yönünden büyük bir öneme sahiptirler. Geniş çeşitliliğe sahip olmaları nedeni ile flora ve fauna için yaşam alanı sağlamakta, kirlenmiş suların temizlenmesi ile ilgili hidrolojik ve kimyasal döngülerde, önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Sulak alanlar, karbondioksit ve su döngüsündeki önemi nedeniyle de önemli üretim alanlarıdır [1-3]. Sucul ekosistemi tehdit eden sorunlardan birisi de ötrofikasyondur. İnsan kaynaklı besin elementi girişi ile oluşan aşırı alg ve su bitkisi çoğalması olarak bilinen ötrofikasyon, günümüzde yüzeysel suların kalitesini etkileyen en önemli ve yaygın olaylardan biridir [4]. Ötrofikasyon; sucul sisteme deterjanlar, gübreler veya kanalizasyon yoluyla yapay veya doğal besleyici elementlerin eklenmesine ekosistemin tepkisidir [1]. Ayrıca su ekosistemlerinde evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlenme sonucu oluşan ötrofikasyon ile ortamda azot ve fosfor gibi nutrient maddelerin çoğalması belirli alg türlerinin aşırı üremesine neden olmaktadır. Bu aşırı üreme göldeki oksijen dengesini bozmakta ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir [5]. Sulak alanların ekolojik denge açısından önemli ve gerekli olduklarının anlaşılması üzerine, tabiatı koruma alanlarından olan Sarıkum Gölü'nde farklı incelemeler yapılmıştır. Karaduman [6], Sarıkum Gölü'nün su yüzeyi ve su tabanı ile ilgili çeşitli analizler yapmıştır. Öztürk [7] tarafından yapılmış olan çalışmada, Sarıkum Gölü çevresinde bulunan yüksek su bitkileri, sucul ekosistem ve gölde bulunan planktonik organizmaları tespit etmiş ve Byfield 1994 [8] yılında Sarıkum kumullarındaki florayı araştırmıştır. Akbulut 1996 [9] yılında bir ön araştırma olarak Sarıkum Gölü ve çevre su birikintilerinde bulunan makrobentik fauna üzerine çalışma yapmıştır. Ozaner 1998'de [10] bölgenin kumul alanları ve jeomorfolojisi hakkında incelemeler yaparken, aynı yıl içerisinde Ertan vd. göl ekosisteminin oluşmasında büyük önem taşıyan göçmen kuşların ve göl çevresinde sürekli olarak bulunan kuşların varlığını tespit etmişlerdir [11]. Yardım vd [12], Sarıkum Gölü'nde sıcaklık, tuzluluk, pH ve oksidasyon redüksiyon değerlerini ölçerek sediman, su kalitesi, makrobentik mollusca ve crustacea faunasını incelemişlerdir. Öztekin 2016 [13] yılında Sinop Sarıkum lagününde makro deniz çöpleri için sahil ve deniz tabanındaki çöplerin istasyonlar arası ve zamana bağlı olarak değişimleri, miktarları, dağılımları, kompozisyonlarını ve orjinlerini belirlemiş, Hasançavuşoğlu ise 2018'de [14] Sarıkum Gölü'nde ötrofikasyona neden olan kirleticilerin ve kaynaklarının durumunu araştırmıştır. Önemli su kaynaklarından olan göller etraflarındaki arazilerden süzülen drenaj suları ile veya gölü besleyen akarsular ile taşınan kirliliğe maruz kalmaktadır. Göllerin kirlilik unsurları açısından değerlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Bu amaçla Türkiye'deki önemli sulak alanlardan biri olan Sarıkum Gölü'nde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde bazı besin tuzları ve fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

## **Materyal ve Metot**

### **Çalışma Alanı**

Ülkemizde uluslararası öneme sahip sulak alanlardan olan ve Tabiatı koruma alanları içerisinde bulunan Sarıkum Gölü; Sinop Yarımadasının batısında yer alır ve il merkezine 21 km uzaklıktadır. Gölün uzunluğu 2 km, genişliği 750 m, alanı 400 ha' dır. Esas olarak güneyden Dereönü ve doğudan da Keçi Deresi ile küçük akarsularla beslenen göl fazla sularını, kuzey kesiminde bulunan bir kanal ile denize ulaştırmaktadır. Bunlar mevsimlik akarsular olup, yazın kurumaktadırlar [15]. Kasım 2016 tarihinde başlanan bu çalışma, belirlenen noktalardan alınan su örneklerinde çeşitli fiziko-kimyasal özellikleri incelemek amacıyla sekiz kez örnekleme yapılmış ve arazi - laboratuvar çalışmaları mevsimsel olarak bir yıl devam etmiştir. Sarıkum Gölü'nü temsil edebilecek alanlardan, Göl ortası (1.İstasyon) ve Göl kıyısı (2. İstasyon) olarak iki istasyon belirlenmiştir. Çalışmaya ait istasyonlar ve koordinatları (Şekil 1) gösterilmiştir.



**Şekil.1.** Sarıkum Gölü araştırma istasyonları 1:  $42^{\circ}01'07.70''K34^{\circ}55'16.90''D$ ;2: $42^{\circ}00'47.80''K-34^{\circ}55'43.00''D$

Numunelerin tümü her analiz için farklı olan 1 ve 5 litrelik koyu renkli cam şişelere ve plastik su numune kaplarına konulmuştur. Analiz yapılırken numunenin herhangi bir fiziksel veya kimyasal değişime uğramaması için gerekli önlemler alınarak analizler yapılmıştır [16].

### **Fiziko-Kimyasal Analizler**

Çalışmada, pH, sıcaklık ( $^{\circ}C$ ), çözünmüş oksijen (ÇO: mg/L), tuzluluk (Psu: ppt: %0), Hanna Multiparametre cihazı ile arazide anlık ölçümleri yapılmıştır. Laboratuvarda gerçekleştirilen askıda katı madde (AKM), klorofil-*a* tayini ve besin tuzları analizleri; Amonyum ( $NH_4^+-N$ ), Nitrit ( $NO_2^-N$ ), Nitrat ( $NO_3^-N$ ), Fosfat ( $PO_4^{-3}-P$ ), Silisyum ( $SiO_4^{-2}$ ) olarak spektrofotometrik yöntemlerle Rayleigh UV-726 marka spektrofotometre cihazı ile standart metodlara göre Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde bulunan laboratuvarlarda yapılmıştır [17-21].

### **İstatistiksel Analizler**

Çalışmada yapılan fiziko-kimyasal ve besin tuzları parametrelerinden elde edilen bulgular Minitab 17 paket istatistik programı kullanılarak istasyonlar arasında ve mevsimler arasında önemli farklılığın saptanması amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Anlamlı farklılıkların hangi istasyonlarda ve

mevsimlerde olduğunun belirlenmesi amacıyla da “Tukey Testi” uygulanarak katsayılarının değerleri  $P < 0.05$  istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak yapılan analizlerin konsantrasyonlar arası ilişkilerini değerlendirmek amacıyla korelasyon matrisleri oluşturularak korelasyon katsayılarının değerleri ( $P < 0.05$ ,  $P \leq 0.01$ ) istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $P > 0.05$  hariç).

## Bulgular ve Tartışma

Arazi çalışmalarının yapıldığı Kasım 2016 – Ağustos 2017 yılları arasında 1 yıllık dönem boyunca gölün belirlenen istasyonlarından alınan su örneklerinde, mevsimsel olarak incelenen bazı besin tuzları ve fiziko-kimyasal parametrelerden elde edilen ölçüm ve analiz sonuçlarına; çift yönlü ANOVA (Tukey) testi (Tablo 1 ve 2) uygulanmış ve korelasyon matrisleri (Tablo 3) oluşturulmuştur. Sarıkum Gölü’nde mevsimsel olarak incelenen bazı besin tuzları ve fiziko-kimyasal parametrelerden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve sınıflandırılması Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği kalite kriterleri sınıflarına göre yapılmıştır [22, 23]. Elde edilen sonuçlarda istasyonlar ve mevsimler dikkate alındığında grupların ortalama değerlerinin mevsimler arası ve istasyonlar arası istatistiksel farklılıkları (Tablo 1, 2) gösterilmiştir

**Tablo 1.** Sarıkum Göl’ü 1. istasyon bazı besin tuzları ve fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi

Parametreler	Mevsimler			
	Sonbahar Ort $\pm$ S.H	Kış Ort $\pm$ S.H	İlkbahar Ort $\pm$ S.H	Yaz Ort $\pm$ S.H
pH	8.44 $\pm$ 0.141 <sup>aA</sup>	8.33 $\pm$ 0.191 <sup>abA</sup>	8.09 $\pm$ 0.052 <sup>bA</sup>	8.66 $\pm$ 0.069 <sup>aA</sup>
Sıcaklık (°C)	13.05 $\pm$ 1.752 <sup>bA</sup>	7.45 $\pm$ 0.956 <sup>cA</sup>	14.10 $\pm$ 0.857 <sup>bA</sup>	27.2 $\pm$ 0.009 <sup>aA</sup>
Çözünmüş oksijen (mg/L)	3.64 $\pm$ 0.139 <sup>bAB</sup>	4.94 $\pm$ 0.153 <sup>aAB</sup>	3.05 $\pm$ 0.976 <sup>bAB</sup>	1.83 $\pm$ 0.433 <sup>bAB</sup>
Tuzluluk (psu, ppt)	1.81 $\pm$ 0.141 <sup>ab</sup>	1.2 $\pm$ 0.572 <sup>bb</sup>	5.076 $\pm$ 0.505 <sup>aB</sup>	4.68 $\pm$ 0.228 <sup>abB</sup>
Askıda Katı Madde (mg/L)	0.02 $\pm$ 0.002 <sup>aAB</sup>	0.04 $\pm$ 0.015 <sup>aAB</sup>	0.04 $\pm$ 0.015 <sup>aAB</sup>	0.01 $\pm$ 0.001 <sup>bAB</sup>
Klorofil- <i>a</i> ( $\mu$ g/L)	7.50 $\pm$ 0.921 <sup>aA</sup>	7.63 $\pm$ 1.399 <sup>aA</sup>	5.97 $\pm$ 0.035 <sup>aA</sup>	12.06 $\pm$ 0.691 <sup>aA</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)	0.24 $\pm$ 0.013 <sup>aAB</sup>	0.04 $\pm$ 0.018 <sup>bAB</sup>	< 0	0.01 $\pm$ 0.014 <sup>abAB</sup>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	0.10 $\pm$ 0.001 <sup>bA</sup>	0.17 $\pm$ 0.005 <sup>aA</sup>	0.08 $\pm$ 0.011 <sup>bcA</sup>	0.02 $\pm$ 0.000 <sup>cA</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	0.06 $\pm$ 0.007 <sup>aB</sup>	0.02 $\pm$ 0.009 <sup>aB</sup>	< 0	< 0
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P (mg/L)	0.27 $\pm$ 0.013 <sup>bc</sup>	0.29 $\pm$ 0.004 <sup>aC</sup>	0.12 $\pm$ 0.013 <sup>bc</sup>	0.06 $\pm$ 0.008 <sup>cC</sup>
Silisyum (mg/L)	1.90 $\pm$ 0.002 <sup>ab</sup>	2.03 $\pm$ 0.000 <sup>aB</sup>	1.23 $\pm$ 0.002 <sup>aB</sup>	1.09 $\pm$ 0.043 <sup>bb</sup>

a, b, c harfleri sütunlar (Mevsimler ) arasındaki farklılığı; A, B, C harfler ise satırlar (İstasyonlar ) arası farklılığı ifade etmektedir. S.H: Standart Hata

Tablo 2. Sarıkum Göl'ü 2. istasyon bazı besin tuzları ve fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi

Parametreler	Mevsimler			
	Sonbahar Ort ± S.H	Kış Ort ± S.H	İlkbahar Ort ± S.H	Yaz Ort ± S.H
pH	7.94±0.006 <sup>aA</sup>	8.25±0.277 <sup>abA</sup>	8.18±0.006 <sup>bA</sup>	9.21±0.133 <sup>aA</sup>
Sıcaklık (°C)	12.50±0.967 <sup>bA</sup>	7.20±0.921 <sup>cA</sup>	14.62±0.762 <sup>bA</sup>	27.02±0.153 <sup>aA</sup>
Çözünmüş oksijen (mg/L)	2.95±0.052 <sup>bAB</sup>	5.06±0.185 <sup>aAB</sup>	3.46±0.808 <sup>bAB</sup>	3.61±0.445 <sup>bAB</sup>
Tuzluluk (psu, ppt)	2.60±0.035 <sup>aB</sup>	1.34±0.673 <sup>bB</sup>	5.26±0.193 <sup>aB</sup>	4.45±0.107 <sup>abB</sup>
Askıda Katı Madde (mg/L)	0.02±0.006 <sup>aAB</sup>	0.03±0.000 <sup>aAB</sup>	0.02±0.009 <sup>aAB</sup>	0.02±0.007 <sup>bAB</sup>
Klorofil- <i>a</i> (µg/L)	18.63±5.880 <sup>aA</sup>	6.88±3.381 <sup>aA</sup>	2.54±0.159 <sup>aA</sup>	6.57±2.683 <sup>aA</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)	0.30±0.014 <sup>aA</sup>	0.01±0.013 <sup>bA</sup>	0.06±0.007 <sup>bA</sup>	0.00±0.011 <sup>abA</sup>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	0.08±0.005 <sup>bA</sup>	0.17±0.001 <sup>aA</sup>	0.06±0.006 <sup>bcA</sup>	0.03±0.002 <sup>cA</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	< 0	0.06±0.002 <sup>aB</sup>	0.03±0.020 <sup>bB</sup>	< 0
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P (mg/L)	0.21±0.005 <sup>bc</sup>	0.28±0.003 <sup>ac</sup>	0.08±0.013 <sup>bc</sup>	0.07±0.013 <sup>cc</sup>
Silisyum (mg/L)	2.02±0.019 <sup>aB</sup>	1.94±0.008 <sup>aB</sup>	1.49±0.010 <sup>aB</sup>	0.93±0.002 <sup>bb</sup>

a, b, c harfleri sütunlar (Mevsimler ) arasındaki farklılığı; A, B, C harfler ise satırlar (İstasyonlar ) arası farklılığı ifade etmektedir. S.H: Standart Hata

Çift yönlü ANOVA test sonuçlarına göre istasyonlar ve mevsimler arası farklılığın ( $p < 0,05$ ) anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın ise istasyonlar arası farklılığın ( $F_{ist}=1.71$ ;  $P_{ist}=0.131$ ;  $P > 0,05$ ) önemsiz, mevsimler arası ( $F_{mev}=149.43$ ;  $P_{mev}=0.000$ ;  $P < 0,05$ ) önemli olduğu, klorofil-*a* değerinin ise mevsimler ( $_{mev}$ ) arasındaki farklılıkların ( $F_{mev}=2.71$ ;  $P_{mev}=0.051$ ;  $P > 0,05$ ) önemsiz olduğu istasyonlar ( $_{ist}$ ) arası farklılığın ( $F_{ist}=6.62$ ;  $P_{ist}=0.000$ ;  $P < 0,05$ ) anlamlı olduğu saptanmıştır. Çalışmada belirlenen fiziko-kimyasal parametre (pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, AKM, klorofil-*a* tayini, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>-P ve SiO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) değerleri arasındaki korelasyon Tablo 3'te gösterilmiştir. Sıcaklık ( $_{sic}$ ) ve tuzluluk ( $_{tuz}$ ) değerleri ile PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> ( $r_{sic} = -0.834$ ,  $P < 0,05$ ;  $r_{tuz} = -0.961$ ;  $P < 0,01$ ), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $r_{sic} = -0.881$ ;  $r_{tuz} = -0.845$ ;  $P < 0,01$ ) ve SiO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ( $r_{sic} = -0.872$ ;  $r_{tuz} = -0.850$ ;  $P < 0,01$ ) arasındaki korelasyonun istatistiksel açıdan önemli ve ters orantılı ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ÇO ile sıcaklık ( $r_{sic} = -0.711$ ;  $P < 0,05$ ) değerleri arasında ters orantılı bir ilişki elde edilmiş olmasına rağmen, ÇO ile PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> ( $r = 0.724$ ;  $P < 0,05$ ) ve NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $r = 0.874$ ;  $P < 0,01$ ) değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Karkamış Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada ÇO ile PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> ve NO<sub>2</sub><sup>-</sup> arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiş ve pozitif (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>  $r = 0.0092$ ; NO<sub>2</sub><sup>-</sup>  $r = 0.1292$ ) ilişki bulunmuştur [24]. Bu durum gazların sudaki çözünürlüğünün sıcaklıkla ters orantılı olması ve kimyasal maddelerin çözünürlüğünün ise sıcaklıkla artmasıyla ilişkilendirilebilir. Üstelik fosfat ve nitrit iyonları oksijenin mevcut olduğu ortamlarda oksidasyon ürünleri olarak bulunabilirler, aksi takdirde indirgenme reaksiyonu ile farklı ürünlere dönüşebilirler. Ayrıca NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sularda NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ile NO<sub>3</sub><sup>-</sup> arasındaki geçiş formudur. Su ortamlarında NO<sub>2</sub><sup>-</sup>'in bulunması, genellikle sulara organik madde karışığının bir göstergesidir. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>'in oksidasyonu

sonucunda NO<sub>2</sub><sup>-</sup> oluştuğundan, sulara ÇO miktarının azalmasına neden olabilmektedir [24]. Suyun asit veya baz özelliğinin bir göstergesi olan pH, canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerden biridir ve herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan göl sularının pH değeri 6–9 arasında değişmektedir. Birçok balık türü pH 6.5-8.5 aralığında olan sulara iyi bir gelişim gösterirken [25, 26], pH'ı 10.8'den yüksek ve 5.0'dan düşük sular sazangiller (özellikle sazan) için öldürücü etki yaratmaktadır [27]. Sarıkum Gölü'nde yapılan fiziko-kimyasal ölçümlerin sonuçlarına göre suyun en yüksek pH değeri 9.21 ile 2 no'lu istasyonda yaz mevsiminde, en düşük değeri ise sonbahar mevsiminde 7.94 ile yine 2 no'lu istasyonda (Tablo 2) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler göl suyunun hafif bazik pH değerine sahip olduğunu göstermektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kalite kriterleri açısından, örnekleme süresince ölçülen pH değerlerine göre II. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Sinop ili Sırankağaçlar Deresi'nde yapılmış olan çalışmada pH değeri 7.57 [28]; Doğu Karadeniz Havzası akarsularında gerçekleştirilen çalışmada pH değeri 7.78 [29]; Gaga Göl'ünde gerçekleştirilmiş çalışma sonunda pH değeri 8.28 [30] olarak tespit edilmiştir. Farklı bölgelerde nehir ve göllerde yapılmış olan çalışmalarda pH değerlerinin çalışma sonuçlarımızla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Su sıcaklığı, sucul ortamlarda çözülmüş oksijen ve birçok fiziksel su özelliklerini doğrudan değiştirirken sucul canlıların maksimum yaşam koşullarını ve birçok biyokimyasal süreci etkileyen bir parametredir [31]. Bu nedenle su sıcaklığı su kalitesi çalışmalarında incelenen önemli fiziksel parametrelerin başında gelir. Sarıkum Gölü'nde seçilen istasyonların sıcaklığı ise 7.20 - 27.17 °C arasında değişmektedir (Tablo 1-2). Gölün bir yıllık sıcaklık değerleri incelendiğinde, yaz aylarında su sıcaklığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre gölün su kalitesi [22] I. Sınıftır (Tablo 4). Sinop Sarıkum Gölü'nde gerçekleştirilmiş çalışma sonucu ortalama sıcaklık değeri 17.1 °C [8]; Giresun ili Çanakçı Deresi'nde yapılmış çalışmada ise sıcaklık 13 °C [32] olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda sıcaklık değerleri, çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermektedir. Ölçülen sıcaklık farklılıkları gölde yaşayan sucul canlıları olumsuz yönde etkileyecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

**Tablo 3. İstasyonlardaki fiziko-kimyasal ve besin tuzları parametrelerinin arasındaki korelasyon**

	pH	Sıcaklık	Ç.O	Tuzluluk	AKM	Klorofil-a	Amonyum	Nitrit	Nitrat	Fosfat
<b>Sıcaklık</b>	0.746*									
<b>Ç.O</b>	-0.091	-0.711*								
<b>Tuzluluk</b>	0.211	0.679	-0.697							
<b>AKM</b>	-0.347	-0.667	0.632	-0.398						
<b>Klorofil -a</b>	-0.217	0.079	-0.397	-0.238	-0.273					
<b>Amonyum</b>	-0.395	-0.263	-0.136	-0.383	-0.242	0.613				
<b>Nitrit</b>	-0.410	-0.881**	0.874**	-0.845**	0.711*	-0.116	0.019			
<b>Nitrat</b>	-0.189	-0.587	0.631	-0.582	0.160	-0.413	0.127	0.624		
<b>Fosfat</b>	-0.410	-0.834 *	0.724*	-0.961**	0.549	0.137	0.398	0.905**	0.631	
<b>Silisyum</b>	-0.639	-0.872**	0.577	-0.850 **	0.342	0.270	0.588	0.792*	0.571	0.909**

P>0.05; \*P<0.05; \*\*P≤0.01

Sucul canlılar için yaşamsal önemi olan çözülmüş oksijen konsantrasyonu, su ortamında organik madde miktarının ve kirlenme düzeyinin bir ölçüsüdür [33].

Çözünmüş oksijen sıcaklığın yanında bitkilerin fotosentez hızına ve göllerin trofik düzeyine bağlı olarak farklılık gösterir. Suyun oksijen tutma kapasitesi sıcaklık, basınç ve su içinde erimiş halde bulunan tuzlardan etkilenmektedir. Balık yetiştirilen suların oksijenle doymuş olması arzulanır [34]. Sarıkum Gölü'nde su seviyesi farklılık gösterdiğinden dolayı istasyonlardan alınan su örneklerinde çözünmüş oksijen değerlerinde de farklılık görülmektedir. Yaptığımız araştırma sonuçlarına göre ÇO miktarı en yüksek 5.06 mg/L kış mevsiminde 2 no'lu istasyonda (Tablo 2) en düşük değer ise 1.83 mg/L olarak 1 no'lu istasyonda (Tablo 1) yaz mevsiminde olduğu ve ÇO miktarı mevsimsel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Oksijen çözünürlüğü sıcaklık ile ters orantılı olduğu için kış aylarında çözünmüş oksijen değeri daha yüksek değerler almış olması olağandır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne [22] göre ölçülen ÇO II (az kirlenmiş) ve III. (kirlenmiş) sınıf su kalite kriterlerine uymaktadır (Tablo 4). Bu durumda her iki su kaynağının çözünmüş oksijen değerlerinin düşük olduğunu ve su ekosistemini olumsuz etkileyebileceği fikrini güçlendirmektedir. Trabzon Uzun Göl'de yapılmış çalışmada çözünmüş oksijen değerlerinin 3.72-13.13 mg/L [35]; Ordu Ulu Göl'deki çözünmüş oksijen miktarının ise 8.4-11.3 mg/L aralığında olduğu [34]; Zonguldak Dereköy Gölet'inde gerçekleştirilen çalışmada çözünmüş oksijen miktarının 10.24 mg/L olduğu [36] saptanmıştır.

Gölün çevresindeki tarımsal alanlarda kullanılan doğal ve suni gübrelerin, evsel atık suların gölün fiziko-kimyasal yapısında etkili olduğu, göle kaynak oluşturan deniz bağlantı kanalından deniz suyunun göl suyuna karışması nedeni ile tuzluluk miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Sarıkum Gölü'nde ölçülen tuzluluk değerlerine bakıldığında en yüksek değer ilkbahar mevsiminde 2 no'lu istasyonda 5.26 psu en düşük değer ise kış mevsiminde 1 no'lu istasyonda 1.2 psu olarak ölçülmüştür (Tablo 2). 2 nolu istasyonun tuzluluk değerinin yüksek çıkmasının nedeni; seçilen bu istasyonun göle deniz bağlantı kanalı olan bölgeye daha yakın olmasıdır. Bu kanalın dönem dönem açılarak göle deniz suyu taşınması sonucu, gölün tuzluluk değerinde artışa neden olduğu saptanmıştır. AKM suda partikül halinde bulunan organik ve inorganik maddelerin miktarı hakkında bilgi verir ve kirlilik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [37]. AKM alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla da taşınır. Bunun sonucunda suyun bulanıklığı artar, ışık geçirgenliği azalır ve bu etkiler fotosentez olayını yavaşlatır, aynı zamanda sedimantasyon sonucu tabanda yaşayan bentik canlıların substratları olumsuz etkilenir. AKM değerinin, 25–80 mg/L arası normal olduğu, 80 mg/l'nin üstündeki değerlerin sudaki canlılar açısından sakıncalı olabileceği belirtilmektedir [34].

**Tablo 4.** Sarıkum Gölü'nün su kirliliği kontrolü yönetmeliği ve yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliği verilerine göre sonuçları

Su Kalitesi Sınıfları						
Su Kalite Parametreleri	I (Yüksek Kalite)	II (Az kirli)	III (Kirli)	IV (Çok kirli)	Mevsimsel Ortalama Değerleri	
pH*	6.5-8.5	6.5-8.5	9	6-9 dışında	8.39±0.11	II
Sıcaklık (°C)*	≤ 25	≤ 25	30	>30	15.39±0.80	I
ÇO (mg/L) **	>8	6	3	>3	3.57±0.40	II-III (Ötrofik)
Amonyum (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)*	0.2	1	2	>2	0.08±0.01	I
Nitrit (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L) **	0.002	0.01	0.05	>0.05	0.09±0.00	IV Hipertrofik
Klorofil- <i>a</i> (µg/L)	<1 Oligotrofik	1 Mezotrofik	3 Ötrofik	>3Hipertrofik	8.47±1.89	Hipertrofik
Fosfat TP (µg/L)**	0.05	0.16	0.65	>0.65	0.17±0.02	III Ötrofik

\*pH, sıcaklık, ÇO, amonyum azotu, nitrit azotu, fosfat fosforu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [22] \*\*Nitrit azotu, fosfat fosforu, klorofil-*a*, Yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri, Karadeniz kıyı suları ötrafikasyon ve göl, gölet ve baraj gölleri ötrafikasyon kriterleri [23]

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kabul edilebilir AKM sınır değer 10 mg/L 'dir [36]. Sarıkum Gölü'nde AKM değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en düşük değeri 0.013 mg/L ile 1 no'lu istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek değeri 0.04 mg/L ile yine 1 no'lu istasyonda ilkbahar mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu değerlerin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde [22] belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5-15 mg/L) altında olduğu, belirlenen istasyonda AKM yüksek değerlerde olmadığını ortaya koymaktadır. Sarıkum Gölü'nde Klorofil-*a* (µg/L) değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en düşük değeri 2.54 µg/L ile 2 no'lu istasyonda ilkbahar mevsiminde, en yüksek değeri 18.63 µg/L ile 2 no'lu istasyonda sonbahar mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada klorofil-*a* değeri Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre hipertrofik göl [23] sınıfında yer aldığı (Tablo 4) tespit edilmiştir. Göllerde ölçülen ortalama toplam fosfat derişimi ile ortalama klorofil-*a* derişimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır [21]. Çalışmada klorofil-*a* değerinin NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> ve SiO<sub>4</sub><sup>-2</sup> arasındaki ilişki pozitif iken, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı sonucuna varılmıştır (P<0.05; Tablo 3). Bulut ve Kubilay [38], Isparta Eğirdir Gölü'nde yaptıkları çalışma da klorofil-*a* değerlerini 2.31 (µg/L) olduğunu; Hakverdioğlu'nun [39] Boraboy Gölü'nde (Amasya) yapmış olduğu çalışma sonucunda 0-9.48 (µg/L) aralığında olduğunu bulmuşlardır. Yapılan çalışmaların bölgesel farklılıklardan dolayı değerlerin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. İnorganik azot ve azot bileşikleri sularda çözünmüş gaz halinde, çözünmüş veya asılı organik bileşik ve mineral şeklinde bulunabilir. Doğal sularda yaygın bulunan azotlu bileşikler, amonyum azotu, nitrit ve nitratdır. Bu bileşikler ölçülerek suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Bu azotlu maddelerin kaynağı yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot ve toprak yapısında bulunan nitrat tuzları olabildiği gibi; tarımsal etkinlikler sırasında topraktan yıkanan evsel ve endüstriyel atıklardan suya karışan

bileşikler de olabilir. Ayrıca azot bağlayan mavi- yeşil alg türlerinin atmosferik azotu bağlaması da söz konusudur [40, 34].

Amonyum ve nitrat iyonları birçok yüksek bitkiler ve algler tarafından doğrudan alınabilir. Amonyum, alg büyümesini hızlandırmasının yanında suda oksijen tüketimini artırması ile sucul ortamı etkilemektedir [41]. Oksijenin tükenmesi halinde, sucul yaşamın önemli bir bölümünün ani ölümüne ve ortamda uzun süreli anaerobik durumların ortaya çıkmasına neden olduğu belirlenmiştir [21]. İstasyonlardan alınan su örneklerinin analizleri sonucunda; amonyum azotu tüm mevsimlerde değişken olup elde edilen veriler incelendiğinde en düşük değeri 0.00 mg/L ile 1 no'lu istasyonda ilkbahar mevsiminde, en yüksek değeri 0.3004 mg/L ile 2 no'lu istasyonda sonbahar mevsiminde olduğu bulunmuştur. Amonyum, birçok alg ve yüksek yapılı bitki tarafından direkt olarak ve sucul canlıların atık maddesi olarak tekrar organizmalar tarafından alınabilmektedir. [42]. Dolayısıyla sonbahar ve kış mevsiminde yağın yağış ve erimeye başlayan kar suları oksijen miktarını artırarak sudaki amonyak miktarını düşürmektedir. Tablo 4'de görüldüğü üzere oksijenle amonyak arasında negatif bir ilişki vardır. Ateş ve Ertan'ın [43], Isparta Paragözü Kaynağı'nda yaptıkları çalışmada Amonyum değerini <0.006 mg/L 'nin altında, Dinçer'in [32] Giresun Çanakçı Deresi'nde yaptığı çalışmada ise 0.67 mg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilmiş verilere göre Sarıkum Gölü suyunun amonyum azotu değerleri bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kalite sınıfı I'dir (Tablo 4).

Nitrit, amonyumun nitrata dönüşümünde biyolojik oksidasyon ara ürünüdür. Nitrit azotu değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en düşük değeri 0.027 mg/L ile 1 no'lu istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek değeri 0.178 mg/L ile 2 no'lu istasyonda kış mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Kış mevsiminde artan çözülmüş oksijen miktarına bağlı olarak nitrifikasyon ve denitrifikasyon olaylarının artması kararsız bir form olan nitrit miktarını doğrudan etkilemektedir. Nitritin çoğunlukla doğal sularda ve balık çiftliklerindeki konsantrasyonu düşüktür [20]. Çalışma sonucunda nitrit değerleri; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kalite sınıfları Tablo 4 'deki gibi olup hipertrofik özellik göstermektedir. Bu durum; evsel, hayvansal, tarımsal atıkların sulama kanalı veya yağmur yüzey suları ile göle taşınarak ortamda etkili olduğunu ve çevresel kirliliği göstermektedir. Nitritin çoğunlukla temiz ve doğal sularda konsantrasyonu düşüktür, fakat organik pollusyonun fazla ve oksijen miktarının düşük olduğu yerlerde yüksek konsantrasyonlara ulaştığı bilinmektedir [21]. Oksijence zengin sularda nitrat çok yaygın olup, yüzey sularında nitrat miktarı genellikle düşüktür ve derinlik arttıkça nitrat miktarı artar [21]. Nitrat azotu değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en düşük değeri 0.00 mg/L ile 1 no'lu istasyonda ilkbahar mevsiminde, en yüksek değeri 0.066 mg/L ile 2 no'lu istasyonda kış mevsiminde olduğu bulunmuştur. Nitrat azotu algal büyümeyi sınırlayabilen veya arttırabilen önemli bir faktördür. Fitoplanktonun yoğun bir şekilde gelişmesini sağlayan nitrat azotunun sulardaki normal değerleri 1-10 mg/L'dir [40]. Serdar'ın 2015 yılında [29] Doğu Karadeniz Havzası akarsularında gerçekleştirdiği çalışma sonucu nitrat değerini 0.685 mg/L; Mutlu ve Paruğ ise 2018 yılında [36]



Zonguldak Dereköy Göleti’nde gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda nitrat değerini 6.65 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Oligotrofik sularda azot miktarı düşük, ötrofik sularda ise oldukça yüksektir. Bir araştırmada *Nitrosococcus* bakterilerinin sayısındaki artışın nitrit oluşumu üzerine etkisi test edilmiştir. Artış gösteren bakteri değerine karşın nitrit konsantrasyonlarında da aynı paralellikte artış kaydedilmiştir. Azalan bakteri değerlerine bağlı olarak nitrit miktarlarında azalma gözlenmiştir. Nitrifikasyon olayında bir sonraki süreç nitritten nitrat oluşumudur. Ortamda bulunan nitrit, *Nitrobacter*’ler tarafından nitrata dönüştürülmektedir. Bu dönüşümde ortamdaki nitrit değerlerinin azalması ve nitrat değerlerinin artışının sonucu olarak değerlendirilmiştir [44]. Nitrit değerleri ile nitrat değerleri arasında ters bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Nitrifikasyon bakterileri zorunlu aerob organizmalardır [45,46]. Bu nedenle nitrifikasyon olayı ancak oksijenin var olduğu ortamlarda gerçekleşebilir [47,48]. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen değerler evsel ve tarımsal atıkların göle karıştığını ve amonyağın nitrite yükselttiğini ancak ortamdaki oksijen yetersizliğinden nitrat oluşumunun yetersiz olduğunu ve meydana gelen nitrat kirliliğinin yüksek derecede olmadığını göstermektedir.

Sularda fosfat kaynakları tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklar olup, azot ile birlikte ötrofikasyona etki etmektedir [49, 50]. Fosfat değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde ortalama değerleri 0.176 mg/L bulunurken, en düşük değeri 0.064 mg/L ile 1 no’lu istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek değeri 0.297 mg/L ile 1 no’lu istasyonda kış mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada belirlemiş olduğumuz verilerin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre kalite sınıfları Tablo 4 ’te gösterildiği gibi olup fosfat değerleri açısından III. Sınıf (kirli) su kalitesinde olduğu ve gölün ötrofik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda; Ateş ve Ertan’ın [43] Isparta Pınargözü Kaynağı’nda  $PO_4^{3-}P$  değerini  $<0.05$  mg/L olduğunu; Minareci vd.’ne [51] göre, Manisa’nın Gediz Nehrinde  $PO_4^{3-}P$  değerlerini 0.0044 -0.248 mg/L aralığında olduğunu, Gündoğdu vd.’nin 2018 yılında [52] Sinop Karasu Nehri’nde yapmış oldukları çalışmada ise 0.122-0.974 mg/L aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Sarıkum Gölü’nde yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz  $PO_4^{3-}P$  değerlerinin belirtilen değerlerin üstünde bulunması, su kaynağında çevreden gelen ve su kalitesini olumsuz etkileyen faktörlerin olması ihtimalini güçlendirmektedir.

Silisyum da diğer besleyici elementlerde olduğu gibi mevsimlere, derinliğe ve bölgelere bağlı değişimler gözlenir. Mevsimsel değişimler özellikle yüzey sularında dikkati çeker [21]. Silisyum değerlerinin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en düşük değeri 0.93 mg/L ile yaz mevsiminde 2 no’lu istasyonda, en yüksek değeri 2.03 mg/L ile kış mevsiminde 1 no’lu istasyonda olduğu belirlenmiştir. Buna neden olarak; kışın biyolojik faaliyetlerin azalmasıyla silisyum değerlerinde artışların olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca Silisyumun göl suyundaki varlığı; karasal kaynaklı girdilerden meydana geldiği ve bu girdinin oluşmasına neden olan etkenlerden birincisi sulama sularının suya geçişi ikincisi ise yıllık yağış miktarının etkisidir. Sinop ili yaz ile kış mevsimlerinde yağış miktarlarındaki farklılığın yaklaşık iki kat

olması yağışların bu bölgede etkili olduğunun göstergesidir (Tablo 5). Taş'ın [30] Ordu Gaga Gölü'nde yapmış olduğu çalışmada Si değerini 4.25 mg/L olarak, Serdar'ın [29] Doğu Karadeniz Havzası akarsularında gerçekleştirdiği çalışmada Si değerini 16.06 mg/L olarak saptamışlardır. Araştırmalarda elde edilen Silisyum değerlerinin farklılığı; çalışma bölgelerinin karasal yapı özelliklerinin ve yağış miktarlarının değişkenliği Tablo 5'te gösterildiği gibi açıklanabilir.

**Tablo 5.** Sinop ili 1991-2020 yılları arası iklim verileri (sıcaklık-yağış)

<b>İklim Verileri</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>	<b>İlkbahar</b>	<b>Yaz</b>
Sıcaklık(°C)	16.77	7.70	11.53	22.8
Yağış (mm)	83.97	77.40	43.97	37.27

Sinop ili sıcaklık ve yağış değerleri [53]

Sarıkum Gölü'nde yapılan fiziko-kimyasal parametre değerlerine bakıldığında; göle kaynak oluşturan derelerin taşımış olduğu su kirliliği, yerleşim yerlerinden gelen evsel ve tarımsal atıkların genellikle organik içerikli oldukları, göle fazla besin maddesi girişi sağlayarak su ortamındaki bazı algleri önemli derecede artırdığı ve ötrofik kirliliğe sebep oldukları gözlenmiştir.

## **Sonuç**

Ülkemiz için son derece önemli sulak alanlardan biri olan Sarıkum Gölü'nde yapılan bu çalışmada; bölgede özellikle gölün yakın çevresinde tarım alanlarında gübre kullanılmaktadır. Sonbahar mevsiminde artan yağışlarla birlikte kimyasal maddeler karasal alanlardan göl suyuna taşınmakta ve göle karışan azotlu bileşiklerle (nitrit, nitrat ve fosfat) ve klorofil-a gibi parametrelerin konsantrasyon düzeylerinin artışına neden olmaktadır. Ayrıca kış mevsiminde hava sıcaklığının düşmesi organizma faaliyetlerinin yavaşlaması ile kimyasal maddelerin canlılar tarafından kullanım oranının azalması göl suyunda kimyasal madde birikimine ve suyun kirlenmesine neden olduğunun göstergesidir. Sarıkum Gölü'nde yapılan bu çalışmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde, derinlik açısından sığ olarak tanımlayabileceğimiz bu gölde, fiziko-kimyasal parametrelerden azotlu bileşik değerleri yüksek bulunmuştur. İki farklı istasyonda yapılan çalışmada göl ortasında bulunan 1. istasyonun deniz ile bağlantı kanal yolunun açık olduğu dönemlerde göle tuzlu suyun girmesi, göl etrafında bulunan derelerden gelen kirliliğin etkisinde olması, evsel atıkların göle deşarj edilmesi ve tarımsal sulamalarla gelen azotlu kirliliğe maruz kalması bu iki istasyonda çözünmüş oksijen, klorofil-a, fosfat gibi değerlerin birbirinden farklı görülmesindeki nedenler arasında sayılabilir. Bu değerlerin yüksek görülmesinde etkili olabilecek diğer faktörler (örneğin gölün biyolojik canlı kompozisyonu açısından da incelenmesi) göz ardı edilmeksizin, gelecekte sediment kalite değişimlerinin izlenmesi ve değerlendirmesi gerekmekte ve bu sulak alanda ötrofikasyonda en etkili faktörün ortaya çıkarılmasıyla gölün sürekliliğinin sağlanabilmesi ve su kalitesinin korunması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmadaki fiziko-kimyasal analizler gölde ileride yapılacak çalışmalara bir destek verisi oluşturacaktır.

***Teşekkür*** Çalışma, “Sarıkum Gölü”nde Ötrofikasyona Neden Olan Kirleticiler ve Kaynakları” adlı Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tez verilerinden üretilmiştir. Katkılarından dolayı Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’ne teşekkür ederiz.

***Fon/Finansman bilgileri*** Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

***Etik Kurul Onayı ve İzinler*** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

***Çıkar çatışmaları/Çatışan çıkarlar*** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

***Yazarların Katkısı*** Çalışmada 1. yazar %60 oranında, 2.yazar %40 oranında katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

### **Kaynaklar**

- [1] Findlay, S., & Sinsabaugh, R. L. (2003). Aquatic Ecosystems: Interactivity of Dissolved Organic Matter. San Diego. Academic Press, an imprint of Elsevier Science.[https://books.google.com.sl/books/about/Aquatic\\_Ecosystems\\_Interactivity\\_of\\_Diss.html?hl=fr&id=ZHNT2ZFqtI4C&utm\\_source=gb-gplus-shareAquatic](https://books.google.com.sl/books/about/Aquatic_Ecosystems_Interactivity_of_Diss.html?hl=fr&id=ZHNT2ZFqtI4C&utm_source=gb-gplus-shareAquatic)
- [2] Katip, A., & Karaer, F. (2011). Uluabat Gölü su kalitesinin Türk mevzuatına ve uluslararası kriterlere göre değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering and Architecture*, 16 (2), 25-34.
- [3] Lai, X.J., Huang, Q., & Jiang J.H. (2012). Wetland inundation modeling of Dongting Lake using two dimensional hydrodynamic model on unstructured grids, *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1091-1098.
- [4] Smith, V.H., & Schindler, D.W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in ecology & evolution*, 24(4), 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>
- [5] Forsberg, C. (1998). Which policies can stop large scale eutrophication. *Water Science and Technology*, 7 (3), 193-200.
- [6] Karaduman, H. (1993). Sinop Milli Parklar ve Av-Yaban Hayatı Başmühendisliği görev alanı içinde bulunan Sarıkum Gölü’ nün Türkiye–Finlandiya ortak proje kapsamına alınması ile ilgili bilgileri içerir rapor. Sinop.
- [7] Öztürk, M. (1994, Temmuz 6-8). *Bir Doğa Koruma Alanı Olan Sarıkum Gölü (Sinop) Makroskobik ve Mikroskobik Algleri*. 12. Ulusal Biyoloji Kongresi. Edirne, Türkiye.
- [8] Byfield, A. J. (1994). *Sarıkum Dunes*. Türkiye’nin kuzey kumullarının korunmasına yönelik rapor. Doğal Hayatı Koruma Derneği.
- [9] Akbulut, M. (1996). *Sinop İli Sarıkum Gölü ve çevre su birikintilerindeki makrobentik fauna üzerine bir ön araştırma*. (Tez no. 56395) [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi].
- [10] Ozaner, F.S. (1998). Sinop batısındaki ekosistemler ilginç yer şekillerinin jeomorfolojisi, Ekoturizm yönünden önemi. Tübitak, Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu, Ankara.
- [11] Ertan, A., Kılıç, A., & Kasperek, M. (1989). Türkiye’nin Önemli Kuş Alanları, İstanbul. Doğal Hayatı Koruma Derneği.

