
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

ORGANİK VE KONVANSİYONEL ÇİÇEK BALLARININ TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE VE BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Esra DEMİRATA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BESİN ANALİZLERİ VE BESLENME BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2026

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Esra DEMİRATA

07/04/2026

ORGANİK VE KONVANSİYONEL ÇİÇEK BALLARININ TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE VE BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Esra DEMİRATA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2026

ÖZET

Bal, eski çağlardan günümüze kadar yaygın olarak tüketilen bir besindir. Bileşiminden kaynaklanan sağlık üzerindeki olumlu etkileri, popülaritesinin nedenlerinden biridir. Bu çalışmada Türkiye'de organik ve konvansiyonel üretim yapan dört farklı firmadan (A, B, C, D) temin edilen toplam 92 örnek analiz edilmiştir. Organik olarak sınıflandırılan bal örnekleri organik tarım sertifikasına sahiptir. Bal örnekleri toplam antioksidan kapasite, toplam oksidan kapasite, toplam fenolik madde içeriği, prolin değeri, diastaz sayısı, hidroksimetilfurfural değeri, pH değeri, elektrik iletkenliği, renk, %briks ve nem değerleri açısından analiz edilmiştir. Aynı zamanda örneklerin oksidatif stres indeksi hesaplanmıştır. Analiz edilen bal örneklerinde toplam antioksidan değeri 0,33-1,22 mmol Trolox eşdeğeri/L, toplam oksidan kapasite değeri 5,32-86 μmol H_2O_2 eşdeğeri/L, oksidatif stres indeksi 0,60-9,66 ve toplam fenolik madde içeriği 80,38-195,14 mg GAE/kg olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bal örneklerinin ortalama prolin değerleri (314,27-699,81 mg/kg), diastaz sayısı (8,57-28,50), hidroksimetilfurfural değerleri (3,24-23,30 mg/kg), elektrik iletkenliği değerleri (0,20-0,28 mS/cm) ve nem değerleri (%15,70-17,39) Türk Gıda Kodeksi'nde tanımlanan kabul edilebilir sınırlar içinde yer almıştır. Bununla birlikte örneklerin pH 3,80-4,26 ve briks değerlerinin %79,30-83,50 arasında olduğu ve renk değerlerinin "beyaz" ve "açık amber" arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 1064.1
Anahtar Kelimeler : Bal, antioksidan, fenolik bileşik, gıda kalitesi
Sayfa Adedi : 89
Danışman : Prof. Dr. Buket ER DEMİRHAN

DETERMINATION OF TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY AND SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ORGANIC AND CONVENTIONAL FLOWER HONEY

(M. Sc. Thesis)

Esra DEMİRATA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

April 2026

ABSTRACT

Honey is a food that has been widely consumed from ancient times to the present. Its positive effects on health, arising from its composition, are among the reasons for its popularity. In this study, a total of 92 samples obtained from four different companies (A, B, C, D) producing organic and conventional honey in Türkiye were analyzed. The honey samples classified as organic have organic farming certification. The samples were analyzed in terms of total antioxidant capacity, total oxidant capacity, total phenolic content, proline value, diastase number, hydroxymethylfurfural value, pH value, electrical conductivity, color, %brix, and moisture content. In addition, the oxidative stress index of the samples was calculated. In the analyzed honey samples, total antioxidant capacity ranged between 0.33-1.22 mmol Trolox equivalent/L, total oxidant capacity between 5.32-86 μmol H_2O_2 equivalent /L, oxidative stress index between 0.60-9.66, and total phenolic content between 80.38-195.14 mg GAE/kg. Furthermore, the average proline values (314.27-699.81 mg/kg), diastase number (8.57-28.50), hydroxymethylfurfural values (3.24-23.30 mg/kg), electrical conductivity values (0.20-0.28 mS/cm) and moisture values (15.70-17.39%) of the honey samples were within the acceptable limits defined in the Turkish Food Codex. Additionally, it was determined that the pH values of the samples ranged from 3.80-4.26, brix values from 79.30-83.50%, and color values varied between “white” and “light amber.”

Science Code : 1064.1

Key Words : Honey, antioxidant, phenolic compound, food quality

Page Number : 89

Supervisor : Prof. Dr. Buket ER DEMİRHAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi birikimi ve akademik tecrübesiyle yol gösteren; sabrını ve desteğini her daim hissettiğim, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Buket ER DEMİRHAN'a içtenlikle teşekkür ederim. Yalnızca akademik anlamda değil, aynı zamanda yaklaşımı ve değerleriyle de hayatım boyunca örnek alacağım bir yol gösterici olmuştur. Yüksek lisans eğitimim boyunca her adımda sunduğu kıymetli görüşler, yapıcı eleştiriler ve tezime gösterdiği yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Burak DEMİRHAN'a ve eğitimime gösterdiği katkılardan dolayı Sayın Prof. Dr. Mürşide Ayşe DEMİREL'e çok teşekkür ederim.

Bu süreçte kendi tez çalışmalarını yürütürken aynı zamanda bana destekleri ve paylaşımlarıyla hep yanımda olan değerli arkadaşlarım Simge ÖZCAN ve Elif Naz YALÇIN'a gönülden teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de yoluma ışık tutan, desteklerini her an hissettiğim, bana inanan ve yetişmemde hiçbir fedakarlığı esirgemeyen canım annem Fatma DEMİRATA'ya ve canım babam İsmet DEMİRATA'ya sonsuz teşekkürler.

Tez çalışmama finansal destek, bilimsel çalışma ortamı ve fırsatı sunan Gazi Üniversitesi'ne ve Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje kodu: TYL-2024-9820) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

RESİMLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 5

2.1. Bal ve Özellikleri 5

2.1.1. Balın besinsel bileşimi 7

2.2. Balın Fizikokimyasal Özellikleri 12

2.2.1. Balın pH değeri 12

2.2.2. Balın elektrik iletkenliği 13

2.2.3. Balın rengi 14

2.2.4. Balda çözünür katı madde içeriği 15

2.2.5. Balda nem değeri 15

2.2.6. Balda prolin değeri 16

2.2.7. Balda diastaz sayısı 17

2.2.8. Balda hidroksimetilfurfural miktarı 17

2.2.9. Uçucu bileşikler 18

2.2.10. Organik asitler 19

2.2.11. Fenolik bileşikler 20

Sayfa

2.2.12. Balda toplam antioksidan kapasite 22
2.3. Organik Bal 24
2.3.1. Organik bal üretimi 25
3. GEREÇ VE YÖNTEM 29
3.1. Gereç 29
3.1.1. Bal örneklerinin temini ve muhafazası 29
3.1.2. Kullanılan cihaz ve ekipmanlar 29
3.2. Yöntem 30
3.2.1. Toplam antioksidan kapasite (TAS), total oksidan kapasite (TOS) 30
3.2.2. Oksidatif stres indeksi (OSI) 31
3.2.3. Toplam fenolik madde miktarı 31
3.2.4. Prolin 31
3.2.5. Diastaz aktivitesi 32
3.2.6. Hidroksimetilfurfural (HMF) analizi 33
3.2.7. pH analizi 34
3.2.8. Elektrik iletkenliği 34
3.2.9. Renk 34
3.2.10. %Briks 35
3.2.11. Nem değeri 35
3.2.12. İstatistiksel analizler 36
4. BULGULAR 37
5. TARTIŞMA 51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Balın bileşimi (g/100g) 8