- [12] Yardım, Ö., Şendoğan, E., Bat, L., Sezgin, M., & Çulha, M. (2008). Sarıkum Gölü (Sinop) makrobentik mollusca ve crustacea faunası, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25(4), 301-309.
- [13] Öztekin, A. (2016). *Deniz stratejisi çerçeve direktifi kapsamında Sinop Sarıkum lagünü deniz çöplerinin durumu: Bir örnek çalışma*. (Tez no.434236) [Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi].
- [14] Hasançavuşoğlu, Z. (2018). *Sarıkum Gölünde Ötrofikasyona Neden Olan Kirleticiler ve Kaynakları*. (Tez no. 523534) [Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi].
- [15] ÇŞİM. (2012). Sinop Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2011 Yılı İl Çevre Durum Raporu Hazırlayan Çed Hizmetleri ve Çevre İzin Şube Müdürlüğü, Sinop.[https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/s-nop\\_-cdr2017-20181219143935.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/s-nop_-cdr2017-20181219143935.pdf)
- [16] APHA., AWWA., & WEF. (1995). Standart Methods For the Examination of Water and Wastewater, 19 th Edition, Washington, USA.
- [17] TSE. (2005). İçme ve Kullanma Suları Standartları. Türk Standartları Enstitüsü. [http://www.opalsu.com.tr/mevzuat/HavuzsularininozonlanmasiTSE\\_11899.pdf](http://www.opalsu.com.tr/mevzuat/HavuzsularininozonlanmasiTSE_11899.pdf)
- [18] APHA. (1965). Standard methods for the examination of water and waste water. 19th edition, American Public Health Association Inc, New York.
- [19] APHA. (1981). (American Public Health Association). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th edition, Washington, 85-99, 773-779, 786- 828.
- [20] Egemen, Ö., & Sunlu, U. (1996). *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi Basımevi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- [21] Egemen, Ö. (2011). *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi Basımevi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- [22] SKKY. (2008). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 2 Şubat 2008-26786 Sayılı Resmî Gazete, Ankara. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [23] YSKY. (2016). Yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliği, 10 Ağustos 2016- 29797 Sayılı Resmî Gazete, Ankara. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>.
- [24] Tepe, R., & Kutlu, B. (2019). Examination water quality of Karkamış Dam Lake. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(3), 458-466. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i3.458-466.2409>
- [25] Arrignon, J. (1976). Aménagement Ecologique et Piscicole des Eaux Douces. Bordas, Paris.
- [26] Dauba, F. (1981). Etude comperative de la fauna des poissons dans les ecosystemes de deux reservoirs: Luzech (Lut) et Chastang (Dordogone). *Journal of Fisheries Sciences*. Thèse Doe. 3ème cycle, INP Toulouse, 109, 179.
- [27] Svobodá, Z., Lloyd, R., Máchová, J., & Vykusová, B. (1993). Water quality and fish health, FAO, EIFAC technical paper, No:54.
- [28] Gündoğdu, A., Gültepe, E., & Çarlı, U. (2018). Sırakaraağaçlar Deresinde (Sinop-Karadeniz Bölgesi) Anyonik Deterjan Kirliliğinin Araştırılması. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(7), 909-922. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i7.909-922.1891>
- [29] Serdar, S. (2015). *Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi*. (Tez no. 409960) [Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi].

- [30] Taş, B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi. *The Black Sea Journal of Sciences*, 2 (1), 43-61.
- [31] UNEP, (2008). (United Nations Environment Programme). Water Quality for Ecosystem and Human Health. 2nd edition. Global Environment Monitoring System (GEMS) Water Programme, ISBN: 92-95039, 51-7.
- [32] Dinçer, S. (2014). *Çanakçı Deresi su kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi*. (Tez no. 380603) [Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi].
- [33] Ünlü, A., Çoban, F., & Tunç, M. S. (2008). Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23, 119-127.
- [34] Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö., & Topraka, S. (2010). Ulugöl (Ordu)' nun bazı fiziko kimyasal özellikleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 4 (3), 254-263. [https://doi: 10.3153/jfscm.2010027](https://doi.org/10.3153/jfscm.2010027)
- [35] Verep, B., Çelikkale, M. S., & Düzgüneş, E. (2002). Uzungöl'ün bazı limnolojik ve hidrografik özellikleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19 (1-2), 233-240.
- [36] Mutlu, E., & Paruğ Ş.Ş. (2018). Dereköy Göleti'nin (Kilimli-Zonguldak) bazı su kalitesi parametrelerinin incelenmesi. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*.4(2), 20-28.
- [37] Taşdemir, M., & Göksu, Z. L. (2001). Asi nehrinin (Hatay, Türkiye) bazı su kalite özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18 (1-2), 55-64.
- [38] Bulut, C., & Kubilay, A. (2018). Eğirdir Gölü su kalitesinin trofik durum indeksleriyle belirlenmesi. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, *Acta Aquatica Turcica*, 14(4), 324-338. <http://dx.doi.org/10.22392/egirdir.415073>
- [39] Hakverdioğlu, T. (2017). *Borabay Gölü (Taşova-Amasya) Trofik Seviyesinin Belirlenmesi*. (Tez no. 496577) [Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi].
- [40] Taş, B. (2006). Derbent Baraj Gölü (Samsun) su kalitesinin incelenmesi. *Ekoloji*, 15 (61), 6-15
- [41] Haralambous A, Maliou E, Malamis M, (1992). The use of zeolite for amonium uptake. *Water Science and Technology*, 25(1), 139-145.
- [42] Cirik, S., & Cirik, Ş. (1999). *Limnoloji*. Ege Üniversitesi Basımevi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- [43] Ateş, H., & Ertan, Ö.O. (2017). Pınargözü Kaynağı (Yenişarbademli, Isparta- Türkiye)'nin fiziko-kimyasal özellikleri ve epilitik algler. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(2), 211-219. <http://dx.doi.org/10.22392/egirdir.303829>
- [44] Kuenen, J. G., & Robertson, L. A. (1988). *Ecology of Nitrification and Denitrification in the Nitrogen and Sulphur Cycles*, Cambridge, Cambridge University Press, 512 p.
- [45] Schlegel, H.G. (1985). *Allgemeine Mikrobiologie*. Thieme Verlag, Newyork. 571 p.
- [46] Ingraham, J. L., Stainer, R. S., & Adelberg, E. A. (1974). Gram-Negative Bacteria: The Chemoautotrophs and Methyloctrophs. In: *The Microbial World*, London, Prentice Hall.
- [47] Büyükişık, B., & Erbil, Ö. (1987). İzmir İç Körfezi'nde nutrient dinamikleri üzerine araştırmalar. *Doğa, Müh. ve Çevre Dergisi*, 11(3), 379-395.
- [48] Sivri, N., Karaçam, H., & Feyzioğlu, M. (1998). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde (Sürmene Koyu) nitrifikasyon bakterilerinin aktivitesi. *Turkish Journal of Biology*, 22, 299-306.

[49] Uslu, O., & Türkmen, A. (1987). *Su Kirliliği ve Kontrolü*. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları.

[50] Boran, M., & Sivri, N. (2001). Trabzon (Türkiye) il sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene Dereleri'nde nutrient ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(3-4), 343-348.

[51] Minareci, O., Öztürk, M., Egemen, Ö., & Minareci, E. (2009). Detergent and phosphate pollution in Gediz River. *Turkey. African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3568-3575. <https://doi.10.5897/AJB09.167>

[52] Gündoğdu, A., Gültepe, E., & Çarlı, U. (2018). Determination of anionic detergent concentration of Karasu Stream in Sinop (Turkey). *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 6(1), 112-123. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i1.112-123.1661>

[53] Anonim, (2020). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H>



## A Generalization of Two-Dimensional Bernstein-Stancu Operators

Nazmiye GÖNÜL BİLGİN<sup>1</sup> and Melis EREN<sup>1</sup>

How to cite: Gönül Bilgin, N., & Eren, M. (2021). A generalization of two-dimensional Bernstein-Stancu operators. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 130-142. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.1015143>

### Research Article

#### Sorumlu Yazar

Nazmiye GÖNÜL BİLGİN  
nazmiyegonulbilgin@hotmail.com

#### Yazarlara ait ORCID

N.G.B: 0000-0001-6300-6889  
M.E: 0000-0002-2479-5368

Received: 26.10.2021

Accepted: 26.11.2021

### Abstract

The aim in our study is giving a generalization of the two-dimensional  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu operators in a particular domain. In addition, by creating some direct results of these operators, rate of convergence is studied by Lipschitz type functions and modulus of continuity.

**Keywords:**  $(p, q)$ -integers, Korovkin type approximation,  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu Operators

## İki Boyutlu Bernstein-Stancu Operatörlerinin Bir Genellemesi

<sup>1</sup>Department of Mathematics,  
Zonguldak Bülent Ecevit University,  
Zonguldak, Turkey

Bu çalışma Creative Commons  
Attribution 4.0 International License  
ile lisanslanmıştır

### Öz

Çalışmamızın amacı, belirli bir aralıkta tanımlı iki boyutlu  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu operatörlerinin bir genellemesini vermektir. Ayrıca, bu operatörlerin bazı direkt sonuçları oluşturularak, Lipschitz tipi fonksiyonlar ve süreklilik modülü ile yaklaşım hızı incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**  $(p, q)$ -tamsayı, Korovkin tipi yaklaşım,  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu operatörleri

## Introduction

The most researched operators in approximation theory is Bernstein operators and their modifications [1-15]. It has been an important field of study recently that the versions of the operators in the literature, which will be created using  $(p, q)$ -calculation, have better error estimation than the classical versions. In 2015,  $(p, q)$ -Bernstein operators defined and then various modifications of these operators have been studied by different authors in [2-10]. Thus, many well-known operators were transferred to post quantum calculus. In this study, based on the work of Karahan and Izgi [10], in which  $(p, q)$ -Bernstein operators are defined on a specific interval, important features of approximating to functions in a certain domain with bivariate  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu type operators will be examined.

Our aim is to obtain a modification of the two-dimensional version of the  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu operators on  $E^2 = \left[0, \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}}\right] \times \left[0, \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}}\right]$ . Also, some important approximation theorems are proved using this operators and the rate of convergence is estimated.

Now we remember some main concepts of  $(p, q)$ -analysis.  $(p, q)$  integers are

$$[n]_{p,q} = p^{n-1} + p^{n-2}q + p^{n-3}q^2 + \dots + pq^{n-2} + q^{n-1} = \begin{cases} \frac{p^n - q^n}{p - q}, & \text{if } p \neq q \neq 1; \\ np^{n-1}, & \text{if } p = q \neq 1 \\ [n]_q, & \text{if } p = 1; \\ n, & \text{if } p = q = 1 \end{cases} \quad (1)$$

for every  $p, q > 0$ , here  $[n]_q$  demonstrates  $q$ -integers for all  $n \in \mathbb{N} \cup \{0\}$ .

The  $(p, q)$ -factorial is described with

$$[n]_{p,q}! = \begin{cases} [n]_{p,q}[n-1]_{p,q} \dots [2]_{p,q}[1]_{p,q}, & \text{if } n \geq 1, \\ 1, & \text{if } n = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Then  $(p, q)$ -binomial coefficient is characterized by

$$\begin{bmatrix} n \\ k \end{bmatrix}_{p,q} = \frac{[n]_{p,q}!}{[n-k]_{p,q}![k]_{p,q}!} = \begin{bmatrix} n \\ n-k \end{bmatrix}_{p,q} \quad (3)$$

for every  $n, k \in \mathbb{N}$  and  $n \geq k$ . Also, following important equation are valid.

$$(ax + by)_{p,q}^n := \sum_{k=0}^n \begin{bmatrix} n \\ k \end{bmatrix}_{p,q} p^{\frac{(n-k)(n-k-1)}{2}} q^{\frac{k(k-1)}{2}} a^{n-k} b^k x^{n-k} y^k$$

### Materials and Methods

In this section, the operators that we are working with is introduced and the status of the operators in the test functions is examined.

Let  $i \in \{1, 2\}$ ,  $0 < q_i < p_i \leq 1$  and  $0 < a < b$ . Then, for all  $0 < \alpha < \beta$ , we define a modification of two-dimensional version of the  $(p, q)$ -Bernstein-Stancu operators as follows.

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(f; x, y) &= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \frac{1}{p_2^{\frac{m(m-1)}{2}}} \sum_{k=0}^n \sum_{j=0}^m N_{n,k}(p_1, q_1; x) N_{m,j}(p_2, q_2; y) \\ &\times f\left(\frac{([k]_{p_1, q_1} p_1^{n-k} + \alpha)[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}([n]_{p_1, q_1} + \beta)}, \frac{([j]_{p_2, q_2} p_2^{m-j} + \alpha)[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}([m]_{p_2, q_2} + \beta)}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

where

$$N_{n,k}(p_1, q_1; x) = \left(\frac{[n+b]_{p_1, q_1}}{[n+a]_{p_1, q_1}}\right)^n \begin{bmatrix} n \\ k \end{bmatrix}_{p_1, q_1} p_1^{\frac{k(k-1)}{2}} x^k \prod_{s=0}^{n-k-1} \left(p_1^s \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} - q_1^s x\right), \quad (6)$$



$$N_{m,j}(p_2, q_2; y) = \left( \frac{[m+b]_{p_2, q_2}}{[m+a]_{p_2, q_2}} \right)^m p_2^{\frac{j(j-1)}{2}} [j]_{p_2, q_2} y^j \prod_{r=0}^{m-j-1} \left( p_2^r \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} - q_2^r y \right). \quad (7)$$

**Definition 1** Let  $E^2 = \left[0, \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}}\right] \times \left[0, \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}}\right]$ ,  $0 < q_i < p_i \leq 1$ , where  $i \in \{1, 2\}$  and

$0 < a < b$ . For  $0 < \alpha < \beta$ ,  $f: E^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  and  $\tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(f; x, y)$ , we can make following demonstrations:

$${}^x \tilde{S}_n^{(p_1, q_1)}(f; x, y) = \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \sum_{k=0}^n f \left( x, \frac{[n+a]_{p_1, q_1} ([k]_{p_1, q_1} p_1^{n-k} + \alpha)}{[n+b]_{p_1, q_1} ([n]_{p_1, q_1} + \beta)} y \right) N_{n,k}(p_1, q_1; x) \quad (8)$$

and

$${}^y \tilde{S}_m^{(p_2, q_2)}(f; x, y) = \frac{1}{p_2^{\frac{m(m-1)}{2}}} \sum_{j=0}^m f \left( x, \frac{[m+a]_{p_2, q_2} ([j]_{p_2, q_2} p_2^{m-j} + \alpha)}{[m+b]_{p_2, q_2} ([m]_{p_2, q_2} + \beta)} y \right) N_{m,j}(p_2, q_2; y). \quad (9)$$

**Lemma 1** Let  ${}^x \tilde{S}_n^{(p_1, q_1)}$ ,  ${}^y \tilde{S}_m^{(p_2, q_2)}$  are defined on  $C(E^2)$ . Then the following results hold.

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(f; x, y) &= {}^x \tilde{S}_n^{(p_1, q_1)}(f; x, y) {}^y \tilde{S}_m^{(p_2, q_2)}(f; x, y) \\ &= {}^y \tilde{S}_m^{(p_2, q_2)}(f; x, y) {}^x \tilde{S}_n^{(p_1, q_1)}(f; x, y). \end{aligned}$$

**Lemma 2** Let  $f: E^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ ,  $0 < a < b$  and for  $i \in \{1, 2\}$ ,  $0 < q_i < p_i \leq 1$ . Then, for all  $0 < \alpha < \beta$  and  $k \in \{0, 1, 2\}$ , we have the next equalities for the functions  $\sigma^k \varphi^k$ ;

$$\text{i. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(1; x, y) = 1, \quad (10)$$

$$\text{ii. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\varphi; x, y) = \frac{[n]_{p_1, q_1}}{[n]_{p_1, q_1} + \beta} x + \frac{\alpha}{[n]_{p_1, q_1} + \beta} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right), \quad (11)$$

$$\text{iii. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\sigma; x, y) = \frac{[m]_{p_2, q_2}}{[m]_{p_2, q_2} + \beta} y + \frac{\alpha}{[m]_{p_2, q_2} + \beta} \left( \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} \right), \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{iv. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\varphi^2; x, y) &= \frac{[n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} q_1 x^2 \\ &+ (p_1^{n-1} + 2\alpha) \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \frac{[n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x + \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2}, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{v. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\sigma^2; x, y) &= \frac{[m]_{p_2, q_2} [m-1]_{p_2, q_2}}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2} q_2 y^2 \\ &+ (p_2^{m-1} + 2\alpha) \left( \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} \right) \frac{[m]_{p_2, q_2}}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2} y + \left( \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
\text{vi. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\varphi^2 + \sigma^2; x, y) &= \frac{q_1 [n]_{p_1,q_1} [n-1]_{p_1,q_1}}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} x^2 + \frac{q_2 [m]_{p_2,q_2} [m-1]_{p_2,q_2}}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2} y^2 \\
&+ (p_1^{n-1} + 2\alpha) \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right) \frac{[n]_{p_1,q_1}}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} x \\
&+ (p_2^{m-1} + 2\alpha) \left( \frac{[m+a]_{p_2,q_2}}{[m+b]_{p_2,q_2}} \right) \frac{[m]_{p_2,q_2}}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2} y \\
&+ \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right)^2 + \left( \frac{[m+a]_{p_2,q_2}}{[m+b]_{p_2,q_2}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2}. \tag{15}
\end{aligned}$$

$$\text{Proof i. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(1; x, y) = \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \frac{1}{p_2^{\frac{m(m-1)}{2}}} \sum_{k=0}^n \sum_{j=0}^m N_{n,k}(p_1, q_1; x) N_{m,j}(p_2, q_2; y) = 1$$

is obtained.

$$\begin{aligned}
\text{ii. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\varphi; x, y) &= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \frac{1}{p_2^{\frac{m(m-1)}{2}}} \sum_{k=0}^n \sum_{j=0}^m f \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1} ([k]_{p_1,q_1} p_1^{n-k} + \alpha)}{[n+b]_{p_1,q_1} ([n]_{p_1,q_1} + \beta)}, y \right) N_{n,k}(p_1, q_1; x) N_{m,j}(p_2, q_2; y) \\
&= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \left( \frac{[n+b]_{p_1,q_1}}{[n+a]_{p_1,q_1}} \right)^{n-1} \\
&\times \left[ \frac{[n]_{p_1,q_1} x}{[n]_{p_1,q_1} + \beta} p_1^{\frac{n(n-1)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right)^{n-1} + \frac{\alpha}{[n]_{p_1,q_1} + \beta} p_1^{\frac{n(n-1)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right)^n \right] \\
&= \frac{[n]_{p_1,q_1}}{[n]_{p_1,q_1} + \beta} x + \frac{\alpha}{[n]_{p_1,q_1} + \beta} \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right)
\end{aligned}$$

is completed.

$$\text{iii. Similarly, } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\sigma; x, y) = \frac{[m]_{p_2,q_2}}{[m]_{p_2,q_2} + \beta} y + \frac{\alpha}{[m]_{p_2,q_2} + \beta} \left( \frac{[m+a]_{p_2,q_2}}{[m+b]_{p_2,q_2}} \right).$$

$$\begin{aligned}
\text{iv. } \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\varphi^2; x, y) &= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \frac{1}{p_2^{\frac{m(m-1)}{2}}} \sum_{k=0}^n \sum_{j=0}^m f \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}^2 ([k]_{p_1,q_1} p_1^{n-k} + \alpha)^2}{[n+b]_{p_1,q_1}^2 ([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2}, y \right) N_{n,k}(p_1, q_1; x) N_{m,j}(p_2, q_2; y) \\
&= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \left( \frac{[n+b]_{p_1,q_1}}{[n+a]_{p_1,q_1}} \right)^{n-2} \\
&\times \left[ \frac{p_1^{2n} [n]_{p_1,q_1} x}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} \sum_{k=0}^{n-1} \begin{bmatrix} n-1 \\ k \end{bmatrix}_{p_1,q_1} [k+1]_{p_1,q_1} p_1^{\frac{(k+1)(k-4)}{2}} x^k \prod_{s=0}^{n-k-2} \left( p_1^s \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} - q_1^s x \right) \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{2\alpha p_1^n [n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} \sum_{k=0}^{n-1} p_1^{\frac{(k-2)(k+1)}{2}} \begin{bmatrix} n-1 \\ k \end{bmatrix}_{p_1, q_1} x^{k+1} \prod_{s=0}^{n-k-2} \left( p_1^s \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} - q_1^s x \right) \\
 &\quad + \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} p_1^{\frac{n(n-1)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^n \Big]
 \end{aligned}$$

here, using that  $[1+k]_{p_1, q_1} = p_1^k + q_1[k]_{p_1, q_1}$ , we can write

$$\begin{aligned}
 \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\varphi^2; x, y) &= \frac{1}{p_1^{\frac{n(n-1)}{2}}} \left( \frac{[n+b]_{p_1, q_1}}{[n+a]_{p_1, q_1}} \right)^{n-2} \\
 &\times \left[ \frac{[n]_{p_1, q_1} x}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} p_1^{\frac{(n-1)(n+2)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^{n-1} \right. \\
 &+ \frac{p_1^{2n-3} q_1 [n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1} x^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} p_1^{\frac{(n-2)(n-3)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^{n-2} \\
 &+ \left. \frac{2\alpha [n]_{p_1, q_1} x}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} p_1^{\frac{n(n-1)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^{n-1} + \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} p_1^{\frac{n(n-1)}{2}} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^n \right] \\
 &= \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \frac{p_1^{n-1} [n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x + \frac{q_1 [n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x^2 \\
 &+ \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \frac{2\alpha [n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x + \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} \\
 &= \frac{q_1 [n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x^2 + (p_1^{n-1} + 2\alpha) \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \frac{[n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x \\
 &+ \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^2.
 \end{aligned}$$

v.  $\tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\sigma^2; x, y)$  is obtained in a similar way.

vi. On the other hand, for  $\tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\varphi^2 + \sigma^2; x, y)$ ;

$$\begin{aligned}
 \tilde{S}_{n,m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(\varphi^2 + \sigma^2; x, y) &= \frac{[n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} q_1 x^2 + q_2 \frac{[m]_{p_2, q_2} [m-1]_{p_2, q_2}}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2} y^2 \\
 &+ (p_1^{n-1} + 2\alpha) \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \frac{[n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} x \\
 &+ (p_2^{m-1} + 2\alpha) \left( \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} \right) \frac{[m]_{p_2, q_2}}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2} y \\
 &\quad + \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} + \left( \frac{[m+a]_{p_2, q_2}}{[m+b]_{p_2, q_2}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2, q_2} + \beta)^2}
 \end{aligned}$$

can be found easily.

**Remark 1** Let  $0 < q_{1,n} < p_{1,n} \leq 1$ ,  $0 < q_{2,m} < p_{2,m} \leq 1$  and

$$\lim_{n \rightarrow \infty} p_{1,n} = \lim_{n \rightarrow \infty} q_{1,n} = 1, \lim_{m \rightarrow \infty} p_{2,m} = \lim_{m \rightarrow \infty} q_{2,m} = 1. \tag{16}$$

In the next sections, proofs will be made using the following equations.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p_{1,n}^{n-1}}{[n]_{p_{1,n};q_{1,n}}} = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{p_{2,m}^{m-1}}{[m]_{p_{2,m};q_{2,m}}} = 0, \tag{17}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[n-1]_{p_{1,n};q_{1,n}}}{[n]_{p_{1,n};q_{1,n}}} q_{1,n} = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{[m-1]_{p_{2,m};q_{2,m}}}{[m]_{p_{2,m};q_{2,m}}} q_{2,m} = 1. \tag{18}$$

### Results and Discussion

In this section, we will calculate moments by showing that our bivariate operators satisfy the approximation theorem.

$$\text{Let } E_{nm}^2 = \left[ 0, \frac{[n+a]_{p_{1,n};q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n};q_{1,n}}} \right] \times \left[ 0, \frac{[m+a]_{p_{2,m};q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m};q_{2,m}}} \right].$$

**Theorem 1** Let  $0 < q_{1,n} < p_{1,n} \leq 1$ ,  $0 < q_{2,m} < p_{2,m} \leq 1$ ,  $0 < a < b$  and  $\lim_{n \rightarrow \infty} p_{1,n} = \lim_{n \rightarrow \infty} q_{1,n} = 1$ ,

$\lim_{m \rightarrow \infty} p_{2,m} = \lim_{m \rightarrow \infty} q_{2,m} = 1$ . Then for every  $f \in C(E_{nm}^2)$

$$\lim_{n,m \rightarrow \infty} \left\| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(f; x, y) - f(x, y) \right\|_{C(E_{nm}^2)} = 0. \tag{19}$$

**Proof** In accordance to Volkov’s theorem, since it is easy to show the cases i-iii in Lemma 2, it is sufficient only to show following equality.

$$\lim_{n,m \rightarrow \infty} \left\| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(\varphi^2 + \sigma^2; x, y) - (x^2 + y^2) \right\|_{C(E_{nm}^2)} = 0. \tag{20}$$

By definition of the norm, we get

$$\begin{aligned} & \max_{(x,y) \in E_{nm}^2} \left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(\varphi^2 + \sigma^2; x, y) - (x^2 + y^2) \right| \\ & \leq \left| \left( \frac{[n+a]_{p_{1,n};q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n};q_{1,n}}} \right)^2 \frac{[n]_{p_{1,n};q_{1,n}}(p_{1,n}^{n-1} + 2\alpha)}{([n]_{p_{1,n};q_{1,n}} + \beta)^2} \right| \\ & \quad + \left| \left( \frac{[m+a]_{p_{2,m};q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m};q_{2,m}}} \right)^2 \frac{[m]_{p_{2,m};q_{2,m}}(p_{2,m}^{m-1} + 2\alpha)}{([m]_{p_{2,m};q_{2,m}} + \beta)^2} \right| \\ & \quad + \left| \left[ \frac{q_{1,n}[n]_{p_{1,n};q_{1,n}}[n-1]_{p_{1,n};q_{1,n}}}{([n]_{p_{1,n};q_{1,n}} + \beta)^2} - 1 \right] \left( \frac{[n+a]_{p_{1,n};q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n};q_{1,n}}} \right)^2 \right| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left| \left[ \frac{q_{2,m} [m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} [m-1]_{p_{2,m}, q_{2,m}}}{([m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} + \beta)^2} - 1 \right] \left( \frac{[m+a]_{p_{2,m}, q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m}, q_{2,m}}} \right)^2 \right| \\
& + \left| \frac{\alpha^2}{([n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} + \beta)^2} \left( \frac{[n+a]_{p_{1,n}, q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n}, q_{1,n}}} \right)^2 \right| + \left| \frac{\alpha^2}{([m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} + \beta)^2} \left( \frac{[m+a]_{p_{2,m}, q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m}, q_{2,m}}} \right)^2 \right|.
\end{aligned}$$

Here, using the equations

$$[n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} - p_{1,n}^{n-1} = [n-1]_{p_{1,n}, q_{1,n}} q_{1,n} \quad (21)$$

and

$$[m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} - p_{2,m}^{m-1} = [m-1]_{p_{2,m}, q_{2,m}} q_{2,m}, \quad (22)$$

we get

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[n]_{p_{1,n}, q_{1,n}}}{([n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} + \beta)^2} = 0, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[n+a]_{p_{1,n}, q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n}, q_{1,n}}} = 1, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\alpha^2}{([n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} + \beta)^2} = 0, \quad (23)$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{[m]_{p_{2,m}, q_{2,m}}}{([m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} + \beta)^2} = 0, \quad \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{[m+a]_{p_{2,m}, q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m}, q_{2,m}}} = 1, \quad \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\alpha^2}{([m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} + \beta)^2} = 0 \quad (24)$$

and

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 - \frac{[n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} [n-1]_{p_{1,n}, q_{1,n}} q_{1,n}}{([n]_{p_{1,n}, q_{1,n}} + \beta)^2} \right) = 0, \quad (25)$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \left( 1 - \frac{[m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} [m-1]_{p_{2,m}, q_{2,m}} q_{2,m}}{([m]_{p_{2,m}, q_{2,m}} + \beta)^2} \right) = 0. \quad (26)$$

Taking into account the derivative for maximum of the above function; we get,

$$\lim_{n, m \rightarrow \infty} \left\| \tilde{S}_{n, m}^{(p_{1,n}, q_{1,n}), (p_{2,m}, q_{2,m})} (\varphi^2 + \sigma^2; x, y) - (x^2 + y^2) \right\|_{C(E_{nm}^2)} = 0,$$

then, using definition of sequences and the Volkov theorem, the desired result is obtained.

**Lemma 3** For  $\tilde{S}_{n, m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}(f; x, y)$  the following equations are true.

$$\begin{aligned}
\tilde{S}_{n, m}^{(p_1, q_1), (p_2, q_2)}((\varphi - x)^2; x, y) &= \left( \frac{[n]_{p_1, q_1} [n-1]_{p_1, q_1} q_1}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} - \frac{2[n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)} + 1 \right) x^2 \\
&+ \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right) \left( \frac{(p_1^{n-1} + 2\alpha)[n]_{p_1, q_1}}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)} \right) x \\
&+ \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, q_1} + \beta)^2} \left( \frac{[n+a]_{p_1, q_1}}{[n+b]_{p_1, q_1}} \right)^2 \quad (27)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}((\sigma - y)^2; x, y) &= \left( \frac{[m]_{p_2,q_2}[m-1]_{p_2,q_2}}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2} q_2 - \frac{2[m]_{p_2,q_2}}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)} + 1 \right) y^2 \\ &+ \left( \frac{[m+a]_{p_2,q_2}}{[m+b]_{p_2,q_2}} \right) \left( \frac{(p_2^{m-1} + 2\alpha)[m]_{p_2,q_2}}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)} \right) y \\ &+ \left( \frac{[m+a]_{p_2,q_2}}{[m+b]_{p_2,q_2}} \right)^2 \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2,q_2} + \beta)^2}. \end{aligned} \quad (28)$$

**Proof** From the definition of operators

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}((\varphi - x)^2; x, y) &= \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\varphi^2; x, y) - 2x\tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(\varphi; x, y) \\ &+ x^2 \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(1; x, y) \\ &= \left( \frac{q_1[n]_{p_1,q_1}[n-1]_{p_1,q_1}}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} - \frac{2[n]_{p_1,q_1}}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)} + 1 \right) x^2 \\ &+ \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right) \left( \frac{(p_1^{n-1} + 2\alpha)[n]_{p_1,q_1}}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)} \right) x \\ &+ \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1,q_1} + \beta)^2} \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1}}{[n+b]_{p_1,q_1}} \right)^2. \end{aligned}$$

With a similar method, the desired equality for  $\tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}((\sigma - y)^2; x, y)$  is obtained.

### Rates of Convergences

Now, we give some convergence properties of  $\tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1),(p_2,q_2)}(f; x, y)$  by the following well known definitions of complete and first-second modulus of continuity.

For every  $f \in C(E_{nm}^2)$  and  $(\varphi, \sigma), (x, y) \in E_{nm}^2$  complete and partial modulus of continuity are defined as following respectively (see for example in [16]).

$$\omega(f, \delta_{n,m}) = \sup \left\{ |f(\varphi, \sigma) - f(x, y)| : \sqrt{(\varphi - x)^2 + (\sigma - y)^2} \leq \delta_{n,m} \right\} \quad (29)$$

$$\omega^1(f; \delta) = \sup \{ |f(x_1, y) - f(x_2, y)| : y \in E_{nm} \text{ ve } |x_1 - x_2| \leq \delta \} \quad (30)$$

$$\omega^2(f; \delta) = \sup \{ |f(x, y_1) - f(x, y_2)| : x \in E_{nm} \text{ ve } |y_1 - y_2| \leq \delta \} \quad (31)$$

**Theorem 2** For sufficiently large  $n, m$  and every  $f \in C(E_{nm}^2)$ , rate of convergence of operators is examined with following inequality using the modulus of continuity

$$\left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,q_1,n),(p_2,q_2,m)}(f; x, y) - f(x, y) \right| \leq 2\omega(f; \delta_{n,m})$$

where

$$\delta_{n,m} = \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1,q_1,n}}{[n+b]_{p_1,q_1,n}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[n]_{p_1,q_1,n}}{([n]_{p_1,q_1,n} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1,q_1,n} + \beta)^2} \right] \right]$$

$$+ \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} \right]^{1/2}. \quad (32)$$

**Proof** By the definition of complete modulus of continuity, we have

$$\begin{aligned} & \left| \mathfrak{S}_{n, m}^{(p_1, n, q_1, n), (p_2, m, q_2, m)}(f; x, y) - f(x, y) \right| \\ & \leq \omega(f; \delta_{n, m}) \left\{ 1 + \frac{1}{\delta_{n, m}} \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \left( \frac{q_{1, n} [n]_{p_1, n, q_1, n} [n-1]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} - \frac{2[n]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)} + 1 \right) \right. \right. \\ & \quad + \left. \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \left( \frac{(p_{1, n}^{n-1} + 2\alpha)[n]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)} + \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} \right) \right. \\ & \quad + \left. \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left( \frac{q_{2, m} [m]_{p_2, m, q_2, m} [m-1]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} - \frac{2[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} + 1 \right) \right. \\ & \quad \left. + \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left( \frac{(p_{2, m}^{m-1} + 2\alpha)[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} + \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} \right) \right]^{1/2} \Big\} \\ & \leq \left\{ 1 + \frac{1}{\delta_{n, m}} \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \left( \frac{[n]_{p_1, n, q_1, n} ([n]_{p_1, n, q_1, n} - p_{1, n}^{n-1})}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} - \frac{2[n]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)} + 1 \right) \right. \right. \\ & \quad + \left. \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \left( \frac{(p_{1, n}^{n-1} + 2\alpha)[n]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)} + \frac{\alpha^2}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} \right) \right. \\ & \quad + \left. \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left( \frac{[m]_{p_2, m, q_2, m} ([m]_{p_2, m, q_2, m} - p_{2, m}^{m-1})}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} - \frac{2[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} + 1 \right) \right. \\ & \quad \left. + \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left( \frac{(p_{2, m}^{m-1} + 2\alpha)[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} - \frac{2\alpha}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} + \frac{\alpha^2}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} \right) \right]^{1/2} \Big\} \\ & \times \omega(f; \delta_{n, m}) \\ & \leq \omega(f; \delta_{n, m}) \left\{ 1 + \frac{1}{\delta_{n, m}} \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \left( 1 - \frac{[n]_{p_1, n, q_1, n}}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)} \right)^2 \right. \right. \\ & \quad + \left. \left( \frac{[n+a]_{p_1, n, q_1, n}}{[n+b]_{p_1, n, q_1, n}} \right)^2 \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1, n, q_1, n} + \beta)^2} + \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \left( 1 - \frac{[m]_{p_2, m, q_2, m}}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)} \right)^2 \right. \\ & \quad \left. + \left. \left( \frac{[m+a]_{p_2, m, q_2, m}}{[m+b]_{p_2, m, q_2, m}} \right)^2 \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2, m, q_2, m} + \beta)^2} \right]^{1/2} \right\} \end{aligned}$$

$$\leq \omega(f; \delta_{n,m}) \left\{ 1 + \frac{1}{\delta_{n,m}} \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1,n,q_1,n}}{[n+b]_{p_1,n,q_1,n}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[n]_{p_1,n,q_1,n}}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)^2} \right] \right. \right. \\ \left. \left. + \left( \frac{[m+a]_{p_2,m,q_2,m}}{[m+b]_{p_2,m,q_2,m}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[m]_{p_2,m,q_2,m}}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)^2} \right] \right]^{1/2} \right\}.$$

Using Remark 1 and choosing

$$\delta_{n,m} = \left[ \left( \frac{[n+a]_{p_1,n,q_1,n}}{[n+b]_{p_1,n,q_1,n}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[n]_{p_1,n,q_1,n}}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)^2} \right] \right. \\ \left. + \left( \frac{[m+a]_{p_2,m,q_2,m}}{[m+b]_{p_2,m,q_2,m}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[m]_{p_2,m,q_2,m}}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)^2} \right] \right]^{1/2}$$

we get our desired result.

**Theorem 3** For all  $f \in C(E_{nm}^2)$ , the following inequality holds

$$\left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,n,q_1,n),(p_2,m,q_2,m)}(f; x, y) - f(x, y) \right| \leq 2(\omega^1(f; \delta_n) + \omega^2(f; \delta_m)) \quad (33)$$

where

$$\delta_n = \sqrt{\left( \frac{[n+a]_{p_1,n,q_1,n}}{[n+b]_{p_1,n,q_1,n}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[n]_{p_1,n,q_1,n}}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)^2} \right]}, \quad (34)$$

$$\delta_m = \sqrt{\left( \frac{[m+a]_{p_2,m,q_2,m}}{[m+b]_{p_2,m,q_2,m}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[m]_{p_2,m,q_2,m}}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)^2} \right]}. \quad (35)$$

**Proof** Using Cauchy-Schwartz inequality, we have

$$\left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_1,n,q_1,n),(p_2,m,q_2,m)}(f; x, y) - f(x, y) \right| \\ \leq \omega^1(f; \delta_n) \left[ 1 + \frac{1}{\delta_n} \left( \left( \frac{[n+a]_{p_1,n,q_1,n}}{[n+b]_{p_1,n,q_1,n}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[n]_{p_1,n,q_1,n}}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_1,n,q_1,n} + \beta)^2} \right] \right)^{1/2} \right] \\ + \omega^2(f; \delta_m) \left[ 1 + \frac{1}{\delta_m} \left( \left( \frac{[m+a]_{p_2,m,q_2,m}}{[m+b]_{p_2,m,q_2,m}} \right)^2 \left[ \left( 1 - \frac{[m]_{p_2,m,q_2,m}}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)} \right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_2,m,q_2,m} + \beta)^2} \right] \right)^{1/2} \right]$$

By choosing



$$\delta_n = \sqrt{\left(\frac{[n+a]_{p_{1,n},q_{1,n}}}{[n+b]_{p_{1,n},q_{1,n}}}\right)^2 \left[ \left(1 - \frac{[n]_{p_{1,n},q_{1,n}}}{([n]_{p_{1,n},q_{1,n}} + \beta)}\right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([n]_{p_{1,n},q_{1,n}} + \beta)^2} \right]}$$

$$\delta_m = \sqrt{\left(\frac{[m+a]_{p_{2,m},q_{2,m}}}{[m+b]_{p_{2,m},q_{2,m}}}\right)^2 \left[ \left(1 - \frac{[m]_{p_{2,m},q_{2,m}}}{([m]_{p_{2,m},q_{2,m}} + \beta)}\right)^2 + \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{([m]_{p_{2,m},q_{2,m}} + \beta)^2} \right]}$$

the proof is completed.

We recall Lipschitz class  $Lip_M(\alpha_1, \alpha_2)$  for the bivariate functions as follows:

Let  $\alpha_1, \alpha_2 \in (0,1]$  also  $(\varphi, \sigma), (x, y) \in E_{nm}^2$ . There exists  $M > 0$ :

$$|f(\varphi, \sigma) - f(x, y)| \leq M|\varphi - x|^{\alpha_1}|\sigma - y|^{\alpha_2}, \quad (36)$$

then  $f$  is called Lipschitz continuous function. The set of Lipschitz continuous functions is denoted by  $Lip_M(\alpha_1, \alpha_2)$ .

**Theorem 4** Let  $(x, y) \in E_{nm}^2$  and  $f \in Lip_M(\alpha_1, \alpha_2)$ .  $(\delta_n)$  and  $(\delta_m)$  are the sequences defined in (34) and (35), then we have next inequalities for operators,

$$\left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(f; x, y) - f(x, y) \right| \leq M(\sqrt{\delta_n})^{\alpha_1}(\sqrt{\delta_m})^{\alpha_2}. \quad (37)$$

**Proof** Let  $f \in Lip_M(\alpha_1, \alpha_2)$ . Using linearity and positivity of operators

$$\begin{aligned} & \left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(f; x, y) - f(x, y) \right| \\ & \leq M \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(|\varphi - x|^{\alpha_1}; x) \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(|\sigma - y|^{\alpha_2}; y). \end{aligned}$$

Taking

$$p' = \frac{2}{\alpha_1}, \quad q' = \frac{2}{2-\alpha_1} \quad \text{and} \quad p'' = \frac{2}{\alpha_2}, \quad q'' = \frac{2}{2-\alpha_2}$$

also applying Hölder's inequality, we write

$$\begin{aligned} & \left| \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(f; x, y) - f(x, y) \right| \\ & \leq M \left\{ \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(|\varphi - x|^2; x) \right\}^{\alpha_1/2} \left\{ \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(1; x) \right\}^{\alpha_1/2} \\ & \quad \times \left\{ \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(|\sigma - y|^2; y) \right\}^{\alpha_2/2} \left\{ \tilde{S}_{n,m}^{(p_{1,n},q_{1,n}),(p_{2,m},q_{2,m})}(1; y) \right\}^{\alpha_2/2} \\ & \leq M(\sqrt{\delta_n})^{\alpha_1}(\sqrt{\delta_m})^{\alpha_2}. \end{aligned}$$

So, Theorem is proved.

## Conclusions

In this paper, a generalization of  $(p, q)$ -Bernstein Stancu operators on certain domain was given. Then, the approximation properties of our operators; for bivariate functions, rate of convergence and using the properties of the Lipschitz class was investigated. Furthermore, important results were obtained with regard Bernstein Stancu type operators means of  $(p, q)$ -integers.

## Acknowledgments -

**Funding/Financial Disclosure** The authors have no received any financial support for the research, authorship, or publication of this study.

## Ethics Committee Approval and Permissions -

**Conflict of Interests** The authors stated that there are no conflict of interest in this article.

**Authors Contribution** All authors contributed equally to this work. All authors read and approved the final manuscript.

## References

- [1] Bernstein, S. (1912). Démonstration du théorème de Weierstrass fondée sur le calcul de probabilités. *Communications de la Société mathématique de Kharkow*, 13(1), 1-2.
- [2] Karaisa, A. (2016). On the approximation properties of bivariate  $(p, q)$ -Bernstein operators, arXiv:1601.05250.
- [3] Mursaleen, M., Ansari, K.J., & Khan, A. (2015). On  $(p, q)$ -analogue of Bernstein operators. *Applied Mathematics and Computation*, 266, 874-882. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.04.090> (Erratum to “On  $(p, q)$ -analogue of Bernstein Operators” *Applied Mathematics and Computation*, 278, 70-71. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2016.02.008>).
- [4] Mursaleen, M., Ansari, K.J., & Khan, A. (2016). Some approximation results by  $(p, q)$ -analogue of Bernstein-Stancu operators, *Applied Mathematics and Computation*, 264, 392-402. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.03.135>
- [5] Mursaleen, M., Nasiruzzaman, M., & Nurgali, A. (2015). Some approximation results on Bernstein-Schurer operators defined by  $(p, q)$ -integers., *Journal of Inequalities and Applications*, 249, <https://doi.org/10.1186/s13660-015-0767-4>
- [6] Kang, S. M., Rafiq, A., Acu, A. M., Ali, F., & Kwun, Y. C. (2016). Some approximation properties of  $(p, q)$ -Bernstein operators. *Journal of Inequalities and Applications*, 169, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13660-016-1111-3>
- [7] Khan, A., & Sharma, V. (2018). Statistical Approximation by  $(p, q)$ -analogue of Bernstein-Stancu operators. *Azerbaijan Journal of Mathematics*, 8(2), 100-121.
- [8] Ansari, K. J., & Karaisa, A. (2017). On the approximation by Chlodowsky type generalization of  $(p, q)$ -Bernstein operators. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 8, 181-200. <https://doi.org/10.22075/ijnaa.2017.1827.1479>

- [9] Acar, T., Aral, A., & Mohiuddine, S. A. (2018). Approximation by bivariate  $(p,q)$ -Bernstein-Kantorovich operators. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 42, 655–662. <https://doi.org/10.1007/s40995-016-0045-4>
- [10] Karahan, D., & Izgi, A. (2018). On approximation properties of  $(p,q)$ -Bernstein operators. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 11(2), 457-467. <https://doi.org/10.29020/nybg.ejpam.v11i2.3213>
- [11] Cevik, E. (2019). Approximation properties of modified  $(p,q)$ -Bernstein type operators. (Thesis no. 562017), [M.S. thesis, Harran University].
- [12] Barbosu, D. (2000). Some generalized bivariate Bernstein operators. *Miskolc Mathematical Notes*, 1(1), 3-10.
- [13] Gonul Bilgin, N., & Cetinkaya M. (2018). Approximation by three-dimensional  $q$ -Bernstein-Chlodowsky polynomials. *Sakarya University Journal of Science*, 22 (6), 1774-1786. <https://doi:10.16984/saufenbilder.348912>
- [14] Karahan, D., & Izgi, A. (2018). Approximation properties of Bernstein-Kantorovich type operators of two variables. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics*, 68 (2), 2313-2323. <https://doi:10.31801/cfsuasmas.558169>
- [15] Srivastava, H. M., Ansari, K. J., Ozger, F. & Odemis Ozger, Z. (2021). A Link between Approximation Theory and Summability Methods via Four-Dimensional Infinite Matrices. *Mathematics*, 9, 1895. <https://doi.org/10.3390/math9161895>
- [16] Anastassiou, G. A., & Gal, S. G. (2000). *Approximation Theory: Moduli of continuity and global smoothness preservation*. Springer Science & Business Media, LLC.



***Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti  
(Callistosporiaceae: Agaricales) from Mediterranean Region of Turkey**

Oğuzhan KAYGUSUZ<sup>1</sup> and Meryem Şenay ŞENGÜL DEMİRAK<sup>2</sup>

How to cite: Kaygusuz, O., & Şengül Demirak, M. Ş. (2021). *Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti (*Callistosporiaceae*: Agaricales) from Mediterranean Region of Turkey. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 143-151. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.1012076>

**Research Article**

**Sorumlu Yazar**

Oğuzhan KAYGUSUZ  
okaygusuz03@gmail.com

**Yazarlara ait ORCID**

O.K: 0000-0003-3455-2965  
M.Ş.Ş.D: 0000-0003-4879-1908

**Received:** 19.10.2021

**Accepted:** 23.12.2021

**Abstract**

*Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti has been identified from the Mediterranean Region of Turkey based on morphological characters and molecular phylogenetic studies. A combined dataset generated from nuclear ribosomal internal transcribed spacer and nuclear ribosomal DNA large subunit gene sequences is used to assess its position within *Callistosporiaceae*. Color photographs from its natural habitat, morphological descriptions and line-drawings of microscopic characters are provided.

**Keywords:** Basidiomycota, nrITS, nrLSU, molecular phylogeny, Turkey

**Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nden *Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti (*Callistosporiaceae*: Agaricales)**

<sup>1</sup>Isparta University of Applied Sciences, Atabey Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Isparta, Turkey

<sup>2</sup>Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Arts and Sciences, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tasliciftlik Campus, Tokat, Turkey

Bu çalışma Creative Commons Attribution 4.0 International License ile lisanslanmıştır

**Öz**

*Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti, morfolojik karakterlere ve moleküler filogenetik çalışmalara dayalı olarak Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nden tanımlanmıştır. Nükleer ribozomal internal transcribed spacer ve nükleer ribozomal DNA büyük alt birim gen dizilerinden oluşturulan birleşik bir veri seti, bu türün *Callistosporiaceae* içindeki konumunu değerlendirmek için kullanılmıştır. Doğal ortamında çekilen renkli fotoğraflar, morfolojik açıklamalar ve mikroskopik karakterlerin çizgi çizimleri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bazidiyomikota, nrITS, nrLSU, moleküler filogeni, Türkiye

**Introduction**

The genus *Xerophorus* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti was considered to be a subgenus within *Callistosporium* Singer by Bon [1, 2]. However, a recent study by Vizzini et al. [3] indicated that *Xerophorus* species form an independent lineage within the family *Callistosporiaceae* Vizzini,

Consiglio, M. Marchetti & P. Alvarado and should be considered as a separate genus. The species of the genus *Xerophorus* is characterized with spaced, thick lamellae, hygrophoroid basidia up to 50 µm long, whitish spore-print, smooth and amygdaliform spores up to 10 µm long, and a bluish-green reaction in basic solutions [3]. They grow mainly on soil. Only three species of this genus have been identified so far, which are *Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti and *Xerophorus olivascens* (Boud.) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti from Europe, and *Xerophorus dominicanus* Angelini, Vizzini & Bizzi and from Dominican republic [3]. *Xerophorus donadinii* is regarded as an European macrofungi restricted to the Mediterranean regions. It is only reported from Italy, France and Hungary [3]. Additionally, only a morphological description of this species is reported from Black Sea region in Turkey [4]. No other records of this genus are determined in other parts of the world. Thus, more comprehensive studies are needed to better understand this genus and its species. In this study, we provide morphological features and genetic data of *X. donadinii* from Mediterranean region of Turkey. This study contributes significantly to the Turkish mycobiota in such a way that it not only shows that this species exists in the Mediterranean region but also provides, for the first time, genetic data from two different gene loci. This information is inevitable to discriminate the macrofungi from its most closely related species in the genus *Xerophorus*.

## **Material and Methods**

### **Morphological Analysis**

Macrofungi samples were collected from Isparta province of Mediterranean Region in Turkey during field works in autumn seasons. Observations of microscopic characteristics were made using the Leica DM500 light microscope (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) at magnifications up to 400× and 1000×. Microscopic structures were observed in dried material stained in ammoniacal Congo red. The following abbreviations are used: L<sup>m</sup> and W<sup>m</sup> indicate the average length and width of basidiospores, Q shows the ratios of length/width and Q<sup>m</sup> presents the average quotient of the measured basidiospores [5]. Specimens are kept at the fungarium of Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey.

### **Molecular Sequencing, Phylogenetic and Genetic Analyses**

DNA isolation, polymerase chain reaction (PCR) amplifications and sequencing methods were carried out according to Kaygusuz et al. [5]. The primer pairs ITS1F/ITS4 [6, 7] and LR0R/LR5 [8] were used for amplifying nrITS and nrLSU gene regions, respectively. DNA sequencing was performed with the same primers used in PCR amplifications at the Source Bioscience company (Berlin, Germany). Chromatograms were visually examined and manually edited using BioEdit 7.0.5 [9]. *Cleistocybe vernalis* Ammirati, A.D. Parker & Matheny [ADP 050506 (WTU)] was used as the outgroup taxa. All newly generated nrITS and nrLSU sequences were submitted to the GenBank database. The phylogenetic trees were constructed using the Maximum Likelihood (ML) and Bayesian Inference (BI)

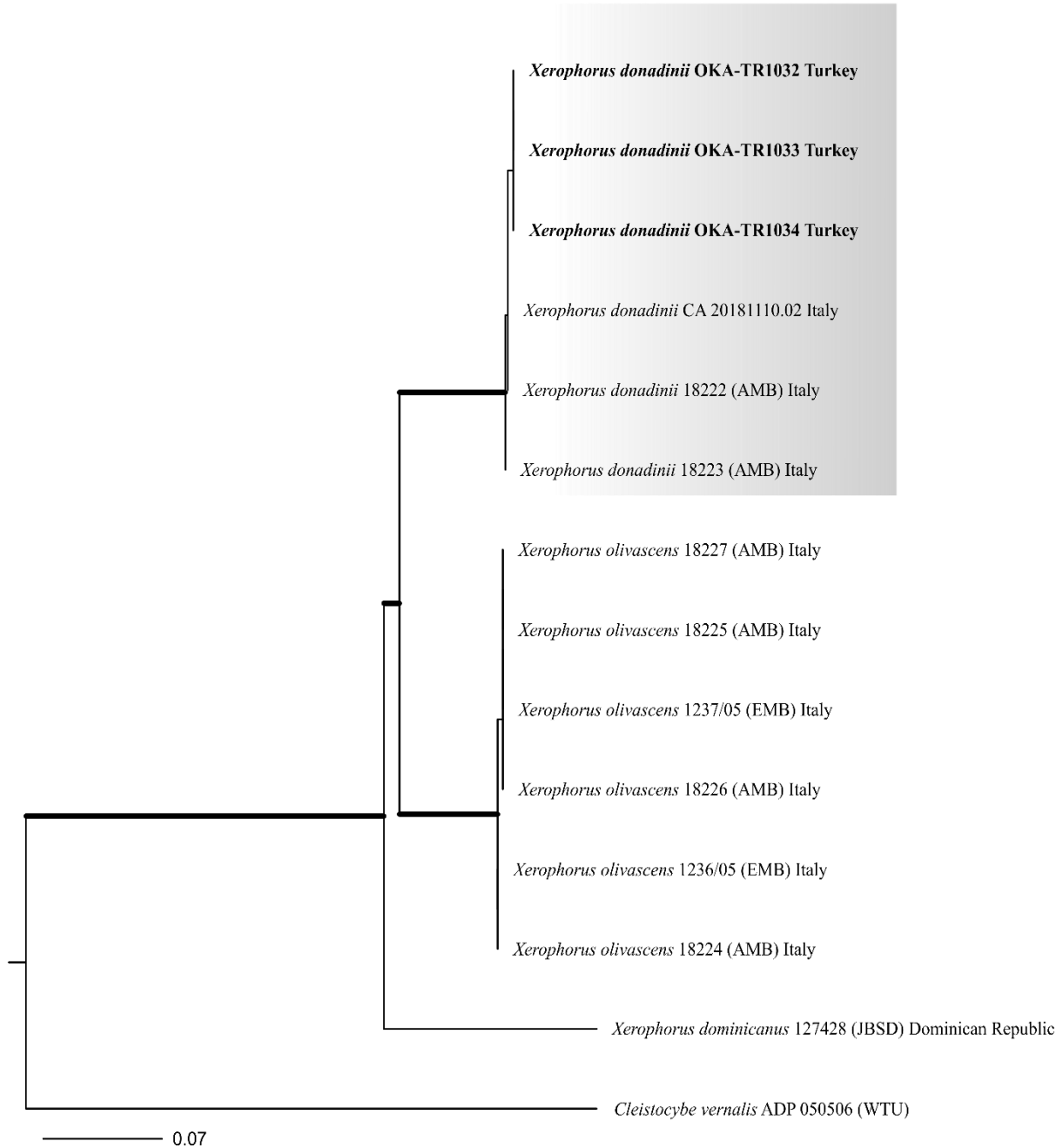
analyses. The newly generated nrITS and nrLSU sequences were selected from *Callistosporiaceae* dataset following the sampling of Vizzini et al. [3]. The ML analysis of the concatenated dataset was constructed in RAxML v8.2.10 [10] under the GTRGAMMA substitution model with 1000 bootstrap replicates. The BI analysis of the concatenated data matrix was performed in MrBayes 3.2.2 [11] by Markov chain Monte Carlo (MCMC) method. Six simultaneous Markov chains were run each for 1.000.000 generations, trees were sampled every 100<sup>th</sup> generation. A color-coded pairwise identity matrix of sequences belonging to *Xerophorus* was inferred using Sequence Demarcation Tool Version 1.2 (SDTv1.2) software [12].

## **Results**

### **Molecular Analysis**

The phylogenetic position of the three collections of *Xerophorus* was carried out by the phylogenetic analysis of the combined 14 nrITS sequences (3 newly generated, 11 downloaded from GenBank) and 14 nrLSU sequences (3 newly generated, 11 downloaded from GenBank). The genus *Xerophorus* formed a well-supported monophyletic group (MLB = 98%, Fig. 1). The phylogenetic analyses of combined nrITS/nrLSU sequences shows that all newly generated sequences of *X. donadinii* from Turkey are clustered together with three Italian collections in a highly supported clade (MLB = 99%, Fig. 1).

*Xerophorus donadinii* is sister to *X. olivascens* with high bootstrap support (MLB = 100%). *X. dominicanus* formed a basal clade in the phylogenetic analyses and is distantly related with the other two *Xerophorus* species. The pairwise nucleotide sequence of nrITS regions of *X. donadinii* from Turkey showed 89.9-99.9% identity with three collections of *X. donadinii* from Italy (CA 20181110.02, 18223 AMB, 18222 AMB) (Fig. 2). Turkish collection of *X. donadinii* showed 73.8% identity with *X. olivascens* (1237/05 EMB) from Italy (Fig. 2)



**Figure 1.** Phylogenetic tree inferred from Maximum-likelihood analysis based on combined dataset (nrITS and nrLSU) of *Xerophorus* species. Bold branches represent Maximum-likelihood bootstrap (MLB)  $\geq 90\%$  and Bayesian posterior probabilities (BPP)  $\geq 0.95$ . The newly generated sequences are indicated in bold. Bar indicates 0.07 anticipated changes per site per branch. *Cleistocybe vernalis* [ADP 050506 (WTU)] is the outgroup species.

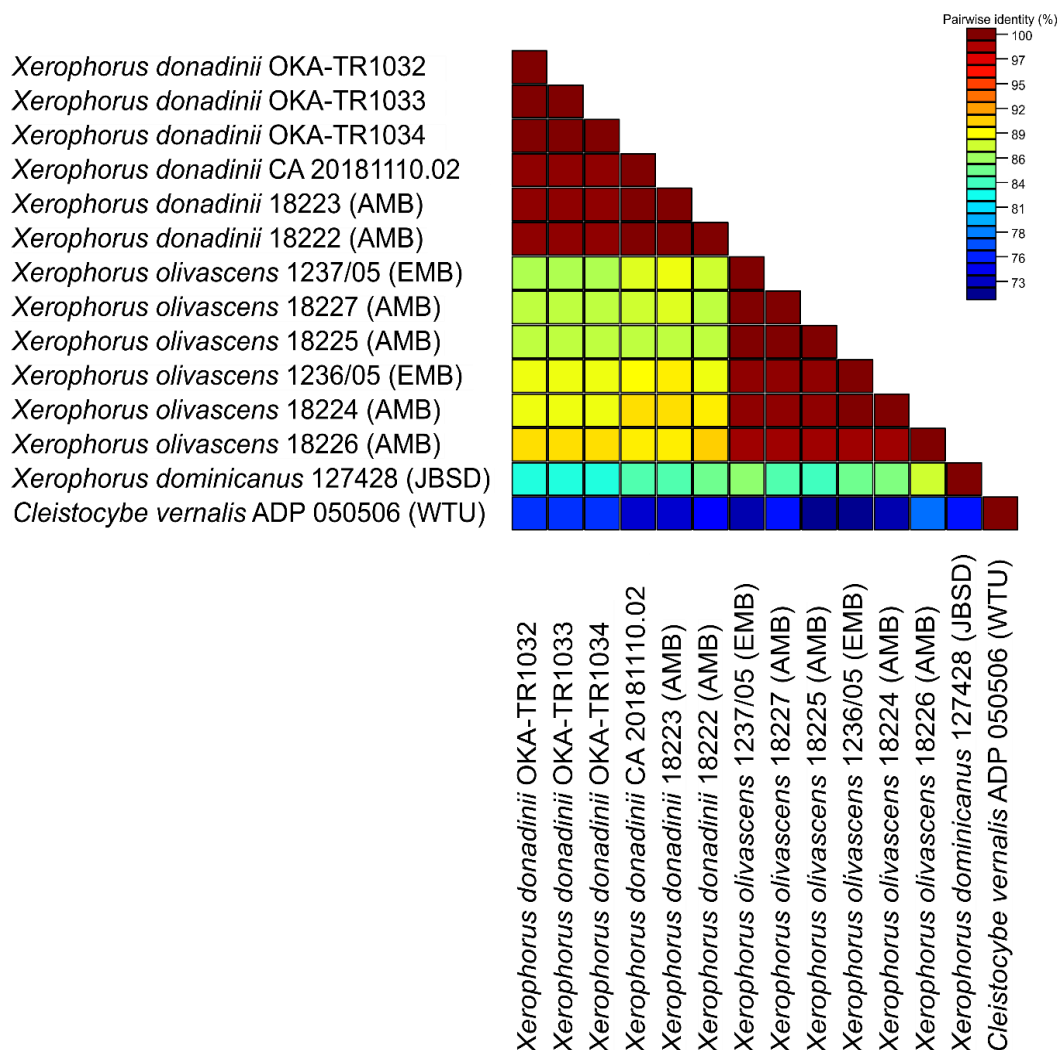


Figure 2. The two-dimensional color-coded matrix showing pairwise identity scores between sequences belonging to Xerophorus.

### Taxonomy

*Callistosporiaceae* Vizzini, Consiglio, M. Marchetti & P. Alvarado.

*Xerophorus donadinii* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti, in Vizzini, Consiglio, Marchetti & Alvarado, Fungal Diversity 101: 241 (2020).

**Basionym:** [*Callistosporium olivascens* var. *donadinii* Bon, Docums Mycol. 20 (79): 57 (1990) ≡ *Callistosporium donadinii* (Bon) Contu, Micol. Ital. 22(1): 55 (1993)].

**Pileus** (Fig. 3a-d) 10–25 mm diam, convex to broadly convex, then applanate, without umbo or with broad low umbo, surface glabrous and dry, not hygrophanous, yellow-orange to vinous-purple, margin not straight, sinuous. **Lamellae** moderately crowded, thin, slightly decurrent to emarginated, pale yellow or yellow brown. **Stipe** (Fig. 3a-d) 25–40 × 2–7 mm, cylindrical with tapering at base, sometimes curved, stuffed to hollow, surface fibrillose, pale yellow-brown, covered with abundant white rhizomorphs at the base. **Smell** and **taste** not distinctive.





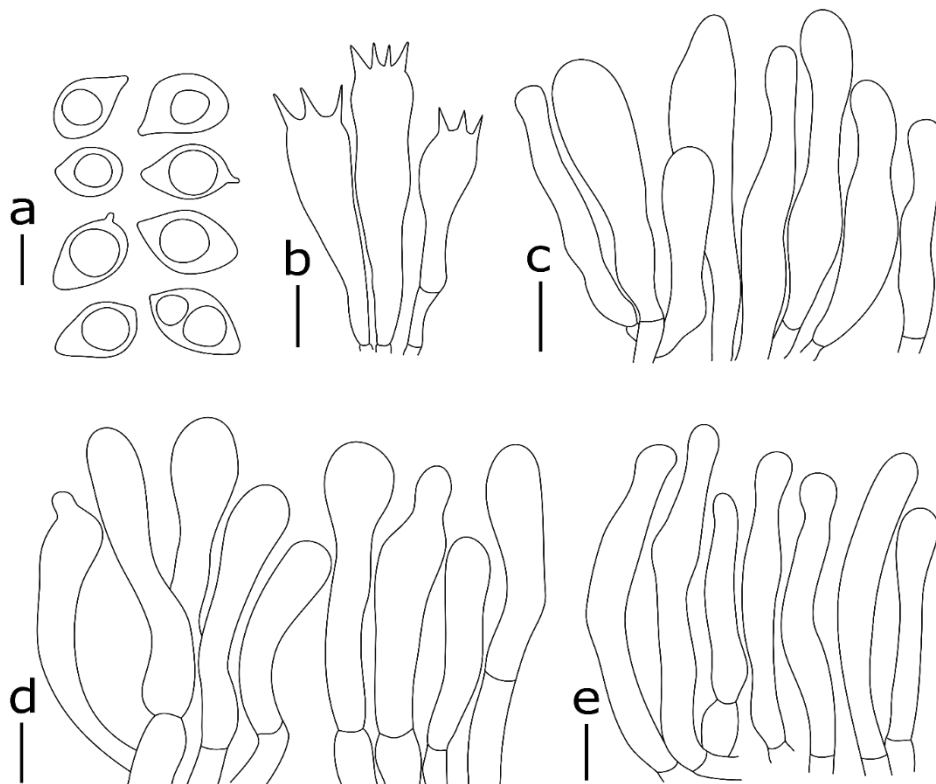
**Figure 3.** *X. donadinii*: a-d basidiomes growing in its natural habitat. Scale bars = 10 mm.

**Basidiospores** (Fig. 4a)  $(7.0\text{--}7.5\text{--}8.7\text{--}9.0) \times (4.6\text{--}4.9\text{--}5.3\text{--}5.5) \mu\text{m}$ ,  $L^m \times W^m = 8.3 \times 5.1 \mu\text{m}$ ,  $Q = 1.5\text{--}1.7$ ,  $Q^m = 1.6$ , amygdaliform to ovoid ellipsoid, uni- or two pale greenish guttulate, hyaline, thin-walled. **Basidia** (Fig. 4b)  $(25.0\text{--}27.5\text{--}38.5\text{--}48.0) \times (7.0\text{--}8.5\text{--}10.0\text{--}11.0) \mu\text{m}$ , clavate, 4-spored, hyaline and thin-walled. **Pleurocystidia** absent. **Cheilocystidia** (Fig. 4c)  $(29.0\text{--}32.5\text{--}42.0\text{--}45.5) \times (7.0\text{--}8.5\text{--}9.0\text{--}11.0) \mu\text{m}$ , narrowly cylindraceous to slightly flexuose or clavate, with sometimes subcapitate apex, hyaline and thin-walled. **Pileipellis** (Fig. 4d) a cutis made up of radially arranged, cylindrical or clavate elements, with sometimes subcapitate apex,  $3.0\text{--}12.0 \mu\text{m}$  wide hyphae, hyaline and thin-walled. **Stipitipellis** a cutis, consisting of narrowly cylindrical to cylindrical or clavate,  $3.0\text{--}15.0 \mu\text{m}$  wide hyphae, smooth, hyaline and thin-walled. **Caulocystidia** (Fig. 4e)  $35.0\text{--}60.0 \times 5.5\text{--}13.0 \mu\text{m}$ , irregularly cylindrical, hyaline and thin-walled. **Clamp** connections absent in all studied tissues.

**Ecology:** Gregarious or sometimes in small groups, present at elev. 1000 m, in grasslands under of *Abies cilicica* subsp *cilicica*, growing naturally in Taurus Mountains.

**Collections examined:** TURKEY, Isparta Province, Atabey district, around Islamkoy village, under *Abies cilicica* subsp *cilicica*, at  $37^{\circ}55'35''\text{N}$ ,  $30^{\circ}39'52.8''\text{E}$ , alt. 1010 m, 07 September 2019, O. Kaygusuz, OKA-TR1032; GenBank: OK442662 for nrITS, OK442659 for nrLSU; *ibid.*, under *A. cilicica* subsp *cilicica*, at  $37^{\circ}55'35''\text{N}$ ,  $30^{\circ}39'52.5''\text{E}$ , alt. 1000 m, 07 September 2019, O. Kaygusuz,

OKA-TR1033; GenBank: OK442663 for nrITS, OK442660 for nrLSU; *ibid.*, under *A. cilicica* subsp *cilicica*, at 37°55'35"N, 30°39'52.2"E, alt. 1011 m, 11 September 2020, O. Kaygusuz, OKA-TR1034; GenBank: OK442664 for nrITS, OK442661 for nrLSU.



**Figure 4.** Microcharacters of *X. donadinii*: a- basidiospores, b- basidia, c- cheilocystidia, d- pileipellis elements, e- caulocystidia. Scale bars: a = 5  $\mu\text{m}$ , b-e = 10  $\mu\text{m}$ .

## Discussions

*Xerophorus* is a genus in the family *Callistosporiaceae* containing the species *X. donadinii* and *X. olivascens* from Europe, and *X. dominicanus* from Dominican Republic [3]. Phylogenetically, *X. donadinii* and *X. olivascens* are two closely related species [3]. Morphologically, *X. donadinii* differs from *X. olivascens* because of its smaller basidiocarps (up to 30 mm), vinaceous to dark red-brown pileus, whitish-yellow to lemon yellow lamellae, and slightly smaller basidiospores (7.0–9.0  $\times$  4.8–5.5  $\mu\text{m}$ ) [3]. Also, *X. donadinii* prefers habitats with *Quercus suber*, *Pinus*, *Cupressus*, *Acer* and *Prunus* forests, while *X. olivascens* grow under cedars in parks and gardens [3, 4]. *X. dominicanus* is a more distantly related species to both *X. donadinii* and *X. olivascens*. It is only reported from the Dominican Republic so far. It has small basidiomes with cyclamen pink tinges and bears clamp connections in the basidia and pileipellis elements [3].

## Conclusion

There is not much study in the genus *Xerophorus*, which is represented by only three species worldwide. It is necessary to study this genus by describing its species and separate from species of other closely

related genera. In this respect, this study provides both morphological and molecular description of *X. donadinii* species from the Mediterranean region of Turkey. This species is believed to be restricted to Mediterranean coastal regions, but has also been reported from the Black Sea region of Turkey. When describing a macrofungi, the use of genetic data is inevitable and provides important data for comparison with its counterparts in other parts of the world. We believe morphological and molecular data of *X. donadinii* in this study significantly contributes to our knowledge on distribution of this rare macrofungi species and helps understand its ecological preferences in Turkey and worldwide.

***Acknowledgments*** This work was supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM), the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Turkey (Project No. TAGEM14/AR-GE/40).

***Funding/Financial Disclosure*** The authors have no received any financial support for the research, authorship, or publication of this study.

***Ethics Committee Approval and Permissions*** -

***Conflict of Interests*** The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

***Authors Contribution*** The authors have contributed sufficiently in the planning, execution, and analysis of this study.

## **References**

- [1] Bon, M. (1990). Taxons nouveaux et validations. *Documents mycologiques*, 20(79), 57-62.
- [2] Bon, M. (1991). Flore mycologique d'Europe 2, Les tricholomes et ressemblants. *Documents Mycologiques. Mémoire Hors Série*, 2, 1-163.
- [3] Vizzini, A., Consiglio, G., Marchetti, M. & Alvarado, P. (2020). Insights into the *Tricholomatineae* (Agaricales, Agaricomycetes): a new arrangement of *Biannulariaceae* and *Callistosporium*, *Callistosporiaceae* fam. nov., *Xerophorus* stat. nov., and *Pleurocollybia* incorporated into *Callistosporium*. *Fungal Diversity*, 101(1), 211-259. <https://doi.org/10.1007/s13225-020-00441-x>
- [4] Sesli, E. (2021). *Xerophorus* (Bon) Vizzini, Consiglio & M. Marchetti (Basidiomycota): Türkiye Mikotası İçin Yeni Bir Cins. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(2), 21-26. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.857755>
- [5] Kaygusuz, O., Türkekul, İ., Knudsen, H. & Menolli, Jr. N. (2021). *Volvopluteus* and *Pluteus* section *Pluteus* (Agaricales: Pluteaceae) in Turkey based on morphological and molecular data. *Turkish Journal of Botany*, 45(3), 224-242. <https://doi.org/10.3906/bot-2012-7>
- [6] White, T. J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. & White, T. J. (editors). *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. New York: Academic Press, pp. 315-322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>

- [7] Gardes, M. & Bruns, T. D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2, 113-118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- [8] Vilgalys, R. & Hester, M. (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172, 4238-4246.
- [9] Hall, T. A. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- [10] Stamatakis, A. (2014). RAxML version 8: A tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, 30, 1312-1313. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu033>
- [11] Ronquist, F., Teslenko, M., van der Mark, P., Ayres, D. L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liu, L., Suchard, M. A. & Huelsenbeck, J. P. (2012). MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology*, 61, 589-542. <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- [12] Muhire, B. M., Varsani, A. & Martin, D. P. (2014). SDT: a virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. *PloS one*, 9(9), e108277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108277>



## Kadına Yönelik Şiddet ve Çok-Boyutlu Çapraz Tablo ile Analizi

Nazan DANACIOĞLU<sup>1</sup>

How to cite: Danacıoğlu, N. (2021). Kadına yönelik şiddet ve çok-boyutlu çapraz tablo ile analizi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 152-161. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.1017280>

### Araştırma Makalesi

#### Sorumlu Yazar

Nazan DANACIOĞLU  
nazand@sinop.edu.tr

#### Yazarlara ait ORCID

N. D : 0000-0001-8014-6920

Received: 01.11.2021

Accepted: 23.12.2021

### Öz

Dünyada ve Türkiye’de önüne geçilemeyen kadına yönelik şiddet devam ettikçe, konunun araştırılması da devam edecektir. Şiddete uğrayan kadınların özellikleri, şiddetin nedenleri bilindiğinde önlem almak kolaylaşacaktır. Bu çalışmada, bugüne kadar yapılan iki ve üç boyutlu çapraz tablo çalışmalarının dışında, çok-boyutlu çapraz tablo ile konunun incelenmesi amaçlanmıştır. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından yapılan “Türkiye’de Kadına Yönelik Aile İçi Şiddet Araştırması” (2014) mikro verisi kullanılarak dört-boyutlu bir çapraz tablo oluşturulmuştur. Değişkenler arasındaki ilişki yapısının araştırılmasını sağlayan log-lineer analiz ile incelenen değişkenler, kadının yaşı, eğitim düzeyi, partnerin içki kullanması ve kadının aşağılanmaya maruz kalmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kadına yönelik şiddet, çok-boyutlu tablolar, log-lineer

## Violence Against Women and Analysis of Multi-Way Contingency Table

<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Fen Edebiyat  
Fakültesi, İstatistik Bölümü, Sinop  
Türkiye

Bu çalışma Creative Commons  
Attribution 4.0 International License  
ile lisanslanmıştır

### Abstract

As long as violence against women continues, which cannot be prevented in the world and in Turkey, the research of the issue will continue. It will be easier to take precautions when the characteristics of the women who have been subjected to violence and the causes of violence are known. In this study, apart from the two- and three-dimensional contingency tables done so far, it is aimed to examine the subject by considering multi-dimensional contingency tables. A four-dimensional contingency table was created using the microdata of the “Research on Domestic Violence Against Women in Turkey” (2014) conducted by TUIK (Turkish Statistical Institute). The variables examined by log-linear analysis, which enables the investigation of the relationship structure between the variables, are the age of the woman, the level of education, the drinking of the partner and the exposure of the woman to the humiliation.

**Keywords:** Violence against women, multi-way tables, log-lineer

## Giriş

Yirminci yüzyılın beşte birini geride bırakan, sürekli bilim ve teknolojideki gelişmelerden bahsedilen dünyamızın, azalmasını sağlayamadığı yıkıcı bir olaydır şiddet. İlla bir insanın bir insana yapmadığı; grupların gruplara, ülkelerin ülkelere yapabildiği bir yıkıcılık. Artık daha çok kelimenin sonuna “şiddet”

kelimesinin eklendiğine tanık oluyoruz; “kadına şiddet”, “sporda şiddet”, “polis şiddeti” vb. şiddet genelde güçsüz olarak algılanana yönlendirilen bir eylem olarak gözükmektedir. Şiddet yalnızca birisine fiziksel zarar vermeye indirgenemeyen; hakaret, taciz, onur kırıcı davranışların da içinde bulunduğu, psikolojik, ekonomik, sözel vb. boyutları olan bir olgudur. Sadece şiddete uğrayanlar (mağdurlar) için değil, araştırmacılar, düşünürler tarafından da tanımlanması zor, yelpazesi geniş bir kavramdır. Sosyal ve ekonomik eşitsizlikten, acizliğe, egoizme kadar uzanan nedenler, aynı zamanda şiddeti uygulayanlara da mazeret göstermektedir. Şiddet mağduru kadın olduğunda, “aile içi şiddet” ya da “ev içi şiddet” kavramı ile karşılaşılmaktadır. 6284 sayılı “Ailenin Korunması ve Kadına Karşı Şiddetin Önlenmesine Dair Kanun” ikinci madde-(b) fıkrasında, ev içi şiddeti: “Şiddet mağduru ve şiddet uygulayanla aynı haneyi paylaşmasa da aile veya hanede ya da aile mensubu sayılan diğer kişiler arasında meydana gelen her türlü fiziksel, cinsel, psikolojik ve ekonomik şiddet” olarak tanımlanmaktadır [1]. Türkiye’de kadına yönelik şiddetle ilgili akademik, sivil toplum ve kamu bağlamında çalışmalar son yıllarda artmış gibi görünmesine rağmen; Sen ve Bolsoy [2], Çalışkan ve Çevik [3]’in de belirttiği gibi kadına yönelik şiddet azalmamaktadır. Han Almış, Gümüştaş ve Koyuncu Kütük [4]; Balcı Gülpınar ve Kandemirci [5] gibi araştırmacılar, kadına yönelik şiddetin, sinema, medya vb. platformlarda normalleştirilmesinin yanında, kadının da şiddeti normalleştirdiğini belirtmişlerdir. Ülkemizde ve dünyada şiddetin nedenleri araştırılmış, alkol kullanımından, işsizlik, kadın-erkeğin eğitim düzeyi ve yaşa kadar pek çok etmen belirlenmiştir [6-8]. Türkiye’de özellikle TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından yürütülen araştırmalar ilgi çekmiş ve kurum aracılığıyla elde edilen mikro veri setlerinden çalışmalar yapılmıştır [3, 9, 10]. Kadına yönelik şiddetin arttığına yönelik değerlendirmeler, hala geçerliliğini ve önemini koruyan “şiddet” olgusuna yönelik araştırmaların devam etmesini sağlamakta, hatta gerektirmektedir. Bu çalışmada TÜİK “Türkiye’de Kadına Yönelik Aile İçi Şiddet Araştırması” (2014) mikro verisinden yararlanarak, çok-boyutlu bir çapraz tablo (multi-way contingency tables) oluşturulması ve konu hakkında değerlendirme yapılması amaçlanmaktadır. Türkiye’de bugüne kadar yapılan araştırmalar genellikle 3-yönlü çapraz tablolar kullanılarak yapılmıştır [11-13].

### **Materyal ve Metod**

Çok-boyutlu çapraz tablolarla çalışırken kullanılacak yöntemlerden biri log-lineer analizdir. Log-lineer analiz, çalışılan değişkenlerin ölçek türü nominal veya ordinal olduğunda; ilgilenilen çapraz tablodaki sıklıkların modellenmesini sağlamaktadır. Örneğin üç boyutlu bir tabloda, olası bütün etkileşimlerin modelde bulunduğu doymuş log-lineer model;

$$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(jk)} + u_{23(jk)} + u_{123(ijk)} \quad i=1,\dots,I; j=1,\dots,J; k=1,\dots,K$$

şeklinindedir. Doymuş model (123) şeklinde gösterilebilmekte ve bu gösterim, u, 1, 2, 3, 12, 13, 23 ve 123 parametrelerinin de modelde yer aldığı anlamına gelmektedir (hiyerarşi prensibi). Yani 123 etkileşimi modelde ise daha düşük dereceden etkileşimler ve ana etkiler de modeldedir. Üç-boyutlu bir

tablo için, tabloya uyumunun araştırılacağı 8 alt model bulunmaktadır. Modeller ve gösterimleri Tablo 1’de verilmektedir [14, 15].

**Tablo 1.** Üç-boyutlu çapraz tablo için alt modeller

Gösterim	Model denklemleri	Sd
1,2,3 M0	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)}$	IJK-I-J-K+2
1,23 M1	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{23(jk)}$	(I-1)(JK-1)
2,13 M2	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{13(jk)}$	(J-1)(IK-1)
3,12 M3	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)}$	(K-1)(IJ-1)
13,23 M4	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{13(jk)} + u_{23(jk)}$	K(I-1)(J-1)
12,23 M5	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{23(jk)}$	J(I-1)(K-1)
12,13 M6	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(jk)}$	I(J-1)(K-1)
12,13,23 M7	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(jk)} + u_{23(jk)}$	(I-1)(J-1)(K-1)
123 M8	$\log n_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(jk)} + u_{23(jk)} + u_{123(ijk)}$	0

Modellerin tabloya uygunluğu test edilirken  $G^2$  olabilirlik oran test istatistiği kullanılmaktadır [10].

$$G^2 = 2 \sum_{i,j,k} n_{ijk} \log \frac{n_{ijk}}{e_{ijk}}$$

Örneğin M4 modeli için test edilecek hipotez:  $H_0: p_{ijk} = p_{i.k} p_{.jk} / p_{..k}$  'dır.  $p_{ijk}$  için EÇO (en çok olabilirlik) tahmin edicisi;

$$\begin{aligned} \hat{p}_{ijk}^4 &= \hat{p}_{i.k} \hat{p}_{.jk} / \hat{p}_{..k} = (n_{i.k} / n_{..}) (n_{.jk} / n_{..}) / (n_{..k} / n_{..}) \\ &= n_{i.k} n_{.jk} / n_{..k} n_{..} \end{aligned}$$

$e_{ijk} = n_{..} p_{ijk}$  için EÇO tahmini,  $\hat{e}_{ijk}^4 = n_{..} \hat{p}_{i.k} \hat{p}_{.jk} / n_{..k} = n_{i.k} n_{.jk} / n_{..k}$  ve test istatistiği,

$$G^2 = 2 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K n_{ij} \log \left( n_{ijk} / \hat{m}_{ijk}^4 \right)$$

olacaktır [12, 13].

Regresyon analizinde olduğu gibi, log-lineer analizde de bir model, daha büyük (daha fazla parametrelili) bir modele karşı test edilebilmektedir. Bu, özellikle çok-boyutlu tablo analizlerinde uygun modele karar verirken yararlanabilecek bir yöntemdir. Örneğin Tablo 1’de M2 modeli M4’e karşı test edilebilir çünkü, M4 (13,23) modeli, M2 (2,13) modelinde bulunan bütün terimleri içermektedir. Dolayısıyla test edilecek hipotez,  $u_{23(jk)}$  etkileşim teriminin yokluğudur:  $H_0: u_{23(jk)}=0$ .

$G_{(2)}^2 - G_{(4)}^2 > \chi_{SD(2)}^2 - \chi_{SD(4)}^2 \Rightarrow u_{23(jk)}$  etkileşim teriminin önemli olduğuna karar verilir [14].

Tablo yapısına uygun birden fazla model olduğunda, en uygun modelin belirlenmesi için kullanılacak model seçim ölçütlerinden bazıları; AIC (Akaike) ve BIC (Bayesci) bilgi ölçütleridir:

$$AIC_{M_S} = G_S^2 - 2Sd_S$$

$$BIC_{M_S} = G_S^2 - Sd_S \log_e(n)$$

Her iki bilgi ölçütü için de en küçük değere sahip modelin daha uygun olduğuna karar verilmekte, ancak BIC bilgi ölçütü daha güvenilir kabul edilmektedir [16]. Üç-boyutlu tablolar için verilen bilgiler, örneğin, dört-boyutlu bir tabloya da kolaylıkla genişletilebilir. Ancak tablo boyutu arttığı için tabloya uygun olabilecek model sayısı da artacak (4-boyutlu için 103 model) ve üçlü etkileşimler de uygun modele dahil olabileceğinden, ilişki yapısının açıklanması zorlaşacaktır. Dört-boyutlu bir tabloda sadece ana etkilerin bulunduğu model (M0),

$$\log n_{ijkm} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{4(m)} \quad i=1,\dots,I; j=1,\dots,J; k=1,\dots,K; m=1,\dots,L$$

olarak yazılır ve (1,2,3,4) şeklinde gösterilebilir. Değişkenlerin 2 düzeyli olduğu dört-boyutlu bir çapraz tablo için hiyerarşik modeller Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda 4E, 3E ve 2E ifadeleri 4’lü, 3’lü ve 2’li etkileşim için kullanılmıştır [17].

**Tablo 2. Dört-boyutlu çapraz tablo için hiyerarşik modeller**

Model	Çıkarılan etkileşimler				Boyutların düzenlenişi			Versiyonlar
	4E	3E	2E	SD	3B	2B	1B	
1	1			1	4			1
2	1	1		2	3	1		4
3	1	2		3	2			6
4 (123,124)	1	2	1	4	2	3		6
5	1	3		4	1	2		4
6	1	3	1	5	1	1		12
7 (123,14)	1	3	2	6	1			12
8 (123,4)	1	3	3	7	1		1	4
9	1	4		5		6		1
10	1	4	1	6		5		6
11	1	4	2	7		4		15
12a (12,13,14)	1	4	3	8		3		4
b (12,13,24)						3		12
c						3	1	4
13a (12,34)	1	4	4	9		2		3
b (12,13,4)						2	1	12
14 (12,3,4)	1	4	5	10		1	2	6
15 (1,2,3,4)	1	4	6	11			4	1
								<b>113</b>



Tablo 2’den görüldüğü gibi, dört-boyutlu bir tablo analiz edilirken, uygun olması muhtemel model sayısı çok fazladır. Modellerin yorumlanması da aynı oranda karmaşıktır. 4 değişken 1,2,3,4 olarak gösterildiğinde, aşağıda model gösterimleri ve yorumlamalarına bazı örnekler verilmiştir [14].

(12) (34) : 1 ve 2, 3 ve 4’ten bağımsızdır.

(12) (13) (14): 1 değişkeninin düzeylerinde 2,3 ve 4 bağımsızdır.

(123) (4): 4. değişken, 1,2 ve 3’ten bağımsızdır.

(12) (3)(4): 3. değişken, 1,2 ve 4’ten; 4. değişken, 1,2 ve 3’ten bağımsızdır.

(123) (14): 1. değişkenin düzeylerinde, 4. değişken, 2 ve 3’ten bağımsızdır.

(123) (124): 1. ve 2. değişkenin düzeylerinde, 3 ve 4 bağımsızdır.

### Uygulama

TÜİK 2014 yılında “Türkiye’de Kadına Yönelik Aile İçi Şiddet Araştırması” adı altında bir araştırma yapmıştır. Araştırmanın veri setinde 1250’nin üzerinde değişken ve 7462 gözlem bulunmaktadır. Bu araştırmanın içeriğiyle doğru orantılı olarak, kadına yönelik aile içi şiddetin nedenlerini tespit etmek için, 4-boyutlu bir çapraz tablo oluşturulması ve ilişki yapısının incelenmesi amaçlanmıştır. Tablo belirlenirken, 0 gözlemlerin çokluğu, ham veride düzeyleri belirlenmemiş değişkenlerin de olması nedeniyle, çalışmanın örneklem genişliği 5274 olmuştur. Tablo 3’te verilen çapraz tablo n<sub>4212</sub> gözesiyle, örneklem sıfırlı bir tablodur. Çalışmaya dahil edilen değişkenler ve düzeyleri aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 3. Yaş\*Eğitim\*Aşağılama\*İçki dört-boyutlu çapraz tablosu**

Partner içki						
		İçiyor		İçmiyor		
		Hakaret	Aşağılama	Aşağılama		
Yaş	Eğitim	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Toplam
15-27	İlköğretim	21	34	55	346	456
	Lise	17	45	25	177	264
	Üniversite	4	27	3	57	91
28-40	İlköğretim	87	169	255	1119	1630
	Lise	24	77	49	279	429
	Üniversite	29	86	27	198	340
41-53	İlköğretim	84	192	188	857	1321
	Lise	17	59	21	100	197
	Üniversite	10	40	5	43	98
54-66	İlköğretim	27	58	54	251	390
	Lise	2	9	0	19	30
	Üniversite		11	2	15	28
<b>Toplam</b>		<b>322</b>	<b>807</b>	<b>684</b>	<b>3461</b>	<b>5274</b>

Y: Kadınların yaşı: "15-27", "28-40", "41-53", "54-66"  $i=1, \dots, 4$

E: Kadınların eğitim durumu: "İlköğretim", "Lise", "Üniversite"  $j=1, 2, 3$

A: Partner tarafından başkalarının yanında aşağılama, küçük düşürme: "Evet", "Hayır"  $k=1, 2$

İ: Partnerin içki içmesi: "İçiyor", "İçmiyor"  $m=1, 2$

Çok boyutlu tablolar söz konusu olduğunda, üç-boyutlu tablolardaki gibi modellerin tek tek test edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, önce SPSS paket programında geriye doğru seçim işlemiyle en uygun model seçimi yapılarak, k-boyutlu etkiler test edilmiş, kısmi ilişkilere bakılmıştır. Sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4'te K değerleri sırasıyla, 1., 2., 3. ve 4. dereceden etkileşim etkilerini göstermektedir. 1. ve 2. dereceden etkiler için  $p < 0.05$  olduğundan, uygun model denkleminde 2'li etkileşim terimleri olduğu söylenebilir.

**Tablo 4. K-boyutlu etkiler**

	K	df	Olabilirlik oran		Pearson	
			Ki-kare	p	Ki-kare	p
<b>K-boyutlu ve yüksek dereceden etkiler</b>	1	47	9772.182	.000	17978.202	.000*
	2	40	599.747	.000	577.009	.000*
	3	23	24.979	.351	19.863	.650
	4	6	7.244	.299	5.745	.452
<b>K-boyutlu etkiler</b>	1	7	9172.435	.000	17401.193	.000*
	2	17	574.768	.000	557.146	.000*
	3	17	17.735	.406	14.118	.659
	4	6	7.244	.299	5.745	.52

Hangi etkileşim etkilerinin önemli olduğuna Tablo 5'ten karar verilir.

**Tablo 5. Kısmi ilişkiler**

Etki	Sd	Kısmi ki-kare	p
Y*E*İ	6	5.495	.482
Y*E*A	6	7.873	.248
Y*İ*A	3	3.987	.263
E*İ*A	2	2,003	.367
Y*E	6	318.139	.000*
Y*İ	3	50.985	.000*
E*İ	2	163,710	.000*
Y*A	3	6.980	.073
E*A	2	28.572	.000*
İ*A	1	87.771	.000*
Y	3	1776.927	.000*
E	2	3379.633	.000*
İ	1	1838.856	.000*
A	1	2177.019	.000*

(Eİ), (Yİ) (İA), (YE), (EA) 2'li etkileri önemlidir. Tablo 4 ve Tablo 5'e göre uygun model,

**(1):** (Eİ) (Yİ) (İA) (YE) (EA)'dır.

Modeller test edilirken, "Model tablo yapısına uygundur" hipotezi kurulur.

(1) modeli test edildiğinde,  $p > 0.05$  olduğundan, model tablo yapısına uygundur.

	Değer	Sd	p
<b>G<sup>2</sup></b>	31.985	26	.195

(1) modeline Tablo 5'te önemsiz bulunan (YA) etkileşim terimi eklensin.

**(2):** (Eİ) (Yİ) (İA) (YE) (EA) (YA) modeli için;

	Değer	Sd	p
<b>G<sup>2</sup></b>	24.979	23	.351

(2) modeli de  $p > 0,05$  olduğundan tablo yapısına uygundur.

İki model de uygun olduğundan,  $H_0: u_{YA(ik)} = 0$  hipotezi test edilmelidir.

$$G_{(1)}^2 - G_{(2)}^2 = 7.006 > \chi_{SD(1)}^2 - \chi_{SD(2)}^2 = 3$$

olduğundan (YA) etkileşim teriminin önemli olduğuna karar verilir.

**(3):** (Yİ) (YA) modeli test edildiğinde,

	Değer	Sd	p
<b>G<sup>2</sup></b>	3945.929	36	.000

(3) modeli tablo yapısına uygun bulunmamıştır. Geriye doğru seçim işlemiyle elde edilen parametre tahminleri Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6. Parametre tahminleri**

Etki	Parametre	Tahmin	SH	Z	p
<b>Y*E*İ*A</b>	1	.037	.083	.442	.659
	2	-.128	.104	-1.226	.220
	3	-.028	.064	-.443	.658
	4	-.111	.090	-1.235	.217
	5	-.012	.071	-.168	.867
	6	-.129	.098	-1.313	.189
<b>Y*E*İ</b>	1	-.030	.083	-.355	.723
	2	-.129	.104	-1.235	.217
	3	.048	.064	.749	.454
	4	-.140	.090	-1.559	.119
	5	-.058	.071	-.812	.417

Tablo 6'nin devamı...

Etki	Parametre	Tahmin	SH	Z	p
	6	-.098	.098	-.992	.321
<b>Y*E*A</b>	1	.081	.029	2.738	.006
	2	.111	.104	1.069	.285
	3	-.104	.064	-1.641	.101
	4	.001	.090	.014	.989
	5	-.117	.071	-1.641	.101
	6	.068	.098	.689	.491
<b>Y*I*A</b>	1	.075	.075	1.003	.316
	2	.005	.059	.079	.937
	3	-.043	.067	-.633	.527
<b>E*I*A</b>	1	.041	.056	.726	.468
	2	.065	.082	.794	.427
<b>Y*E</b>	1	-.568	.083	-6.821	.000
	2	.615	.104	5.908	.000
	3	-.327	.064	-5.141	.000
	4	-.025	.090	-.273	.785
	5	.208	.071	2.921	.003
	6	.016	.098	.159	.874
<b>Y*I</b>	1	-.118	.075	-1.577	.115
	2	-.122	.059	-2.047	.041
	3	.150	.067	2.219	.027
<b>E*I</b>	1	-.312	.056	-5.544	.000
	2	.119	.082	1.463	.144
<b>Y*A</b>	1	-.024	.075	-.320	.749
	2	.136	.059	2.293	.022
	3	.099	.067	1.467	.142
<b>E*A</b>	1	.242	.056	4.309	.000
	2	-.049	.082	-.602	.547
<b>I*A</b>	1	.187	.054	3.477	.001
<b>Y</b>	1	-.141	.075	-1.884	.060
	2	1.042	.059	17.528	.000
	3	.387	.067	5.739	.000
<b>E</b>	1	1.227	.056	21.808	.000
	2	-.346	.082	-4.243	.000
<b>I</b>	1	-.354	.054	-6.590	.000
<b>A</b>	1	-.809	.054	-15.068	.000

Tablo 6'da (YEA) etkisinin parametre tahminlerinden biri önemli çıkmıştır. Hiyerarşi prensibinden (YE), (YA), (EA) etkilerinin de modelde olması gerekmektedir. Bu etkiler de önemli bulunduğundan, ilk olarak önemli çıkan parametre tahminlerinin hepsini kapsayan model incelenmiştir. (YEA), (Eİ),

(Yİ) modeli için  $G^2=105,581$ ,  $p=0.000$  olduğundan, model tablo yapısına uygun değildir. Dolayısıyla (YEA) modelde olmamalıdır. Parametre tahminlerine göre YA etkileşim etkisi de önemli bulunmuştur. Dolayısıyla (2) modeli (1) den daha uygun görünmektedir. Tablo 5’te önemli çıkmadığı için (1) ve (2) modelleri için bilgi ölçütleri hesaplanmıştır.

(1) için AIC= -8.015 ve BIC= -139.42\*

(2) için AIC= -9.021\* ve BIC= -120.72

BIC ölçütüne göre en iyi model (1) olduğundan, tablo yapısına en uygun modelin, (Eİ) (Yİ) (İA) (YE) (EA) olduğuna karar verilmiştir.

### **Sonuç**

Uygun modelde üçlü etkileşim bulunmadığından, modeldeki ikili etkileşimler üzerinden yorum yapılmasında sakınca yoktur. Parametre tahminlerine göre (Tablo 6), kadınlar yaşlandıkça eğitim düzeyi düşmektedir. Günümüzde eğitim alabilen kız çocuğu oranının geçmişe göre fazla olduğu düşünüldüğünde, bu beklenen bir sonuçtur. Kadınların yaşıyla, partnerlerinin içki içip içmemesi arasında ilişki vardır. Genç ve orta yaş arasındaki kadınların partnerlerinde içki kullanımı fazladır. Kadınların eğitim düzeyi ile partnerin içki kullanması arasındaki negatif yöndeki ilişki, kadınların eğitim düzeyi düştükçe, partnerlerinin daha fazla içki kullandığını göstermektedir. Partnerin eğitim seviyesinin çapraz tabloya değişken olarak eklenmesi ve beş-boyutlu bir tablo analizi yapılması, daha ayrıntılı yorumlar yapılmasını sağlayabilir. Öte yandan genç kadınların daha az aşağılamaya maruz kaldığı ve partnerin içki kullanmasının aşağılamaya yol açtığı söylenebilir.

**Teşekkür** TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)’e “Türkiye’de Kadına Yönelik Aile İçi Şiddet Araştırması” (2014) mikro veri setini paylaştığı için teşekkür ederiz.

### **Fon/Finansman Bilgileri -**

**Etik Kurul Onayı ve İzinler** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

### **Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar -**

**Yazarların Katkısı** Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

### **Kaynaklar**

[1] Ailenin Korunması Kadına Karşı Şiddetin Önlenmesine Dair Kanun, Resmi Gazete, 20.3.2012, sayı: 28239.

[2] Sen, S., & Bolsoy, N. (2017). Violence against women: prevalence and risk factors in Turkish sample, *BNC’s Women Health*, 17, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12905-017-0454-3>

[3] Çalışkan, H., & Çevik, E. İ. (2018). Kadın yönelik şiddetin belirleyicileri: Türkiye örneği. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(14), 218-233.

- [4] Han Almış, B., Gümüştaş, F., & Koyuncu Küçük, E. (2020). Kadına yönelik aile içi şiddetin kadın ve çocukların ruh sağlığına etkileri. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 12(2), 232-242. <https://doi.org/10.18863/pgy.567635>
- [5] Balcı Gürpınar, D., & Kanderirci, D. (2013). “Evimin kadını, çocuklarımın anası” emekçi kadına yönelik aile içi şiddetin Türkiye sinemasındaki sunumu. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1), 28-44.
- [6] Guljan, D., Şimşek, H., & Günay, T. (2012), Evli erkeklerde eşlerine yönelik şiddet ve ilişkili etmenler”. *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, 10(3), 151-159.
- [7] Grech, K., & Burgess, M. (2011). Trends and patterns in domestic violence assaults: 2001 to 2010. *NSW Bureau of Crime Statistics and Research Crime and Justice Statistics*, 61, 1-14.
- [8] Ayvaz Kızılgöl, Ö., & İpek, E. (2018). An Analysis on domestic violence against women in Turkey: multinominal logit model. *Business and Economics Research Journal*, 9 (3), 715-733.
- [9] Çağlıcı, T., & Danacıoğlu, N. (2020). Log lineer modeller ve kadına yönelik şiddet üzerine bir uygulama, *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 1-12. <https://doi.org/10.33484/sinopfb.651335>
- [10] Çağlıcı, T. (2019). Log-lineer modeller ve kadına yönelik şiddet üzerine bir uygulama. (Tez no. 576708) [Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi].
- [11] Olmuş, H. (2006). Çok yönlü frekans tablolarının analizi üzerine bir çalışma. *İTÜ Dergisi Fen Bilimleri*,4(1), 17-27.
- [12] Altaş, D., Sağırlı, M., & Giray, S. (2006). Yurtdışında çalışıp Türkiye’ye dönen akademisyenlerin eğitim durumları, gidiş ve dönüş sebepleri arasındaki ilişki yapısının log-lineer modeller ile incelenmesi. *Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, XXI (1), 401-421.
- [13] Mete S., & Ünsal A. (2010). Kategorik veriler için logaritmik doğrusal modeller ve göç istatistikleri için bir uygulama. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1) 299-308.
- [14] Christensen R. (1997). *Log-Linear Models and Logistic Regression*, Springer: New York. Second Edition.
- [15] Lawal, B. (2003). *Categorical Data Analysis with SAS and SPSS Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London.
- [16] Powers D., & Xie Y. (1999). *Statistical Methods for Categorical Data Analysis*, Academic Press, INC.
- [17] Bishop, M. Y., & Fienberg, S. E. (2007). *Discrete Multivariate Analysis Theory and Practice*. Springer.



## Selenyum, Su Ürünleri ve Sağlık

Demet KOCATEPE<sup>1</sup>, Derya Canan BÜYÜKKOL<sup>2</sup> ve Gözde ÖZTÜRK  
ALTUNYURT<sup>3</sup>How to cite: Kocatepe, D., Büyükkol, D. C., & Öztürk Altunyurt., G (2021). Selenyum, su ürünleri ve sağlık. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 162-173. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.879034>**Derleme****Sorumlu Yazar**Demet KOCATEPE  
demetkocatepe@hotmail.com**Yazarlara ait ORCID**D.K.: 0000-0002-9234-1907  
D.C.B: 0000-0001-8522-2339  
G.Ö.A: 0000-0002-0021-8566**Received:** 12.02.2021**Accepted:** 29.06.2021**Öz**

Selenyum; endokrin, bağışıklık ve kardiyovasküler sistem gibi birçok sistemin işlevini destekler. Tüm eser mineraller gibi vücudun düzgün çalışması için gereklidir. Selenyum insan sağlığı için önemli olan ancak fazla alındığında insanlar için de zararlı olabilecek bir eser elementtir. Selenyum ihtiyacı, kalsiyum ve demir gibi vücuda daha çok miktarlarda gerekli olan minerallerden daha az seviyededir. Bu nedenle de bir mikro besin olarak adlandırılır. Diğer birçok besinde de olduğu gibi, selenyuma verilen biyolojik yanıt cinsiyete ve yaşa göre farklılık gösterir. İnsanlar genellikle selenyumu mahsul ve hayvansal ürünlerle ve bazen de fonksiyonel yiyecekler veya takviyeler olarak alırlar. Selenyum, E vitamini ile sinerjist olarak çalışır. Su ürünlerinin selenyum açısından zengin gıdalar arasında gelmektedir. Sadece balık değil kabuklu su ürünleri de içerdikleri minerallerden dolayı günlük besin almında önemli bir yeri vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Selenyum, su ürünleri, halk sağlığı, Se:Hg oranı**Selenium, Seafoods and Health**<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri  
Fakültesi, İşleme Teknolojisi  
Anabilim Dalı, Sinop, Türkiye<sup>2</sup>Sinop Üniversitesi, Lisansüstü  
Eğitim Enstitüsü, Disiplinlerarası  
Çevre Sağlığı, Sinop, Türkiye<sup>3</sup>Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi, Enfeksiyon  
Hastalıkları ve Klinik  
Mikrobiyoloji Kliniği, İstanbul,  
TürkiyeBu çalışma Creative Commons  
Attribution 4.0 International  
License ile lisanslanmıştır**Abstract**

Selenium supports the functions of many systems such as endocrine, immune and cardiovascular systems. Like all trace minerals, it is essential for the proper functioning of the body. Selenium is a trace element that is important for human health but can also be harmful for humans when taken in excess. Selenium requirement is less than minerals that are required by the body in larger amounts, such as calcium and iron. Therefore, it is called a micronutrient. As with many other foods, the biological response to selenium varies by gender and age. People often take selenium with crops and animal products, and sometimes as functional foods or supplements. Selenium works synergistically with vitamin E. Seafood products have high selenium levels. Not only fish but also other shellfish products have an important place in daily food intake due to their minerals contain.

**Keywords:** Selenium, seafoods, public health, Se:Hg ration

## **Giriş**

Besinler temelde yapıcı-onarıcı, düzenleyici ve enerji vericiler olarak sınıflandırılmaktadır. Enerji veren besinler karbonhidratlar, yağlar ve proteinler olarak sınıflandırılırken, yapıcı onarıcı besinler ise protein içeriği yüksek gıdalardan oluşmaktadır. Su, mineral madde ve vitaminler ise vücutta düzenleyici olarak rol oynayan diyetle yer alması gereken maddelerdir. Sağlıklı beslenmeye önem verenlerin, karbonhidrat-protein ve yağ dengesi yanında diyetlerinde düzenleyicilere de yer verdiğini, son yıllarda çok daha fazla gözlemlemekteyiz. Günlük tavsiye edilen mineral ve vitamin ihtiyaçları yapılan çalışmalarla belirlenmiş ve farklı otoritelerce öneriler yapılmıştır. Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi gıdaların insan diyetindeki günlük alımları miligram düzeyinde olup makro elementler olarak adlandırılmaktadırlar. Bunların dışında günlük mikrogram düzeyde alımları ile işlevsellik gösterebilen çeşitli mikro elementler vardır. Temel olarak bazı mikro elementler (örneğin demir (Fe), çinko (Zn), selenyum (Se), krom (Cr) ve iyot (I)) insan sağlığı için çok önemlidir, diğerleri ise potansiyel olarak tehlikelidir [1]. Bunlar esansiyel mineraller olarak da adlandırılır. Se, insanlar için esansiyel bir mineraldir. Yetersizliğine birçok canlıda rastlanır ancak ciddi semptomları E vitamini ve diğer antioksidan yetersizliklerinde belirgin olarak ortaya çıkar. Se yağ dokusu hariç diğer dokularda belirli miktarlarda bulunur. Serumda 0.22 mg/dl düzeyindedir. Se hayvan dokularında selenometiyonin ve selenosistein olarak iki yapıda bulunur. Selenometiyonin, birçok proteinin yapısında; selenosistein glutatyon peroksidaz (GP), iyodotronin deiyonaz ve selenoprotein yapılarında yer alır. Selenometiyonin diyetle alınır, vücutta sentezlenmez. Eğer diyetle alımında sorun olursa selenometiyonin havuzundan organizmaya Se sağlanır. Selenosistein ise biyolojik aktivite gösteren mineral yapısıdır. Özelleşmiş mekanizmalarda proteinlerin tRNA yapısına girer [2]. Se besin zinciri ile bitkiler ve hayvanlara geçmekte, bu gıdalardan da insanlara selenoprotein sentezi için gerekli olan Se alınmaktadır. 25 adet insan selenoproteini tespit edilmiştir [3]; glutatyon peroksidazlar (GPx'ler) bilinen en iyi bilinen selenoprotein ailesi üyelerindedir ve bunlar antioksidatif savunma sistemindeki kritik enzimlerdir [4]. Selenyumun büyüme faktörü, protein sentezi, tümör baskılanması, genetik sinyal aktarımı, hücre döngüsü, apoptozis (programlanmış hücre ölümü), damar gelişimi, hücre iskeleti bileşimi, DNA onarımı, genetik sinyal aktarımı gibi işlevleri vardır. Se gereksinimi yetişkinler için günde 50-200 µg olup çocuklarda daha az miktarda Se alımı önerilmektedir. Diyetle normal düzeyde alımında toksik bir etkisi görülmemiştir. Bireyler için sağlıklı ve dengeli beslenme durumunda selenyumun yeterli miktarda alındığı gözlenir. Yiyeceklerdeki Se düzeyi toprağın mineral durumuna göre değişir. Proteinden zengin yiyecekler Se açısından zengindir. En iyi kaynakları etler ve deniz ürünleridir [1]. Selenyumun günlük alımı yaşa bağlı olarak farklılık göstermektedir. Önerilen günlük yeterli miktar; Se alımı ile plazma selenoprotein P (SEPP1) konsantrasyonunun dengelenmesi arasındaki ilişkiye göre hesaplanır [5-7]. Önerilen günlük Se alım miktarları Tablo 1'de verilmiştir.



**Tablo 1.** *Günlük alınması tavsiye edilen Se miktarları [5].*

<b>Yaş</b>	<b>µg/gün</b>
7-11 ay	15
1-3 yaş	15
4-6 yaş	20
7-10 yaş	35
11-14 yaş	55
15-17 yaş	70
>=18 yaş	70
Hamilelik dönemi	70
Emzicilik dönemi	85

### **Selenyumun Halk Sağlığı Açısından Önemi**

Se, dünya genelinde toprakta dağılmış olsa da toprak bileşimi, bitki türleri ve bitkinin fizyolojik durumu, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalar gibi faktörler, sebze, meyve, et, balık ve suyun Se içeriğinde etkiye sahiptir [8]. Bu nedenle yetişkin bir insanın vücudunda bulunan Se içeriği değişiklik gösterebilir ve dünya nüfusunun yaklaşık %15 inde Se eksikliği vardır [9]. Selenyumun çeşitli deneysel modellerde tümör oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Yapılan hayvan modeli çalışmaların üçte ikisinde, Se eklenmesi ile tümör insidansında düşme görülmüştür. Antioksidan etkisi, immün fonksiyonları artırması, karsinojen metabolizmasını değiştirmesi, yüksek Se varlığında metabolitlerinin hücre toksisitesini sağlaması ve testosteron üretimini baskılaması gibi selenyumun antikanserojenik etkisini açıklamada ileri sürülen çok sayıda potansiyel mekanizma vardır [10]. Sonuçta Se; tiroid hormonu metabolizması, antioksidan savunma ve immün sistemin düzenlenmesi başta olmak üzere, vücutta birçok mekanizmada rol alan ve birçok enzime kofaktör olarak katılan esansiyel bir elementtir. Ayrıca diyabet (DM) hastalığı üzerine olumlu etkileri de araştırılmaktadır. Se eksikliğinin yaşlanma, kanser, insülin direnci, diyabet, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar; artmış mortalite riski, immün sistem hastalıklarıyla ilgili ilişkili olabileceği belirtilmektedir [11]. Besin takviyeleri ile fazladan Se alımının Tip-2 diyabet riskini artırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ek Se alımı, vücudunda düşük Se içeriğine sahip kişilere önerilirken, yeterli-yüksek durumda olanlara olumsuz etki gösterebilmektedir [4]. Se beyin gelişimi üzerine diğer mikro elementler ile kıyaslandığında daha önemli etkiye sahiptir [12, 13]. Se pasif difüzyon yolu ile plesanta boyunca taşınır [14]. Yetersiz beslenme durumunda bile özellikle beyinde iyi korunan bir mineraldir [15]. İnsanlardaki Se seviyesi yaşa göre değişir [16]. İnsan beyinde Se beyincik gibi daha çok gri madde içeren belirli beyin bölgelerinde yoğunlaşır [17, 18]. Fetal beyindeki Se seviyesi doğum sonrası dönemde yüksektir, yaşla birlikte azalır [19]. Düşük Se seviyesi, miyokardiyal enfarktüs ve kardiyovasküler hastalıktan ölüm oranının artmasının yanı sıra; artan kanser ve böbrek hastalığı riski ile ilişkilendirilmiştir [20]. Se insan sağlığı ve özellikle dengeli bir bağışıklık tepkisi için öneme sahip temel bir mikro elementtir. Sepsis ve çoklu travma gibi ciddi bir hastalıktan ölüm riski vücuttaki Se içeriği ile ters orantılıdır. Sars-CoV-2 enfeksiyonu olan hastalarda yapılan araştırmada hayatta kalan hastalardan alınan örneklerde, hayatta

kalmayanlara kıyasla Se seviyesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir [21]. Yine Çin’de yapılan benzer bir çalışmada saç örneklerinden belirlenen Se düzeyi ve covid-19 iyileşme oranları arasında etkileşim olduğu vurgulanmıştır [22]. Se alımı, durumu ve sağlık arasındaki ilişki karmaşıktır. Aşağıdaki tabloda bu karmaşık durum Rayman [4]’a göre açıklanmaya çalışılmıştır (Tablo 2)

**Tablo 2.** Se alımı, durumu ve sağlık arasındaki ilişki [4]

<b>*Diyetle Se Alımı</b>	<b>Se Durumu</b>	<b>Hastalık riski</b>	<b>Öneri</b>
Düşük alım	Düşük	<b>YÜKSEK:</b> Artar: Keshan sendromu, tiroid otoimmün hastalıklar, ölüm riski, viral öldürücülük, bilişsel zayıflık, kanser riski Azalır, Doğurganlık ve üreme, immün fonksiyonlar	Besin takviyesi alımı önerilir
Yeterli alım	Optimal (Serum Se 125 µg/L Tırnakta Se 0.74 µg/g)	<b>DÜŞÜK:</b> Azalır: oksidatif stresi viral öldürücülük, T2D riski, kanser riski, bilişsel zayıflık Artar: Doğurganlık ve üreme fonksiyonları	Besin takviyesi alımı önerilmez
Fazla alım	Yüksek	<b>YÜKSEK:</b> Artar: Saç dökülmesi, dermatit, Selenosis, deri kanseri riski, prostat kanseri riski, ölüm oranı, tip 2 diyabet riski	Besin takviyesi alımı önerilmez

\*Referans Se alım miktarı 75 µg/gün (erkek), 60 µg/gün (kadın), Günlük alınması önerilen (RDI) Se değeri 55 µg/gün

Se alımındaki temel besin kaynakları Filippini ve ark. [23] tarafından tahıllar, et ve balık –su ürünleri, süt ve süt ürünleri olarak bildirilmiş ve yaptıkları çalışma sonucunda; İtalyanlar tarafında günlük olarak bu gıdalardan 66.53 µg/gün Se alındığı tespit edilmiştir. İtalyanların farklı mineral alımlarının karşılaştırıldığı bu çalışmada Se (%17) ve kadmiyum (Cd) (%4) alımı açısından deniz ürünlerinin diğer ürünlere oranla daha fazla katkı sağladığı belirlenmiştir. Avrupa Topluluğunda yapılan bazı çalışmalarda günlük alınan Se miktarının 31-65.6 µg/gün arasında değişiklik gösterdiği [5, 24] açıktır. Farklı otoritelerce Se alımı ile ilgili olarak farklı değerler bildirilmektedir: WHO/FAO [25] kadınlar için 26 µg/gün, erkekler için ise 33 µg/gün olarak önermiştir. EFSA [5] tarafından ise bu değer yetişkinlerde 70 µg/gün olarak bildirilmiştir.

### **Su Ürünlerinin Selenyum İçeriği**

Serum Se seviyesini istenilen düzeyde tutmak için Se içeriğince zengin olan besinler yeterli miktarda diyetle yer almalıdır. Bu noktada su ürünleri (balık ve diğer deniz ürünleri) Se için iyi bir kaynaktır [11, 26]. Su ürünleri, çeşitli yararlı bileşenlerin (örneğin; omega 3 çoklu doymamış yağ asitleri, D vitamini,

Se ve I) önemli bir kaynağıdır ve su ürünlerinin sağlıklı beslenmedeki gerekliliği kabul edilmiştir [27, 28]. Su ürünleri (balıklar ve diğer deniz ürünleri), protein içeriği zengin besinler oldukları için et grubu besinler arasında yer alırlar. Bileşimleri genel olarak sığır, koyun, keçi vb. kırmızı etlere ve kümes hayvanlarının etlerine benzer olmakla beraber yağ, bazı mineral ve vitamin içerikleri açısından da farklılık göstermektedir. Balık ve deniz ürünlerinin omega-3 (n-3), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içerikleri yüksektir. Omega-3 yağ asitleri; kalp ve damar hastalıkları, romatoid artrit, kanser, astım, alzheimer, depresyon vb. birçok hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde, bebeklerde ise retina ve beyin gelişiminde etkin rol oynamaktadır. Bu grupta yer alan besinler ayrıca suda eriyen B grubu vitaminlerden tiamin (B1), riboflavin (B2), niyasin (B3), pridoksin (B6), siyanokobalamin (B12) ve yağda eriyen A, D vitaminlerinin iyi kaynaklarıdır. Balık ve diğer deniz ürünleri zengin mineral içerikleri açısından da sağlıklı beslenme modelinde ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü iyot, selenyum gibi balık ve diğer deniz ürünlerinde bol miktarda bulunan mineraller, diğer besinlerin çoğunda çok az miktarlarda bulunur [29]. Balık deniz suyunda bulunan hemen hemen tüm minerallerin iyi bir kaynağıdır. Balıkta bulunan mineraller arasında Fe, Ca, Zn, fosfor (P), Se, flor (F) ve I sayılabilir. Bu sayılan mineraller yüksek biyoyararlanıma sahiptir, vücut tarafından kolayca emilirler [30]. Taze balık etinin besin bileşimini belirleyen pek çok faktör bulunmaktadır. Balığın yaşam sürecindeki her adım; üretim ve işleme şekli, nihai ürünün kalitesini etkiler. Örneğin yoğun kültür koşullarında yem bileşimi ve yemleme rejimi önemli bir etkiye sahiptir [31]. Balıkların özellikle yağ içeriği ve yağ asitleri bileşimi, besleme rejimi ve yetiştiricilik sistemine ek olarak yem bileşiminden de kolayca etkilenir [32]. Yetiştiricilik balıkları gerekli tüm besinleri yeterli miktarda içeren diyetle beslediği takdirde, insani tüketim için gerekli protein ve yağ asitleri ile birlikte mineralleri de karşılar [32, 33]. Baker [34] kül miktarının da balık etinde çok fazla değişmediğini ancak bazı mikro besinlerin et kalitesi üzerine etki edebileceğini belirtmiştir. Balıkların 100 gramında 12-60 µg/g Se bulunur. Diğer etler veya tahılların 100 gramlarında ise 10-12 µg/g Se bulunur. Bu noktada günlük Se gereksinimi olan 75 µg/g (yetişkinler için), balık ve diğer deniz ürünleri ile büyük miktarda karşılanır [35]. Deniz ürünleri iyi birer Se kaynağıdır ve Amerika Bileşik Devletleri Ulusal Besin Veri Tabanına göre (SDA National Nutrient Database) 25 gıda içinde 17. sırada yer almaktadır [36]. Bununla birlikte mayaya kıyasla balıktan alınan Se ve selenitin biyoyararlılığı daha yüksektir [37]. Su ürünleri genel anlamda mineral içeriği yüksek gıdalardandır. Se insanlar için esansiyel mikro elementtir ve su ürünleri kırmızı et, tahıl, yumurta, ciğer ve sarımsak gibi temel Se kaynakları içerisinde yer almaktadır [38]. Tablo 3 de avlanan ve yetiştirilen bazı su ürünlerinin Se içerikleri hakkında özet bilgiler verilmiştir (Tablo-3).

Balıkların Se içerikleri oldukça çeşitlidir. Bu çeşitlilik çoğunlukla balıkların kökeni ve türlerine bağlıdır. Deniz balıklarının Se içerikleri tatlı su balıklarının Se içeriklerine göre daha fazladır. Balıkların Se konsantrasyonu oluşum yeri ve trofik seviyeye göre değişiklik gösterebilir. Türkiye'deki balıklara bakıldığında en yüksek Se konsantrasyonu 0.294µg/g değeriyle levrekte; en düşük Se konsantrasyonu 0.047 µg/g değeriyle sazanda görülmüştür [48].

*Tablo 3. Farklı ülkelerdeki su ürünlerinin Se içerikleri (µg/g)*

Balık Adı	Ülke	Ortalama Selenyum İçeriği (µg/g)	Referans
Ringa balığı	İsveç	0.35	Önning (2000)
Somon	Norveç	0.20	Plessi ve ark. (2001)
Sardalya	İtalya	0.68	Plessi ve ark. (2001)
Levrek	Türkiye	0.29	
Çipura	Türkiye	0.24	Erkan ve ark. (2009)
Sinarit balığı	Türkiye	0.29	
Mezgit balığı	Türkiye	0.78-1.26 mg/kg	Turan ve ark. 2019
Mezgit balığı yumurtası	Türkiye	0.84-1.71 mg/kg	Turan ve ark. 2019
Levrek	Türkiye	0.18 mg/kg	Kocatepe ve Turan 2012
Hamsi	Türkiye	0.53	Tuzen 2009
Çaça	Türkiye	0.19	Tuzen 2009
İstavrit	Türkiye	0.31	Tuzen 2009
Palamut	Türkiye	0.27	Tuzen 2009
Barbun	Türkiye	0.45	Tuzen 2009
Konserve hamsi	Türkiye	1.30	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve ton	Türkiye	2.98	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve palamut	Türkiye	0.96	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve sardalya	Türkiye	2.77	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve istavrit	Türkiye	3.64	Tuzen ve Soylak 2007
Kalkan	Türkiye	1.86	Ulusoy ve ark. 2018
Barbun	Türkiye	1.73	Ulusoy ve ark. 2018
Vatoz	Türkiye	0.96	Ulusoy ve ark. 2018
Dikenli köpek balığı	Türkiye	1.55	Ulusoy ve ark. 2018
Çarpan balığı	Türkiye	0.87	Çorapçı (2019)

Reyes ve ark. [49] balıkların Se içeriğinin 0.1-5mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek Se içeriğinin 5.6 mg/kg ile Tuna balığına ait olduğunu belirtmişlerdir. Se ve I, tiroit hormonunun fonksiyonlarının düzenlenmesinde esansiyel olan iki mikro mineraldir. İnsan gereksinimini karşılayan en güvenilir kaynakların uskumru, ringa karides, istakoz, midye gibi deniz kabukluları olduğu ortaya konulmuştur. Se içeriklerinin günlük ihtiyacı karşıladığı; midyede 50 g/100g, balıklarda ise ortalama 25-30 g/100g Se bulunduğu belirtilmiştir [50]. Besinler pişirilirken protein ve bazı vitaminlerdeki kayıplar gibi mineral kayıpları da görülür. Yüksek sıcaklıkta pişirme yöntemleri sırasında besinlerin mineral içeriği kaybolabilir. Selenyumun bir diğer özelliği, oldukça uçucu olması nedeniyle ısı uygulamalarından etkilenmesidir. Sistin ve sistein amino asitlerinde sülfürün yerini aldığı için proteinin değerini arttıran Se; özellikle tahılların ve baklagillerin pişirilmesi ve işlenmesi sırasında kayba

uğramaktadır. Su ürünlerinde pişirme ile oluşan Se kaybı daha azdır. Pişirme ile besinlerdeki Se miktarında yaklaşık %50 kayıp olduğu ancak besinler düşük pH'da pişirilirse Se kayıplarının azalacağı bildirilmiştir [11]. Çorapçı [47] çarpan balığını farklı pişirme materyalleri kullanarak pişirmiş, fırında üstü açık olarak pişirilmiş grup ile fırında fırın poşeti içerisinde pişirilmiş gruplarda Se değeri artış gösterirken, alüminyum folyo ve yağlı kâğıt kullanılarak pişirilen gruplarda ise çığ çarpan balığına göre Se değerinin azaldığı bildirilmiştir.

### **Se ve CH<sub>3</sub>Hg (metilciva) Etkileşimi**

Se vücutta 20-35 kadar enzimin aktivitesinde doğrudan ve dolaylı olarak rol oynayan bir iz elementtir [51]. Bilinen bu özelliği dışında selenyumun insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde en önemli fonksiyonlarından biri de ağır metallerin toksik etkilerini engellenmesidir. Özellikle hem organik hem de inorganik civanın etkilerinin nötralize edilmesinde selenyumun etkisi büyüktür [40]. Akuatik ortamlardaki en önemli kirleticiler olan ağır metallerin nehirler, göller ve denizlerde gittikçe artan konsantrasyonları dünya genelinde endişe uyandıracak düzeylere ulaşmıştır. Hg, kontamine olmuş sulardaki yüksek düzeyleri ve canlılara olan nörotoksik, teratojenik ve mutajenik etkileri nedeniyle her zaman izlenmesi gereken toksik bir metaldir [52]. Metil civa (MeHg) toksitesini, selenyuma bağımlı enzimlerin geri dönüşü olmayan inhibisyonuna neden olur ki bunlar içerisinde; beyindeki oksidatif hasarı önlemek ve tersine çevirmek için gerekli olan enzimler de vardır. Balık tüketimi, sağlık için gerekli olan elzem besinleri sağlamanın yanı sıra MeHg'ya maruz kalma riskiyle de ilişkilidir. Bu nedenle balık tüketiminde her iki unsurun (esansiyel besin elementleri ve Hg alımının) birlikte değerlendirilmesi gerekir [53]. Se alımı MeHg toksitesini düşürür [54, 55]. Kehrig ve ark. [56] yaptıkları çalışmada su ürünlerinden alınan yeterli Se içeriğinin yanı sıra, MeHg toksitesinden korunmak için Se/Hg oranının 1/1 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ulusoy ve ark. [46] vatoz, dikenli köpek balığı ve Atlantik mavi yüzgeçli orkinosun Se/Hg molar oranının 1'in üzerinde olduğunu ve bu balıkların sağlıklı olduğunu vurgulamışlardır. Nispeten daha küçük balıklardan barbun, mezgit, kalkan ve vatoz gibi ballıklarda bu oranın 100'ün üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Sakamoto ve ark. [57] kordon kanındaki Hg konsantrasyonunun anne kanına oranla fazla olduğunu ve Se/Hg, vit.E/Hg ve yağ asitleri/Hg oranının azaldığını belirtmişlerdir. Böyle bir durumda fetüsün Se açısından yetersiz kalması onu toksik bileşenlere karşı daha savunmasız kılar [58]. Se eksikliği yeni doğanın nöro gelişimini etkileyebilir, enfeksiyon kapma [59, 60] ve erken doğum riskini artırır [61]. Diyetteki Se; MeHg etkilerinin temel belirleyicisi olduğundan, su ürünleri tüketiminin sonucunda oluşacak risk ve faydaları tahmin etmek için "Se sağlık fayda değeri-HBV" kriteri geliştirilmiştir. Negatif bir HBV değeri, Hg'nın molarca Se'dan fazla olduğunu ve Se kullanılabilirliğinin bozulabileceğini gösterirken, pozitif bir HBV'li gıda tüketiminin tüketicide Se durumunu iyileştireceğini ve dolayısıyla Hg toksitesini riskini ortadan kaldıracığının göstergesidir [53]. Selenyumun sağlık açısından faydalılık değeri olarak ifade edilen Se-HBV değeri, Se ve Hg seviyelerine bağlı olarak risk ve fayda değerlendirmelerinin

yapılmasını sağlayan bir indekstir [62]. Daha önce de belirtildiği gibi Se-HBV'nin pozitif olması, o gıdanın sağlık açısından faydalı olduğunu negatif olması ise sağlık açısından riskli olduğunu gösterir [54].

## **Sonuç**

Se insan beslenmesinde çok önemli bir mikro besleyici olarak kabul edilir. Antioksidan etkisi, immün fonksiyonları arttırması, karsinojen metabolizmasını değiştirmesi gibi birçok önemli fonksiyonu vardır. Se minerali halk sağlığı açısından kritik önem taşır. Günlük diyetle selenyumun zengin kaynaklarından olan su ürünleri (balık ve diğer deniz ürünleri) ile yeterli ve kaliteli alım sağlanabilir. Su ürünleri ağır metal içeriği göz önünde tutulduğunda riskli bir gıda olarak algılsa da uluslararası sağlık otoritelerince yapılan ve fayda/zarar dengesinin fayda yönü açısından ağırlık kazandığı araştırma sonuçlarına göre; su ürünleri tüketimi ile alınabilecek ağır metallerin Se gibi esansiyel mikro elementler ile dengelenebileceği açıktır. Bu derece kritik öneme sahip olan Se minerali ve Se içeriği yüksek su ürünleri daha çok araştırmalara konu olmalı ve su ürünleri tüketimi artırılmalıdır.

## **Teşekkür -**

**Fon/Finansman Bilgileri** Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

**Etik Kurul Onayı ve İzinler** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

**Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazarların Katkısı** Tüm yazarlar, bu çalışmanın planlanmasına, yürütülmesine veya analizine yazar olarak dahil edilmek üzere yeterince katkıda bulunmuştur. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

## **Kaynaklar**

- [1] De la Guardia, M., & Garrigues, S. (2015). Handbook of mineral elements in food. Chapter 2. In: Zand, N., Christides, T., Loughrill, E. (Eds.), Dietary Intake of Minerals. John Wiley & Sons, p. 23.
- [2] Aksoy, M. (2016). Beslenme Biyokimyası (5. Baskı). Basım Yeri: Hatiboğlu Kitabevi.
- [3] Kryukov, G. V., Castellano, S., Novoselov, S. V., Lobanov, A. V., Zehtab, O., Guigo, R., & Gladyshev, V. N. (2003). Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*, 300(5624), 1439–1443. <https://doi.org/10.1126/science.1083516>
- [4] Rayman, M. P. (2012). Selenium and human health. *Lancet*, 379(9822), 1256–1268. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9)
- [5] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (2014). EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies scientific opinion on dietary reference values for selenium, *EFSA J.*, 12 (10), 3846, <https://doi.org/10.2903/J.Efsa.2014.3846>
- [6] Gać, P., & Pawlas, K. (2011). Blood selenium concentration in various populations of healthy and sick people-review of literature from the years 2005–2010. *Med. Środowisk*, 14, 93-104.

- [7] Muntau, C., Streiter, M., Kappler, M., Röschinger, W. I., Schmid Rehnert, A., Schramel, P., & Poschering, A. A. (2002). Age-Related reference values for serum selenium concentrations in infants and children, *Clinical Chemistry*, 48(3), 555-560. <https://doi.org/10.1093/clinchem/48.3.555>
- [8] Mehdi, Y., Hornick, J. L., Istasse, L., & Dufrasne, I. (2013). Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. *Molecules*, 18(3), 3292–3311. <https://doi.org/10.3390/molecules18033292>
- [9] Thavarajah, D., Thavarajah, P., Wejesuriya, A., Rutzke, M., Glahn, R. P., Combs, G. F., & Vandenberg, A. (2011). The potential of lentil (*Lens culinaris* L.) as a whole food for increased selenium, iron, and zinc intake: preliminary results from a 3-year study. *Euphytica*, 180(1), 123–128. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0365-6>
- [10] Kasnak, C., & Palamutoğlu, R. (2015). Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkisi. *Türk Tarım ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 226-234. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i5.226-234.171>
- [11] Kangalgil, M., & Yardımcı, H. (2017). Selenyumun insan sağlığı üzerine etkileri ve diyabetes mellitusla ilişkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 7(4), 66-71.
- [12] Georgieff, M. K. (2007). Nutrition and the developing brain: nutrient priorities and measurement. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(2), 614-620. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.2.614S>
- [13] Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Foster, J. & Oddy, W. H. (2013). The role of nutrition in children's neuro cognitive development, from pregnancy through childhood. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00097>
- [14] Nandakumaran, M., Dashti, H. M., AlSaleh, E., & Al-Zaid, N. S. (2003). Transport kinetics of zinc, copper, selenium, and iron in perfused human placental lobule in vitro. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 252(1), 91-96. <https://doi.org/10.1023/A:1025565720489>
- [15] Rayman, M. P. (2002). The argument for increasing selenium intake. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61(2), 203-215. <https://doi.org/10.1079/PNS2002153>
- [16] Chen, J., & Berry, M. J. (2003). Selenium and selenoproteins in the brain and brain diseases. *Journal of Neurochemistry*, 86, 1–12. <https://doi.org/10.1046/j.1471-4159.2003.01854.x>
- [17] Drasch, G., Mailänder, S., Schlosser, C., & Roeder, G. (2000). Content of non-mercury-associated selenium in human tissues. *Biological Trace Element Research*, 77(3), 219-230. <https://doi.org/10.1385/BTER:77:3:219>
- [18] Ejima, A., Watanabe, C., Koyama, H., Matsuno, K., & Satoh, H. (1996). Determination of selenium in the human brain by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Biological Trace Element Research*, 54(1), 9-21. <https://doi.org/10.1007/BF02785316>
- [19] Vahter, M., Lutz, E., Lind, B., Herin, P., Bui, T. H., & Krakau, I. (1997). Concentrations of copper, zinc and selenium in brain and kidney of second trimester fetuses and infants. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 11(4), 215-222. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(97\)80016-8](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(97)80016-8)
- [20] Holben, D. H., & Smith, A. M. (1999). The diverse role of selenium within selenoproteins: A review. *Journal of the American Dietetic Association*, 99, 836–843. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(99\)00198-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00198-4)
- [21] Moghaddam, A., Heller, R. A., Sun, Q., Seelig, J., Cherkezov, A., Seibert, L., Hackler, J., Seemann, P., Diegmann, J., Pilz, M., Bachmann, M., Minich, W. B., & Schomburg, L. (2020). Selenium deficiency

is associated with mortality risk from COVID-19. *Nutrients*, 12(7), 2098. <https://doi.org/10.3390/nu12072098>

[22] Zhang, J., Taylor, E. W., Bennett, K., Saad, R., & Rayman, M. P. (2020). Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China [Letter to the editors]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111(6), 1297–9. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

[23] Filippini, T., Cilloni, S., Malavolti, M., Violi, F., Malagoli, C., Tesaro, M., & Vinceti, M. (2018). Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a Northern Italy community. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, 508-517. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.03.001>

[24] Waegeneers, N., Thiry, C., De Temmerman, L., & Ruttens, A. (2013). Predicted dietary intake of selenium by the general adult population in Belgium. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(2), 278–285. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.746474>

[25] WHO/FAO (2004). Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 21–30 September 1998., Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements, p. 341.