Çizelge 3.1. Analizlerde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 29

Çizelge 3.2. USDA Renk standart tanımı ve renk aralığı Pfund skalası..... 35

Çizelge 4.1. Bal örneklerine ait TAS değerleri..... 37

Çizelge 4.2. Bal örneklerine ait TOS değerleri..... 38

Çizelge 4.3. Bal örneklerine ait OSI değerleri..... 39

Çizelge 4.4. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde değerleri 40

Çizelge 4.5. Bal örneklerine ait prolin değerleri..... 41

Çizelge 4.6. Bal örneklerine ait diastaz sayısı 42

Çizelge 4.7. Bal örneklerine ait HMF değerleri..... 43

Çizelge 4.8. Bal örneklerine ait pH değerleri 44

Çizelge 4.9. Bal örneklerine ait elektrik iletkenliği değerleri..... 45

Çizelge 4.10. Bal örneklerine ait renk dağılımları..... 46

Çizelge 4.11. Bal örneklerine ait %briks değerleri..... 48

Çizelge 4.12. Bal örneklerine ait nem değerleri 49

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. 100 g baldaki vitamin içeriği 11

Şekil 2.2. 2021 Yılı organik kovanların dünya çapında bölgesel dağılımı 26

Şekil 4.1. Bal örneklerine ait ortalama TAS değerleri 38

Şekil 4.2. Bal örneklerine ait ortalama TOS değerleri 39

Şekil 4.3. Bal örneklerine ait ortalama OSI değerleri 40

Şekil 4.4. Bal örneklerine ait ortalama toplam fenolik madde değerleri 41

Şekil 4.5. Bal örneklerine ait ortlalama prolin değerleri 42

Şekil 4.6. Bal örneklerine ait ortalama diastaz sayısı 43

Şekil 4.7. Bal örneklerine ait ortalama HMF değerleri 44

Şekil 4.8. Bal örneklerine ait ortalama pH değerleri 45

Şekil 4.9. Bal örneklerine ait ortalama elektrik iletkenliği değerleri 46

Şekil 4.10. Bal örneklerine ait ortalama %briks değerleri 48

Şekil 4.11. Bal örneklerine ait ortalama nem değerleri 49

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 4.1. Organik bal örneklerinin renkleri 47

Resim 4.2. Konvansiyonel bal örneklerinin renkleri 47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
µg/kg	Mikrogram /Kilogram
µg/l	Mikrogram /Litre
µL	Mikrolitre
kg	Kilogram
mg	Miligram
mmol/L	Milimol/Litre
mS/cm	MiliSiemens/Santimetre
ºC	Santigrat Derece
pH	Asitlik Bazlık Birimi
µmol/L	Mikromol/Litre

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
ABTS	2,2’-azinobis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)
AU	Arbitrary Unit
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri
CAC	Kodeks Alimentarius Komisyonu
CUPRAC	Bakır İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HMF	Hidroksimetilfurfural
IHC	Uluslararası Bal Komisyonu
ORAC	Oksijen Radikali Absorbsiyon Kapasitesi
OSI	Oksidatif Stres İndeksi

Kısaltmalar	Açıklamalar
PBS	Fosfat Tamponu
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
TAA	Toplam Antioksidan Aktivitesi
TAS	Toplam Antioksidan Kapasite
TEAC	Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TOB	Tarım ve Orman Bakanlığı
TOS	Toplam Oksidan Kapasite

1. GİRİŞ

Gıda sistemleri, insan sağlığını destekleme ve çevresel sürdürülebilirliği güçlendirme açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, günümüzde mevcut sistemlerin insan sağlığı ve çevresel sistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği saptanmıştır (Willet ve diğerleri, 2019). Son yıllarda diyabet, hipertansiyon, kanser, Alzheimer, ateroskleroz ve kalp hastalıkları gibi dejeneratif veya kronik hastalıklarda artış yaşanmaktadır. Bu hastalıkların, dünya genelinde görülen ölümlerin başlıca sebepleri arasında olduğu bildirilmektedir (Erejuwa, Sulaiman ve Wahab, 2012). Aynı zamanda, sağlıksız beslenme alışkanlıklarının çeşitli kronik hastalıklarla ilişkili olduğu ve dünya genelindeki tüm ülkelerde bulaşıcı olmayan hastalıklara bağlı ölümlerin önemli nedenlerinden biri olduğu belirtilmiştir (Afshin ve diğerleri, 2019). Yapılan çalışmalar oksidatif stresin, görülen bu hastalıkların patogenezinde ve/veya komplikasyonlarının gelişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu nedenle, antioksidan takviyesi önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda bal, içerdiği fenolik bileşikler ve flavonoidler sayesinde antioksidan özellikleri kanıtlanmış doğal bir besindir (Erejuwa ve diğerleri, 2012). Aynı zamanda antibakteriyel", anti-inflamatuar ve antiviral özellikler ile ilişkilendirilmesi, bala olan ilginin artmasını sağlamıştır (Palma-Morales, Huertas ve Rodríguez-Pérez, 2023). Organik bal ise, daha doğal ve kimyasal içermeyen bir ürün olarak değerlendirildiği için bilinçli tüketiciler tarafından daha cazip bir seçenek olarak görülmektedir (Puvača ve diğerleri, 2024).

Bal, bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından sentezlenen doğal bir maddedir (Palma-Morales ve diğerleri, 2023). Arılar, çeşitli bitkilerin tatlı özsularını toplayarak sindirim sistemlerinde biyokimyasal süreçlerden geçirmekte ve ardından bu ürünü, balmumu peteklerine depolamaktadır. Kodex Alimentarius Komisyonu'na göre bal, bitkilerin nektarlarından, bitkilerin canlı kısımlarından salgılanan özlerden veya bitki emici böceklerin bitki üzerindeki salgılarından bal arıları tarafından toplanan; arıların enzimatik aktiviteleri ile dönüştürülerek petek gözlerine bırakılıp olgunlaştırılan doğal bir tatlı maddedir (Pavlova ve diğerleri, 2018).

Bal, kaynağına göre farklı türlere ayrılmaktadır. Çiçek balı, bitkilerin nektarlarından üretilmektedir. Salgı balı, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitki emici böceklerin salgılarından üretilmektedir (Izol ve Haspolat, 2023; 1,9; Becerril-Sánchez, Quintero-Salazar, Dublán-García ve Escalona-Buendía, 2021). Genellikle tatlı bir aromaya

sahip olup, tek bir bitki türünden (tek çiçekli) veya birden fazla bitkiden (çok çiçekli) gelebilmektedir (Becerril-Sánchez ve diğerleri, 2021).

Bal, karotenoidler ve antosiyaninler gibi pigmentler, fenolik asitler ve flavonoidler gibi polifenolik bileşikler, amino asitler, vitaminler (C ve E), enzimler, organik asitler ve mineraller gibi çeşitli küçük molekülleri içermektedir. Ayrıca bal, gıdaların bozulmasını geciktirme, ışığa bağlı renk kaybını önleme ve gıdaların korunmasını sağlama gibi özellikler sunmaktadır. Bal biyolojik özellikleri nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak kullanılabilmektedir (Smetanska, Alharthi ve Selim, 2021). Balın fizikokimyasal özellikleri kalite ve orjini açısından önemli bir göstergedir (Pavlova ve diğerleri, 2018). Balın bu özellikleri, bal arılarının kullandığı çiçeklere, bölgesel arıcılık uygulamalarına ve çevresel iklim değişikliklerine bağlıdır (Pavlova ve diğerleri, 2018; Rababah ve diğerleri, 2014). Balın bahsedilen kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi, bal endüstrisinde kalite standartlarının korunması açısından kritik öneme sahiptir. Nem, renk, pH, toplam çözünür katılar, asitlik, kül içeriği, elektrik iletkenliği, hidroksimetilfurfural (HMF) düzeyi ve mineral elementlerinin analizi; balın kalite değerlendirmesinde hem ticari hem de düzenleyici standartlara uygunluğunun sağlanmasında önemli sonuçlar sunmaktadır (Albu ve diğerleri, 2025).