[26] Uslu, B., & Aktaç, Ş. (2020). Selenyum ve depresyon üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 147-151.

[27] Rasmussen, R. R., Søndergaard, A. B., Bøknæs, N., Cederberg, T. L., Sloth, J. J., & Granby, K. (2017). Effects of industrial processing on essential elements and regulated and emerging contaminant levels in seafood. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.02.008>

[28] Çorapçı, B. (2018). Ön işlemsiz donmuş depolanan (-22±1 °C) hamsi (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) ve palamut (*Sarda sarda*, Bloch 1793) balıklarının duyuşal, besinsel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Gıda*, 43(6), 1075-1090. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18068>

[29] Pekcan, G., Şanlıer, N., & Baş, M., (Ed.) 2015. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER), Ankara: Alban Tanıtım.

[30] Balachandan, K. (2002). Post-Harvest Technology of Fish and Fish Products, Daya Publishing House, New Delhi, 1-28.

[31] Lie, Ø. (2001). Flesh quality—the role of nutrition. *Aquaculture Research*, 32, 341-348. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00026.x>

[32] Morris, P. C. (2001). The Effects of Nutrition on The Composition of Farmed Fish, In: Kestin, S. C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp.161–179). Oxford, Fish News Books.

[33] Shearer, K. D. (2001). The Effect of Diet Composition and Feeding Regime on the Proximate Composition of Farmed Fishes, In: Kestin, S. C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp.31–40). 1st Ed. Oxford: Fishing News Books.

[34] Baker, R. T. M. (2001). The effect of certain micro nutrients on fish flesh quality, In: Kestin, S.C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp. 180-191). 1st Ed. Oxford: Fishing News Books.

[35] Et ve Süt Kurumu (12 Ocak 2021). Balık hakkında bilinmesi gerekenler. <https://www.esk.gov.tr/tr/11006/balik-hakkinda-bilinmesi-gerekenler>.

[36] Ralston, N. V. C. (2008). Selenium health benefit values as seafood safety criteria. *Eco Health*, 5, 442–455. <https://doi.org/10.1007/s10393-008-0202-0>



- [37] Fox, T. E. E., Van Den Heuvel, C. A., Atherton, J. R., Dainty, D. J., Lewis, N. J., Langford, H. M., Crews, J. B., Luten, M., Lorentzen, F. W., Sieling, P., Van Aken-Schneyder, M., Hoek, M. J. J., Kotterman, P., Van, D., & Fairweather-Tait, S. J. (2004). Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: a comparative study in humans using stable isotopes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58, 343–349. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601787>
- [38] Yamashita, Y., Yamashita, M., & Iida, H. (2013). Selenium Content in Seafood in Japan. *Nutrients*, 5(2), 388-395. <https://doi.org/10.3390/nu5020388>
- [39] Önning, G. (2000). Separation of soluble selenium compounds in different fish species. *Food Chemistry*, 68(2), 133-139.
- [40] Plessi, M., Bertelli, D., & Monzani, A. (2001). Mercury and selenium content in selected seafood. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 461-467. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1003>
- [41] Erkan, N., Özden, Ö., & Ulusoy, Ş. (2009). Levels of trace elements in commercially important fish, crustaceans and mollusks from Istanbul fish market. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(7B), 1307-1311.
- [42] Turan, H., Altan, C. O., & Kocatepe, D. (2019). Black Sea whiting: assessment of potential health benefits/risks and differences based on mineral concentrations of meat and roes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12), 2075-2082. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2075-2082.2780>
- [43] Kocatepe, D., & Turan, H. (2012). Chemical composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) muscle. *Journal of Food & Nutrition Research*, 51(1), 33-39.
- [44] Tuzen, M. (2009). Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8), 1785-1790. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.029>
- [45] Tuzen, M., & Soylak, M. (2007). Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*, 101(4), 1378-1382. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.044>
- [46] Ulusoy, Ş., Mol, S., Karakulak, F. S., & Kahraman, A. E. (2019). Selenium-mercury balance in commercial fish species from the Turkish waters. *Biological Trace Element Research*, 191(1), 207-213. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1609-2>
- [47] Çorapçı, B. (2019). Farklı pişirme materyalleri ile pişirmenin çarpan balığı (*Scorpaena porcus*, Linnaeus 1758)'nın makro ve iz element kompozisyonuna etkisinin belirlenmesi. 29 Ekim Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu. 26-29 Ekim, İzmir.
- [48] Uchwał, P., Juszczak, M., & Bąkowska, M. (2019). Content of selenium in selected food products on the markets of North-Western Poland. *Journal of Elementology*, 24(1), 111-123. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.4.1564>
- [49] Reyes, L. H., Mar, J. L., Rahman, G. M., Seybert, B., Fahrenholz, T., & Kingston, H. M. (2009). Simultaneous determination of arsenic and selenium species in fish tissues using microwave assisted enzymatic extraction and ion chromatography inductively coupled plasma mass spectrometry. *Talanta*, 78(3), 983–990. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.01.003>
- [50] Balçık Mısıır, G. (2012). Denizel kaynaklı bazı fonksiyonel gıdalar ve gıda bileşenleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 1-7.
- [51] Rayman, M. (2000). The importance of selenium to human health. *Lancet*, 356, 233–241.

- [52] Fırat, Ö., & Kaya, Ö, (2019). Evaluation of protective role of selenium on mercury toxicity by super oxide dismutase, catalase and malondialdehyde parameters in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(3), 245-253. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.3.05>
- [53] Ralston, N. V. C., Kaneko, J. J., & Raymond, L. J. (2019). Selenium health benefit values provide a reliable index of seafood benefits vs. risks. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 55, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.07.007>
- [54] Ralston, N. V. C., Ralston, C. R., Blackwell, J. L., & Raymond, L. J. (2008). Dietary and tissue selenium in relation to methyl mercury toxicity. *Neuro Toxicology*, 29, 802–811. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.07.007>
- [55] Ralston, N. V. C., & Raymond, L. J. (2010). Dietary selenium's protective effects against methyl mercury toxicity. *Toxicology*, 278, 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.06.004>
- [56] Kehrig, H. A., Seixas, T. G., Di Benedetto A. P. M., & Malm, O. (2013). Selenium and mercury in widely consumed seafood from South Atlantic Ocean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.034>
- [57] Sakamoto, M., Chan, H. M., Domingo, J. L., Koriyama, C., & Murata, K. (2017). Placental transfer and levels of mercury, selenium, vitamin E, and docosahexaenoic acid in maternal and umbilical cord blood. *Environment International*, 111, 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.001>
- [58] Ralston, N. V. C., & Raymond, L. J. (2018). Mercury's neurotoxicity is characterized by its disruption of selenium biochemistry. *Biochimica et Biophysica Acta General Subjects*, 1862, 2405–2416. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2018.05.009>
- [59] Ambroziak, U., Hybsier, S., Shahnazaryan, U., Krasnodębska-Kiljańska, M., Rijntjes, E., Bartoszewicz, Z., Bednarczuka, T., & Schomburg, L. (2017). Severe selenium deficits in pregnant women irrespective of auto immune thyroid disease in an area with marginal selenium intake. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*, 44, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.08.005>
- [60] Varsi, K., Bolann, B., Torsvik, I., RosvoldEik, T. C., Høl, P. J., & Bjørke-Monsen, A. L. (2017). Impact of maternal selenium status on infant out come during the first 6 months of life. *Nutrients*, 9(5), 486. <https://doi.org/10.3390/nu9050486>
- [61] Irwinda, R., Wibowo, N., & Putri, A. S. (2019). The concentration of micronutrients and heavy metals in maternal serum, placenta, and cord blood: a cross-sectional study in preterm birth. *Journal of Pregnancy*, 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/5062365>
- [62] Kaneko, J. J., & Ralston, N. V. C. (2007). Selenium and mercury in pelagic fish in the central North pacific near Hawaii. *Biological Trace Element Research*, 119, 242–254. <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8004-8>



## Bitkilerde Hücre Duvarı Mekanizmasında Strese Bağlı Meydana Gelen Savunma Cevapları

Hatice ÇETİNKAYA<sup>1</sup> ve Burcu SEÇKİN DİNLER<sup>1</sup>

How to cite: Çetinkaya, H., & Seçkin Dinler, B., (2021). Bitkilerde hücre duvarı mekanizmasında strese bağlı meydana gelen savunma cevapları. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 174-188. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.928933>

### Derleme

**Sorumlu Yazar**  
Hatice ÇETİNKAYA  
haticeckaya@hotmail.com

**Yazarlara ait ORCID**  
H.Ç.: 0000-0002-9792-5928  
B.S.D: 0000-0001-6289-380X

**Received:** 27.04.2021  
**Accepted:** 25.08.2021

### Öz

Bu derlemede, bitki hücre duvarının yapısı, bileşenleri ve çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerine bağlı olarak verdiği yanıtlara değinilmektedir. Hücre duvarı streslere karşı bitki direncinin önemli fiziksel bariyer oluşturarak koruyucu rolü üstlenmektedir. Bunun yanı sıra savunma sisteminde sinyal mekanizmasını oluşturmaktadır. Stresin hücre duvarı metabolizması üzerindeki etkileri, hücre duvarı proteinleri ve enzim faaliyetleri üzerine olmaktadır. Stres faktörlerine karşı duvar mekanizması stres kaynağı ve bitki özelliklerine göre değişim göstermektedir. Bununla birlikte, çoğu durumda, iki ana mekanizma vurgulanabilir: (i) ksiloglukan endotransglukosilaz/ hidrolaz (XTH) düzeyinin artması ve (ii) artan hücre duvarı kalınlaşması, ikincil duvarın hemiselüloz ve lignin birikimi ile güçlendirilmesidir. Bu bilgiler ışığı altında, stres koşullarında biyokütle üretimini arttırabilmek için, hücre duvarı üzerindeki stresin sonuçlarını ortaya çıkarmak amacıyla yeni yaklaşımlar ve farklı hücre duvarı analizleri yapılması hedeflenmektedir. Ayrıca hücre duvarı yapısında etkili olan proteinler ile ilgili ileri düzeyde araştırmalar yapılmasının gerekli olduğu kanısındayız.

**Anahtar Kelimeler:** Hücre duvarı, lignin, expansinler, XTHler, pektin metilesteraz, stres

## Stress Induced Defence Responses in Cell Wall Mechanisms in Plants

<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sinop, Türkiye

### Abstract

In this review, the structure of the plant cell wall, its components and its responses to various biotic and abiotic stress factors are discussed. The cell wall plays a protective role by creating an important physical barrier for plant resistance against stresses. In addition, it creates a signal mechanism in the defense system. The effects of stress on cell wall metabolism are on cell wall proteins and enzyme activities. The wall mechanism against stress factors varies according to the stress source and plant characteristics. However, in most cases, two main mechanisms can be highlighted: (i) increasing the level of xyloglucan endotransglucosylase / hydrolase (XTH) and (ii) increasing cell wall thickening, strengthening the secondary wall by the accumulation of hemicellulose and lignin. In the light of this information, new approaches and different cell wall analyzes are aimed to reveal the results of stress on the cell wall in order to increase biomass production under stress conditions. In addition, we believe that advanced research is required on proteins that are effective in cell wall structure.

Bu çalışma Creative Commons Attribution 4.0 International License ile lisanslanmıştır

**Keywords:** Cell wall, lignin, expansins, XTHs, pectin methylesterase, stress

## Giriş

Çevre şartlarının bir bitkinin normal büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek kadar değişmesi halinde bitkide meydana gelen duruma stres adı verilir. Bir başka deyişle bitki üzerinde negatif etkileri olan dış faktörler olarak tanımlanır. Birçok durumda, stres bitkinin canlı kalabilmesi, ürün verebilmesi, biyokütle birikimi ve özümleme ile ilişki kurarak açıklanması gereken bir kavramdır [1]. Bitkiler, hareket edemediklerinden dolayı çevresel koşullardaki değişikliklere ve olumsuz koşullara en fazla maruz kalan canlılardır. Bu nedenle çevresel koşullarda meydana gelebilecek olan bu değişikliklerden en az zarar göreceği şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilir ve hatta uzun süreler boyunca aynı iklim koşullarında yetiştiklerinde çevresel etmenlerden en az etkilenecek şekilde uyum sağlayabilirler. Aynı türe ait bitkilerin dünya üzerindeki iklim özellikleri değişen bölgelerdeki dağılımları, çok farklı çevresel koşullara uyum sağlayabildiklerinin en güzel göstergesidir [2]. Bitkiler bu çevresel koşullara uyum sağlayamadıkları zaman strese girerler. Bu stres faktörleri biyotik ve abiyotik stres faktörleri olarak ikiye ayrılır. Tablo 1’de abiyotik ve biyotik stres faktörleri gösterilmiştir. Biyotik stres faktörleri, mikroorganizmaların oluşturduğu enfeksiyonu, zararlı hayvanların saldırıları veya yabancı otların zararı sonucu oluşan stres faktörleridir. Kimyasallar, radyasyon, sıcaklık, su gibi cansız etmenlerden oluşan stres faktörleri ise abiyotik stres faktörleri olarak adlandırılır [3]. Yaşam döngüleri boyunca gerçekleşen kuraklık, tuzluluk, aşırı yağış, sıcaklık veya soğuk gibi iklimsel değişikliklere bağlı abiyotik stres koşulları bitki büyüme ve gelişmesini doğrudan etkilemektedir [4]. Bitkilerin maruz kaldıkları çevresel faktörler kalite ve verimlilik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda bitkilerin stres koşulları altında %50 azalan verim kalitesinin artırılması; fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olarak meydana gelen değişimlerin gözlenerek oluşturduğu zararların azaltılması ve tarımsal üretimde verimliliği arttırılmaya çalışılmıştır [5]

**Tablo 1. Abiyotik ve biyotik stres faktörleri [6]**

Abiyotik Stres Faktörü		Biyotik	Stres
Fiziksel Faktörler	Kimyasal Faktörler	Faktörleri	
Kuraklık	Hava kirliliği	Yabani bitkiler	
Sıcaklık	Bitki besin elementleri	Böcekler	
Işık	Pestisitler	Hayvanlar	
Radyasyon	Toksinler	Hastalıklar	
Su baskını	Tuzlar	Mikroorganizmalar	
Mekanik etkiler (rüzgar, kar ve buz örtüsü)	Toprak çözeltisi pH’sı	(virüs, bakteri ve mantarlar)	

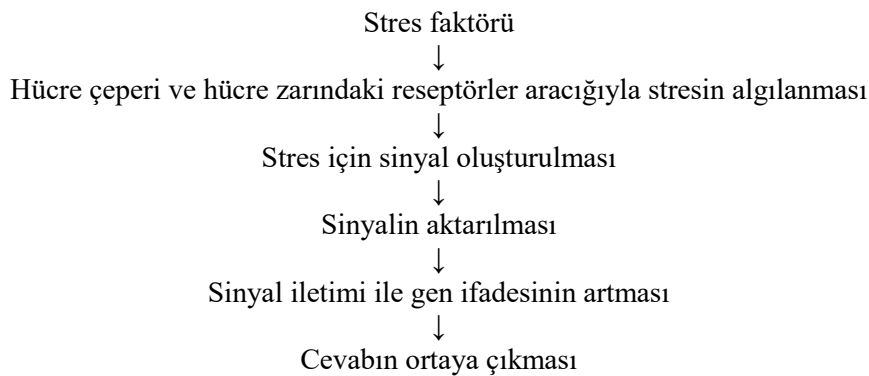
## Oksidatif Stres Oluşumu

Bitkilerde çeşitli stres koşulları altında gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar esnasında tekli oksijen, süperoksit anyonu ve hidrojen peroksit gibi aktif oksijen bileşiklerinin oluşumu ve detoksifikasyonu

arasındaki dengenin bozulması sonucu oksidatif hasar oluşur [7]. Stres koşullarında artan ya da stres nedeniyle temizlenmesinde yaşanan yetersizlik nedeniyle fazlaca biriken aktif oksijen bileşikleri, aslında hücre metabolizmasının doğal bir yan ürünüdür ve sinyal iletim mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar [8, 9]. Aşırı birikimleri durumunda ise lipit peroksidasyonu, protein degradasyonu ve DNA parçalanmasını tetikleyerek hücre ölümüne yol açabilmektedirler. Bu nedenle, stres faktörleri sırasında oluşan aktif oksijen bileşiklerinin temizlenmesi ve birikimlerinin engellenmesi, bitkilerin stres koşulları ile mücadelelerinde önemli bir etkidir.

### Aktif Oksijen Türleri (AOT)

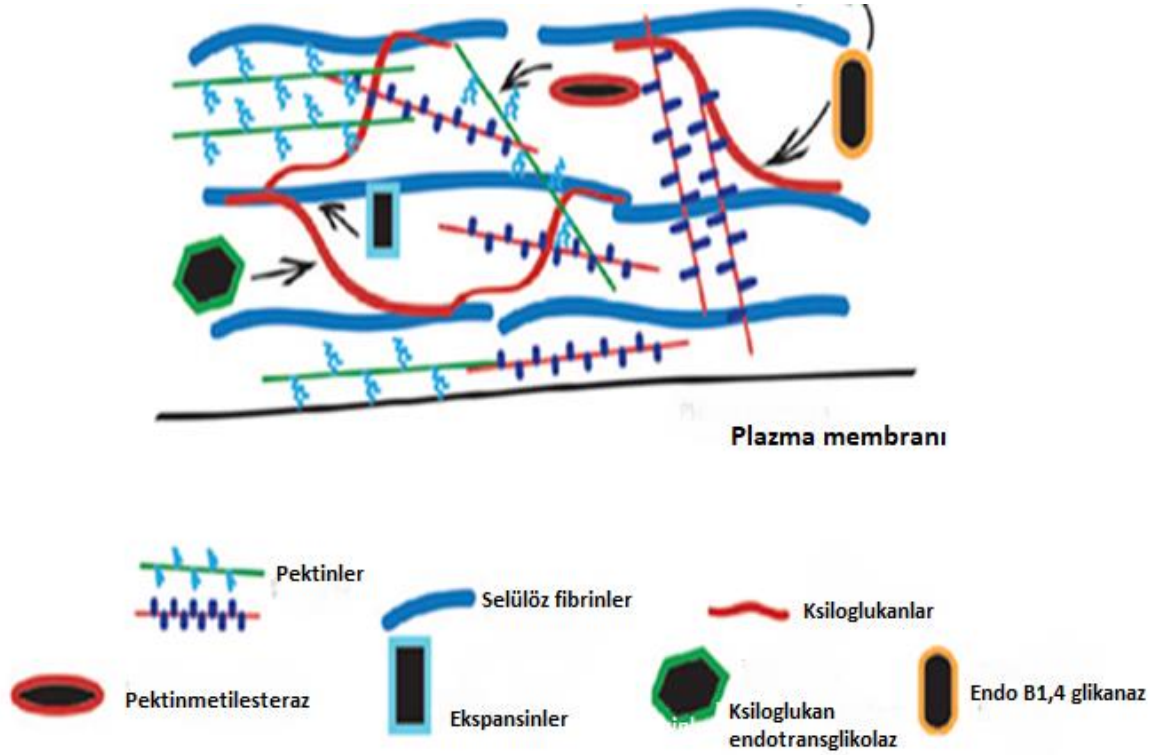
Ozmotik strese bağlı olarak bitkilerde iyonik ve ozmotik komponentlere ilave olarak süperoksit ( $O_2^-$ ), hidrojenperoksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil ( $OH^-$ ) radikallerini artırarak oksidatif strese yol açtığı da bildirilmiştir [10]. Tuz stresinin ozmotik strese, iyonik strese ve aktif oksijen türlerinin oluşumuna sebep olarak bitkiye zarar verdiği belirtilmiştir [11]. Ancak bu moleküllerin normal hücrel reaksiyonlar sonucunda da oluştuğu rapor edilmiştir [12]. Edrewa [13] ise AOT'lerin düşük konsantrasyonlarda hücrel fonksiyonların yerine getirilebilmesi için oldukça önemli olduğunu belirtmiştir. Normal koşullardaki bir bitki hücresinde metabolik reaksiyonlar sırasında AOT'lerin oluşumu ile parçalanması olayları denge altında tutulmaktadır. Oksijen toksisitesi ise kontrol edilemeyen aşırı üretim veya savunma mekanizmalarının yetersizliği sonucu oluşmaktadır [13]. Bunun dışında AOT'lerin bitkilerde patojen enfeksiyonlarından korunma ve sinyal iletiminde de önemli roller oynadığı belirlenmiştir [14]. Şekil 1'de strese karşı oluşan cevapların bitkideki düzeni gösterilmiştir. AOT'ların oluşumu ve detoksifikasyonu arasında normal koşullar esnasında belirli bir denge mevcuttur. En temel enerji üretim süreçlerinden olan fotosentez ve solunum esnasında yan ürün olarak AOT'lar oluşur. Hücre duvarı bileşenleri, kloroplastlar, peroksizomlar ve mitokondri gibi ana organeller AOT üreticileridir [15]. Radikal olmayan bir atom veya molekülden bir elektron çıkmasıyla ya da atom veya moleküle bir elektron ilavesiyle oluşurlar. Diğer moleküllere elektron verebildiklerinden ya da onlardan elektron alabildiklerinden dolayı organizmada indirgeyici veya yükseltgeyici olarak davranırlar [16].



Şekil 1. Strese karşı oluşan cevapların bitkideki düzeni

## **Hücre Duvarı Yapı ve Bileşenleri**

Bitki hücre duvarı, hücre genişlemesinin mekanik kontrolü yoluyla doku ve organ morfolojisini yöneterek hücre boyutunu ve şeklini belirler. Protein ve polisakkarit biyo polimerlerinden oluşan lignin ile doku ve organa bağlı olarak yapısal proteinlerle çapraz bağlanan sert bir matris duvar yapısı oluşturur. Bu duvar hem biyotik hem de abiyotik stresi güçlendiren ilk engeldir. Bitkilerde hücre duvarı bitkinin yaşamsal faaliyetleri açısından oldukça önemlidir. Sadece bitki hücresi ve çevresi arasında uyumun sağlanması için değil aynı zamanda hücrenin işlevsel olarak büyüme ve farklılaşması, patojenik saldırıya karşı ve farklı streslerde sinyal oluşturma ve yanıt vermede oldukça etkindir [17]. Ayrıca çevresel abiyotik streslerin hem birincil hem de ikincil hücre duvarları yapısını ve kompozisyonunu etkilediği ortaya konmuştur [18]. Bitki hücre duvarları, hücre bölünmesi sırasında başlatılan ve hücre uzaması sırasında biriken selüloz, hemiselülozlar, pektinlerden oluşur. Bunlar hem yapısal hem de işlevsel olarak önemli protein yapıda olup; birincil hücre duvarına büyüme özelliği kazandırmaktadır [19]. Şekil 2’de birincil hücre duvarının yapısını ve hücre duvarını değiştiren proteinler gösterilmektedir. Burada özel işlevlere sahip belirli hücre türlerinin birikmesiyle, ikincil bir duvara bölünürler. Ayrıca birincil hücre duvarında bazı özel polisakkaritlerin bulunup bulunmamasına göre tip I ve tip II’ye ayrılır. Tip I’de çoğunlukla ksiloglukanlar (XG) ile çapraz bağlı ve karmaşık bir pektik polisakkarit matrisi içine gömülü selüloz mikrofibrillerinden oluşur. Tip II’de ise az miktarda pektik polisakkaritler ve ksiloglukanlar bulunur [20, 21]. Selüloz mikrofibriller, duvarın ana yük taşıyıcı bileşenidir ve bu nedenle büyük ölçüde hücre büyümesinin yönünü belirler. Her selüloz mikrofibril, oldukça hareketli membran proteinleri olan selüloz sentaz (CESA) kompleksleri (CSC’ler) tarafından hücre yüzeyinde sentezlenen  $\beta$ -1,4-bağlı glukan zincirlerinden oluşur [22, 23]. Selüloz gücü ve sertliği nedeniyle genellikle hücre duvarı iskeleti olarak kabul edilir [24, 25]. Pektinler, hemiselüloz ve proteinler içeren bir matris içine gömülüdürler, yapı ve kompozisyon çeşitliliği ile çeşitli makromoleküler yapılar oluştururlar, ancak farklı türler arasında birçok ortak özellik vardır [26, 25]. Birincil duvarlar, çoğunlukla ksiloglukan (XG) ile çapraz bağlanan ve karmaşık bir polisakkarit matrisi içine gömülü selüloz mikrofibrillerinin bir çerçevesidir [27, 28]. Birincil hücre duvardan farklı olarak, ikincil duvar daha az oranda pektik polisakkarit ve ksiloglukan içerir. Glukuronoarabinoksilanlar (GAX) ve karışık bağlantı (1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glukan ( $\beta$ -glukan) selüloz mikrofibrillerini birbirine bağlayan ana matris polimerleridir [29]. Ayrıca, ferulik ve p-kumarik asit arabinos esterleri GAX’ı tip II birincil duvarlarda ve ikincil duvarda matrisi sertleştirmek için çapraz bağlayabilir [30]. Hücre duvarı ile ilgili proteinlerin, hücre genişlemesine aracılık eden hücre duvarının düzenlenmesinde oldukça önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu proteinler ksiloglukan endo- $\beta$ -transglukosilazlar/hidrolazlar (XET/XTHs; GH16), endo-1,4- $\beta$ -D-glukanaz (EGase, GH9) ve expansinler (EXPA, EXPB, EXPLA, EXPLB; GH45)’dir [31, 32]. Diğer hücre duvarı değiştirici enzimler hücre duvarı plastisitesini kontrol etmede önemli bir rol oynar. Bunlar pektin metilesteraz (PME; CE8), poligalakturonaz (PG; GH28), pektin/pektate liyaz benzeri (PLL; PL1) ve pektin asetilensteraz (PAE; CE13) [33] gibi pektin değiştirici enzimleri içerir.



**Şekil 2.** Birincil hücre duvarının yapısını ve hücre duvarını değiştiren proteinler [34].

Selüloz ve hemiselülozların birincil duvarların içindeki aşırı birikimi ikincil duvarlara karakteristik kalınlıklarını verir [35]. İkincil hücre duvarı oluşumu sırasında, lignin öncülleri olan monolignoller hücre duvarı boşluğuna salgılanır ve oksidatif polimerizasyon yoluyla rastgele çapraz bağlanır [36]. Çapraz bağlama, laktazlar ve hücre duvarı peroksidazları (PRX) tarafından oluşturulan AOT'nin varlığına bağlıdır. Bu işlem hücre duvarlarının stabilitesini (kararlılığını) ve sertliğini artırır ve bitkinin çevresel faktörlere tepkisinin önemli bir bileşeni olabilir [36, 37]. Hücre duvarı mimarisi, abiyotik strese karşı bitki direncinde önemlidir ve stres algılama ve sinyal iletiminde önemlidir [38]. Lignin, bitki hücrelerinde fenilalanin / tirozin metabolik yolu tarafından üretilen en önemli ikincil metabolitlerden biridir. Biyosferdeki organik karbon içeriğinin %30'unu oluşturan en bol ikinci biyopolimerlerdir [39]. Deaminasyon, hidroksilasyon, metilasyon ve indirgeme içeren bir dizi adımdan sonra, lignin monomerleri sitoplazmada üretilir ve apoplasta taşınır. Genellikle üç ana tip monolignol (sinapil alkol, S birimi; koniferil alkol, G birimi ve *p*-kumaril alkol, H birimi) ile ikincil hücre duvarında peroksidaz (POD) ve lakkaz (LAC) ile polimerize edilir [40, 41]. Buna ilaveten hidroksisinnamaldehytler, trisin flavonlar, hidroksistilbenler ve ksenobiyotikler gibi diğer birkaç bileşiğin de lignin alt birimleri olduğu kabul edilmiştir [42, 43]. Bitki hücre duvarının ana bileşenlerinden biri olan lignin, bitki dokuları ve organlarındaki çok sayıda hücre tipinin işlevini sağlar [44]. Lignin metabolizması, bitki büyümesi ve gelişiminde, lignin biyosentezinin, özellikle H birimlerinin müdahalesinde rol oynar ve sıklıkla bitki büyümesinin bozulması ve hasara yol açar [45]. Bazı bitkilerde lignin birikimi tohum yayılımı için önemlidir [46]. Bitki hücre duvarı, dış tehlikelere karşı ilk engeldir, bitkilerin biyotik ve abiyotik stresler altındaki genel reaksiyonlarından biri, reaktif oksijen türlerinin birikmesi ve buna eşlik eden lignin

birikiminde artış olmasıdır [47]. Bu nedenle lignin metabolizması, bitki hastalık direnci, böcek direnci, kuraklık toleransı, tuz, ısı, soğuk, ağır metaller ve diğer streslerle oldukça ilgilidir [48].

## **Hücre Duvarını Değiştiren Proteinler**

### **Ekspansinler**

Ekspansinler hücre duvarında izole edilmiş; uzamayı uyaran önemli düzenleyici proteinler olarak kabul edilirler. Bir bitkinin büyüyen bölgelerinde ekspansin proteini transkript ve aktivite artışı ile bağlantılı olarak uzatma meydana gelir. Bu bölgeler uzamayan parçalara kıyasla ekspansin artış hareket hassasiyeti görülür [49, 50]. Ekspansinler, genomik ve filogenetik analizlere göre:  $\alpha$ -ekspansinler (EXPA'lar),  $\beta$ -ekspansinler (EXPB'ler), ekspansin-benzeri A (EXLA) ve ekspansin benzeri B (EXLB) [51] şeklinde sınıflandırılırlar. Ekspansinler hemiselülozlar ve Kristalin Selülöz Mikrofibrin (CMF)'ler arasındaki kovalent olmayan etkileşimleri bozarak hücre duvarı genişlemesini uyardığı belirlenmiştir. Böylece meyve olgunlaşması, polen tüpüne nüfuz etme, köklenme ve filizlenme ve absisyon gibi fonksiyon süreçlerinde etkili olduğu ortaya konmuştur [52].

### **Ksiloglukan Endotransglukosilaz / Hidrolazlar (XTH'ler)**

Hemiselüloz (ksiloglukan)-selüloz ağı bitki hücre duvarında, ksiloglukan endotransglukosilaz / hidrolazlar (XTH'ler) adı verilen başka bir protein grubu için hedeftir. Bu hücre duvarındaki yapı ksiloglukan-selüloz bağlantısı hücre genişleme sırasında, ana gerilim yatağını oluşturur. Bu XTH'ler gibi enzimler hücre duvarının uzayabilme yeteneği üzerine etki edebilen ksiloglukan bağlantılarının bölünmesinde bir artışa neden olurlar [53]. Genişleticiler gibi, XTH'ler de gen yapısı ve organizasyonuna dayalı büyük gen aileleri olarak kabul edilir [54]. XTH gen aile üyeleri hidroliz veya transglukosilasyon olmak üzere iki enzimatik aktivite gösterir. Kristalin Selülöz Mikrofibrin (CMF)'ler arasında yük taşıyan ksiloglukan zincirlerinin kesilmesi hücre genişlemeyi olumlu bir şekilde düzenleyebilir [55]. Bu XTH gen ifadesi ve enzim aktivitesi pozitif korelasyonlu uzama büyümesi ile, birkaç çalışma tarafından desteklenmektedir [55]. Bununla birlikte, XTH aktivitesi trans glukozilaz aktivitesi potansiyel olarak yeni ksiloglukanları hücre duvarına salgılayarak onu güçlendirir. XTH'ler, hücrenin kapsamlı bir şekilde yeniden şekillenmesini sağlayabilir. Böylece hücre duvar genişleme sürecini ksiloglukan zincirlerinin kesilmesi ve yeniden birleştirilmesi yoluyla düzenler [54].

### **Endo- $\beta$ -1, 4-glukanazlar (EGazlar)**

Bitki endo- $\beta$ -1, 4-glukanazlar (EGazlar) ailesinden salgılanan  $\beta$ -1, 4 glukan bağımlı hidrolize eden proteinlerdir. Ancak bazı EGazlar membrana bağlıdır [56] ve selüloz sentezinde rol oynarlar [57]. EGase'lerin potansiyel substratları ksiloglukan ve selüloz içerdiğinden ksiloglukan-selüloz bağlantısı üzerindeki etkisiyle duvar gevşemesine neden olur. Hücre duvarı yapısı, büyümesinde [58] ve EGaz geninin manipülasyonu üzerinde etkili olduklarını gösteren kanıtlar vardır [59]. EGazlar, meyve olgunlaşması [60] ve nematod etkileşimleri gibi bitki türleri duvar modifikasyonunun gerekli olduğu



fizyolojik süreçlerde rol oynamıştır [61]. EGaz'lar ekspansinler gibi hücre duvarın gevşemesine neden olamaz [62]. Bununla birlikte, diğer çeper modifiye edici enzimlerin aktivitesini artırabilirler ve böylece ikincil çeper gevşetme görevi görebilirler.

### **Pektin Metilesterazlar (PME'ler)**

Pektinler, pektin metilesterazlar (PME'ler) olarak bilinen duvar proteinleri hücre duvarında yüksek derecede esterlenmiş formlarda biriktirilir [63] ve bir hücre grubu için substratlardır. PME'ler pektinlerin dimetilesteri oluşumunu katalize eden ve bu nedenle hücre duvarı modifikasyonu ile sonuçlanan pektin değiştirici enzimlerdir [64]. PME'ler tarafından üretilen demetilesterifikasyonun kendisi hücre duvarı gevşemesi veya sertleşmesinin meydana gelip gelmediği belirleyebilir [64]. Olgun PME'ler substrat pektik polisakkarit üzerinde rastgele veya doğrusal olarak etki alanlarıdır. Sert bir pektat jel yapısı ve daha az esnek bir hücre duvarı polisakkarit yapısı karboksil grupları aracılı çapraz bağlanması ve doğrusal demetilesterifi katyon reaksiyonlarını  $Ca^{2+}$  oluşturur. Hücre duvarı modifikasyon proteinleri pH'a bağlı protonlar rastgele demetilesterifikasyon üretir. Bu proteinler daha sonra poligalakturonazlar gibi pektinler üzerinde hareket edebilir ve böylece duvar gevşemesini teşvik edebilir. PME türü pektin metilesterifikasyonunun kapsamı ve pH aktivitenin hücre duvarı özellikleriyle belirlendiği düşünülmektedir [65]. Farklı modlara sahip PME'lerin aktivitelerinden farklı metilesterifikasyon modellerinin ortaya çıkması da mümkündür. PME'ler karbonhidrat esterazların 8. sınıfına aittir ve ayrıca tipik olarak büyük multigen aileleri oluşturur. PME'lerin tohum çimlenmesi, meyve olgunlaşması, gövde büyümesi, hücresel ayırma, kök ucu ve polen tüpü uzaması ve internodal işlevleri vardır [64].

### **Abiyotik stresin neden olduğu hücre duvarı kompozisyonundaki değişiklikler**

Bitkide abiyotik stres faktörleri bitki türüne, genotipe, bitkinin yaşına, stresin uygulama zamanlamasına ve bu stresin yoğunluğu bağlıdır. Bu, hücre duvarının yapısındaki ortak bileşenler (protein, karbonhidrat, lipitler) sayesinde adaptasyonu ve/veya uyarlamayı sağlayarak abiyotik strese direnç mekanizması ve tepki oluşturmada etki oluşturmaktadır [1]. Pektinler genellikle kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde değiştirilir. Abiyotik stres koşulları altında kuraklık stresine karşı toleransları farklı olan aynı tür bitki pektik polimer rhamnogalakturonan I ve II'nin (RGI ve RGII) yan zincirlerindeki artış nedeni pektinlerin hücrelere verilen zararı sınırlayan hidratlanmış jeller oluşturmaktadır [66]. Ayrıca, kuraklık stresi altında pektik polimerlerin biyosentezi, toleranslı kültürlerde daha az etkilenmiştir [67]. Kuraklığa duyarlı bir hattı toleranslı bir hat ile karşılaştıran özellikle genç fidelerde, toleranslı çeşitlerde daha fazla pektin olduğu görülmektedir [68]. Kök uçlarının hücre duvarı kompozisyonunun karşılaştırması, tuza toleranslı kültürlerde hassas çizgiye göre çok daha yüksek pektin seviyeleri olması pektin içeriğinin tuz stresi koşulları altında kök büyümesi için faydalı olmasıdır. Tablo 2'de abiyotik stresin hücre duvarı metabolizması üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar gösterilmiştir. Farklı tuz toleransına sahip iki bitkinin, tuza toleranslı çeşitte üronik asitlerdeki artış, hassas bitkiye göre daha yavaş ve daha düşük bir seviyede olur. Bu galakturonik asitin pektinlerden ve glukuronik asitin

arabinoksilanlardan ayrılarak hücre duvarında meydana getirdiği değişiklik ile ilgilidir. Rakszegi ark. [69] her biri ısıya ve kuraklığa toleranslı olan üç buğday çeşidindeki hücre duvarını farklı bir düzeyde karşılaştırmıştır. Her iki stres koşulu altında tüm çeşitlerde diyet lifi arabinoksilanda artış olduğu belirlenmiştir.

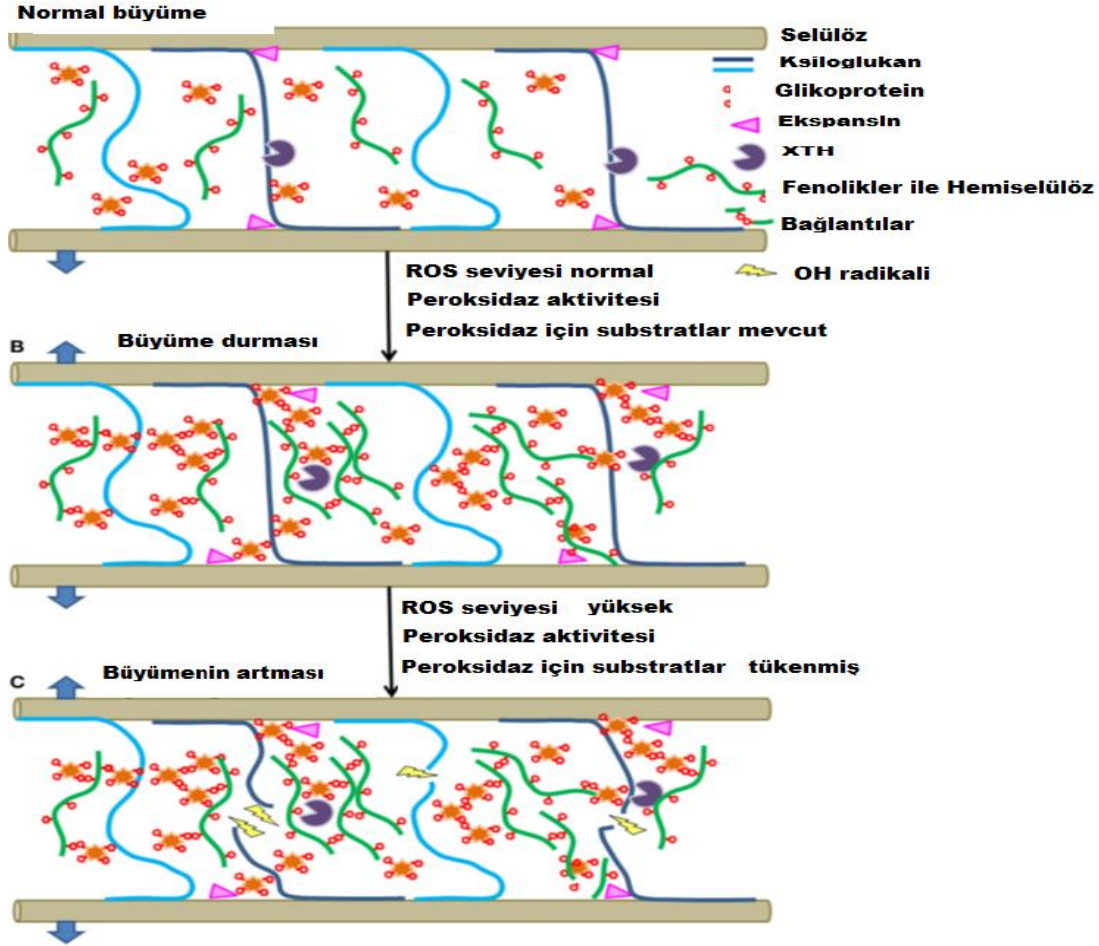
**Tablo 2.** Abiyotik stresin hücre duvarı metabolizması üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Uygulama koşulları	Etki alanı	Sonuç	Kaynak
Soğuk, Su Baskını, Işık, Kuraklık	Birincil hücre duvarı	Duvar modifiye edici proteinler; bir bariyer oluşturarak	Sasidharan ve ark., 2011[33]
Su Baskını	Birincil ve ikincil hücre duvarı	Fizyolojik değişimler ve hücre duvarı bileşimi	Moore, ve ark., 2008[70]
Hava Kirleticiler, Ağır Metal, Işık, Su Baskını	İkincil hücre duvarı	Metabolik faaliyetlerde ve lignin biyosentezinde artma	Moura, ve ark., 2010[48]
Işık, Biyotik	İkincil hücre duvarı	Flavonol üretimi, skopoletin ve lignin üretimi	Schenke, ve ark., 2011[71]
Soğuk	Birincil ve ikincil hücre duvarı	Pektin ve kallos, polen tüpü oluşumu	Paratto, ve ark., 2019[72]
Kuraklık	Birincil hücre duvarı	Yapısal, fizyolojik, hücresel, moleküler, ABA, LEA proteinlerde artma	Yathisa et al., 2018[73]
Ağır Metal	Birincil hücre duvarı	Bitki tepkileri, hücre duvarı-plazma membran ara yüzünde AM indüklemesi moleküler ve proteomik bulgular	Ovečka ve ark., 2014[74]

Soğuk hava şartlarından sonra bitki gruplarında karışık bağlı olan glikanların miktarı etkili bir şekilde artar. Galakturonik ve glukuronik asit miktarı dona duyarlı hatlarda artarken toleranslı hatlarda azalır. Tüm genotipler, soğuk iklim şartlarından sonra sinnamil alkol dehidrogenazın önemli bir artışıyla yanıt verir, bu da gelişmiş odunlaşmanın soğuk sıcak muamelesiyle ilişkili olduğunu gösterir [75]. Çeşitli stres faktörlerinin neden olduğu lignin içeriği ve bileşimindeki değişiklikler incelenmiştir [76].

Bitkisel dokularının uzun süre kuru hava ve dehidrasyonundan dolayı kurur ve zamanlı bir rehidrasyon üzerine tam metabolik yeterlilik kazanırlar [78, 79]. Su kaybı bitkide %90'dan fazla olduğunda bu hücre hacminde ciddi bir küçülmeye neden olabilir. Fizyolojik değişiklikler; bitkilerin türe özgü farklılıkları su kaybı aşamasına bağlı olarak da hücre duvarlarının analizi ile ortaya çıkarmıştır [80]. Bitki hücre dokusundaki su kaybı, çeşitli türler, pektinler ve arabino-galaktan-proteinleri ile ilişkili fraksiyonlarda bulunan, arabinoz seviyelerini artırır. Şekil 3'te normal bitki hücresi ve stresin ortaya çıkması ve AOT'lar aracılığı ile stresle baş etmesi gösterilmiştir. Hücre duvarının pektin ağı içinde akışkanlığın korunmasından sorumlu olduklarına inanılan *Commelina communis*'ten [81] koruma hücrelerinin hücre duvarında da yüksek arabinoz seviyeleri mevcuttur. Patatesten elde edilen bozulmamış RG-I ile yapılan

bir çalışma, NMR teknikleriyle arabinan yan zincirlerinin galaktan yan zincirlerinden daha hızlı hidratlandığını açıkça göstermiştir [82]. Bu nedenle, yüksek bir arabinan miktarı kuraklıktan sonra hücre duvarlarını kolaylıkla yeniden sulandıracaktır.



**Şekil 3.A)** Normal koşullarda bitki hücre duvarı, **B)** Stres altındaki bitki gelişiminin durması **C)** Toleranslı bitkilerde hücre duvarı polimerleri AOT aracılığı ile stres ile başetmesi [77].

## Sonuç

Bu çalışma, stres koşulları altında hücre duvarı yapısının ne şekilde etkilendiğini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymuştur. Abiyotik ve biyotik strese maruz kalan bitkiler, birçok düzeyde olumsuz koşullara tepki verir. Burada Aktif Oksijen Türleri (AOT) ve peroksidazların anahtar rol oynadığı oluşumdur. Ayrıca hücre duvarındaki sertleşme ve fenolik bileşikleri glikoproteinlerin çapraz bağlanmasını sağlar. Uzun süreli stres sırasında AOT seviyeleri yüksek kalırsa, OH<sup>-</sup> radikalleri oluşumu ile ksiloglukanı değiştiren enzimler ve hücre duvarı gevşemesi, stresli organların daha fazla büyümesini sağlar. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, stres koşulları altında hücre duvarı ile ilgili az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bunun yanında AOT oluşumu ile hücre duvarı yeniden modelleme enzimleri için transkripsiyonel değişiklikler ile ilgili gen düzeyinde çalışmaların olmadığı gözlenmektedir. Bu amaçla, stres esnasında hücre duvarında bulunan proteinler, enzimlerin ve moleküler düzeydeki modern

analizler ile desteklenerek araştırmalar yapılmasının iyi olacağı kanısındaız. Ayrıca konu ile ilgili disiplinlerarası yaklaşımların literatürdeki eksiği gidereceğini düşünmekteyiz.

**Teşekkür -**

**Fon/Finansman Bilgileri** Yazarlar bu çalışmanın araştırması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir mali destek almamışlardır.

**Etik Kurul Onayı ve İzinler -**

**Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazarların Katkısı** Tüm yazarlar, bu çalışmanın planlanmasına, yürütülmesine veya analizine yazar olarak dahil edilmek üzere yeterince katkıda bulunmuştur. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

**Kaynaklar**

- [1] Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., & Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).
- [2] Dolferus, R. (2014). To grow or not to grow: a stressful decision for plants. *Plant Science*, 229, 247-261. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.10.002>
- [3] Kaya, A., & Doganlar, Z. B. (2016). Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 470-479.
- [4] Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I.M., Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* No.Ed. 6 pp.761 pp.
- [5] Vij, S., & Tyagi, A. K. (2007). Emerging trends in the functional genomics of the abiotic stress response in crop plants. *Plant Biotechnology Journal*, 5(3), 361-380. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2007.00239.x>
- [6] Kacar, B., Katlav, V., Öztürk, ř., (2006). *Bitki Fizyolojisi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [7] Bhargava, S., & Sawant, K. (2013). Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Plant Breeding*, 132(1), 21-32. <https://doi.org/10.1111/pbr.12004>
- [8] Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- [9] Cabello, S., Lorenz, C., Crespo, S., Cabrera, J., Ludwig, R., Escobar, C., & Hofmann, J. (2014). Altered sucrose synthase and invertase expression affects the local and systemic sugar metabolism of nematode-infected *Arabidopsis thaliana* plants. *Journal of Experimental Botany*, 65(1), 201-212. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert359>
- [10] Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405-410. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9)
- [11] Shalata, A., & Tal, M. (1998). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiologia Plantarum*, 104(2), 169-174. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040204.x>

- [12] Foyer, C. H., Lelandais, M., & Kunert, K. J. (1994). Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum*, 92(4), 696-717. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb03042.x>
- [13] Edreva, A. (2005). Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106(2-3), 119-133. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.022>
- [14] Neill, S. J., Desikan, R., Clarke, A., Hurst, R. D., & Hancock, J. T. (2002). Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1237-1247. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1237>
- [15] Van Breusegem, F., & Dat, J. F. (2006). Reactive oxygen species in plant cell death. *Plant Physiology*, 141(2), 384-390. <https://doi.org/10.1104/pp.106.078295>
- [16] Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (1989). Protection against oxidants in biological systems: the super oxide theory of oxygen toxicity. In: Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (Eds.), *Free Radicals in Biology and Medicine*. Clarendon Press, Oxford, pp. 86–123.
- [17] Hématy, K., Cherk, C., & Somerville, S. (2009). Host–pathogen warfare at the plant cell wall. *Current opinion in plant biology*, 12(4), 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.06.007>
- [18] Berni, R., Luyckx, M., Xu, X., Legay, S., Sergeant, K., Hausman, J. F., Lutts, S., Cai, G., & Guerriero, G. (2019). Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, 161, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.017>
- [19] Tenhaken, R. (2015). Cell wall remodeling under abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 771. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00771>
- [20] Cho, W. K., Chen, X. Y., Chu, H., Rim, Y., Kim, S., Kim, S. T., Kim, S.W., Park, Z.Y., & Kim, J. Y. (2009). Proteomic analysis of the secretome of rice calli. *Physiologia Plantarum*, 135(4), 331-341. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01198.x>
- [21] Lampugnani, E. R., Khan, G. A., Somssich, M., & Persson, S. (2018). Building a plant cell wall at a glance. *Journal of Cell Science*, 131(2), jcs207373. <https://doi.org/10.1242/jcs.207373>
- [22] McFarlane, H. E., Döring, A., & Persson, S. (2014). The cell biology of cellulose synthesis. *Annual Review of Plant Biology*, 65, 69-94. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040240>
- [23] Polko, J. K., & Kieber, J. J. (2019). The regulation of cellulose biosynthesis in plants. *The Plant Cell*, 31(2), 282-296. <https://doi.org/10.1105/tpc.18.00760>
- [24] Juge, N. (2006). Plant protein inhibitors of cell wall degrading enzymes. *Trends in Plant Science*, 11(7), 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.05.006>
- [25] McCahill, I. W., & Hazen, S. P. (2019). Regulation of cell wall thickening by a medley of mechanisms. *Trends in Plant Science*, 24(9), 853-866. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.012>
- [26] Peng, P., & She, D. (2014). Isolation, structural characterization, and potential applications of hemicelluloses from bamboo: A review. *Carbohydrate Polymers*, 112, 701-720. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.068>
- [27] McCann, M. C. (1991). Architecture of the primary cell wall. *The Cytoskeletal Basis of Plant Growth and Form*, 109-129.

- [28] Carpita, N. C., & Gibeaut, D. M. (1993). Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant Journal*, 3(1), 1-30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.1993.tb00007.x>
- [29] Carpita, N. C., & McCann, M. C. (2008). Maize and sorghum: genetic resources for bioenergy grasses. *Trends in Plant Science*, 13(8), 415-420. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.06.002>
- [30] Barrière, Y., Ralph, J., Méchin, V., Guillaumie, S., Grabber, J. H., Argillier, O., Chabbert, B., & Lapierre, C. (2004). Genetic and molecular basis of grass cell wall biosynthesis and degradability. II. Lessons from brown-midrib mutants. *Comptes Rendus Biologies*, 327(9-10), 847-860. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2004.05.010>
- [31] Sampedro, J., & Cosgrove, D. J. (2005). The expansin superfamily. *Genome Biology*, 6(12), 1-11.
- [32] Eklöf, J. M., & Brumer, H. (2010). The XTH gene family: an update on enzyme structure, function, and phylogeny in xyloglucan remodeling. *Plant Physiology*, 153(2), 456-466. <https://doi.org/10.1104/pp.110.156844>
- [33] Sénéchal, F., Graff, L., Surcouf, O., Marcelo, P., Rayon, C., Bouton, S., Mareck, A., Mouille, G., Stintzi, A., Höfte, H., Lerouge, P., Schaller, A., & Pelloux, J. (2014). Arabidopsis PECTIN METHYLESTERASE17 is co-expressed with and processed by SBT3. 5, a subtilisin-like serine protease. *Annals of Botany*, 114(6), 1161-1175. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu035>
- [34] Sasidharan, R., Voeselek, L. A., & Pierik, R. (2011). Cell wall modifying proteins mediate plant acclimatization to biotic and abiotic stresses. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 548-562. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615706>
- [35] Liepman, A. H., Wightman, R., Geshi, N., Turner, S. R., & Scheller, H. V. (2010). Arabidopsis—a powerful model system for plant cell wall research. *The Plant Journal*, 61(6), 1107-1121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04161.x>
- [36] Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J., & Boerjan, W. (2010). Lignin biosynthesis and structure. *Plant Physiology*, 153(3), 895-905. <https://doi.org/10.1104/pp.110.155119>
- [37] Hamann, T. (2012). Plant cell wall integrity maintenance as an essential component of biotic stress response mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, 3, 77. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00077>
- [38] Seifert, G. J., & Blaukopf, C. (2010). Irritable walls: the plant extracellular matrix and signaling. *Plant Physiology*, 153(2), 467-478. <https://doi.org/10.1104/pp.110.153940>
- [39] Ralph, J., Bunzel, M., Marita, J. M., Hatfield, R. D., Lu, F., Kim, H., Schatz, P.F., Grabber, J.H., & Steinhart, H. (2004). Peroxidase-dependent cross-linking reactions of p-hydroxycinnamates in plant cell walls. *Phytochemistry Reviews*, 3(1), 79-96.
- [40] Liu, C. J., Miao, Y. C., & Zhang, K. W. (2011). Sequestration and transport of lignin monomeric precursors. *Molecules*, 16(1), 710-727. <https://doi.org/10.3390/molecules16010710>
- [41] Alejandro, S., Lee, Y., Tohge, T., Sudre, D., Osorio, S., Park, J., Bovet, L., Lee, Y., Geldner, N., Fernie, A.R., & Martinoia, E. (2012). AtABCG29 is a monolignol transporter involved in lignin biosynthesis. *Current Biology*, 22(13), 1207-1212. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.04.064>
- [42] Mottiar, Y., Vanholme, R., Boerjan, W., Ralph, J., & Mansfield, S. D. (2016). Designer lignins: harnessing the plasticity of lignification. *Current Opinion in Biotechnology*, 37, 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.10.009>

- [43] Singh, S., Bashri, G., Singh, A., & Prasad, S. M. (2016). Regulation of Xenobiotics in Higher Plants: Signalling and Detoxification. In *Plant Responses to Xenobiotics* (pp. 39-56). Springer, Singapore.
- [44] Barros, J., Serk, H., Granlund, I., & Pesquet, E. (2015). The cell biology of lignification in higher plants. *Annals of Botany*, 115(7), 1053-1074. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv046>
- [45] Bonawitz, N. D., Im Kim, J., Tobimatsu, Y., Ciesielski, P. N., Anderson, N. A., Ximenes, E., Maeda, J., Ralph, J., Donohoe, B.S., Ladisch, M., & Chapple, C. (2014). Disruption of Mediator rescues the stunted growth of a lignin-deficient Arabidopsis mutant. *Nature*, 509(7500), 376-380.
- [46] Liljegren, S. J., Ditta, G. S., Eshed, Y., Savidge, B., Bowman, J. L., & Yanofsky, M. F. (2000). SHATTERPROOF MADS-box genes control seed dispersal in Arabidopsis. *Nature*, 404(6779), 766-770.
- [47] Liu, Q., Zheng, L., He, F., Zhao, F. J., Shen, Z., & Zheng, L. (2015). Transcriptional and physiological analyses identify a regulatory role for hydrogen peroxide in the lignin biosynthesis of copper-stressed rice roots. *Plant and Soil*, 387(1), 323-336. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2290-7>
- [48] Moura, J. C. M. S., Bonine, C. A. V., de Oliveira Fernandes Viana, J., Dornelas, M. C., & Mazzafera, P. (2010). Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and composition in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 52(4), 360-376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00892.x>
- [49] Cho, H. T., & Kende, H. (1997). Expansins and internodal growth of deepwater rice. *Plant Physiology*, 113(4), 1145-1151. <https://doi.org/10.1104/pp.113.4.1145>
- [50] Cho, H. T., & Kende, H. (1997). Expression of expansin genes is correlated with growth in deepwater rice. *The Plant Cell*, 9(9), 1661-1671. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.9.1661>
- [51] Sampedro, J., Carey, R. E., & Cosgrove, D. J. (2006). Genome histories clarify evolution of the expansin superfamily: new insights from the poplar genome and pine ESTs. *Journal of Plant Research*, 119(1), 11-21. <https://doi.org/10.1007/s10265-005-0253-z>
- [52] Cosgrove, D. J. (2000). Expansive growth of plant cell walls. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(1-2), 109-124. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00164-9](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00164-9)
- [53] Fry, S. C., Smith, R. C., Renwick, K. F., Martin, D. J., Hodge, S. K., & Matthews, K. J. (1992). Xyloglucan endotransglycosylase, a new wall-loosening enzyme activity from plants. *Biochemical Journal*, 282(3), 821-828. <https://doi.org/10.1042/bj2820821>
- [54] Rose, J. K., Braam, J., Fry, S. C., & Nishitani, K. (2002). The XTH family of enzymes involved in xyloglucan endotransglucosylation and endohydrolysis: current perspectives and a new unifying nomenclature. *Plant and Cell Physiology*, 43(12), 1421-1435. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcf171>
- [55] Shin, Y. K., Yum, H., Kim, E. S., Cho, H., Gothandam, K. M., Hyun, J., & Chung, Y. Y. (2006). BcXTH1, a Brassica campestris homologue of Arabidopsis XTH9, is associated with cell expansion. *Planta*, 224(1), 32-41. <https://doi.org/10.1007/s00425-005-0189-5>
- [56] Nicol, F., His, I., Jauneau, A., Vernhettes, S., Canut, H., & Höfte, H. (1998). A plasma membrane-bound putative endo-1, 4- $\beta$ -D-glucanase is required for normal wall assembly and cell elongation in Arabidopsis. *The EMBO Journal*, 17(19), 5563-5576. <https://doi.org/10.1093/emboj/17.19.5563>

- [57] Mølhøj, M., Pagant, S., & Höfte, H. (2002). Towards understanding the role of membrane-bound endo- $\beta$ -1, 4-glucanases in cellulose biosynthesis. *Plant and Cell Physiology*, 43(12), 1399-1406. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcf163>
- [58] Ohmiya, Y., Samejima, M., Shiroishi, M., Amano, Y., Kanda, T., Sakai, F., & Hayashi, T. (2000). Evidence that endo-1, 4- $\beta$ -glucanases act on cellulose in suspension-cultured poplar cells. *The Plant Journal*, 24(2), 147-158. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313x.2000.00860.x>
- [59] Tsabary, G., Shani, Z., Roiz, L., Levy, I., Riov, J., & Shoseyov, O. (2003). Abnormal wrinkled cell walls and retarded development of transgenic Arabidopsis thaliana plants expressing endo-1, 4- $\beta$ -glucanase (cell) antisense. *Plant Molecular Biology*, 51(2), 213-224.
- [60] Trainotti, L., Spolaore, S., Pavanello, A., Baldan, B., & Casadoro, G. (1999). A novel E-type endo- $\beta$ -1, 4-glucanase with a putative cellulose-binding domain is highly expressed in ripening strawberry fruits. *Plant Molecular Biology*, 40(2), 323-332.
- [61] Goellner, M., Wang, X., & Davis, E. L. (2001). Endo- $\beta$ -1, 4-glucanase expression in compatible plant-nematode interactions. *The Plant Cell*, 13(10), 2241-2255. <https://doi.org/10.1105/tpc.010219>
- [62] Cosgrove, D. J. (1997). Assembly and enlargement of the primary cell wall in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 13(1), 171-201.
- [63] O'Neill, M. A., & York, W. S. (2018). The composition and structure of plant primary cell walls. *Annual Plant Reviews Online*, 1-54. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0067>
- [64] Pelloux, J., Rusterucci, C., & Mellerowicz, E. J. (2007). New insights into pectin methylesterase structure and function. *Trends in Plant Science*, 12(6), 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.04.001>
- [65] Micheli, F. (2001). Pectin methylesterases: cell wall enzymes with important roles in plant physiology. *Trends in Plant Science*, 6(9), 414-419. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(01\)02045-3](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02045-3)
- [66] Leucci, M. R., Lenucci, M. S., Piro, G., & Dalessandro, G. (2008). Water stress and cell wall polysaccharides in the apical root zone of wheat cultivars varying in drought tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 165(11), 1168-1180. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.09.006>
- [67] Piro, G., Leucci, M. R., Waldron, K., & Dalessandro, G. (2003). Exposure to water stress causes changes in the biosynthesis of cell wall polysaccharides in roots of wheat cultivars varying in drought tolerance. *Plant Science*, 165(3), 559-569. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00215-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00215-2)
- [68] Konno, H., Yamasaki, Y., Sugimoto, M., & Takeda, K. (2008). Differential changes in cell wall matrix polysaccharides and glycoside-hydrolyzing enzymes in developing wheat seedlings differing in drought tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 165(7), 745-754. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.07.007>
- [69] Rakszegi, M., Lovegrove, A., Balla, K., Láng, L., Bedő, Z., Veisz, O., & Shewry, P. R. (2014). Effect of heat and drought stress on the structure and composition of arabinoxylan and  $\beta$ -glucan in wheat grain. *Carbohydrate Polymers*, 102, 557-565. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.005>
- [70] Moore, J. P., Vicré-Gibouin, M., Farrant, J. M., & Driouich, A. (2008). Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought vs desiccation. *Physiologia Plantarum*, 134(2), 237-245. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01134.x>
- [71] Schenke, D., Boettcher, C., & Scheel, D. (2011). Crosstalk between abiotic ultraviolet-B stress and biotic (flg22) stress signalling in Arabidopsis prevents flavonol accumulation in favor of pathogen



defence compound production. *Plant, Cell & Environment*, 34(11), 1849-1864. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02381.x>

[72] Parrotta, L., Faleri, C., Guerriero, G., & Cai, G. (2019). Cold stress affects cell wall deposition and growth pattern in tobacco pollen tubes. *Plant Science*, 283, 329-342. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.03.010>

[73] Neeragunda Shivaraj, Y., Barbara, P., Gugi, B., Viché-Gibouin, M., Driouich, A., Ramasandra Govind, S., Devaraja, A., & Kambalagere, Y. (2018). Perspectives on structural, physiological, cellular, and molecular responses to desiccation in resurrection plants. *Scientifica*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9464592>

[74] Ovečka, M., & Takáč, T. (2014). Managing heavy metal toxicity stress in plants: biological and biotechnological tools. *Biotechnology Advances*, 32(1), 73-86. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.011>

[75] Domon, J. M., Baldwin, L., Acket, S., Caudeville, E., Arnoult, S., Zub, H., Gillet, F., Lejeune-Henaut, I., Brancourt-Hulmel, M., Pelloux, J., & Rayon, C. (2013). Cell wall compositional modifications of *Miscanthus* ecotypes in response to cold acclimation. *Phytochemistry*, 85, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.09.001>

[76] Moura, J. C. M. S., Bonine, C. A. V., de Oliveira Fernandes Viana, J., Dornelas, M. C., & Mazzafera, P. (2010). Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and composition in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 52(4), 360-376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00892.x>

[77] Tenhaken, R. (2015). Cell wall remodeling under abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 771. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00771>

[78] Gechev, T. S., Dinakar, C., Benina, M., Toneva, V., & Bartels, D. (2012). Molecular mechanisms of desiccation tolerance in resurrection plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 69(19), 3175-3186. <https://doi.org/10.1007/s00018-012-1088-0>

[79] Challabathula, D., & Bartels, D. (2013). Desiccation tolerance in resurrection plants: new insights from transcriptome, proteome and metabolome analysis. *Frontiers in Plant Science*, 4, 482. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00482>

[80] Moore, J. P., Nguema-Ona, E. E., Viché-Gibouin, M., Sørensen, I., Willats, W. G., Driouich, A., & Farrant, J. M. (2013). Arabinose-rich polymers as an evolutionary strategy to plasticize resurrection plant cell walls against desiccation. *Planta*, 237(3), 739-754. <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1785-9>

[81] Jones, L., Milne, J. L., Ashford, D., & McQueen-Mason, S. J. (2003). Cell wall arabinan is essential for guard cell function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(20), 11783-11788. <https://doi.org/10.1073/pnas.1832434100>

[82] Larsen, F. H., Byg, I., Damager, I., Diaz, J., Engelsens, S. B., & Ulvskov, P. (2011). Residue specific hydration of primary cell wall potato pectin identified by solid-state <sup>13</sup>C single-pulse MAS and CP/MAS NMR spectroscopy. *Biomacromolecules*, 12(5), 1844-1850. <https://doi.org/10.1021/bm2001928>



## İn Vitro Etin Üretimi ve Besleyici Değeri

Büşra ÇAKALOĞLU EBCİM<sup>1</sup>, Emine NAKİLCİOĞLU<sup>1</sup> ve Semih ÖTLEŞ<sup>1</sup>

How to cite: Çakaloğlu Ebcim, B., Nakilcioğlu Taş, E., & Ötleş, S. (2021). İn vitro etin üretimi ve besleyici değeri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 189-201. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.935965>

### Derleme

#### Sorumlu Yazar

Büşra ÇAKALOĞLU EBCİM  
busracakaloglu12@gmail.com

#### Yazarlara ait ORCID

B.Ç.E: 0000-0003-4206-585X  
E.N.T: 0000-0003-4334-2900  
S.Ö: 0000-0003-4571-8764

Received: 22.05.2021

Accepted: 25.11.2021

### Öz

Hızlı nüfus artışı beraberinde sınırlı kaynakların yetersizliği sorununu da getirir. Beslenme alışkanlığımız olarak protein ihtiyacımızın çoğunu etten karşılamamıza rağmen et sınırlı bir kaynaktır. Bu da bizi alternatif yöntemler araştırmaya yönlendirir. Bunlardan birisi in vitro ettir. Beslenmemizde tükettiğimiz et; kesimden sonra hücrelerin oksijenden mahrum kalması nedeniyle gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonların ardından olgunlaşan kas dokusudur. İn vitro et ise; canlı bir hayvandan alınan kök hücrelerden üretilen kas dokudur. Yapılan bu çalışmada, günümüze kadar in vitro et hakkında bilgiler ve yapılan çalışmalar derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İn vitro et, yapay et, sentetik et, laboratuvar eti, kültürlenmiş et

## In Vitro Meat Production and Nutritional Value

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Mühendislik  
Fakültesi Gıda Mühendisliği  
Bölümü, İzmir, Türkiye

Bu çalışma Creative Commons  
Attribution 4.0 International  
License ile lisanslanmıştır

### Abstract

With the increase in the population, the insufficiency of limited resources comes into consideration. As our dietary habit, we get most of our protein needs from meats. But meat is a limited source. This leads us to search for alternative sources. One of them is in vitro meat. The meat we consume in our diet; is muscle tissue that matures after biochemical reactions that occur due to the cells being deprived of oxygen after cutting. If in vitro meat; is muscle tissue produced from stem cells from a living animal. In this study, the researches and knowledge about in vitro meat until today are compiled.

**Keywords:** In vitro meat, artificial meat, synthetic meat, lab-grown meat, cultured meat

## Giriş

Proteinler beslenmemizin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. İnsanlar son zamanlarda karbonhidrat ağırlıklı beslenmenin getirdiği bazı olumsuzlukların (kilo artışı, yorgunluk, şeker hastalığı vb.) farkına varmıştır. Beslenmede protein tüketimi çoğu zaman göz ardı edilmiştir. Bunun sebebi en bilinen protein kaynaklı gıdalar arasında bulunan et ve ürünlerine ulaşmanın ekonomik anlamda zor olması, buna karşılık karbonhidrat ağırlıklı beslenmenin ucuz ve hızlı olmasından dolayı daha cazip gelmesidir. Ancak son zamanlarda özellikle yüksek miktarda protein içeren gıdaların tüketiminde büyük bir artış

meydana gelmiştir. Proteinlerin pek çok kaynağı olmakla birlikte et ve ürünlerinden alınan bileşenlerin tamamının, diğer gıdalar ile aynı şekilde ve miktarda vücudumuza alamadığımız gibi bir gerçeklik söz konusudur. İnsan beslenmesinde bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinlerin önemi göz ardı edilemez. Her iki protein kaynağına da vücudumuzun ihtiyacı vardır. Sadece hayvansal protein veya sadece bitkisel protein kaynaklı beslenmek dengeli beslenmek olmamakta, yetersiz bir beslenme olarak değerlendirilmektedir [1]. Et, bilindiği üzere, sınırlı kaynaklardan elde edilmektedir ve günümüzde insan nüfusunun artması nedeniyle baş gösteren gıda kaynaklarının yetersizliği sorunu katlanarak devam etmektedir. Önümüzdeki yıllarda ise bu sorunun açıkça beslenme düzenimizi önemli düzeyde etkileyeceği aşikardır. Bu durum alternatif kaynakların araştırılmasına neden olmuştur [2, 3].

Çalışmamızda bu alternatiflerden birisi olan in vitro et hakkında yapılan çalışmalar ve bu konudaki bilgiler derlenmiştir. Bildiğimiz üzere ülkemizde bu konuda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmamızın, yapılacak yeni çalışmalara zemin hazırlayacağını düşünmekteyiz.

### **İn Vitro Et Nedir?**

Beslenmemizde tükettiğimiz et; kesimden sonra hücrelerin oksijenden mahrum kalması nedeniyle gerçekleşen bir takım biyokimyasal reaksiyonların ardından olgunlaşan kas dokusudur. İn vitro et ise; canlı bir hayvandan alınan kök hücrelerden üretilen kas doku olarak ifade edilebilir [1, 4]. İn vitro etin ortaya çıkması beraberinde çok sayıda soruyu da akla getirmiştir. Bunların bir tanesi bu ete verilecek isimdir. İsim seçiminin bu ürünü insanlara tanıtmak ve tüketicilerin tercihlerini olumlu yönde etkilemek konusunda ne kadar önemli olduğu Bryant ve Barnett'ın [5] çalışmasında ele alınmıştır. Bunlara göre hali hazırda laboratuvarında üretilen bir ete karşı fazlasıyla önyargılı yaklaşan insanlar isimden de olumsuz etkilenebiliyorlar. İsim seçiminin in vitro etin tanıtımında tahmin edilenden daha fazla rol oynadığı bu çalışma sonucunda kanıtlanmıştır. İn vitro eti ifade etmek amacıyla kullanılacak ismin, potansiyel tüketicilerde nasıl tepkilere neden olduğu ve nasıl algılandığı hakkında yapılan çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Hollanda Maastricht Üniversitesi'nden Profesör Mark Post ve ekibi [18] 2013 yılında hayvanlardan aldıkları kök hücreleri laboratuvar koşullarında olgunlaşmış kas dokusu haline getirmişlerdir. Laboratuvar koşullarında sadece 3 ayda 10000 kas şeridini birleştirerek elde ettikleri eti bir hamburger köftesi olarak tadıma sunmuşlardır (Şekil 1). En çok ses getiren yapay et çalışması bu çalışmadır ancak bu, konu üzerinde yapılan ilk çalışma değildir.

*Tablo 1. İn vitro eti ifade etmek için kullanılan isimler ve tüketici tepkileri*

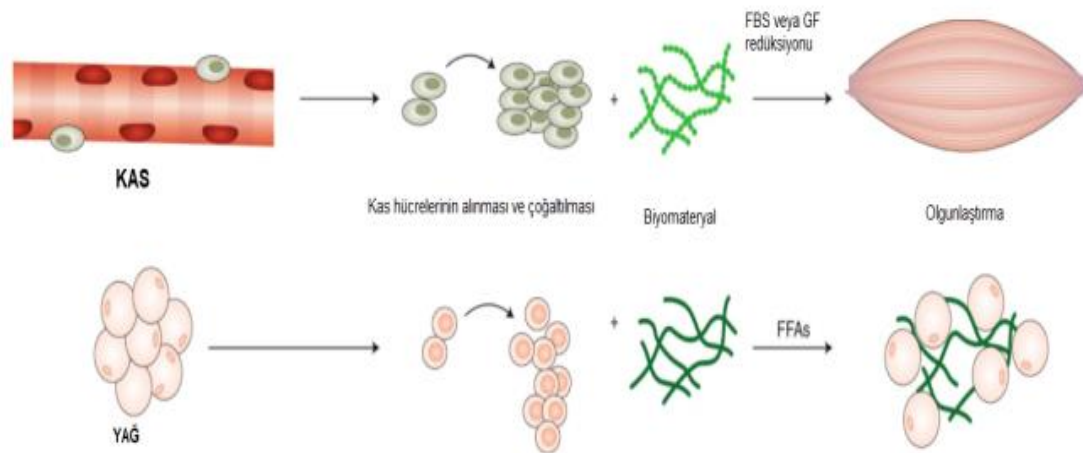
<b>İsim</b>	<b>Kaynak</b>	<b>Tepki</b>
Kültürleşmiş et	Bekker ve ark. [6]	Katılımcılar bu isme negatif yaklaşmışlardır.
	Hart Research Associates [7]	Katılımcılar bu isme negatif yaklaşmışlardır.
	The Grocer [8]	İngiltere’de yapılan bu çalışmada katılımcıların %16’sı bu isme olumlu yaklaşmıştır.
Laboratuvar eti	Smith [9]; Washington Post [10]	Amerika’da yapılan çalışmalarda katılımcıların %20’si laboratuvarda yetiştirilmiş eti yiyebileceklerini ifade etmişlerdir.
Temiz et	The Good Food Institute [11]	Bu çalışmada katılımcılar temiz et ismini kültürleşmiş et ve saf et isimlerinden daha uygun gördüklerini dile getirmişlerdir.
	Animal Charity Evaluators [12]	Bu çalışmada temiz et ismine kültürleşmiş et isminden daha pozitif yaklaştıkları ortaya çıkmıştır.
İn vitro et	Verbeke ve ark. [13]	Bu çalışmadaki Hollandalı katılımcıların %24’ü "kesinlikle" "kültürleşmiş et" olarak da adlandırılan in vitro eti denemeye isteklidir.
	Hocquette ve ark. [14]	Katılımcıların %9.2 ile %19.2’si in vitro et satın alabileceklerini, bu isme pozitif yaklaştıklarını belirtmişlerdir.
Sentetik et	Verbeke ve ark. [13]; Marcu ve ark. [15]	Avrupalı katılımcılar çevre ve hayvanlar için fazlasıyla toplumsal faydanın olduğunu ancak sentetik etin insan sağlığı üzerindeki etkisi ve çiftçiliğin geçim kaynakları konularında endişeli olduklarını belirtmişlerdir.
Yapay et	Heid [16]	İngiltere’de katılımcıların %19’u yapay et olarak adlandırılan bu ürünü tüketmeye pozitif yaklaştıklarını dile getirmişlerdir.

*Şekil 1. Laboratuvarada elde edilen et ile üretilen hamburger köftesi [17]*

1990'lı yıllarda hayvan hücrelerinden alınan kök hücreler kültürlenerek, kas doku üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), hindi hücrelerinden kas kültürü oluşturmak üzere çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda ilk yenilebilir kültür balık filetosu, akvaryum balığı hücrelerinden elde edilmiştir. [19, 20]. Belirtildiği üzere in vitro et düşüncesinin temelleri 90'lı yıllarda atılmıştır ancak ilk defa bunu teoriden bir gerçekliğe dönüştüren çalışma [18] olarak 2013 yılında üretilen hamburger köftesi kabul edilmektedir.

### **İn Vitro Etin Üretim Teknikleri**

Kök hücreler, olgun kas dokusundan ve yağ dokusu öncülerinden alınır ve çoğaltılır. Prosedür Şekil 2'de özetlenmiştir. Olgun kas lifleri ve yağ dokusu parçaları, bir jel biyomateryali ve belirli bir farklılaştırma protokolü kullanılarak oluşturulur ve olgunlaştırılır. Kas olgunlaşması, fetal sığır serumu konsantrasyonlarının (FBS) %20 'den %2 'ye düşürüldüğü ortam veya serum destekleyici büyüme faktörü (GF) karışımının (on kat azalma) konsantrasyonlarının redüksiyonunun sağlandığı ortamda gerçekleştirilir. Yağ dokusundan türetilen kök hücreler, serbest yağ asitleri (FFA'lar) varlığında olgunlaşır [18].



**Şekil 2.** Kas ve yağ hücrelerinin çoğaltılması [18]

Yapı iskelesi, self-organizasyon gibi çeşitli teknikler kullanılarak oluşturulur ve etin küçük ölçeklerde üretimini sağlamaktadır [19]. Bununla birlikte, yüksek düzeyde yapılandırılmış, işlenmemiş et üretimi önemli ölçüde daha büyük teknik zorluklarla karşı karşıyadır ve endüstriyel ölçekte sürdürülebilir bir in vitro et kültürü sistemi oluşturmak için hala çok sayıda araştırma yapılması gerekmektedir [3, 21]. Bir in vitro et üretim sistemi için farklı tasarım yaklaşımları bulunmaktadır. Bunların tümü difüzyon bariyerini aşmak için tasarlanmış olup, şu anda kullanımda olanlardan (iskele / hücre kültürü ve kendi kendini organize etme / doku kültürü temelli) spekülatif olasılıkları olanlara (organ print, biyofotonik, nanoteknoloji) kadar uzanır [22].

### **Hücre Kültürü-İskele Yapısı Tekniği**

Bu teknikte, bir çiftlik hayvanı embriyosundan veya bir çiftlik hayvanı kas biyopsisinden izole edilen iskelet kası hücrelerinden izole edilen embriyonik miyoblastlar çoğaltılır ve bir kolajen ağ örgüsü veya mikro taşıyıcı gibi bir iskeleye bağlanır. Daha sonra bir dönen veya sabit bir reaktöre besinler ve büyüme faktörleri açısından zengin bir kültür ortamı ile doldurularak aktarılır [22]. Çeşitli çevresel ipuçlarının yardımıyla, bu hücreler miyotüpler oluşturmak için birleşirler. Miyotüpler, farklılaştırma ortamlarının yardımıyla miyofibere farklılaşır [23]. Elde edilen çok sayıda miyofiber daha sonra iskeleden hasat edilebilir, kıyılabilir ve kıyılmış ve emülsiyon bazlı et ürünlerinin hazırlanmasında kullanılabilir. Hücre kültürüne dayalı bu teknikler yardımıyla, yumuşak kıvamda öğütülmüş kemiksiz etler üretilebilir; ancak biftek gibi etler üretilemez. Bununla birlikte hücreler, daha sert yapılar üreten "kendi kendini organize eden yapıların" geliştirilmesine izin veren substratlarda da büyütülebilir. Kolajen gibi doğal ve yenilebilir biyomateryaller kullanılarak geliştirilen, 3 boyutlu doku kültürü ve etin karmaşık yapılandırılmasına izin veren iskeleler, önerilmiş ve denenmiştir [24].

### **Kendi Kendini Organize Eden- Doku Kültürü Tekniği**

Yapılandırılmış etin kendi kendini organize eden yapılar şeklinde üretilmesi için daha iddialı bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır [25]. Benjaminson ve ark. [26] Altın balıktan (*Carassius auratus*) izole ettikleri kas hücrelerini farklı besin ortamlarında geliştirerek büyüme oranlarını gözlemlemişlerdir. Bahsi geçen hücreler 7 gün boyunca sığır serumu, Maitake bitki ekstresi ve altın balık iskelet kas hücrelerini içeren besin ortamlarında kültürlenmiştir (Şekil 3). Buna göre sığır serumu kullanıldığında dokuların büyüme oranı %14, Maitake mantarı ekstresi kullanıldığında %13, altın balık iskelet kas hücrelerini içeren besin ortamı kullanıldığında ise %79 olarak belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar; iskelet kas hücreleri ile kültürlenmiş dokuların görünüşü olarak taze balık filetosunu andırdığını vurgulamışlardır. Doku kültürü tekniklerinin yararı, eksplantların in vivo durumu yakından taklit etmesi ve elde edilen eksplantların, eti doğru oranlarda oluşturan tüm dokuları içermesidir.



**Şekil 3.** Benjaminson ve ark., [26] çalışmasında kullanılan Altın balık (*Carassius auratus*)

Tamamen yapay kas üretimi için Mironov ve ark., [29], besinlerin perfüze edilebildiği ve miyoblastların ve diğer hücre tiplerinin bağlanabildiği, yenilebilir gözenekli polimerden oluşan bir dallanma ağı kavramı vermiştir [27]. Doku mühendisliği amacıyla yapay kılcal damarların kullanıldığı böyle bir tasarım önerilmiştir [28]. Miyoblastları, miyoidler gibi diğer hücre türleriyle birlikte kültürleyerek, gerçek kaslarla hemen hemen aynı şekilde organize edilebilen daha gerçekçi bir kas yapısı oluşturmak mümkündür [3].

### **Organ Baskısı (Print) Tekniği**

Teknik esas olarak, canlı hücrelerin, halkalar, tüpler veya tabakalar gibi herhangi bir şekle sahip 3 boyutlu yapıları oluşturmak için kaynaşan katmanlar halinde püskürtülmesini içerir. Böylelikle, baskı yoluyla tüm organları üretmenin fizibilitesi mümkündür. Bu sadece organın temel hücresel yapısına sahip olmasıyla kalmaz, aynı zamanda, tüm ürüne bir kan tedariki sağlayan, katman katman üretilen, uygun vaskülarizasyonu da içerecektir [3, 22]. Ayrıca tüketim amaçlı et üretimi açısından yağ da eklenerek lezzet ve yapı kazandırılabilir. [24, 29, 30].

### **Biyofotonik Tekniği**

Lazerlerin madde parçacıklarını belirli organizasyonel yapılara hareket ettirme etkisine dayanan in vitro et üretimi için yeni bir olası teknik olan biyofotonik, madde parçacıklarını birbirine bağlamak için ışığın kullanıldığı bir işlemdir. Bahsi geçen bu teknik; bir grup parçacık arasında, onları yalnızca birer birer belirli yerlere hareket ettirmeye değil, aynı zamanda yapıları oluşturmaya ikna edebilecek bir bağlayıcı etkiye sahiptir. Kırmızı kan hücreleri bu teknik kullanılarak üretilebilmiştir. 2D diziler oluşturmanın başarısı göz önüne alındığında, hücreleri bir arada tutmak için yalnızca ışığı kullanan doku oluşumlarının üretilebilmesi mümkündür. Böylece iskele ihtiyacı da ortadan kalkmış olur [24].

### **Nanoteknoloji Tekniği**

İn vitro etin bir başka ileriye dönük üretim tekniği olan nanoteknoloji, malzemelerin atom ve molekül seviyesinde üretilmesi ve değiştirilmesidir. Her şeyin aynı temel atomlardan yapıldığı, ancak basitçe farklı şekillerde düzenlendiği şeklindeki temel kavramı bilmek, tam olarak istediğimiz molekülleri bir araya getirerek neredeyse istediğimiz her maddeyi sıfırdan inşa edebileceğimiz anlamına gelir. İlginç bir şekilde, nanoteknoloji spekülatif teknolojisine verilen ilk örneklerden biri sentezlenmiş ettir [22, 31].

### **Geleneksel Et Üretimindeki Zorluklar ve Alternatif Et Kaynaklarının Araştırılmasının Sebepleri**

- Kaynakların sınırlı olması
- Her geçen gün nesli tükenen hayvanlar
- Et üretimi için gereken yerleşim alanı (hayvan çiftlikleri), yem, mevcut hastalıklar gibi önemle ilgilenilmesi gereken birçok konu ve bunların maliyetleri

- Hayvanların öldürülüyor oluşu
- Et üretmek için tüketilen su miktarı (1 ton için yaklaşık 15000 m<sup>3</sup>) ve ortaya çıkan çevresel kirlilikler
- Birkaç yılda verim alınabilmesi
- Katı hijyen kuralları
- Farklı inanışlara göre farklı sertifikalar ve uygulamaların yapılması
- Ekonomik nedenler

Günümüzdeki et üretiminde göze çarpan dezavantajlardandır [14, 22, 32]. Bahsi geçen zorluklar, alternatif kaynakların araştırılmasına hız kazandırmıştır. Bunlardan en çok ses getiren ve umut vadeden seçenek ise in vitro et olmuştur.