Tarih boyunca insanlar, balı geleneksel tıpta cilt ülserleri, güneş yanıkları, öksürük, boğaz enfeksiyonları, bağırsak enfeksiyonları, astım ve yara tedavisinde kullanmıştır (Khan ve diğerleri, 2018). Kanser, otoimmün hastalıklar, kronik hastalıklar ve benzeri hastalık oranlarındaki artış, yeni, güvenilir, sentetik olmayan, geleneksel ve doğal tedavi ürünlerinin arayışına yol açmıştır. Bu bağlamda apiterapi, güncel olarak tamamlayıcı ve geleneksel bir tıp yöntemi olarak görülmektedir (Kolayli ve Keskin, 2020).

Bazı çalışmalarda, kanser, koroner ve nörolojik dejenerasyon gibi kronik hastalıkların çoğunun oksidatif hasarın bir sonucu olduğunu bildirilmektedir (Chua, Rahaman, Adnan ve Eddie Tan, 2013). Doğal ve sentetik kaynaklardan elde edilen antioksidanların, serbest radikal oluşumunu kontrol altına almada, bu radikallerin zararlı etkilerini azaltmada ve organizmanın antioksidan ile detoksifikasyon sistemlerini desteklemede etkili olduğu gösterilmiştir (Martins, Barros ve Ferreira, 2016). Bu doğrultuda antioksidanlar, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi hastalıklarda görülen oksidatif stresin ve serbest radikal kaynaklı hücresel hasarın önlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Pehlivan ve

Sevindik, 2018). Serbest radikaller, normal metabolik süreçler sırasında oluşan, yüksek reaktiviteye sahip ve kararsız kimyasal türlerdir. Fizyolojik koşullarda hücresel redoks dengesi; enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan sistemler, diyetle alınan antioksidan bileşikler ve bazı hormonların etkisiyle düzenlenmektedir. Ancak serbest radikal üretiminin artması ya da antioksidan savunma mekanizmalarının yetersiz kalması durumunda oksidatif stres gelişmektedir. Oksidatif stres; lipit, protein ve DNA gibi temel hücresel bileşenlerde hasara yol açarak hücresel fonksiyonların bozulmasına neden olur. Bu süreç ateroskleroz, koroner kalp hastalıkları, yaşlanma ve kanser gibi birçok dejeneratif hastalığın gelişiminde etkili olmaktadır. Bu nedenle oksidatif stresin azaltılması, genel sağlık durumunun korunması ve serbest radikallerle ilişkili hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Song ve diğerleri, 2010).

Fenolik bileşikler bitkiler, bitki kaynaklı gıdalar ve içeceklerde yaygın olarak bulunan sekonder metabolitlerdir. Bunlar, oldukça basit moleküllerden (örneğin vanilin, gallik asit, kafeik asit) flavonoidler ve stilbenler gibi karmaşık polifenolik yapılara kadar geniş bir kimyasal çeşitlilik göstermektedir (Cheynier, 2012). İnsan beslenmesinde fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler en önemli fenolik bileşik sınıflarıdır (Vuolo, Lima ve Maróstica Junior 2019). Dolayısıyla, yeni doğal antioksidan kaynaklarının belirlenmesi, çeşitli hastalıkların tedavisi için çok önem taşımaktadır (Pehlivan ve Sevindik, 2018). Nitekim balın terapötik etkilerinin, büyük ölçüde reaktif oksijen türlerine karşı gösterdiği antioksidan kapasite ile ilişkili olduğu da ortaya konmuştur (Chua ve diğerleri, 2013).

Küresel nüfus artışı ve buna bağlı olarak yükselen gıda talebi, yüksek verimli tarım ve hayvancılık uygulamalarının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ancak bu yoğun üretim sistemleri insan, hayvan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak ekolojik dengeyi tehdit edecek duruma gelmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, son yıllarda çevreyle uyumlu ve sağlık açısından daha güvenli üretim yaklaşımlarına yönelim artmış; organik bitkisel üretim, organik hayvancılık ve organik arıcılık gibi sürdürülebilir üretim sistemleri ön plana çıkmıştır (Azkeskin ve Bozdemir, 2022).

Günümüzde arılar, geçmişte birçok iklimsel değişime uyum sağlayarak varlıklarını sürdürmüş olmalarına rağmen çeşitli tehditlerle karşı karşıyadır. Özellikle bal arıları başta olmak üzere tozlayıcı popülasyonlarının azalması ya da ortadan kaybolması, küresel gıda güvenliği açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir. Bu sorunun çeşitli hastalıklar,

çevresel kirlilik ve modern tarım uygulamaları gibi birden fazla faktörün birleşiminden kaynaklanabileceği, özellikle giderek daha toksik hale gelen bitki koruma ürünlerinin yoğun kullanımı olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, gıda ürünlerinde toksik madde kalıntılarına yönelik artan endişeler bazı tüketicilerin organik sertifikalı bal ürünlerine yönelmesine yol açmıştır. Organik bal üretimi, tarımsal ekosistem dengesini ve çeşitliliğini, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını, çevre kalitesini, hayvan refahını ve insan sağlığını desteklemek için iyi tarım uygulamalarının kullanılmasını teşvik eden ekolojik temelli bir sistemdir (Gomes, Feás, Iglesias ve Estevinho, 2011). Sınırlı verilere göre organik gıda ürünlerinin geleneksel ürünlere kıyasla daha yüksek besin değerine sahip olduğu belirtilmektedir (Popa, Mitelut, Popa, Stan ve Popa, 2019). Bu nedenle tüketiciler, gıdaları daha sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam tarzı ile ilişkilendirdikleri organik ürünleri satın alma eğilimi göstermektedir (Murali, Trząskowska ve Trafialek, 2023).

Bu nedenlerle doğal ve fonksiyonel nitelik taşıyan gıdaların bilimsel açıdan kapsamlı biçimde değerlendirilmesi, özellikle de organik üretim yöntemlerinin balın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerindeki olası etkilerinin ortaya konulması, güncel literatürde önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Dünya genelinde organik ve konvansiyonel balın fenolik bileşenler, antioksidan kapasite ve temel kalite kriterleri açısından karşılaştırıldığı çalışmaların sayısı bilgimiz dahilinde kısıtlı olup, özellikle bu araştırmaların büyük kısmı belirli coğrafi bölgelerle sınırlı kaldığı görülmektedir. Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde ise, ülkemizin zengin floral çeşitliliği ve yüksek bal üretim potansiyeline rağmen, organik ve konvansiyonel çiçek ballarını fenolik madde profili, antioksidan/oksidan kapasite ile fizikokimyasal parametreler açısından bütüncül bir yaklaşımla değerlendiren kapsamlı araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, organik ve konvansiyonel olarak üretilen çiçek ballarında toplam antioksidan kapasite (TAS), toplam oksidan kapasite (TOS), oksidatif stres indeksi (OSI), toplam fenolik madde içeriği, prolin değeri, diastaz aktivitesi gibi biyolojik ve kalite belirleyici göstergelerin yanı sıra pH, renk, HMF düzeyi, elektrik iletkenliği, nem, %briks gibi temel fizikokimyasal kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın, ulusal ve uluslararası literatürdeki sınırlı sayıdaki karşılaştırmalı araştırmalara yeni ve kapsamlı veri kazandırarak alandaki bilgi birikimine anlamlı bir katkı sunacağı öngörülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bal ve Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi (TGK) 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 birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal ürünü" olarak tanımlanmaktadır. Bu Tebliğin kapsamı bal arısı (*Apis mellifera*) tarafından üretilen baldır (Türk Gıda Kodeksi [TGK], 2020). Bal, çiçek balı ve salgı balı olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Çiçek balı bitki nektarından elde edilirken, salgı balı bitkilerin canlı kısımlarının salgıları veya bitkiler üzerinde bulunan bitki emici böceklerin salgılarından elde edilmektedir. Salgı balları çiçek ballarına kıyasla daha yüksek antioksidan içeriğe ve genellikle daha koyu renge sahiptir (Pita-Calvo ve Vázquez, 2017).

Bal arıcılığının milattan önce 6000 yılına kadar uzandığı, Taş Devri kaya resimlerinde gösterilmektedir. Balın ilk yazılı kayıtları milattan önce 2100-2000 yıllarına ait bir Sümer tablet yazıtıdır. Burada balın ilaç ve merhem olarak kullanımından bahsedilmektedir. Çoğu eski kültürde bal, besleyici ve tıbbi amaçlarla kullanılmıştır. İnsanlık tarihinde uzun bir süre boyunca önemli bir karbonhidrat kaynağı ve 1800'lü yıllardan sonraki endüstriyel şeker üretimine kadar ise yaygın olarak kullanılan bir tatlandırıcı olmuştur (Bogdanov, Jurendic, Sieber ve Gallmann, 2008). Balın geleneksel tıpta kullanımı, Mısırlılar, Yunanlılar, Romalılar ve Çinliler gibi eski uygarlıklara kadar uzanmaktadır. Bu kültürlerde bal yara iyileştirme, gastrointestinal rahatsızlıkların tedavisi ve doğal koruyucu olarak çeşitli terapötik amaçlarla kullanılmıştır. Balın farklı kültürlerde ve tarihsel dönemlerde uzun süre boyunca kullanılmaya devam etmesi değerini göstermektedir (Gupta, Devi, Chanu, Jadav ve Gupta, 2024). Son yıllarda apiterapi adı verilen bir alternatif tıp dalı gelişmiş ve birçok hastalığa karşı bal ve diğer arı ürünlerine dayalı tedaviler sunmuştur (Bogdanov ve diğerleri, 2008).

Balın antioksidan aktivitesi, gıda sistemlerinde meydana gelen oksidatif reaksiyonları baskılama yeteneği ve potansiyelini ifade etmektedir. Bu oksidatif reaksiyonlar hem gıdalarda istenmeyen reaksiyonlara yol açmakta hem de insan sağlığı açısından kronik

hastalıklar ve kanserler gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. Balın antioksidan kapasitesi polifenoller (flavonoidler ve fenolik asitler), bazı enzimler (glukoz oksidaz ve katalaz), askorbik asit, karotenoid benzeri bileşikler, organik asitler, proteinler ve amino asitler gibi doğal biyoaktif bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Özkök, D'arcy ve Sorkun, 2010).

Balın terapötik etkisi, flavonoidler ve fenolik asitler gibi fenolik bileşikler de dahil olmak üzere yapısındaki çeşitli antioksidan moleküllerin varlığından kaynaklanmaktadır (Cheung, Meenu, Yu ve Xu, 2019; Cianciosi ve diğerleri, 2018). Monofloral ballarda flavonoidler, toplam fenolik bileşiklerin önemli bir kısmını oluşturmakta olup, oranları yaklaşık %42'ye kadar ulaşmaktadır. Fenolik asitler yalnızca balın kimyasal bileşiminin bir parçası olmakla kalmayıp, aynı zamanda bazı bal türlerinin ayırt edilmesinde bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Salgı balı, kestane balı ve orman çiçeği balı gibi bal çeşitleri, fenolik asit dağılım profillerinin analizi ile birbirinden ayırt edilebilmektedir (Özkök ve diğerleri, 2010). Arıların bal üretimi sırasında vücut sıvılarını çiçek nektarları, su, şeker, protein veya fenolik bileşiklerinden oluşan bitki salgıları ile karıştırması balın fenolik bileşik içeriğini meydana getirmektedir. Fenolik bileşikler, bağırsak mikrobiyotası ve yararlı mikroorganizmalar (probiyotikler) ile olan etkileşimi sayesinde, gıda endüstrisine önemli bir sağlık destekleyicisi olarak görülmektedir (Becerril-Sánchez ve diğerleri, 2021). Aynı zamanda, bal tatlı bir gıda olmasına rağmen rafine şekerlere kıyasla daha düşük glisemik indekse sahiptir. Bu durum balın fruktoz oranının yüksek olması ve fruktozun glukoza göre daha yavaş metabolize edilmesiyle ilişkilidir. Yapılan çalışmalar bal tüketiminin postprandiyal glukoz düzeyini azaltarak ve insülin duyarlılığını artırarak glisemik kontrolü iyileştirebileceğini göstermiştir. Bu nedenle bal, ölçülü tüketim koşuluyla diyabetli bireyler için doğal tatlandırıcı olarak değerlendirilebilmektedir (Gupta ve diğerleri, 2024).

Günümüzde yaklaşık olarak 300 bal çeşidi bulunmakta olup, çeşitlilik bal arıları tarafından toplanan farklı nektar türleriyle ilişkilendirilmektedir (Samarghandian, Farkhondeh ve Samini, 2017). Balın üretildiği coğrafi konum balın besinsel bileşimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bölgedeki toprak yapısı, iklim ve çevresel koşullar gibi faktörler balın mineral içeriğini ve antioksidan kapasitesini etkileyebilmektedir. Mineral bakımından zengin topraklara sahip bölgelerde üretilen ballar, kalsiyum, potasyum ve magnezyum gibi temel mineraller açısından daha yüksek konsantrasyonlara sahip olabilmektedir. Ayrıca

üretim bölgesinin iklimi de balda bulunan biyoaktif bileşiklerin türünü ve miktarını etkileyebilmektedir. Tropikal bölgelerde üretilen bal, çiçekli bitki çeşitliliğinin fazla olması ve yoğun güneş ışığının bitkilerde fenolik bileşiklerin üretimini artırması nedeniyle genellikle daha yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir. Aynı zamanda coğrafi farklılıklar balın renk ve aroma özelliklerinde de değişikliklere yol açmaktadır. Genel olarak koyu renkli ballar, açık renkli ballara kıyasla daha yüksek mineral ve antioksidan düzeylerine sahiptir. Bu nedenle balın coğrafi kökeni, besin değerinin ve potansiyel sağlık yararlarının değerlendirilmesinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Gupta ve diğerleri, 2024).

2.1.1. Balın besinsel bileşimi

Bal, genellikle karbonhidratlar, vitaminler, aminoasitler, mineraller, organik asitler ve polifenoller gibi 200'den fazla bileşik içermektedir (Ramsay ve diğerleri, 2019). Bunların bileşim oranları her bal türünün renk, tat, viskozite ve terapötik özelliklerinin farklı olmasına neden olmaktadır (Ranneh ve diğerleri, 2021). Balın bileşimi, arıların beslenmesine göre değişiklik göstermektedir (Tafere, 2021). Ancak genel olarak balın ana bileşenleri, bütün çeşitlerinde benzerlik göstermektedir (El-Soud ve Helmy, 2012).

Bal besin profili açısından incelendiğinde, doğal makro ve mikro besin öğeleri bakımından önemli bir kaynaktır. 100 g bal yaklaşık 300 kkal enerji sağlamasından dolayı önemli bir enerji kaynağıdır. Günlük 20 g bal tüketimi, önerilen günlük enerji alımının yaklaşık %3'ünü karşılamaktadır (Alvarez-Suarez, Giampieri ve Battino, 2013).