### **İn Vitro Etin Avantajları**

İn vitro et, geleneksel ete göre çeşitli faydalar sunabilir. Bunların arasında en önemli faydası, et tüketenlerin tüm beslenme ve hedonistik ihtiyaçlarını karşılarken, et tüketenlerin gereksinimlerini karşılamak için hayvan kesimini içermediği için hayvanların ıstırabını büyük ölçüde azaltabilmesidir [33]. İn vitro et üretim sistemleri ayrıca lezzet, yağ asidi bileşimi, yağ içeriği ve özellikle doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranını değiştirerek et bileşimi ve kalitesi üzerinde kontrol sağlayabilir [22]. Ek olarak, ete formülasyonu sırasında bileşenleri manipüle edilerek çeşitli sağlık artırıcı ve fonksiyonel bileşenler eklenebilir [34]. İn vitro et teknikleri, nesli tükenmekte olan türleri kullanarak potansiyel olarak yeni egzotik et çeşitleri geliştirebilir. Ayrıca vejetaryenler için yeni et çeşitleri geliştirmek için de kullanılabilir. İn vitro et üretim sistemleri, metabolizma ve ekstra organların gelişimi sırasında boşa harcanacak olan enerjiyi yalnızca iskelet kaslarının gelişimi için kullanmak üzere muhafaza ettikleri için enerji ve zaman açısından verimlidir. Ayrıca, in vitro et üretim teknikleri kullanılarak, doku mühendisliği et üretimini hızlandıracığından, tavuk ve sığır gibi hayvanların aylarca ve yıllarca yetiştirilmesi gereksiz olacaktır [35]. 2008'de Norveç'te ilk defa düzenlenen "In vitro Et Sempozyumu"nda, ilk ticari in vitro et ürünlerinin önümüzdeki 5 ila 10 yıl içinde Avrupa sığır eti ile rekabet edebilecek fiyatlarla (ton başına ~ 5200 \$- 5500 \$ veya 3300–3500 \$) ticari olarak temin edilebileceği ortaya atılmıştır [36]. İn vitro et üretimi aynı zamanda doğal kaynaklara ve arazi kaynaklarına bağımlılığı da azaltacak ve bu da o araziye diğer amaçlar için kullanma fırsatı sağlayacaktır [37]. İn vitro et üretimi, çevre üzerinde düşük olumsuz etkilere sahip et üretiminin nispeten insancıl bir yoludur; dolayısıyla bilimsel, çevresel ve hayvan hakları topluluklar tarafından teşvik edilecektir [38]. Ayrıca in vitro et üretimi, çoğunlukla hayvanlar tarafından yayılan hastalıkların görülme sıklığını da azaltabilir. İn vitro et yerel olarak üretilbildiğinden, ürünün tüketiciye ulaştırılması için yapılan nakliye maliyetlerini düşürür. Bu da karbondioksit emisyonlarını ve sığırların rumeninden atmosfere salınan metan hacmini azaltır. Bir sera gazı olarak, metan atmosferde çok daha az bulunur ve karbondioksitten



20 kat daha etkilidir. İn vitro et, sığır çiftlikleri tarafından salınan atık nitrat seviyesini de azaltacaktır. Hızla büyüyen küresel nüfusla, in vitro et, gelecekteki insanlar için güvenli, besleyici ve uygun fiyatlı et sunacaktır. Yiyecek kıtlıklarını gıda kaynaklı hastalıkları ve kirliliği azaltacak, gıda üretimini ise artıracaktır [39]

### **İn Vitro Etin Dezavantajları ve Üretimindeki Zorluklar**

Teknik konuların yanı sıra, tüketici kabulü, ulusal gıda güvenlik düzenlemeleri ve uluslararası uyum gibi sosyal ve etik konular, bu yeni gıda maddesi için aşılması gereken zorluklardandır. Fetal sığır serumu ile ilgili sorunlar, bileşiminin iyi tanımlanmamış olması ve kalitenin tutarsız olabilmesidir. Specht ve Lagally [40], 2017 yılında yaptıkları çalışmada; büyük miktarlarda yüksek kaliteli serum elde etmenin çok zor olabildiğini ifade etmektedirler. Serumsuz ortamın avantajı, yalnızca kendi özel sistemine istenilen büyüme faktörlerinin yerleştirilebilmesidir [41]. Birçok hücre türü için, rekombinant büyüme faktörleri içeren serumsuz kültür ortamı halihazırda geliştirilmiştir. Bununla birlikte, hücreler, büyüme için alışılmadık derecede yüksek konsantrasyonlarda serum gerektirir; bu nedenle serum kadar işe yarayan, hayvansal olmayan bir ikame bulmak zor olmuştur. Bu noktada serumsuz ortam, fetal sığır serumu içeren besiyerinden daha maliyetlidir ve bu da in vitro et üretimini ölçeklendirme/maliyet hesaplama çalışmalarını yanlış yönde etkileyebilir. Gelecekte, serum azaltılacağından ve rekombinant büyüme faktörleri toplu olarak üretileceğinden, serumsuz ortam daha ucuz bir alternatif haline gelebilir [18]. Pazara in vitro et getirmenin en büyük zorluklarından biri laboratuvar ölçeğinden endüstriyel ölçeğe geçmektir. İn vitro et fabrikalarında bira fermantasyon tanklarına benzer şekilde et üretmek için yüksek ölçeklerde reaktörler kullanılması öngörülmektedir. Weele ve Tramper [42] 20000 L'lik biyoreaktördeki çalışmalarında, tüm adımlar (temizleme, doldurma, sterilizasyon, hücre çoğalması ve farklılaşma vb.) için yaklaşık 1 ay gerektiğini belirtmişlerdir. Buna göre yılda on çalışma, tek bir biyoreaktör tankından yaklaşık 2560 kişinin et talebini (kişi başına yılda 10 kg) karşılayabilir. Datar ve Luining [37] ise Post ve arkadaşlarının [49] 2013 yılında elde ettiği hamburger köftesinin maliyetinin, etin laboratuvar ölçeğinde üretiminden dolayı çok yüksek olduğunun altını çizmiştir. Teknolojik gelişmelerle, in vitro et nihayetinde geleneksel etle fiyat paralelliğine ulaşabilir. İn vitro etin ilk olarak, geleneksel et ve kültürlenmiş et karışımı olarak; daha sonra nugget, hamburger köftesi ve kıyma ürünleri şeklinde ve üçüncü olarak, biftek ve tavuk göğsü gibi yapılandırılmış etler olmak üzere aşamalı olarak piyasaya çıkacağı öngörülmektedir [40]. Önümüzdeki on yıl içerisinde in vitro etin restoran menülerinde, marketlerde yer alacağı tahmin edilmektedir. Ancak her ne kadar olumlu yönleri olsa da in vitro etin tüketiciler tarafından kabul görmemesi, doğal kabul edilmemesi ve bundan doğan sağlık endişesi, bazı etik kaygılardan dolayı ticarileşemeyeceğine dair görüşler de mevcuttur [46, 47]. Muslu [48] çalışmasında geleneksel yöntemle tükettiğimiz et ile kıyaslandığında in vitro etin hayvansal kaynaklı riskleri içermeyeceğinin öngörüldüğünü ancak laboratuvar koşullarında üretilen et için farklı risklerin doğabileceğine dikkat çekmiştir. Bunlardan bazıları üretim için net bir protokolün olmamasının

getireceği karışıklıklar, kullanılan kimyasallar ile ortaya çıkabilecek herhangi bir sorunun sağlık üzerinde taşıdığı risklerdir.

## **Besin Değeri**

Doğal et kas, yağ, bağ dokusu ve kemikler dahil olmak üzere birçok dokudan oluşur. Et zengin bir protein, amino asit, yağ asidi, mineraller ve Zn, Se, K, Na, Mg, kreatin, karnozin ve A, B-kompleksi ve D gibi vitaminler için özel bir kaynaktır. Ayrıca B<sub>12</sub> vitamini ve demir gibi temel besinler ve biyoaktif bileşiklerin de kaynağıdır [33]. Etin ortalama protein miktarı yaklaşık %22'dir. Bu değer ördek etinde %12.3'ten ve tavuk göğsünde %34.5'e kadar değişiklik gösterebilir ve benzer şekilde etin amino asit içeriği de hayvandan hayvana farklılık gösterebilir. Ayrıca etin amino asit ve protein içeriği yağ, bağ dokusunun fazlalığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [43]. Etin yağ asidi bileşimine bakacak olursak, oleik asit, linoleik asit, linolenik asit ve araşidonik asit gibi doymamış yağ asitlerini içerdiğini görürüz [43]. Çoklu doymamış yağ asitlerinden olan omega-3 yağ asidi, etin toplam yağ içeriğindeki yararlı ve önemli bir bileşendir [37]. Bahsi geçen besin içerikleri nedeniyle, geleneksel etin besleyici değeriyle eşleşebilecek in vitro et üretmek çok önemli ve zorlayıcıdır. İn vitro ete besin değerini kazandırmak için çeşitli parametreler ve kültür koşulları önerilmiştir. Miyotüplerin farklılaşması ve proliferasyonu sırasında gerekli kültür koşulunun formülasyonu ve uygun büyüme faktörlerinin ve moleküllerin takviyesi, in vitro ete besin değeri kazandırmak için anahtar faktörlerdir. Yağlar sadece etin besin değerini artırmakla kalmaz, aynı zamanda lezzet, aroma ve doku kazandırır. İn vitro et için, doymuş yağ içeriği, miyotüplerin adipositlerle birlikte kültürlenmesiyle elde edilebilir [44]. İn vitro etin protein içeriğine, büyük ölçüde miyotüplerin çoğalması ve kültürü için kullanılan yapı iskelesi katkıda bulunur [43]. Etin karakteristik besin içeriği olan Fe ve B<sub>12</sub> vitamininin in vitro ete kazandırılması için, mikrobiyal fermantasyonla üretilen transferrin proteinine bağlı Fe<sup>+3</sup> iyonu ve B<sub>12</sub> vitamini takviyesi önerilmektedir [37]. Ek olarak, transferrine bağlı Fe<sup>+3</sup> kompleksi, plazma proteininin mitokondriye girmesi ve hem sentezine hem de ardından miyogloblin sentezine dahil olmasıyla, in vitro ete karakteristik renk sağlar. Bununla birlikte, transferrin seviyesi kültür ortamında optimum seviyede olmalıdır; çünkü daha yüksek bir transferrin seviyesi, aerobik koşullar altında reaktif oksijen türlerinin üretimini katalize eder ve büyüyen miyotüplere zarar verebilir [32]. Yapılan bir çalışmada, hücrelerin ortam oksijen koşullarında kültürlenmesi, kırmızı rengi ete veren miyogloblin ekspresyonunu baskılar. Bu nedenle üretilen in vitro et renksiz olmuştur ve daha çok tavuk etine benzemiştir. Böylece eti renklendirmek için biraz kırmızı pancar suyu ve safran eklenmiştir [22, 45].

## **Sonuç**

Başta uzak bir ihtimal olarak görülse de teknolojinin hızla ilerlemesi ve motive edici sebepler sayesinde kısa zamanda in vitro etin tabağımızda yer alacağını öngörmekteyiz. Konuyla ilgili çoğu çalışmanın derleme olduğu görülmektedir. Ancak büyük şirketlerin de yatırımları sayesinde bu teorik düşünceler gelecekte yerini gerçekliğe bırakacaktır. Birçok açıdan değerlendirildiğinde in vitro etin, geçimini

hayvan üretimi ile sağlayan ülkelere ve kişilere etkisinin nasıl olacağı endişe konusudur. Ancak insanlığa ve hayvanlara sağlayacağı potansiyel tüm bu faydalar ağır basmaktadır.

***Teşekkür -***

***Fon/Finansman Bilgileri*** Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

***Etik Kurul Onayı ve İzinler*** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

***Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar*** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

***Yazarların Katkısı*** Tüm yazarlar, bu çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

**Kaynaklar**

[1] Taşkın, A. (2019). *Geleceğin alternatif gıda kaynakları ve gıda teknolojileri*. (Tez no. 575180) [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi].

[2] Lynch, J. & Pierrehumbert, R. (2019). Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(5). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00005>

[3] Mengistie, D. (2020). Lab-growing meat production from stem cell. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 3(1), 015.

[4] Choi, K. H., Yoon, J. W., Kim, M., Lee, H. J., Jeong, J., Ryu, M., & Lee, C. K. (2021). Muscle stem cell isolation and in vitro culture for meat production: A methodological review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 429-457. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12661>

[5] Bryant, C. J., & Barnett, J. C. (2019). What's in a name? Consumer perceptions of in vitro meat under different names. *Appetite*, 137, 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.02.021>

[6] Bekker, G. A., Fischer, A. R., Tobi, H., & van Trijp, H.C. (2017). Explicit and implicit attitude toward an emerging food technology: The case of cultured meat. *Appetite*, 108, 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.10.002>

[7] Hart Research Associates, (2021, April). *Perceptions of cellular agriculture: Key findings from qualitative research*. Hart Research Associates. <https://medium.com/new-harvest/perceptions-of-cellular-agriculture-key-findings-from-qualitative-research-24145eced707>

[8] The Grocer, (2021, April). *Meat the future and how to market it*, <http://www.thegrocer.co.uk/buying-and-supplying/categories/meat/meat-the-future-and-how-to-market-it/546754.article>

[9] Smith, A. (2021, December). *U.S. Views of technology and the future: Science in the next 50 years*. Pew Research. <https://www.pewresearch.org/internet/2014/04/17/us-views-of-technology-and-the-future>

[10] The Washington Post, (2021, January). *Lab-grown meat is in your future, and it may be healthier than the real stuff*. [https://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-meat-is-in-your-future-and-it-may-be-healthier-than-the-real-stuff/2016/05/02/aa893f34-e630-11e5-a6f3-21ccdbc5f74e\\_story.html?utm\\_term=.339bff30314d](https://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-meat-is-in-your-future-and-it-may-be-healthier-than-the-real-stuff/2016/05/02/aa893f34-e630-11e5-a6f3-21ccdbc5f74e_story.html?utm_term=.339bff30314d)

[11] The Good Food Institute, (2021, January). *Clean meat: The naming of tissue-engineered meat*. <http://mfait.gfi.org/the-naming-of-clean-meat>

- [12] Animal Charity Evaluators, (2021, January). "Clean" meat or "cultured" meat: A randomized trial evaluating the impact on self-reported purchasing preferences. <https://animalcharityevaluators.org/blog/clean-meat-or-cultured-meat-a-randomized-trial-evaluating-the-impact-on-self-reported-purchasing-preferences/>
- [13] Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D., & Barnett, J. (2015). 'Would you eat cultured meat?': Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat science*, 102, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.013>
- [14] Hocquette, J. F. (2016). Is in vitro meat the solution for the future? *Meat science*, 120, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.036>
- [15] Marcu, A., Gaspar, R., Rutsaert, P., Seibt, B., Fletcher, D., Verbeke, W., & Barnett, J. (2015). Analogies, metaphors, and wondering about the future: Lay sense-making around synthetic meat. *Public Understanding of Science*, 24(5), 547-562. <https://doi.org/10.1177/0963662514521106>
- [16] Heid, M. (2021, December). *You asked: Should I be nervous about lab-grown meat*. *Time Magazine*, 14. <https://www.yahoo.com/lifestyle/asked-nervous-lab-grown-meat-120000235.html>
- [17] Ghosh, P. (2021 December). *World's first lab-grown burger is eaten in London*. *BBC News* [www.bbc.com/news/scienceenvironment-23576143](http://www.bbc.com/news/scienceenvironment-23576143)
- [18] Post, M. J., Levenberg, S., Kaplan, D. L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C. J., & Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1(7), 403-415. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>
- [19] Edelman, P. D., McFarland, D. C., Mironov, V. A., & Matheny, J. G. (2005). Commentary: In vitro-cultured meat production. *Tissue engineering*, 11(5-6), 659-662. <https://doi.org/10.1089/ten.2005.11.659>
- [20] Webb, S. (2006). Tissue engineers cook up plan for lab-grown meat. *Discover*. 27(1):43. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00046>
- [21] Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(4), 782-789. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.924899>
- [22] Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., Bekhit, A. E. D. A., & Bhat, H. F. (2019). Technological, regulatory, and ethical aspects of in vitro meat: a future slaughter-free harvest. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(4), 1192-1208. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12473>
- [23] Kosnik, P. G., Dennis, R. G., & Vandenberg, H. (2003). Tissue engineering skeletal muscle. In F. Guilak, D. L. Butler, S. A. Goldstein, & D. Mooney (Eds.), *Functional tissue engineering*. 377-392. [https://doi.org/10.1007/0-387-21547-6\\_28](https://doi.org/10.1007/0-387-21547-6_28)
- [24] Hopkins, P. D., & Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 21(6), 579-596. <https://doi.org/10.1007/s10806-008-9110-0>
- [25] Dennis, R., Kosnik, P., Gilbert, M., & Faulkner, J. (2001). Excitability and contractility of skeletal muscle engineered from primary cultures and cell lines. *American Journal Physical Cell Physics*, 28, 288-95. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.2001.280.2.C288>
- [26] Benjaminson, M. A., Gilchrist, J. A., & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta astronautica*, 51(12), 879-889. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00033-4)

- [27] Wolfson, W. (2021, December). Raising the steaks. *New Scientist*. <https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/1005566>
- [28] Zandonella, C. (2003). Tissue engineering: The beat goes on. *Nature*. 421(6926):884–6 <https://doi.org/10.1038/421884a>
- [29] Mironov, V., Boland, T., Trusk, T., Forgacs, G. & Markwald, R. (2003). Organ printing: Computer-aided jet-based 3D tissue engineering. *Trends Biotechnol.* 21(4):157–61. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00033-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00033-7)
- [30] Aldhous, P. (2021, May). Print me a heart and a set of arteries. *New Scientist*. <http://organprint.missouri.edu/news/NewScientistApril2006.pdf>
- [31] Gillispie, G. J., Park, J., Copus, J. S., Pallickaveedu, A. K., Asari, R., Yoo, J. J., & Lee, S. J. (2019). Three-dimensional tissue and organ printing in regenerative medicine. In A. Atala, R. Lanza, A. G. Mikos, & R. Nerem (Eds.), *Principles of regenerative medicine* (3rd ed., Chapter 47, pp. 831–852) <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809880-6.00047-3>
- [32] Singh, A., Verma, V., Kumar, M., Kumar, A., Sarma, D. K., Singh, B., & Jha, R. (2020). Stem cells-derived in vitro meat: from petri dish to dinner plate. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1856036>
- [33] Young, J. F., Therkildsen, M., Ekstrand, B., Che, B. N., Larsen, M. K., Oksbjerg, N., & Stagsted, J. (2013). Novel aspects of health promoting compounds in meat. *Meat Science*, 95(4), 904-911. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.036>
- [34] Van Eelen, W. F. (2007). Industrial scale production of meat using cell culture methods (U.S. Patent No. 7, 270, 829). *Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/69/34/1a632a16cfa069/US7270829B2.pdf>
- [35] Madrigal, A. (2021, December). *Scientists flesh out plans to grow (and sell) test tube meat*. *Wired*. <https://www.wired.com/2008/04/scientists-flesh-out-plans-to-grow-and-sell-test-tube-meat/>
- [36] Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- [37] Datar, I., & Luining, D. (2021, December). *Mark Post's Cultured Beef. New-harvest*. <http://tnyurl.com/NH-cultured-meat>
- [38] Schneider, Z. (2021, December). *In vitro meat: Space travel, cannibalism, and federal regulation*. <https://houstonlawreview.org/article/4067-in-vitro-meat-space-travel-cannibalism-and-federal-regulation>
- [39] Ford, B. J. (2021, April). *Critical Focus-Cultured Meat: Food for the Future*. [https://www.academia.edu/1477376/Cultured\\_meat\\_food\\_for\\_the\\_future?pop\\_sutd=false](https://www.academia.edu/1477376/Cultured_meat_food_for_the_future?pop_sutd=false)
- [40] Specht, L., & Lagally, C. (2021, February). *Mapping emerging industries: opportunitites in clean meat*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/02/Mapping-Emerging-Industries.pdf>
- [41] Cassidy, L. (2021, January). *Clean meat*. *Inform*, [https://www.researchgate.net/profile/LauraCassiday2/publication/322866848\\_Clean\\_meat/links/5a8e14880f7e9b2fac829ec0/Clean-meat.pdf](https://www.researchgate.net/profile/LauraCassiday2/publication/322866848_Clean_meat/links/5a8e14880f7e9b2fac829ec0/Clean-meat.pdf)
- [42] Weele, C.v.d., & Tramper, J. (2014). Cultured meat: every village its own factory? *Trends Biotechnolgy*, 32(6), 294– 296. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2014.04.009>

- [43] Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. (2018). Nutritional Composition of Meat. *In Meat Science and Nutrition*, Muhammad Sajid Arshad, IntechOpen, <https://doi.org/10.5772/intechopen.77045>
- [44] Watson E, (2021, December). *FDA Approves Color Additive Petition for Impossible Foods' Soy Leghemoglobin as it Gears Up for Sept Retail Launch*. <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2019/07/31/FDA-gives-green-light-to-color-additive-petition-for-Impossible-Foods-soy-leghemoglobin>
- [45] Zaraska, M. (2021, December). *Lab-grown beef taste test: 'Almost' like a burger*. [https://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-beef-taste-test-almost-like-a-burger/2013/08/05/921a5996-fdf4-11e2-96a8-d3b921c0924a\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-beef-taste-test-almost-like-a-burger/2013/08/05/921a5996-fdf4-11e2-96a8-d3b921c0924a_story.html)
- [46] Sürek, E., & Uzun, P. (2020). Geleceğin alternatif protein kaynağı: yapay et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758840>
- [47] Candoğan, K., & Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. *Gıda*, 46(2), 408-427. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20137>
- [48] Muslu, M. (2021, April 8-10). *Yapay et (sentetik et-kültür eti), küresel protein gereksinimi için alternatif bir kaynak olabilir mi?* [Konferans sunumu]. 4<sup>th</sup> International Health Sciences and Life Congress, Burdur, Türkiye. <https://ihslc.mehmetakif.edu.tr/files/ozet-kitabi-2021-20-05.pdf>
- [49] Post, M. J., Rahimi, N., & Caolo, V. (2013). Update on vascularization in tissue engineering. *Regenerative Medicine*, 8(6), 759-770. <https://doi.org/10.2217/rme.13.74>



## Bal Arısı ve Bal Arısı Ürünleri

Mukaddes ARIGÜL APAN<sup>1</sup>, Murat ZORBA<sup>2</sup> ve Ümit KAYABOYNU<sup>1</sup>

How to cite: Arıgöl Apan, M., Zorba, M., & Kayaboynu, Ü. (2021). Bal arısı ve bal arısı ürünleri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 202-223. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.992345>

### Derleme

#### Sorumlu Yazar

Murat ZORBA

[murat\\_zorba@comu.edu.tr](mailto:murat_zorba@comu.edu.tr)

#### Yazarlara ait ORCID

M.A.A: 0000-0002-1469-9815

M.Z: 0000-0003-3763-3453

Ü.K: 0000-0002-0418-8325

Received: 08.09.2021

Accepted: 09.12.2021

### Öz

Türkiye farklı iklim ve coğrafi şartlara sahip olduğu için çok çeşitli bal arı ırklarının merkezi konumundadır. Türkiye’de yaygın olarak Anadolu arısı (*Apis mellifera anatolica* M.), Kafkasya arısı (*Apis mellifera caucasia* G.), Suriye Arısı (*Apis mellifera syrica*), İran arısı (*Apis mellifera meda* Skorikov, 1929) ırkları bulunmaktadır. Arıcılığın geçmişi Taş Devri ve eski medeniyet çağlarına kadar dayanmaktadır. İspanya’da yapılan kazılarda ortaya çıkarılan M.Ö. 7000 yıllarına ait arı fosil ve resimleri eski çağ insanların doğal yaşamlarında arılardan yararlandığını kanıtlamaktadır. Arının kültüre alındığı ilk yer Mısır olup, arıcılığın ise ilk defa 7000 yıl önce Orta Anadolu’da başladığı bilinmektedir. Literatürde Mısırlılarda arıcılığın daha da geliştiği, 4.000 yıl öncesinde balın malların alım satımında takas malzemesi olduğu ve vergi ödemede kullanıldığı belirtilmektedir. Günümüzde arıcılık sektörü oldukça gelişmiş ve bal dışında diğer arı ürünlerinin önemi de araştırmacılar tarafından keşfedilmiştir. Bal dışındaki diğer arı ürünleri arasında propolis, arı sütü, polen, arı ekmeği (Perga), arı zehiri ve balmumu yer almaktadır. Bu çalışmada arı ürünlerinin tanıtılması, beslenme ve sağlık açısından önemlerinin vurgulanması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Propolis, bal, arı sütü, polen, arı ekmeği

## Honey Bee and Honey Bee Products

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Arıcılık Araştırma Enstitüsü,  
Ordu, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart  
Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği  
Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Bu çalışma Creative Commons  
Attribution 4.0 International  
License ile lisanslanmıştır

### Abstract

Turkey is the regional center for various honey bee races because of different climatic and geographical conditions. Anatolian race (*Apis mellifera anatolica* M.), Caucasian race (*Apis mellifera caucasia* G.), Syrian race (*Apis mellifera syrica*), Iranian race (*Apis mellifera meda* Skorikov, 1929) are common races found in Turkey. The history of the apiculture dates back to the Stone Age and the ancient civilizations. The bee paintings and fossils found in excavations in Spain show that people have been benefiting from the bees in their natural life since the 7000 BC. It is known that the first place for bee cultivation is Egypt and the beekeeping has been firstly started for 7000 years ago in Central Anatolia. It is also stated through the literatures that the apiculture was more developed by Egyptians and that honey was used as an interchanging material in the purchasing of goods and in tax payments 4000 years ago. Today, many developments are being done in the beekeeping industry. The researchers pay attention the importance of other bee products besides

honey such as propolis, royal jelly, pollen, bee bread (Perga), bee venom and beeswax. In this study, it is aimed to present the bee products and to emphasize their importance in the aspects of nutrition and human health.

**Keywords:** Propolis, honey, royal jelly, pollen, bee bread

## Giriş

Eski çağlarda insanlar tarafından kaya ve ağaç kovuklarında bulunan oğul arıların öldürülmesiyle geride kalan balların tüketildiği bilinmektedir. Arıcılığın, balın arıların kışlık deposu olduğunun anlaşılması sonucu, kaya ve ağaç kovuklarında yuvalanan arıların öldürülmeden balın bir kısmının alınırken bir kısmının da arıların tüketimi için ayrılmasıyla başladığı düşünülmektedir [1]. Arılardan bal almak amacıyla yetiştirilmeye başlandığı zamanlarda bal arılarının doğada buldukları yerleri andıran saz, kütük gibi materyallerden imal edilen kovanlar kullanılmıştır. Bal arılarının yaşam döngüsünün araştırılması ile orta çağda arıcılık gelişmeye başlamıştır [2]. Günümüze değin geliştirilerek modernleştirilen arıcılık teknikleri ile dünya piyasasında özellikle bal olmak üzere arı ürünleri oldukça önemli bir yer bulmuştur. Propolis, bal, arı sütü, polen, arı ekmeği (perga), arı zehiri ve balmumu birer arı ürünüdür. Arı ürünleri içerisinde pek çok kişi tarafından en çok bilinen ürün baldır. Ancak diğer arı ürünleri de bal kadar şifalıdır ve her birinin değeri gelişen analiz teknikleri ile gün geçtikçe daha çok araştırılarak belirlenmektedir. Bu derleme çalışmasında; arı ürünlerinin tanıtılması, beslenme ve sağlık açısından önemlerinin açıklanarak vurgulanması amaçlanmaktadır.

## Bal Arısının Dünya'ya Yayılması

Bal arılarının gen merkezi Afrika, Asya ve Avrupa kıtaları olduğu bildirilmektedir. Yeni dünya ülkelerine göç eden insanlar arı kolonilerini de taşımışlar ve böylece bütün dünyaya bal arılarının yayılması sağlanmıştır. Bal arıları; 1683'te Kuzey Amerika'ya, 1822'de Avustralya'ya ve 1842'de Yeni Zelanda'ya götürülmüştür. Bal arılarının Amerika'nın batı tarafına girişi 1850 yılında gerçekleşmiştir. Böylece *Apis mellifera* türüne bağlı bal arılarının 5 kıtada yaklaşık 200-250 yıldan beri yaşamı süregelmektedir [3]. Arıcılığın önemli hale gelmesinin nedenleri:

- Az sermaye ile her kesim tarafından yapılabilecek bir üretim dalı olması ve buna karşılık yüksek gelir elde edilebilmesi,
- İşletmede en çok tavukçuluk sektörü ile bağdaşması nedeniyle düşük iş gücü girdileri ile iki sektörün birleştirilebilmesi,
- Arı ürünlerinin beğenilerek tüketilmesi nedeni ile sürekli pazar imkanının olması,
- Bitkilerin tozlaşmasında bal arılarının önemli rol oynaması ve ayrıca bal arılarının bitkilerin tozlaşması gereken tarım alanlarına rahatlıkla taşınabilmesidir.



Günümüzde dünyada gıdaların %90'lık bölümü 82 bitki türünden üretilmektedir. Bu bitki türlerinden 63'ünün (%77'si) arılar tarafından tozlaşması gerekmekte olup, 39'unda da mutlaka arının polinasyon faaliyeti gerekmektedir. İnsanların ihtiyaç duyduğu gıda maddelerinin üçte biri, arının polinasyon faaliyetine ihtiyaç duyan bitkilerden oluşmaktadır [3].

### **Bal Arısının Taksonomik Gruplandırılmadaki Yeri**

Bal arısı alt türleri buldukları bölgeye doğal seleksiyon yoluyla uyum sağlamışlardır. Bugün tanımlanan *Apis mellifera* ırk sayısı (alt türü) 27 adettir. Söz konusu ırkların oluşumuna etki eden faktörler arasında; coğrafik değişiklikler, bu bölgelerde meydana gelen izolasyonlar ve bu nedenle oluşan iklimsel farklılıklar yer almaktadır [5]. Bal arılarının taksonomik gruplandırılmadaki yeri Tablo 1' de verilmektedir.

*Tablo 1. Bal arılarının taksonomik sınıflandırılması [3]*

<b>Alem</b>	<b>Animalia</b>	<b>Hayvanlar</b>
Şube	Arthropoda	Eklem bacaklılar
Sınıf	Insecta	Böcekler
Alt Sınıf	Pterygota	Kanatlı böcekler
Takım	Hymenoptera	Zar Kanatlılar
Bölüm	Aculeata	İğneliler
Süper Familya	Apoidea	Arılar
Familya	Apidae	
Alt Familya	Apinae	
Cins	Apis	Bal arıları
Tür	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Batı bal arısı
	<i>Apis cerena</i> Fabricius, 1793	Doğu bal arısı
	<i>Apis florea</i> Fabricius, 1787	Cüce arı
	<i>Apis dorsata</i> Fabricius, 1793	Dev arı

Türkiye'nin batısında, kuzeydoğusunda, güneydoğusunda ve Orta Anadolu'da 4 bal arısı alt türü bulunduğu belirtilmiştir. Ruttner [4] tarafından yapılan çalışmada; Türkiye-Suriye sınırı boyunca ve Hatay ili çevresinde *A. m. syriaca*, Güneydoğu Anadolu bölgesinde *A. m. meda*, Samsun'dan Türkiye'nin kuzey doğusuna kadar olan alanda *A. m. caucasica*, Türkiye'nin diğer bölgelerinde ise *A. m. anatoliaca* bulunduğu belirtilmektedir. Ülkemizde TÜİK tarafından düzenlenen verilere göre; 2020 yılında arıcılık yapan işletme sayısı 82.845 iken, arı ürünlerinin en başından gelen bal üretim miktarı 104.077 ton ve balmumu ise 3.765 tondur [6]. Günümüzde bal ve balmumunun yanı sıra; propolis, arı sütü, polen, arı ekmeği, arı zehiri, apilarnil önemlerinin bilindiği arı ürünleri arasında yer almaktadır.

### **Bal**

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre bal; 'Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürünü' olarak ifade edilmektedir [7]. Arıların kovan

içerisinde topladıkları nektar ve salgıları metabolize ederek bala dönüştürmesi biyokimyasal bir olaydır. Arının topladığı nektar kaynağına göre bal; çiçek balı ve salgı balı olarak iki çeşittir. Çiçek balının kaynağı çiçeklerin nektarı (geven, lavanta, ayçiçeği, akasya, üçgül balı vb.) iken; çam, köknar ve meşe balı gibi salgı balının orijinini ise bitki veya bitki üzerindeki böcek salgıları oluşturmaktadır [8, 9]. Bal Tebliği'ne göre balın taşınması gereken genel özellikleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2. Balın taşınması gereken genel özellikleri [7]**

Özellik	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık balı
Nem (en fazla)	%20	%20	%20	%23
	%23 [Püren ( <i>Calluna vulgaris</i> ve Funda ( <i>Erica spp</i> ) ballarında]			%25 [Püren ve Funda kaynaklı fırıncılık ballarında]
Sakkaroz (en fazla)	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g
	10 g/100 g [Yalancı akasya ( <i>Robina pseudoacacia</i> ), Adi yonca ( <i>Medicago sativa</i> ), Menzies Banksia ( <i>Banksia meziesii</i> ), Tatlı yonca ( <i>Hedysarum</i> ), Kırmızı okalıptüs ( <i>Eucalyptus camadulensis</i> ), Meşin ağacı ( <i>Eucryphia lucida</i> , <i>Eucyrphia milliganii</i> ) ve Narenciye ballarında]			
Fruktoz + Glukoz (en az)	60 g/100g	45 g/100g	45 g/100g	-
Fruktoz/Glukoz	0.9-1.4	1.0-1.4	1.0-1.4	-
	1.0-1.85 [Kestane ( <i>Castanea sativa</i> ) ] 1.2-1.85 [Akasya ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) ] 1.0-1.65 [Kekik ( <i>Thymus spp.</i> )]			
Maltoz (% , en fazla)	4	4	4	-

Tablo 2. 'nin devamı...

Özellik	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık balı
Suda çözünmeyen madde (en fazla)*	0.1 g/100g	0.1 g/100g	0.1 g/100g	0.1 g/100g
Serbest asitlik (en fazla)	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg	80 meq/kg
Elektrik iletkenliği	En fazla 0.8 mS/cm [Kocayemiş ( <i>Arbutus unedo</i> ), Funda ( <i>Erica spp.</i> ), Okaliptüs ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ), Ihlamur ( <i>Tilia spp.</i> ), Püren ( <i>Calluna vulgaris</i> ), Okyanus mersini ( <i>Leptospermum</i> ), Çay ağacı ( <i>Melaleuca spp.</i> ), ve Pamuk ( <i>Gossypium spp.</i> )'dan elde edilen ballar hariç] En az 0.8 mS/cm [Kestane balında]	En az 0.8 mS/cm	En fazla 0.8 mS/cm  En az 0.8 mS/cm [Kestane balı ve salgı balı karışımlarında]	En fazla 0.8 mS/cm
Diastaz sayısı (en az)	8 3 [Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda]	8	8	-
HMF (en fazla)**	40 mg/kg -23 ve daha negatif	40 mg/kg -23 ve daha negatif	40 mg/kg -23 ve daha negatif	- -
Bal $\delta^{13}\text{C}$ değeri ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$ )		[Çam balında -22.5 ve daha negatif]		
Balda protein ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{protein}}$ ) ve bal ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$ ) $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki fark	-1.0 veya daha pozitif	-1.0 veya daha pozitif	-1.0 veya daha pozitif	-1.0 veya daha pozitif
		[Çam balında bu kriter aranmaz]		

Tablo 2. 'nin devamı...

Özellik	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık balı
Balda protein ve bal $\delta^{13}C$ değerlerinden hesaplanan C4 şekerleri oranı (en fazla)	%7	%7 [Çam balında bu kriter aranmaz]	%7	%7
Prolin miktarı (en az)	300 mg/kg 180 mg/kg [Kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında]	300 mg/kg	300 mg/kg	180 mg/kg
Naftalin miktarı (en fazla) <sup>***</sup>	10 ppb	10 ppb	10 ppb	10 ppb

\*Pres balında suda çözünmeyen madde miktarı 0.5g/100 g'ı geçemez.

\*\*Üretildiği bölge etiketinde belirtilmek koşulu ile tropikal ülke kaynaklı ballarda HMF miktarı en çok 80 mg/kg olur.

\*\*\*Balmumunda naftalin miktarı 10 ppb'den fazla olamaz

Balın yapısında yaklaşık 200 farklı bileşen bulunmakta ve balın kimyasal özelliklerini etkileyen iki temel faktör olarak coğrafi ve botanik kaynak gösterilmektedir. Bileşiminde bulunan aminoasitler ve enzimler, organik asitler, flavonoidler, fenolik asitler mineraller, vitaminler gibi besin öğeleri ile gerek besleyici gerekse çoğu hastalığa karşı tedavi edici ve koruyucu nitelikte fonksiyonel bir gıda olarak gösterilmektedir [10, 11]. En eski tıp literatürü olarak kabul edilen bir tablette Sümerli hekimler tarafından yazılmış 5000 yıl öncesine ait bir bal reçetesi bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda; 2000 yıl kadar önce henüz bakterilerin enfeksiyon nedeni olarak bilinmediği dönemde, balın enfekte olmuş yaralarda kullanıldığı bildirilmektedir. Mısırlılar tarafından söz konusu özelliği keşfedilen bu arı ürünü; cerrahi pansumanlar, göz iltihaplarının tedavisi gibi uygulamalar ile tıp alanında yer almıştır [12-14]. Çin ve Hindistan'da çiçek hastalığının yayılmasını engellemek amacıyla hasta bireylerin vücutları bal ile kaplanmıştır. Geçmiş yıllarda balın; İngiliz, Alman ve Amerikan hastanelerinde birinci sınıf mikrop öldürücü niteliğinde görüldüğü bilgisi literatürde yer almıştır. Fransız bilim insanları tarafından balın tedavi edici etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, bal bileşiminde bulunun hidrojen peroksitin küf, maya gelişimini önleyici etkisi rapor edilmiştir [15, 16]. Hidrojen peroksitin yanı sıra; balın antimikrobiyal özellikleri üzerine farklı etmenler de etki etmektedir. Bu etmenler; balın bileşiminden kaynaklanan yüksek osmoz basıncı, düşük su aktivitesi, asitlik, katalaz enzimi, polifenoller, fenolik asitler (kafeik asit, ferulik asit) ve türevleri, aromatik asitler, flavonoidler, organik asitler (glukonik asit gibi, lizozim ve uçucu bileşikler gibi peroksit olmayan bileşikler olarak belirtilmektedir [12, 17-22]. Ayrıca yapılan bir araştırmada; koyu renkli balların açık renkli ballara kıyasla yüksek fenolik bileşen içeriği nedeniyle antimikrobiyal aktivitesinin de daha yüksek olduğu belirlenmiştir [19, 22]. Balın bağırsak ve mide

üzerine iyileştirici etkileri olduğu, hazımsızlık ve peptik ülser hastalıklarına karşı kullanıldığı bilinmektedir [23-27] Yapılan araştırmalarda karaciğer rahatsızlıklarında, diyabette ve diş plağı oluşumunu azaltmada balın etkili olduğu belirtilmektedir [28-31]. Bal bileşiminde bulunan fenolik bileşikler ve flavonoidlerin kanser etmeni olan oksidatif stresi ve serbest radikal oluşumunu engellediği, antikansorejen, antitümör, antilösemik etki göstermesinin yanı sıra kemoterapi ilaçlarının antitümör aktivitesini arttırdığı da yapılan çalışmalarda belirtilmektedir [32-37].

## **Polen**

Bal arıları gereksinimlerini karşılamak için bitkiden polen ve nektar toplaması yoluyla söz konusu bitkinin polinasyonunu (tozlaşmayı) sağlamaktadırlar. Bal arılarının bitkilerin çiçeklerinden nektar almaları sırasında; vücutlarındaki kıllara yapışan polen tozları orta bacaklarda bulunan fırça ile toplanmakta ve ağızdaki bal ile nemlendirilerek arka bacaklarında bulunan polen sepetçisinde biriktirilmektedirler. Arka bacağına topladığı polenleri, bu bacakta yer alan fırça ve tarak olarak adlandırılan özel yapıları ve bacaklarının birbirine sürtülmesi yoluyla polen sepetine yerleştiren arılar söz konusu işlemi uçuş sırasında bile sürdürürler. Arılar uçuşa çıktığında kovana yalnızca polen yükü ile geri gelebildiği gibi hem polen hem nektar yükü ile birlikte de gelebilirler. Arılar kovana geri döndüğünde ise; polen peletleri petek gözleri içine bırakılmaktadır. Polen, sepetine (korbikula) doldurulmasının ardından polenin bozulmaması amacıyla arılar tarafından yüzeyi ince bir bal ve balmumu tabakası ile kaplanır. Polen, arıların büyüüp gelişmelerini tamamlayabilmeleri için gerekli bir besin olup salgı bezlerinin gelişmesinde başrol oynayan protein kaynağıdır [38-41]. Polen, kovanın giriş deliği önünde konulan tuzaklar yoluyla elde edilebilmektedir. Tuzağın alt tarafında toplanan polenlerin, nem ve sıcaklığın bozulmaya neden olmaması için toplama sonunda hemen alınması gerekmektedir. Polen kurutma işlemi, kurutma dolabında veya havalandırma sistemine sahip bir elektrikli fırında 30-35°C / 5-6 saat parametrelerinde gerçekleştirilmektedir. Kurutma işlemine uygulanan polenler 1-2°C’de hermetik cam ambalajlarda muhafaza edilebilmektedirler [40, 41]. Polen taneleri, yaklaşık olarak 6-200 µm boyutunda sıkıştırılmış polen tozlarından oluşmaktadır. Polen bileşiminde bulunan protein ve karbonhidratın yanı sıra vitamin ve mineral maddece zengin olması nedeniyle insan metabolizması için oldukça değerli bir besin maddesi olarak görülmektedir [38-41]. Polenin genel kimyasal bileşimi Tablo 3’te gösterilmektedir.

Arıların polene katkısı sabit olmakla birlikte; polenin bileşiminde bulunan maddeler nektar kaynağı olan bitki türüne ve çeşitliliğine bağlıdır. Farklı türlere ait polenlerin farklı şekil ve yapılarla olması bitkilerde tür tanımlamasında ve balın kaynağının belirlenmesinde kullanılmaktadır [46, 47]. Polen; vücut sağlığının korunması ve direncinin artırılmasının yanı sıra sağlıklı beslenme amacıyla, zihinsel ve bedensel yorgunluğun giderilmesinde, organ ve sistemlerin uyumlu ve verimli çalışmasında, çocukların büyümesinde, hormonal dengenin sağlanmasında, üreme problemlerinin çözümünde, düşümsel gücünün

artırılmasında, sporcuların performanslarının artırılmasında, kansızlık tedavisinde ve karaciğer, kanser hastalıkları tedavisinde kullanılmaktadır [48, 49].

**Tablo 3. Polenin genel kimyasal bileşimi [42-45]**

Bileşen	Bileşen miktarı (En az-En çok)	Bileşen	Bileşen miktarı (En az-En çok)
Protein	10-40 g/100g	Bakır	2-16 mg/1000g
Yağ	1-13 g/100g	Manganez	20-110 mg/1000g
Karbonhidrat	13-55 g/100g	Vitamin A	10-200 mg/1000g
Pektin	0.3-20 g/100g	Tiyamin	6-13 mg/1000g
Kül	2-6 g/100g	Riboflavin	6-20 mg/1000g
Potasyum	4000-20000 mg/1000g	Niasin	40-110 mg/1000g
Magnezyum	200-3000 mg/1000g	Pantotenik asit	5-20 mg/1000g
Kalsiyum	200-3000 mg/1000g	Vitamin C	70-560 mg/1000g
Fosfor	800-6000 mg/1000g	Vitamin H	0.5-0.7 mg/1000g
Demir	11-170 mg/1000g	Folik asit	3-10 mg/1000g
Çinko	30-250 mg/1000g	Vitamin E	40-320 mg/1000g

## Arı Sütü

Arı sütünün önemi araştırmacılar tarafından 1600'lü yıllarda tespit edilmiş olup; bu ürüne İngilizce karşılığı 'mükemmel besin' anlamına gelen "*Royal Jelly*" denilmiştir. Bu ürün; arıların 6-15 günlük işçi arıların yutak üstü salgı bezlerinden salgıladıkları, ana arı ve larva beslemede kullandıkları bir üründür. Söz konusu arı ürünü; ilk üç günlük tüm larvaların, ana arı olacak larvanın tüm larval dönemlerinde ve ana arıların yaşamları süresince beslendikleri tek kaynak olarak gösterilmektedir [49, 50]. Arı sütü kısmen suda çözünen, sarımsı beyaz renge, karakteristik ekşi tada ve keskin fenolik kokuya sahip, akıcı ve hamur yapısında, yoğunluğu yaklaşık olarak 1,1 g/cm<sup>3</sup> değerinde olan homojen bir madde olarak belirtilmektedir [50]. Arı sütünün ortalama kimyasal bileşimi Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4. Arı sütünün kimyasal bileşimi [52, 53].**

Bileşen	Bileşen miktarı (Taze)	Bileşen miktarı (Liyofilize)
Nem	%60-70	< %5
Protein	%9-18	%27-41
Lipit	%3-8	%8-19
Fruktoz+Glukoz+Sukroz	%7-18	-
10-hidroksi-2-dekanoik asit	> %1.4	> %3.5
Kül (Mineral Madde)	%0.8-3	%2-5
pH	3.4-4.5	3.4-4.5
Asitlik (ml 0.1N NaOH/g)	3.0-6.0	-

Bu ürünün kimyasal yapısı elde edilen mevsim, iklim koşulları, koloninin güçlü olması, larvanın yaşı, üretim yöntemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklikler göstermektedir [51, 54]. Tablo 4'de

belirtilen bileşenlerin yanı sıra; özellikle B kompleks vitaminleri olmak üzere vitaminlerce zengin olan bu arı ürününün 1 gramında bulunan vitamin içeriği ise Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5. Bir gram arı sütünün vitamin içeriği [52, 55]**

Vitamin	Miktar (mg/100g)
Vit. B1 Thiamin	0.1-1.7
Vit. B2 Riboflavin	0.5-2.5
Vit. B3 Niasin	4.5-19
Vit. B6 Pyridoxin	0.2-5.5
Vit. H Biotine	0.15-0.55
Pantotenik Asit	3.6-23
Folik Asit	0.01-0.06

Yapılan çalışmalarda; B vitaminlerinin tamamı ayrıca, E, D ve C vitaminleri ve ile bazı vitaminlerin de arı sütü bileşiminde olduğu belirtilmektedir. Arı sütünde kalite faktörlerinde birisi de 10-hidroksi- $\alpha$ -2-dekanoik asit (10-HDA) bileşeninin miktarıdır. Arı Sütü Standardında; 10-HDA değeri saf arı sütünde % 1.4'ten az, bala karıştırılmış arı sütünde %0.16'dan az, liyofilize edilmiş arı sütünde ise %3.5'den az olmamalıdır [56]. Yapılan araştırmalarda; arı sütünün antibakteriyel ve antioksidan özelliklerinin bileşiminde bulunan 10-HDA maddesinden kaynaklandığı bildirilmiştir [57-59]. Arı sütünün; dayanıklılığı arttırıcı, ruhsal gerginlik hissini azaltıcı, rahatlatıcı, iştah arttırıcı, zindelik kazandırıcı özelliklerinin yanı sıra; birçok hastalığı önleyici ve tedavi edici özellikleri ile fonksiyonel bir gıda olduğu belirtilmektedir [60-62]. Arı sütünün bağışıklık sistemini düzenleyici etkiye sahip olduğunu belirleyen çalışmalar, söz konusu etkinin alerji, inflamasyon ve kanser üzerine olan etkilerinin araştırılmasına sebep olmuştur. Antiallerjik ve anti inflamatuvar etkilere neden olabileceğini gösteren çalışmalar bulunmakla birlikte, insanlarda yaşlanmayı geciktirici özelliğinin anti-inflamatuvar etki mekanizması ile sağlanabildiği fikri de ortaya atılmıştır. Aynı zamanda, nörotrofik, nöroprotektif etki gösterdiği ve beyin hücre diferansiyasyonunu doğrudan etkilediği, merkezi sinir sistemini uyarıcı etkisi olduğu sonuçlarına ulaşıldığı ifade edilmektedir. Arı sütünün bileşiminde bulunan proteinlerin antioksidatif özelliğe sahip olduğu ve bu sayede; yaşlanmayı geciktirici, karaciğeri koruyucu, radyasyonun olumsuz etkilerini azaltma üzerinde etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda olumlu sonuç elde edildiği belirtilmektedir [54, 63].