Bu bağlamda, bazı çalışmalarda farklı coğrafi bölgelerden ve botanik kökenlerden elde edilen bal örneklerinin bazı temel bileşen dağılımı bakımından yaklaşım gösterdiği görülmektedir. İspanya, İtalya, Türkiye ve Mısır'dan toplanan bal örneklerinde eser element konsantrasyonlarının benzer aralıklarda olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, balın orjini veya çeşidinden bağımsız olarak fruktoz/glikoz oranının genellikle sabit kaldığı ifade edilmektedir. Balın toplam protein içeriğinin botanik kökene bağlı olarak değişiklik gösterebileceği ve diastaz ve invertaz gibi enzimlerinde geniş sınırlarda değişebileceği belirtilmektedir (Khan ve diğerleri, 2018). Genel olarak balın bileşimi Çizelge 2.1'de verilmiştir (Bogdanov ve diğerleri, 2008).

Çizelge 2.1. Balın bileşimi (g/100g) (Bogdanov ve diğerleri, 2008)

	Çiçek Balı		**Salgı Balı**	
	Ortalama	Minimum-maksimum	Ortalama	Minimum-maksimum
Su	17,2	15-20	16,3	15-20
Monosakkaritler				
fruktoz	38,2	30-45	31,8	28-40
glikoz	31,3	24-40	26,1	19-32
Disakkaritler				
sükroz	0,7	0,1-4,8	0,5	0,1-4,7
diğerleri	5,0	2-8	4,0	1-6
Trisakkaritler				
melezitoz	<0,1		4,0	0,3-22,0
erloz	0,8	0,5-6	1,0	0,1-6
diğerleri	0,5	0,5-1	3,0	0,1-6
Belirlenmemiş oligosakkaritler	3,1		10,1	
Toplam şekerler	79,7		80,5	
Mineraller	0,2	0,1-0,5	0,9	0,6-2,0
Proteinler ve aminoasitler	0,3	0,2-0,4	0,6	0,4-0,7
Asitler	0,5	0,2-0,8	1,1	0,8-1,5
pH değeri	3,9	3,5-4,5	5,2	4,5-6,5

Karbonhidratlar

Bal, süper doymuş bir şeker çözeltisi olarak tanımlanabilmektedir (Albaridi, 2019; Machado De-Melo, Almeida-Muradian, Sancho ve Pascual-Maté, 2018). Karbonhidratlar, balın kuru madde içeriğinin yaklaşık %95'ini oluşturmaktadır (Machado De-Melo ve diğerleri, 2018). Monosakkaritler, balın şeker bileşenlerinin yaklaşık %75'ini, disakkaritler %10-15'ini ve geri kalanını düşük miktarda diğer şekerler oluşturmaktadır. Fruktoz ve glikoz miktarları ile bu iki şeker arasındaki oran, monofloral balların sınıflandırılmasında yararlanılan göstergelerden biridir. Glikoz oranının fruktoz oranını aşabildiği durumlarda, bu tür balların genellikle daha hızlı kristalleşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Da Silva, Gauche, Gonzaga, Costa ve Fett, 2016). Fruktoz oranı %32 ile %44, glikoz oranı ise %23 ile %38 arasında değişiklik gösterebilmektedir (Machado De-Melo ve diğerleri, 2018).

Ayrıca balda, disakkaritler (sukroz, maltoz, turanoz, izomaltoz, maltuloz, trehaloz, nigeroz ve kojibiyoz), trisakkaritler (maltotrioz ve melezitoz), oligosakkaritler ve polisakkaritler gibi daha az miktarda bulunan şeker türleri de mevcuttur (El-Soud ve Helmy, 2012; Gündoğdu, Çakmakçı ve Şat, 2019; Khan ve diğerleri, 2018; Miguel, Antunes ve Faleiro, 2017; Ranneh ve diğerleri, 2021). Bu şekerlerin birçoğu nektarda doğal olarak bulunmamakta ve balın olgunlaşma depolama süreçlerinde, arıların enzimatik faaliyetleri ile ortamının asidik koşullarının etkisi sonucunda oluşmaktadır (El-Soud ve Helmy, 2012; Gündoğdu ve diğerleri, 2019). Balda, genellikle fruktozun en baskın şeker olarak öne çıktığı ve akasyanın bu monosakkariti en yüksek içeren bitkilerden biri olduğu belirtilmektedir. Ancak, bazı özel durumlar da mevcuttur. Örneğin, kanola (*Brassica napus*) ve karahindiba (*Taraxacum officinale*) ballarında, glikozun konsantrasyonu fruktozdan daha yüksek düzeylerde bildirilmektedir (Miguel ve diğerleri, 2017).

Balın şeker bileşimi tatlılık, viskozite, kristalleşme, higroskopiklik, özgül dönme ve enerji değeri gibi fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkilidir. Ayrıca, balın yüksek şeker konsantrasyonunun oluşturduğu osmotik basınç balın önemli bir antimikrobiyal faktörüdür (Machado De-Melo ve diğerleri, 2018).

Balın uzun süreli ısıl işleme maruz kalması veya uygun olmayan koşullarda depolanması durumunda, yapısındaki pentoz ve heksoz şekerleri enolizasyon reaksiyonları ve üç su molekülünün hızlı β-eliminasyonu sonucunda parçalanarak furanlar gibi istenmeyen bileşikler ortaya çıkmaktadır. Pentozlardan furfural ve glikoz ile fruktoz gibi heksozlardan ise özellikle hidroksimetilfurfural oluşmaktadır. Bu bileşikler şekerlerin başlıca bozunma ürünleri olup gıdalarda genellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıyla ilişkilidir. Bu oluşum; Maillard reaksiyonu, asidik ortamda şeker ayrışması ve karamelizasyon süreçleri kapsamında gerçekleşmektedir (Da Silva ve diğerleri, 2016).

Proteinler

Balın protein içeriği, bal arısı türüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. *Apis mellifera*'da bu oran %0,2 ile %1,6 arasında değişmektedir (Gündoğdu ve diğerleri, 2019). Bal ve polendeki en fazla bulunan amino asit olan prolin, toplam proteinin %50-85'ini oluşturmaktadır. Prolin, nektarın bala dönüştürülmesi sırasında bal arılarının tükürük bezlerinin salgılarından üretilmektedir (Ghoniemy, Esmail ve Mahmoud, 2022). Aynı

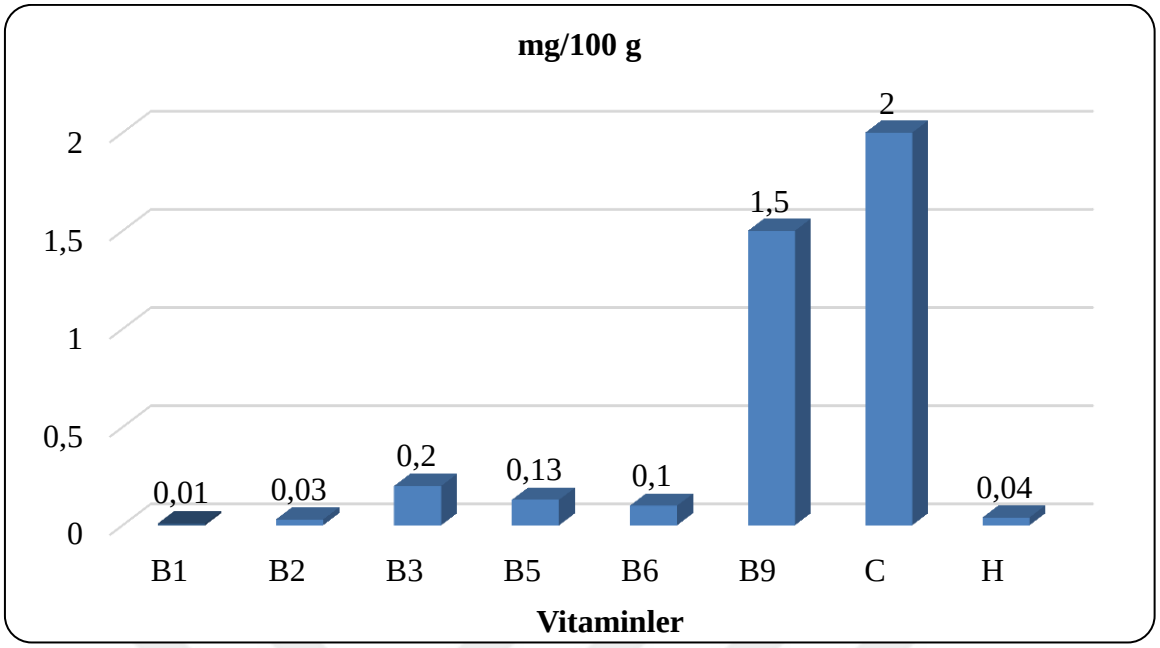
zamanda balda glutamik asit, aspartik asit, glutamin, histidin, glisin, treonin, β-alanin, arginin, α-alanin, aminobütirik asit, prolin, tirozin, valin, metiyonin, sistein, izolösin, lösin, triptofan, fenilalanin, ornitin, lizin, serin, asparagin ve alanin gibi aminoasitler bulunmaktadır (Gündoğdu ve diğerleri, 2019). Ayrıca balın prolin içeriği kalite, olgunluk derecesi ve şeker katkılarının varlığını belirleyebilen önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Ghoniemy ve diğerleri, 2022; Truzzi, Annibaldi, Illuminati, Finale ve Scarponi, 2014).

Bal düşük konsantrasyonlarda çeşitli enzimler içermektedir. En belirgin enzimler ise diastaz, invertaz, glukoz oksidaz, katalaz ve asit fosfatazdır. Diastaz enzimi, α- ve β-amilaz içeren, nişasta sindirimini sağlayan bir grup enzimden oluşmaktadır (Sak-Bosnar ve Sakač, 2012). Diastaz aktivitesi, balın kalitesini değerlendirmek için kullanılan kriterlerden biridir (Tosi, Martinet, Ortega, Lucero ve Ré, 2008). Diastaz sayısının düşük olması, balın istenmeyen seviyedeki yüksek sıcaklıklara maruz kaldığının göstergesidir (Sak-Bosnar ve Sakač, 2012).

Depolama ve işleme sırasında indirgen şekerlerin karboksil grubu ile amino asitler ve proteinlerin serbest amino grupları arasında gerçekleşen sonucunda istenmeyen bileşikler oluşması Maillard reaksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu sürecin ilk aşaması Amadori bileşiklerinin oluşmasıyla başlamakta ve sonrasında melanoidinlerin meydana gelmesine kadar devam etmektedir. Balda bulunan lizin, prolin, γ-aminobütirik asit ve arginin gibi amino asitler Maillard reaksiyonunu destekleyebilmektedir (Da Silva ve diğerleri, 2016).

Vitamin ve mineraller

Balın kuru ağırlığının %0,2-0,5'i vitamin ve mineral içermektedir (Ranneh ve diğerleri, 2021). Bal birçok gıda ürününe kıyasla daha düşük vitamin içeriğine sahiptir. Ayrıca, çoğunlukla suda çözünebilen vitaminleri içermektedir (Chirsanova, Capcanari, Boiştean ve Khanchel, 2021). Balda bulunan vitaminler, insan vücudu için günlük önerilen alım miktarlarını karşılamamaktadır (Ranneh ve diğerleri, 2021). Baldaki vitaminlerin içeriği Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. 100 g baldaki vitamin içeriği (Chirsanova ve diğerleri, 2021)

Balın mineral içeriği %0,1 ile %1 arasında değişmektedir (Escuredo ve diğerleri, 2025). Balda potasyum ve sodyum toplam mineral içeriğinin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (Ranneh ve diğerleri, 2021). Ayrıca, demir, bakır, silisyum, manganez, kalsiyum ve magnezyum gibi diğer mineraller de balda eser miktarlarda bulunmaktadır (Gündoğdu ve diğerleri, 2019). Mineraller balın tadını etkilemekte ve balın asitliğini azaltarak tadını hafifçe değiştirmektedir. Balın mineral bileşimi, botanik kökenine ve toprağın kimyasal bileşimine bağlıdır. Bu nedenle, salgı balı çiçek balından daha fazla mineral içerirmektedir (Chirsanova ve diğerleri, 2021). Balda bulunan potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, manganez, bakır, demir ve çinko gibi mineral elementler, balın besleyici ve sağlığı destekleyici özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Albu ve diğerleri, 2025).

Polak-Śliwińska ve Tańska (2021) tarafından Polonya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, beşi organik ve beşi konvansiyonel olmak üzere toplam 10 bal örneği analiz edilmiştir. Araştırmada örneklerin C vitamini düzeyi, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite gibi çeşitli kalite ve biyoaktif parametreleri değerlendirilmiştir. Bulgular, organik bal örneklerinde konvansiyonel ballara kıyasla daha yüksek C vitamini ve flavonoid düzeylerinin bulunduğunu göstermiştir.

Lipitler

Bal örneklerinin lipit içeriği ise genellikle ihmal edilebilir düzeyde olup, yaklaşık %0,002'dır (Ranneh ve diğerleri, 2021).

Chua ve Adnan (2014) tarafından Malezya'dan elde edilen altı farklı bal örneği üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, yağ içeriği asit hidroliz yöntemi ile belirlenmiş ve tüm örneklerde yağ oranının tespit edilemeyecek düzeyde (≈0%) olduğu rapor edilmiştir.

2.2. Balın Fizikokimyasal Özellikleri

Bal, günlük yaşamda önemli bir beslenme destekleyicisi olduğundan saflığının sağlanması ve içerdiği besinsel bileşenlerinin doğrulanması amacıyla kalitesinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kalite kontrol değerlendirmesinde tüketime sunulan balın saflığını değerlendirmek ve test etmek amacıyla çeşitli fizikokimyasal parametreler incelenebilmektedir (Al Hadhramie ve diğerleri, 2023).

2.2.1. Balın pH değeri

Balın pH değeri, balın dokusu, stabilitesi ve raf ömrü üzerindeki etkisi nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Çalışmalar balın pH değerinin genellikle 3,2 ile 4,5 arasında değiştiğini göstermektedir (Suljkanović ve Zenunović, 2022). Bu asitlik yapısındaki bazı önemli organik asitlerden kaynaklanmaktadır (Almasaudi, 2021). Balda bulunan başlıca asit glukonik asittir (Adenekan, Amusa, Lawal ve Okpeze, 2010; Azonwade ve diğerleri, 2018). Bunun yanı sıra formik, tartarik, maleik, sitrik, süksinik, bütirik, laktik ve oksalik asitler ile çeşitli aromatik asitler de bulunmaktadır (Azonwade ve diğerleri, 2018). Balın pH değerindeki değişimlerin; arı türü, arının salgıladığı tükürük enzimleri ile ham maddenin işlenmesi sırasında gerçekleşen enzimatik ve fermantasyona bağlı süreçlerden kaynaklanabilmektedir (Azonwade ve diğerleri, 2018; Mohammed Hassan ve diğerleri, 2021). Ayrıca balın asitliği glukoz oksidaz enziminin aktivitesinden de etkilenmektedir. Bu aktiviteye balın olgunlaşması sırasında gerçekleşen bakteriyel faaliyetler de katkıda bulunmaktadır (Mohammed Hassan ve diğerleri, 2021). Balın düşük pH değeri, mikroorganizmaların gelişimini sınırlayan faktörlerden biri olarak görülmektedir (Pascual-Maté, Osés, Fernández-Muiño ve Sancho, 2018). Çoğu mikroorganizmanın optimal

büyümesi nötr pH aralığında (6,5–7,5) gerçekleşmektedir. Balın pH 3,2–4,5 aralığında seyreden asitliğinin antibakteriyel etkinliğinde belirleyici olduğu görülmüştür (Almasaudi, 2021). Aynı zamanda balın asitlik düzeyi ile su içeriği, maya ve küf gelişimi üzerinde etkili olan önemli parametreler arasında yer almaktadır (Puścion-Jakubik, Borawska ve Socha, 2020). Stanojević ve diğerleri (2024) tarafından yapılan çalışmada, aynı botanik kökene sahip organik ve konvansiyonel bal örnekleri arasında pH değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Bununla birlikte, arıcılık yöntemine bağlı olarak pH değerlerinde genel bir eğilim tespit edilmediği bildirilmiştir.