## **Propolis**

Bal arıları; bitkilerin meyve, çiçek ve yapraklarını antimikrobiyal bozulmayı önlemek amacıyla ürettikleri su geçirmeyen ve ısı yalıtımını sağlayan reçinemsı maddeleri, ağaçların gövdelerinde bulunan yapraklardan, tomurcuklardan ve çatlaklardan toplarlar. Toplanan bu maddelerin çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere arılar tarafından çiğnenmesi, ağız yoluyla sindirim enzimlerinin eklenmesi ve belirli oranda sindirilerek balmumuyla karıştırılması ile propolis adı verilen yapışkan madde elde edilmektedir. Bal arıları propolisi, larva gözlerine yumurta bırakılmadan önce cilalama, kovan iç yüzeyini kaplama,

yarık ve çatlakların kapatma, petek kenarlarının sertleştirerek onarma, kovan girişlerinin kolaylıkla savunulacak hale dönüştürülmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadırlar [41, 61, 64, 65]. Propolis sarıdan koyu kahverengiye bazı durumlarda yeşile yakın renklerde olabilmektedir. Propolis rengini ve kokusunu etkileyen en önemli üç faktör; toplandığı bölge, mevsim ve botanik köken olarak belirtilmektedir. Tat açısından değerlendirildiğinde ise, propolis genel olarak keskin bir ekşi tada sahiptir. Ortam şartlarının soğuk olması durumunda balmumu gibi sert, ısı verildiğinde de yapışkan ve reçinemsiz hale geçen propolis, arı yapışkanı olarak da adlandırılmaktadır [61]. Propolis kimyasal içeriği özellikle bitki kaynağına bağlı olup; toplandığı bölgenin florası, çiçeklenme mevsimi, iklim koşulları, toplanma zamanı, tomurcuktaki reçine miktarı, polen, balmumu ve arı tarafından salgılanan madde içeriği, arı türü ve arı ırkı gibi faktörler de bileşenlerin konsantrasyonunu etkilemektedir Farklı propolis tiplerinde farklı bileşenler bulunmaktadır. Flavonoid aglikonları (flavonlar ve flavanonlar), uçucu bileşenler olarak fenolik asitler ve esterleri kavak propolisinin tipik bileşenleridir. Yeşil propolis diğer bir adıyla Brezilya propolisinin (*Baccharis propolisi*) tipik bileşimi ise; diterpenler ve lignanlar ile prenilenmiş p-kumarik asit ve asetofenon türevleridir [41, 61, 64-66]. Ham kavak propolisinin ve ham Brezilya propolisinin kompozisyonları Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmektedir.

**Tablo 6. Ham kavak propolisinin bileşenleri [66–70]**

<b>Bileşen</b>	<b>Maddeler</b>
	<i>Fenolikler</i>
<b>Balsam</b> (%40-70 Ethanol ekstraktı) <u>Kavak orijinli</u>	Fenoller, fenolik asitler, esterler, flavanonlar, dihidroflavononlar, flavonlar, flavonoller, kalkanlar, fenolik gliseridler;
	<i>Diğerleri:</i>
	Alifatikler: asitler, alkoller, esterler, aldehitler, ketonlar, benzoik asit ve esterleri
Esansiyel yağlar (%1-3 ethanol ekstraktı)	Mono-, ve seskiterpenler, aromatik bileşenler
<b>Balsam Olmayan</b>	Balmumu bileşenleri
Wax (%20-35 ethanolde çözünmeyen) <u>Balmumu orijinli</u>	
Diğerleri: yaklaşık %5 (kısmen ethanolde çözündürülmüş) <u>Arı ve polen orijinli</u>	%2.1 Mineral %2 Polisakkaritler %0.7 Proteinler, amino asitler, aminler ve amidler Karbonhidrat, lakton, kinon, steroid ve vitamin izleri



Tablo 7. Ham Brezilya propolisinin bileşenleri [66, 71–74]

Bileşen	Maddeler
<b>Balsam</b> (%45-70 Ethanol ekstraktı) <u>Baccharis orijinli</u>	Esas olarak sinamik asit ve türevleri, kumarik asit, prenillenmiş bileşikler, artepillin C
Esansiyel yağlar (%1-3 ethanol ekstraktı)	Seskiterpenler, aromatik bileşenler
<b>Balsam Olmayan</b> Wax (% 10-15 ethanolde çözünmeyen) <u>Baccharis orijinli</u>	Prenillenmiş bileşenler, alkanlar ve terpenoidler
% 15-25 ethanolde çözünmeyen <u>Balmumu orijinli</u>	Balmumu
Diğerleri: yaklaşık %5 (kısmen ethanolde çözüldürülmüş) <u>Arı ve polen orijinli</u>	%2.5-4.5 Mineral

Kimyasal bileşimi açısından oldukça zengin olan söz konusu arı ürününün insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinin bilinirliği çok eski yıllara dayanmaktadır. Yapılan araştırmalarda; Roma'da M.Ö. 79-23 yıllarında propolisin ağrı azaltıcı, yara iyileştirici aktivitelerine ilişkin bilgilere ulaşıldığı belirtilmektedir. Hipokrat (460-377 M.Ö.) tarafından propolisin ülser ve sindirim sistemi rahatsızlıkları ve deri hastalıkları tedavisinde uygulandığını belirtilmiştir. Afrika'da da uzun zamandır ilaç olarak kullanılan propolise dair 12. yüzyıla ait Avrupa kayıtlarında boğaz ve ağız enfeksiyonları ile diş sağlığında kullanılan tıbbi preparasyonlarının tanımları mevcuttur. Propolisin, geçmiş zamanlardan günümüze kadar insan sağlığı açısından öneminin halen bilinmesinin en önemli nedenlerinden biri de antimikrobiyal etkisidir. Bu değerli arı ürününün antiviral, antibakteriyel, antifungal özelliklerinin yanı sıra antitümör, antikanserojenik, antiülser, antiinflamator, lokal anestezi antioksidatif, bağışıklığı koruyucu gibi yararlı biyolojik aktiviteler göstermesi; apiterapi, tıp ve biyo-kozmetik alanlarında kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır [75-77].

### Arı Ekmeği (Perga)

Çok bilinmeyen ve sıklıkla polen ile karıştırılan bir arı ürünü olan perga, arı ekmeği (bee bread) olarak da adlandırılmaktadır. Bu değerli arı ürününün ham maddesi polen olup; aslında arı tarafından özel olarak işlenmiş bir polendir. Oldukça zengin bir besin deposu olan arı ekmeği, yurtdışında "perga" olarak bilinmektedir. Perga; işçi arıların topladıkları polenleri nektar ve salgıladıkları enzimler ile birleştirerek özütlediği, ardından bal petekleri içerisinde paketleme yoluyla muhafaza ettikleri bir arı ürünü olarak ifade edilmektedir. Kraliçe arı ve yavru arıların en temel besini olan perga ile pupadan çıkan yavru arılar 5 gün boyunca beslenmektedir [78, 79]. Arı ekmeği piyasada nadir olarak

bulunmaktadır. Bu durumun sebepleri arasında; perganın petek içine gömülü olması sebebiyle arıdan ayrıştırılmasının zorluğu, arıcıların arılarını güçlü tutma ve çoğaltma isteği, perganın kurutulmaması nedeniyle soğuk zincirde muhafaza gerektirmesi yer almaktadır [80, 81]. Perganın kimyasal bileşiminde mono- ve disakkaritler, amino asitler, çeşitli vitamin ve mineraller (kalsiyum, demir, fosfor, kobalt), enzimler ve fito-hormonlar bulunmaktadır [79]. Arı ekmeğinin kimyasal bileşimine Tablo 8'de yer verilmiştir.

**Tablo 8.** Arı ekmeğinin kimyasal bileşimi [82, 83]

Bileşen	Bileşen miktarı (%)
Protein	20-22
Karbonhidrat	24-35
Lipit	1.6
Mineral	2.43
Laktik asit	3.5

Arı ekmeği yapısında; insan vücudunun biyosentezleyemediği triptofan, lösin, fenilalanin, valin, arginin, izolösin, metiyonin, histidin, lizin, treonin gibi esansiyel aminoasitleri; A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, P, E, D, K, H vitaminleri, Ca, Fe, P, S, Cl, K, Na, Mg, Cu, Zn, Co, Mo, Se, Cr, Si ve Ni minerelleri; sakkarozu, flavonoidleri, karatenoidleri, fosfataz ve amilaz gibi enzimleri ve çeşitli hormonları bulundurmaktadır [79, 84]. Kaplan ve ark. [85] tarafından yapılan bir çalışmada; farklı botanik ve coğrafi orijine sahip arı ekmeği örneklerinde 17 doymamış ve 20 doymuş yağ asidi olmak üzere 37 yağ asidinin tespit edildiği belirtilmiştir. Polenin etrafındaki dış kabuk nedeniyle midede sindirimi %60 iken, perganın sindirimi arının enzimleriyle bekletilmiş ve sindirilemeyen bu kabuğun elimine edilmesi nedeniyle %100 düzeyinde olduğu ifade edilmektedir [85]. Haydak [86] tarafından arı ekmeği ile polen bileşiminin karşılaştırıldığı bir çalışmada; aynı bitkinin poleninden daha fazla K vitamini ile indirgenmiş şeker, mikroorganizma sindirim enzimi içerdiği belirlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak ise; polenin arı ekmeğine dönüşmesi aşamasında gerçekleşen biyokimyasal olaylar, bakteri ve mayaların laktik asit fermentasyonu gösterilmektedir. Arı ekmeği bileşiminde bulunan maddeler açısından fonksiyonel bir arı ürünü olması nedeniyle beslenme ve sağlık alanında yararlanılmaktadır. Çocuk beslenmesi başta olmak üzere; zihin yorgunluğu ve dikkat bozukluğunu azaltmada, B vitamini ve diğer vitaminler ile vücudu desteklemede, bağışıklık sistemini güçlendirmekte, vücut direncini kuvvetlendirmekte, vücut performansını artırmada, beden yorgunluğunu azaltıp enerji vererek zinde tutmakta, yaşlanmayı geciktirmede, prostat tedavisinde, bağırsak ve mide rahatsızlıklarının tedavisinde, içeriğindeki rutenyum sayesinde kalp damar tıkanıklarını önlemede, kılcal damarların duvarlarını güçlendirme gibi yararları belirlenmiştir [79, 87, 88].

## Apilarnil

Apilarnil, ülkemizde pek bilinmemekle birlikte üretim potansiyeli yüksek olan bir arı ürünüdür. Apilarnil ismi; Api (latince arı), Lar (larva) ve Nil (Nicolae Iliesiu; ürünün etkilerini ilk keşfeden kişinin isminin ilk harfleri) birleşiminden oluşmaktadır. Apilarnil, erkek arı larvalarının petek gözü kapanmadan yani pupa döneminden önceki evre olan 3-7 günlük larval dönemi şeklinde belirtilmektedir [89, 90]. Apilarnil; sarı-gri renkli, buruk tada sahip bir madde olup çok çabuk bozulabilmesi nedeniyle ham halde soğuk zincirde muhafaza gerektirmektedir. Arı sütü bileşimine benzer özelliklere sahip olan apilarnilin kimyasal yapısında 19 amino asit, proteinler, karbohidratlar ve lipidler, beta-karoten, mineraller, eser elementler, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, E vitaminleri bulunmaktadır. Apilarnilin bileşimsel özellikleri Tablo 9'da verilmektedir [61, 89, 91].

**Tablo 9.** Apilarnilin kimyasal yapısı [89]

Bileşen	Bileşen miktarı (%)
Nem	%65-75
Kuru Madde	%25-35
Toplam protein	6-10 g
Toplam karbonhidrat	%11-13
Toplam Yağ	5-8 g
Fosfor	%0.5
Kül (en çok)	%2
Bilinmeyen Maddeler (en çok)	%3

Apilarnil bileşiminde bulunan mineraller arasında demir, kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, çinko, manganez ve bakır yer almaktadır. Protein açısından kırmızı etten sonra ikinci sırada yer alan apilarnil, D vitamini miktarı açısından ise balık yağından 10 kat daha yüksek değere sahiptir [81]. Arı sütü kadar yararlı olan apilarnil; erkek ve kadınlarda üreme fonksiyonlarını iyileştirmede, hayvan beslenmesi, vücut kas ağırlığı artırma, anokresiyada, prematüre çocukların gelişmesi, hafızanın geliştirilmesi, ilköğretim çağındaki çocukların zihinsel performanslarının artırılması, vücut enerjisini, canlılığını ve yenileme gücünü artırma, endokrin hipofiz ve adrenal bezlerin yetersizliği, geriatri, bağışıklık sistemi hastalıklarının tedavileri amacıyla kullanılabilir [61].

## Arı Zehiri

Arıların savunma mekanizması olan arı zehiri; berrak, keskin acımsı tada sahip, ekşimsi kokulu, hava ile temasında çabuk kuruyan sıvı bir arı ürünüdür [92]. Zehir kesesinde depolanan arı zehiri, arının iğnesi aracılığıyla pompalanarak dışarıya verilir. Zehir miktarı arının yaşına göre değişmekte olup; 16-19 günlük arılarda en yüksek seviyede olduğu ifade edilmektedir [41]. Yapılan araştırmalarda arıların zehir miktarının yaklaşık 0.05-0.3 ml/arı arasında olduğu belirtilmiştir [93]. Günümüzde zehir toplama işlemi cam levha yüzeyinde ince elektrik telleri gerilmiş bir aletten yararlanılan elektroşok yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Arılar elektrik tellerine bastığı esnada elektrik verilerek hafifçe uyarıldığında, cam

plakayı sokmaya çalışmakta ve böylece zehrini bırakmaktadırlar. Cam plakada hızla kuruyan zehir, jilet veya bıçak ile kazınarak çıkartılmaktadır. Arı zehrini kuru halde yalnızca 1 gram elde edebilmek için en az bir milyon iğne gerekmektedir [94]. Arıların zehir kesesinde oluşturdukları bu arı ürününün kimyasal yapısı oldukça komplekstir. Kuru arı zehrinin kimyasal yapısı Tablo 10'da verilmektedir.

*Tablo 10. Kuru arı zehrinin bileşimi [95].*

<i>Madde Grubu</i>	<i>Bileşen</i>	<i>Kuru Maddede (%)</i>
<i>Proteinler</i>	Fosfolipaz A2	10-12
	Fosfolipaz B	1
	Hyaluronidaz	1-2
	Fosfotaz	1
	$\alpha$ -Glukozidaz	0.6
<i>Peptitler</i>	Melittin	40-50
	Apamin	2-3
	MCD Peptit	2-3
	Sekapin	0.5-2
	Pamin	1-3
	Minimin	2
	Adolapin	0.5-1
	Prokamin A, B	1-2
	Proteaz İnhibitör	0.1-0.8
	Tertiapin, kardiopep, melittin F	1-2
<i>Fosfolipitler</i>		1-3
<i>Biyolojik Aminler</i>	Histamin	0.5-2
	Dopamin	0.2-1
	Noradrenalin	0.1-0.5
<i>Amino asitler</i>	Aminobütirik asit, $\alpha$ -amino asitler	1
<i>Şekerler</i>	Glukoz, Fruktoz	2-4
<i>Uçucu bileşenler (feromonlar)</i>	Kompleks etherler	4-8
<i>Mineraller</i>	P, Ca, Mg	3-4

Arı zehri bileşiminde bulunan melittin, histamin, hyalüronidaz, apamin, amino asitler, proteinler, MCD (mast cell degranulation) peptidi, fosfolipaz-A gibi maddeler biyokimyasal ve farmakolojik açıdan önem taşımaktadır [41]. Uzun yıllardır geleneksel tıpta kullanılan arı zehri, araştırmacıların bileşiminde bulunan söz konusu maddelerin belirlenmesiyle tamamlayıcı tıp alanında da yerini almıştır. Arı zehrinin uygulanma şekli; ilaç ve krem formülasyonları, arı zehri tozu, doğrudan zehir uygulaması ve direkt arı sokmasıdır. Arı zehri bel ağrısı, migren, romatizma, multiple skleroz (MS), mafsalsal iltihabı (arterit), kronik yorgunluk sendromu, doku sertleşmesi, gut hastalığı, yara izleri, ekzema, alerjik hastalıklar, epilepsi, astım, boğaz enfeksiyonlarının tedavisi amacıyla uygulanmaktadır [41, 95].

## Balmumu

Balmumu 13-18 günlük işçi arıların karın halkalarının alt yüzünde yer alan balmumu salgı bezleri tarafından salgılanan, ham maddesi bal olan bir arı ürünüdür. Saf balmumu salgılandığında, ince saydam beyaz renkli görünüştedir ancak; sonraki etapta polenden geçen ve yağda çözünebilen karotenoid pigmentlerinden dolayı sarı renge dönüşmekte ve katılaşmaktadır. Arılar kilogram balmumu başına 8-21 kg arasında bal tüketmektedirler. Bal mumunun özgül ağırlığı 0,95 g/cm<sup>3</sup> olup, 64,5°C'de erimeye başlamakta, 85°C'de de tamamen erimektedir. Söz konusu arı ürünü eter, benzen ve kloroformda tamamen, soğuk alkolde az çözünmekte iken suda çözünmemektedir [41, 94]. Balmumunun kimyasal özelliklerine ise Tablo 11'de gösterilmektedir.

**Tablo 11. Balmumunun kimyasal yapısı [26, 96, 97]**

Bileşen	Bileşen miktarı (%)
Hidrokarbonlar	14
Monoesterler	35
Diesterler	14
Triesterler	3
Hidroksi mono- ve poliesterler	12
Asit esterler	1
Poliesterler	2
Serbest asitler	12
Serbest alkoller	1
Diğer maddeler	6

Tablo 11'de de görüldüğü üzere; balmumunda değişik oranlarda, uzun zincirli hidrokarbonlar ve uzun zincirli yağ asitleri, mono-, di- ve triesterler, hidroksi- ve poliesterler, asit ve poliesterler bulunmaktadır. Mum, bal arıları tarafından balın olgunlaştırılması amacıyla olgunlaşmış balın üst yüzeyinin kaplanması için kullanılmaktadır. Bal mumu ile bir miktar propolis birlikte yavruları enfeksiyonlardan ve kurumadan korumanın yanı sıra yabancı nesnelere kaplama, kovadaki çatlakları kapatma amacıyla kullanılmaktadır. Balmumunun kullanım alanlarının başında petek yapımı gelmektedir. Balmumu diğer arı ürünlerine kıyasla kullanım alanı oldukça geniş olan bir maddedir. Zamksı yapısından dolayı Mısır mumyalarının sargılarında kullanılan bal mumu; ilaç sanayiinde, diş tedavisinde, mide koruyucu, ishal önleyici, küçük ölçekli yanık ve diğer deri tahribatlarında ve hava yolu ile gelen alerjik etkilere karşı derinin korunması amacıyla kullanılmaktadır. Balmumundan; temel petek yapımı ve sağlık amacıyla kullanımının yanı sıra; kozmetik sanayii, mum, sakız su geçirmez malzeme, mobilya ve zemin cilalarının üretimi, optik lenslerin parlatılması gibi pek çok alanda yararlanılmaktadır [41, 61, 98].

## Sonuç

Doğanın bir mucizesi olarak nitelendirdiğimiz balın yanı sıra; arı ürünlerinin her biri de gerek besleyici özellik gerekse fonksiyonellik açısından birer mucize olarak görülmektedir. Tüm arı ürünlerinin önemi her

ne kadar bilinse de bal her zaman tüketimi en fazla olan arı ürünü olmuştur. Ancak günümüzde yapılan çalışmalar ile propolis, arı sütü, polen, arı ekmeği, apilarnil, arı zehiri ve balmumunun önemleri daha da gün yüzüne çıkmış olup; gelişen teknoloji ile söz konusu ürünlerin bileşenlerinin tespiti ve fonksiyonel özellikleri üzerine araştırmalar yoğunlaştırılmıştır. Söz konusu araştırmalar ile arı ürünlerinin özellikle beslenme ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri tespit edilmiştir. Apiterapi olarak adlandırılan arı ürünlerinin, bir ya da birden fazla hastalığın önlenmesi ya da iyileştirilmesi amacıyla kullanılması geçmişte olduğu gibi bugün de tamamlayıcı tıp alanında önemli bir yerdedir. Ancak bu ürünlerin kullanımı için alerjen etkileri ve doz miktarlarının hassasiyetle belirlenmesi gerekmekte olup; toksikolojik çalışmaların yoğunlaştırılmasının insan sağlığı açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu sayede; ileriki yıllarda arı ürünlerinin gıda, tıp, farmakoloji, kozmetik gibi pek çok alanda bilinirliğinin ve bilinçli kullanım düzeyinin artış göstereceği öngörülmektedir.

#### **Teşekkür -**

**Fon/Finansman Bilgileri** Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

**Etik Kurul Onayı ve İzinler** Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

**Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazarların Katkısı** Tüm yazarlar, çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

#### **Kaynaklar**

- [1] Sarıöz, P. (2006). Deli bal. *Arı Biziz Bal Bizdedir: Düünden Bugüne Türkiye 'de Arıcılık*. Balparmak Yayınları, İstanbul, 114-115.
- [2] Yaşar, N. (2010). Arı ve insan. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 2 (3): 9-10.
- [3] Güler, A. (2006). *Bal arısı (Apis mellifera L.) Yetiştiriciliği Hastalıkları ve Ürünleri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 55, Samsun, 574s.
- [4] Ruttner, F. (1988). *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 284s.
- [5] Smith, D. R. (2002). Genetic diversity in Turkish Honey Bees. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2(3), 10-17.
- [6] TÜİK. (2021, 15 Aralık). Türkiye İstatistik Kurumu: Hayvansal Üretim İstatistikleri: Arıcılık, *İstatistik Veri Portalı*. <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=aricilik>
- [7] TGK. (2020). Türk Gıda Kodeksi: Bal Tebliği. *Resmi Gazete*, 22 Nisan 2020- 31107. Tebliğ No: 2020/7. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>
- [8] Sunay, A. E., & Samancı, T. (2008). *Arı Ürünleri Üretimi*. BAL-DER Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Derneği. [http://www.balder.org.tr/sunumlar/Asli\\_Sunay\\_sempozyum\\_\(No\\_17\).pdf](http://www.balder.org.tr/sunumlar/Asli_Sunay_sempozyum_(No_17).pdf).
- [9] Karabagias, I. K., Badeka, A.V., Kontakos, S., Karabournioti, S., & Kontominas, M. G. (2014). Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physico-chemical and chemometric analyses. *Food Chemistry*, 165, 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.033>

- [10] Özmen, N., & Alkın, E. (2006). Balın antimikrobiyel özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 4, 155-160.
- [11] Spilioti, E., Jaakkola, M., Tolonen, T., Lipponen, M., Virtanen, V., Chinou, I., Kassi, E., Karabourniote, S., & Moutsatsou, P. (2014). Phenolic acid composition, antiatherogenic and anticancer potential of honeys derived from various regions in Greece. *Plos One*, 9(4), 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094860>
- [12] Bogdanov, S. (1997). Nature and origin of the antibacterial substances in honey. *LWT - Food Science and Technology*, 30(7), 748-753. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0259>
- [13] Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677-689. <http://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- [14] Saber, A. (2010). Ancient Egyptian surgical heritage. *Journal of Investigative Surgery*, 23(6), 327-334. <http://doi.org/10.3109/08941939.2010.515289>
- [15] Martos, I., Cossentini, M., Ferreres, F., & Tomas-Barberan, F. A. (1997). Flavanoid composition of Tunisian honey and propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8), 2824-2829. <https://doi.org/10.1021/jf9609284>
- [16] Bayrak, N. (2005). *Arı ürünlerinin (bal, arısütü, polen ve propolis) mikrofloralarının ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi*. (Tez No. 169266) [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi].
- [17] Weston, R. J., Brocklebank, L. K., & Lu, Y. (2000). Identification and quantitative levels of antibacterial components of some New Zealand honeys. *Food Chemistry*, 70(4), 427-435. [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00127-8](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00127-8)
- [18] Malika, N., Mohamed, F., Chakib, E. A. (2004). Antimicrobial activities of natural honey from aromatic and medicinal plants on antibio-resistant strains of bacteria. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(2), 289-293.
- [19] Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Diaz D., Estevez, Y., Romadini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., & Battino, M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2490-2499. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>
- [20] Stephens, J. M., Schlothauer, R. C., Morris, B. D., Yang, D., Fearnley, L., Greenwood, D. R., & Loomes, K. M. (2010). Phenolic compounds and methylglyoxal in some New Zealand manuka and kanuka honeys. *Food Chemistry*, 120(1), 78-86. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.074>
- [21] Brudzynski, K., & Kim, L. (2011). Storage-induced chemical changes in active components of honey de-regulate its antibacterial activity. *Food Chemistry*, 126(3), 1155-1163. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.151>
- [22] Silici, S. (2019). Honeybee products and apitherapy. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9), 1249-1262. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1249-1262.2141>
- [23] Al Somali, N., Coley, K. E., Molan, P. C., & Hancock, B. M. (1994). Susceptibility of *Helicobacter pylori* to the antibacterial activity of manuka honey. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 87(1), 9-12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1294271>

- [24] Molan, P. C. (1997). Honey as an antimicrobial agent. In A. Mizrahi, Y. Lensky, (Eds), *Bee Products: Properties, Applications, and Apitherapy*, Springer, Boston MA, 27-37.
- [25] Postmes, Th. J., Bosch, M. M. C., Dutrieux, R., van Baare, J., & Hoekstra, M. J. (1997). Speeding up the healing of burns with honey. In A. Mizrahi, Y. Lensky, (Eds), *Bee Products: Properties, Applications, and Apitherapy*, Springer, Boston MA, 57-63.
- [26] Schmidt, J. O. (1997). Bee Products. In A. Mizrahi, Y. Lensky, (Eds), *Bee Products: Properties, Applications, and Apitherapy*, Springer, Boston MA, 15-26.
- [27] Molan, P. C. (2000). Balın modern tıpta kullanımı. Çeviren: M. Civan. *Teknik Arıcılık*, 67, 25-31.
- [28] Nemoseck, T., Cholish, D., Petrisko, Y., & Kern, M. (2010). Effects of consumption of honey, sucrose and glucose on satiety and postprandial metabolism in healthy subjects. *The FASEB Journal*, 24, 553-4. [https://doi.org/10.1096/fasebj.24.1\\_supplement.553.4](https://doi.org/10.1096/fasebj.24.1_supplement.553.4)
- [29] Abdulrhman, M., El-Hefnawy, M., Hussein, R., & Abou El-Goud, A. (2011). The glycemic and peak incremental indices of honey, sucrose and glucose in patients with type 1 diabetes mellitus: effects on C-peptide level – a pilot study. *Acta Diabetologica*, 48(2), 89-94. <http://doi.org/10.1007/s00592-009-0167-7>
- [30] El Denshary, E. S., Al-Gahazali, M. A., Mannaa, F. A., Salem, H. A., Hassan, N. S., & Abdel-Wahhab, M. A. (2011). Dietary honey and ginseng protect against carbon tetrachloride-induced hepatonephrotoxicity in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(7-8), 753-760. <http://doi.org/10.1016/j.etp.2011.01.012>
- [31] Badet, C., & Quero, F. (2011). The *in vitro* effect of manuka honeys on growth and adherence of oral bacteria. *Anaerobe*, 17(1), 19-22. <http://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2010.12.007>
- [32] Samarghandian, S., Afshari, J. T., & Davoodi, S. (2011a). Chrysin reduces proliferation and induces apoptosis in the human prostate cancer cell line pc-3. *Clinics*, 66(6), 1073-1079. <http://doi.org/10.1590/s1807-59322011000600026>
- [33] Samarghandian, S., Afshari, J. T., & Davoodi S. (2011b). Honey induces apoptosis in renal cell carcinoma. *Pharmacognosy Magazine*, 7(25), 46-52. <http://doi.org/10.4103/0973-1296.75901>
- [34] Fauzi, A. N., Norazmi, M. N., & Yaacob, N. S. (2011). Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, 49(4), 871-878. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2010.12.010>
- [35] Othman, N. H. (2012). Honey and cancer: Sustainable inverse relationship particularly for developing nations-a review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012, A 410406, 10p. <http://doi.org/10.1155/2012/410406>
- [36] Saha, A., & Mandal, S. (2015). *In vitro* assessment of two commercial honey samples for antibacterial and antioxidant activities. *Austin Journal of Tropical Medicine & Hygiene*, 1(1), 1002.
- [37] Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: A comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1259510, 21s. <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>
- [38] Sorkun, K., Özkök, A., & Süer, B. (2001). Arılar tarafından toplanan polenin işlenmesi ve kullanım alanları. *Teknik Arıcılık*, 74, 9-15.
- [39] Süer, B., & Sorkun, K. (2006). Arılar tarafından toplanan polenin kimyasal, fiziksel özellikleri ve kovandan toplanması. *Teknik Arıcılık*, 73, 16-21.



- [40] Çankaya, N., & Korkmaz, A. (2008). *Polen*. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını, Samsun, 19s.
- [41] Tutkun, E. (2011). *Arıcılık Tekniği*. Genişletilmiş 2. Baskı. Önder Matbaacılık Ltd.Şti., 364s.
- [42] Szczêsna, T. (2006). Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. *Journal of Apicultural Science*, 50(2), 81-90.
- [43] Campos, M. G. R., Bogdanov, S., de Almeida Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154-161. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443>
- [44] Bogdanov, S. (2016a). Pollen: collection, harvest, composition, quality. *The Bee Pollen Book*, Chapter 1, 13s.
- [45] Bogdanov, S. (2016b). Pollen: nutrition, functional properties, health. *The Bee Pollen Book*, Chapter 2, 30s.
- [46] Öztürk, A. İ. & Akçiçek, E. 2015. Polen ve Polenin Tıbbi Özellikleri. In F. Akçiçek, E. ve Yücel, B. (Eds) *Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi)*, Sidas Yayıncılık. 256s.
- [47] Bleha, R., Shevtsova, T., Kružík, V., Brindza, J., & Sinica, A. (2019). Morphology, physicochemical properties and antioxidant capacity of bee pollens. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(1), 1-8. <https://doi.org/10.17221/139/2018-CJFS>
- [48] Ulusoy, E. (2010). *Anzer balı ve polenin yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile fenolik bileşiminin belirlenmesi ve antioksidan özellikleri*. (Tez No. 276134) [Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- [49] Doğaroğlu, M., & Doğaroğlu O. K. (2012). *Modern Arıcılık Teknikleri*. 4.Baskı, Tekirdağ, 304s.
- [50] Korkmaz, A., & Akyol, E. (2015). *Arı Sütü Üretimi*. 1. Baskı, Ceylan Ofset Matbaacılık, Samsun, 58s.
- [51] Arslan, A., & Bayraktar, A. (1988). Arı sütü ve kimyasal bileşimi. *Teknik Arıcılık Dergisi*, 8, 27-30. (Alınmıştır: Akyol, E., & Baran, Y. (2015). Arı sütünün yapısı, insanlar ve arılar için önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(1), 16-21. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.377563>)
- [52] Sabatini A. G., Marcazzan, G., Caboni, M. F., Bogdanov, S., & de Almeida-Muradian, L. B. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1(1), 16-21. <http://doi.org/10.3896/IBRA.4.01.1.04>
- [53] Bogdanov, S. (2016c). Royal jelly and bee brood: Harvest, composition, quality. *The Royal Jelly Book*, Chapter 1, 14s.
- [54] Akyol, E. (2015). Arı sütünün yapısı, insanlar ve arılar için önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.377563>
- [55] Bogdanov, S. (2016d). Royal jelly, bee brood: Composition, nutrition, health. *The Royal Jelly Book*, Chapter 2, 35s.
- [56] TSE. (2000). Türk Standartları Enstitüsü: *Arı Sütü Standardı*, TS 6666, Ankara.
- [57] Yatsunami, K., & Echigo, T. (1985). Antibacterial action of royal jelly. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, The Tamagawa University*, 25, 13-22. (Alınmıştır: Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007>)

- [58] Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007>
- [59] Nagai, T., & Inoue, R. (2004). Preparation and functional properties of water extract and alkaline extract from royal jelly. *Food Chemistry*, 84(2), 181-186. [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00198-5](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00198-5)
- [60] Meydanoğlu, F. (1988). Arı sütünün bileşimi, diyetetik terapötik özellikleri. *Diabet Yıllığı*. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Prof. Dr. Nazım Terzioğlu Basın Atölyesi, İstanbul.
- [61] Mert, G. (2007, 17-18 Mayıs). *Apiterapi, Arı Ürünleri ve Tıpta Kullanımı* [Konferans sunumu] 3. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- [62] Çakıcı, N., Atmaca, H., & Ustaoglu, E. (2019). *Apiterapi*. Olay Gazetecilik Matbaacılık ve Tic. Ltd. Şti., Ordu.
- [63] Çelik, K., & Aşgun, H. F. (2016). *Arılarla Gelen Sağlık "Apiterapi"*, 104s. <http://apitherapy-project.eu/pdf/20160920/apitherapy-handbook-tr.pdf>
- [64] Kutluca, S., Genç, F., & Korkmaz, A. (2008). *Propolis*. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayın Şubesi Yayını, Samsun, 57s. <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/propolis.pdf>
- [65] Oruç, H. H., Sorucu, A., & Aydın, L. (2014). Propolisin sağlık açısından önemi, kalitesinin belirlenmesi ve Türkiye açısından irdelenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(1), 35-43.
- [66] Bogdanov, S., & Bankova, V. (2016). Propolis: Origine, production, composition. *The Propolis Book*, Chapter 1, 21s.
- [67] Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: A Review. *Chemistry Central Journal*, 8(28), 1-8. <http://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28>
- [68] Cvek, J., Medić-Saric, M., Vitali, D., Mornar, A., Vedralina-Dragojevic, I., Smit, Z., & Tomic, S. (2008). The content of essential and toxic elements in Croatian propolis samples and their tinctures. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 47(1), 35-45. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101421>
- [69] Popova, M., Bankova, V., Butovska, D., Petkov, V., Nikolova-Damyanova, B., Sabatini, A. G., Marazzan, G. L., & Bogdanov, S. (2004). Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. *Phytochemical Analysis*, 15(4), 235-240. <http://doi.org/10.1002/pca.777>
- [70] Qian, W. L., Khan, Z., Watson, D. G., & Fearnley, J. (2008). Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(1), 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.07.001>
- [71] Chang, R., Pilo-Veloso, D.; Morais, S. A. L., & Nascimento, E. A. (2008). Analysis of a Brazilian green propolis from *Baccharis dracunculifolia* by HPLC-APCI-MS and GC-MS. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 18(4), 549-556. <http://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000400009>
- [72] Cunha, I. B. S, Sawaya, A. C. H. F., Caetano, F. M., Shimizu, M. T., Marcucci, M. C., Drezza, F. T., Povia, G. S., & Carvalho, P. O. (2004). Factors that influence the yield and composition of Brazilian

propolis extracts. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15(6), 964-970. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532004000600026>

[73] Pereira, A. S., Bicalho, B., & Aquino Neto, F. R. (2003). Comparison of propolis from *Apis mellifera* and *Tetragonisca angustula*. *Apidologie*, 34(3), 291-298. <https://doi.org/10.1051/apido:2003023>

[74] Pereira, A. S., Norsell, M., Cardoso, J. N., Aquino Neto, F. R., & Ramos, M. F. S. (2000). Rapid screening of polar compounds in Brazilian propolis by high-temperature high-resolution gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5226-5230. <http://doi.org/10.1021/jf000594p>

[75] Graikou, K., Popova, M., Gortzi, O., Bankova, V., & Chinou, I. (2016). Characterization and biological evaluation of selected Mediterranean propolis Samples. Is it a new type? *LWT - Food Science and Technology*, 65, 261-267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.025>

[76] Yıldırım, A., Duran, G. G., Duran, N., Jenedi, K., Bolgöl, B. S., Miraloğlu, M., & Muz, M. (2016). Antiviral activity of Hatay propolis against replication of herpes simplex virus type 1 and type 2. *Medical Science Monitor*, 22, 422-430. <http://doi.org/10.12659/MSM.897282>

[77] Dezmirean, D. S., Marghitaş, L. A., Chirila, F., Copaciu, F., Simonca, V., Bobiş, O., & Erler, S. (2017). Influence of geographic origin, plant source and polyphenolic substances on antimicrobial properties of propolis against human and honey bee pathogens. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 588-597. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1356205>

[78] Karaman, M. R., Artık, N., & Küçükersan, K. (2016, 26-30 Ekim). *Perga (Bee Bread) Composition and Health Benefit*. [Konferans sunumu]. The 2nd International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies, Skopje, Macedonia.

[79] Karaman, M. R., Artık, N., Küçükersan, K., Halıcı, Z., & Çelik, M. (2017). Sağlıklı beslenme ve apiterapi için değerli bir arı ürünü: Perga (bee bread). *Gıda 2000 Gıda Teknoloji ve Tarım Dergisi*, 8s. <https://www.gida2000.com/saglikli-beslenme-ve-apiterapi-icin-degerli-bir-ari-urununu-perga-bee-bread-2.html>

[80] Silici, S. (2015). Arı poleni ve arı ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 99-105. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.376901>

[81] Özkök, A. (2016). Arı ürünleri arı ekmeği ve apilarnil. *Eğlenceli Bilim, Atılım Üniversitesi Popüler Bilim Dergisi*, 19, 3-6.

[82] Čeksterytė, V., Račys, J., Kaškonienė, V., & Venskutonis, P. R. (2008). Fatty acid composition in beebread. *Biologija*, 54(4), 253-257. <http://doi.org/10.2478/v10054-008-0052-2>

[83] Vásquez, A., & Olofsson, T. C. (2009). The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Apicultural Research*, 48(3), 189-95. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.3.07>

[84] Haydak, M. H., & Vivino, A. E. (1950). The changes in thiamine, riboflavin, niacin and pantothenic acid content in the food of female honeybees during growth with a note on the vitamin K activity of royal jelly and bee bread. *Annals of the Entomological Society of America*, 43, 361-367. (Alınmıştır: Silici, S. (2015). Arı poleni ve arı ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 99-105. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.376901>

- [85] Kaplan, M., Karaoğlu, Ö., & Silici, S. (2015, 23-28 Ağustos). *Farklı Botanik ve Coğrafi Orijinlere Sahip Arı Ekmeği Örneklerinin Kimyasal ve Palinolojik Analizi*. [Konferans sunumu]. 27. Ulusal Kimya Kongresi, Çanakkale.
- [86] Haydak, M. H. (1958). Pollen substitutes. *Proceedings of the Tenth International Congress of Entomology, Montreal, 4*, 1053-1056. (Alınmıştır: Silici, S. (2015). Arı poleni ve arı ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 99-105. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.376901>
- [87] Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás X., & Estevinho, L. M. (2014). Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 233–239. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.010>
- [88] Abouda, Z., Zerdani, I., Kalalou, I., Faid, M., & Ahami, M. T. (2011). The Antibacterial activity of Moroccan bee bread and bee-pollen (fresh and dried) against pathogenic bacteria. *Research Journal of Microbiology*, 6(4), 376-384. <http://doi.org/10.3923/jm.2011.376.384>
- [89] Yücel, B., & Kösoğlu, M. (2015). Apiterapi’de Apilarnil. In F. Akçiçek, E. ve Yücel, B. (Eds) *Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi)*, Sidas Yayıncılık. 256s.
- [90] Şahin, P., Arıgöl Apan, M., & Mehmetoğlu, M. (2019). *Arı Ürünleri*. Olay Gazetecilik ve Matbaacılık ve Tic. Ltd. Şti., Ordu.
- [91] Bărnăuțiu, L. I., Mărghitaș, L. Al., Dezmirean, D., Bobiș, O., Mihai, C., & Pavel, C. (2013). Physico-chemical composition of apilarnil (bee drone larvae). *Lucrări Științifice-Seria Zootehnie*, 59, 199-202.
- [92] TSE. (1989). Türk Standartları Enstitüsü Standard Tasarısı: *Ari Zehiri Toplayıcısı*, Ankara.
- [93] *Habermann, E. (1972). Bee and wasp venom. Science, 177(117), 314-322.*
- [94] Korkmaz, A. (2013). *Anlaşılabilir Arıcılık*. Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Yayını, Samsun. 331s.
- [95] Bogdanov, S. (2016e). Bee venom: Production, composition, quality. *The Bee Venom Book*, Chapter 1, 9s.
- [96] Şahinler, N. (2000). Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 139-148.
- [97] Callow, R. K. (1963). Chemical and Biochemical problems of beeswax. *Bee World*, 44(3), 95-101. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1963.11096997>
- [98] Bogdanov, S. (2016f). Beeswax: History, uses, trade. *Online Beeswax Book*, Chapter 2, 18s.