2.2.2. Balın elektrik iletkenliği

Uluslararası Bal Komisyonuna göre balın elektrik iletkenliği "20°C'de suda hazırlanan hacimce %20'lik bal çözeltisinin iletkenliği'' olarak tanımlanmaktadır. Buradaki %20 oranı balın kuru maddesini ifade etmektedir (International Honey Commisison [IHC], 2009). Bal, organik asitler ve mineral tuzlar içermektedir. Kimyasal olarak bu bileşikler "iyonlaşabilir" olarak adlandırılmaktadırlar. Bu nedenle çözeltide bulunmaları, çözeltinin elektrik akımını iletme özelliği katmaktadır (Yadata, 2014). Elektrik iletkenliğinin ölçülmesi, balın kül içeriği hakkında dolaylı bilgi sağlamaktadır (Yakubu, Sahabi, Sani ve Faruku, 2021). Balın elektrik iletkenliği değeri kül ve asit içeriğine bağlı olup, söz konusu bileşenlerin artması ile iletkenliğin de yükseldiği bildirilmektedir (Kaškonienė, Venskutonis ve Čeksterytė, 2010). Elektrik iletkenliği, milisiemens/santimetre (mS/cm) birimi ile ifade edilmektedir (Yadata, 2014; Yakubu ve diğerleri, 2021).

Elektrik iletkenliği, balın rutin kalite kontrolünde yaygın olarak kullanılan bir parametredir ve balın botanik kökeninin belirlenmesinde geçerli bir kriter olarak belirtilmektedir (Pavlova ve diğerleri, 2018). Genellikle çiçek balları için önerilen elektrik iletkenliği alt sınırı, salgı ballarına göre daha düşüktür. Bununla birlikte bazı çiçek balları için istisnalar bulunmaktadır. Örneğin çilek ağacı (*Arbutus unedo*), çan fundası (*Erica*), okaliptüs, ıhlamur (*Tilia* sp.), funda (*Calluna vulgaris*), manuka (*Leptospermum*) ve çay ağacı (*Melaleuca* sp.) balları bu istisnalar arasında yer almaktadır (Kaškonienė ve diğerleri, 2010). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde elektrik iletkenliği salgı balı için en az 0,8 mS/cm ve çiçek balı için ise en fazla 0,8 mS/cm olarak belirtilmektedir. Kocayemiş (*Arbutus unedo*), funda (*Erica* spp.), okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*), ıhlamur (*Tilia*

spp.), püren (*Calluna vulgaris*), okyanus mersini (*Leptospermum*), çay ağacı (*Melaleuca* spp.) ve pamuk (*Gossypium* spp.)'dan elde edilen ballar hariçtir (TGK, 2020).

Elektrik iletkenliği değeri balın renk özellikleriyle ilişkili olup, açık renkli balların genellikle daha düşük, koyu renkli balların ise daha yüksek elektrik iletkenliği değerleri gösterdiği bildirilmektedir (Yakubu ve diğerleri, 2021).

2.2.3. Balın rengi

Renk, balın en önemli özelliklerinden biridir ve genellikle ilk dikkat çeken özelliğidir. Bunun başlıca nedeni rengin tüketiciler tarafından algılanan ilk parametre olmasından kaynaklanmaktadır. Renk her ne kadar insan algısına dayalı bir özellik olsa da, bal için büyük bir öneme sahiptir. Bu durumun nedeni, rengin sadece diğer fizikokimyasal özelliklerle olan ilişkisi değil, aynı zamanda dünyanın farklı bölgelerinde farklı kabul düzeylerine sahip olması ve balın fiyatının belirlenmesinde önemli bir unsur haline gelmesidir (Quintero-Dominguez, Reyes-Carrillo, de la Cruz-Larios ve González-Eguiarte, 2018).

Balın rengi, pigment varlığını yansıtan bir parametredir. Balın botanik kökeni, nektarın bileşimi, üretim süreci, sıcaklık ve depolama süresi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Örneğin eski peteklerin kullanılması, metallerle temas veya yüksek sıcaklık ve ışığa maruz kalma balın renginde değişikliklere neden olabilmektedir (Becerril-Sánchez ve diğerleri, 2021). Ancak şeffaflık veya berraklık, polen gibi askıda bulunan parçacıkların miktarına bağlıdır (Pavlova ve diğerleri, 2018). Starowicz, Ostaszyk ve Zieliński, (2021) tarafından yapılan çalışmada, bal rengindeki koyulaşmanın Maillard reaksiyonu sonucu oluşan melanoidinlerin yüksek konsantrasyonu ile ilişkili olabileceği raporlanmıştır.

Hasat sırasında arıcılar tarafından ya da sonrasında farklı kovanlardan ve üreticilerden elde edilen balların tek bir parti hâlinde karıştırılması, başlangıçta kendine özgü özelliklere sahip olan balların homojen bir yapıya dönüşmesine ve böylece orijinal bileşenlerinin kendine has özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır (Quintero-Domínguez ve diğerleri, 2018).

Bal rengi başlangıçta uzmanların görsel değerlendirmelerine dayalı olarak belirlenirken, günümüzde bu işlem modern ve basit teknolojiler ile gerçekleştirilmektedir. Avrupa Birliği Direktifleri, Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) ve Uluslararası Bal Komisyonu tarafından bal kalitesinin ölçülmesine yönelik çeşitli standartlar kabul edilmiştir. Bal rengi en yaygın olarak Pfund ve Lovibond skalalarına göre sınıflandırılmaktadır (Quintero-Domínguez ve diğerleri, 2018).

2.2.4. Balda çözünür katı madde içeriği

Çözünür katı madde içeriği, bal çözeltilerinde en çok bulunan çözünür katı maddeler olan toplam çözünür şekerler tarafından temsil edilmekte olup, briks derecesi (%briks) cinsinden ifade edilmektedir (Dobrinas ve diğerleri, 2022). Balların olgunluğunun daha standart biçimde değerlendirilmesi amacıyla, çözünmüş katı madde içeriğinin göstergesi olan briks değerlerinin kullanılması önerilmektedir. Briks ölçümlerinin kullanılması, hasat uygulamalarının iyileştirilmesine, bal kalitesinin artırılmasına, arı stresinin azaltılmasına ve bal üretimi ile pazardaki bulunabilirliğin artmasına katkı sağlayabilmektedir (dos Santos, Faita, Gonzaga ve Costa, 2025).

2.2.5. Balda nem değeri

Nem, bal için kritik bir kalite parametresidir. Nem içeriği balın olgunluğu, yoğunluğu, viskozitesi, fiziksel durumu ve stabilitesinin belirlenmesinde temel bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda balın kalitesi ve işlenme özellikleri açısından da önem taşımaktadır (Serin, Turhan ve Turhan, 2018). Bal higroskopik bir maddedir. Bu nedenle yapısı balın nem içeriği, bulunduğu ortamın atmosferik koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu özellik, balın depolanması açısından önemlidir. Çünkü bal yüksek bağıl nem koşullarına maruz kaldığında ortamdan su absorbe edebilmektedir (Camara ve Laux, 2010; Lastriyanto ve diğerleri, 2020). Bu nedenle, balın havayla doğrudan teması nem içeriğini artırmaktadır (Lastriyanto ve diğerleri, 2020). Yüksek nem içeriği, bazı bal türlerinde kristalleşmeyi hızlandırabilmektedir. Aynı zamanda balın su aktivitesini artırarak bazı maya türlerinin gelişebileceği koşulları sağlayabilir (Yanniotis, Skaltsi ve Karaburnioti, 2006).

Gıda endüstrisinde balın kabul edilmesi, değerlendirilmesi veya reddedilmesi nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Ancak diğer gıdalarda olduğu gibi balın kalite ve işlenme özelliklerinden sorumlu olan faktör aslında nem içeriği değil su aktivitesidir. Bununla birlikte nem içeriğinin ölçülmesi, su aktivitesinin ölçülmesine göre daha pratik ve ekonomik olduğundan endüstride balın su içeriği genellikle nem belirlenerek değerlendirilmektedir. Balın nem içeğini belirlemek için kullanılan en etkili yöntemlerden biri refraktometrik ölçümdür (Serin ve diğerleri, 2018). Balın nem içeriği diğer kalite göstergeleriyle birlikte değerlendirildiğinde balın kalitesi ve özgünlüğü ile ilişkilendirilebilen önemli bir kriter olduğu bildirilmektedir (Diacu ve Tantaveanu, 2007). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre Püren (*Calluna vulgaris*) ve Funda (*Erica* spp.) hariç çiçek ballarında nem değeri en az %20 olması gerekmektedir (TGK, 2020).

2.2.6. Balda prolin değeri

Balın temel bileşenleri protein içermemektedir. Baldaki proteinler hayvansal ve bitkisel (örneğin polen) kaynaklardan gelmektedir (Czipa, Borbély ve Győri, 2012). Çiçek ballarında protein içeriği yaklaşık %1,0–1,5 düzeyinde iken salgı ballarında bu oran yaklaşık %3,0'dür. Amino asit miktarı ise %1,0'dir ve prolin, toplam amino asitlerin %50-85'ini oluşturan ana bileşendir (Czipa ve diğerleri, 2012; Da Costa ve Toro, 2021) Prolinin yanı sıra, balda esansiyel ve esansiyel olmayanlar dâhil olmak üzere toplam 26 amino asit tanımlanmıştır. Ayrıca lavanta, kekik ve biberiye ballarında en baskın aminoasit fenilalanindir (Flanjak, Strelec, Kenjerić ve Primorac, 2016).

Prolin içeriği, farklı bal türleri arasında önemli ölçüde değişiklik göstermekte olup, balda bulunan toplam amino asit miktarının da bir göstergesidir. Ayrıca prolin, balın kalite değerlendirilmesinde ek bir belirleyici olarak kullanılabilmektedir. Bazı durumlarda olgunluk derecesinin tahmin edilmesi ve şeker tağşişinin tespiti için bir kriterdir (Meda, Lamien, Romito, Millogo ve Nacoulma, 2005). Balda bulunan bazı proteinler nektar ve polenden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle belirli bal türleri için karakteristik özellik gösterebilmektedir. Balda bulunan prolin hayvansal kökenlidir. Prolin miktarı, nektarın arının bal midesinde (kursak) geçirdiği süreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Flanjak ve diğerleri, 2016). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre çiçek ballarında prolin miktarının en az 300 mg/kg olması gerekmektedir (TGK, 2020).

2.2.7. Balda diastaz sayısı

Balda bulunan enzimlerin çoğunluğunu diastaz (α- ve β-amilaz), invertaz (α-glukozidaz), glikoz oksidaz, katalaz ve asit fosfataz oluşturmaktadır. Bu enzimler balda düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Diastaz enzimi balın besinsel ve tıbbi özelliklerinin artrılmasına katkı sağlamaktadır (Abdel Daim ve diğerleri, 2023; Huang ve diğerleri, 2019). Bu enzimler nektar, bal arılarının tükürük sıvıları ve hipofaringeal bez salgıları gibi farklı kaynaklardan gelmektedir (Sak-Bosnar ve Sakač, 2012). Diastaz aktivitesi genellikle Schade birimleri ile ifade edilmekte olup, çoğu zaman diastaz sayısı olarak adlandırılmaktadır (Abdel Daim ve diğerleri, 2023). Aynı zamanda bal kalitesinin değerlendirilmesinde diastaz aktivitesi kullanılan önemli bir parametredir (Pasias, Kiriakou ve Proestos, 2017; Huang ve diğerleri, 2019). Balın işleme sırasında aşırı ısıtılıp ısıtılmadığının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Abdel Daim ve diğerleri, 2023; Tosi ve diğerleri, 2008). Diastaz sayısı "100 gram balda bulunan amilaz enzimlerinin 38 ^{o}C ilâ 40 ^{o}C'da, 1 saat içerisinde ve deney koşullarında önceden belirlenen bitiş noktasına kadar parçaladığı nişasta miktarı" olarak tanımlanmaktadır (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2010). Diastaz sayısı ölçümleriyle balın tazeliği değerlendirilebilmektedir (Aypak, İnci, Bakırcı, Fidan ve Soysal, 2019). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre fırıncılık balı hariç ballarda diastaz sayısı en az 8 olmalıdır (TGK, 2020).

2.2.8. Balda Hidroksimetilfurfural miktarı

HMF ($C_6H_6O_3$), balda renksiz katı bir organik bileşiktir. Bal kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. HMF, bir furan halkası ile birlikte aldehit ve alkol fonksiyonel gruplarını içermektedir (Althaiban, 2024; Basumallick ve Rohrer, 2016). HMF, balda özellikle fruktoz olmak üzere heksozların asit katalizli dehidrasyonu sonucu oluşan siklik bir aldehittir (Godoy, Valderrama ve Boroski, 2022; Mouhoubi-Tafinine, Ouchemoukh, Bey, Louaileche ve Tamendjari, 2018). Taze balda HMF varlığı oldukça nadir ve beklenmeyen bir durumdur. Balın aşırı ışığa maruziyeti, kovan içerisindeki aşırı ısınma veya yüksek sıcaklık koşullarında uzun süreli depolanma gibi durumlarda HMF miktarlarının arttığı bildirilmiştir (Godoy ve diğerleri, 2022). Balda yüksek miktarda HMF tespiti, ürünün aşırı ısıya maruz kaldığını göstermekte ve tazeliğin kaybına işaret etmektedir (Mouhoubi-Tafinine ve diğerleri, 2018). Balın pH değeri, serbest asitliği, mineral içeriği, rengi, indirgen şeker miktarı, diastaz aktivitesi ve

nem içeriği gibi kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak HMF miktarlarında artış görülebilmektedir (Althaiban, 2024).

HMF, gıdalardan gastrointestinal sistemden emilir ve farklı türevlerine metabolize olduktan sonra idrar yoluyla vücuttan atılmaktadır (Shapla, Solayman, Alam, Khalil ve Gan, 2018). Mutajenik, genotoksik, organotoksik ve enzim inhibitörü gibi zararlı etkiler gösterebilmektedir (Aypak ve diğerleri, 2019; Shapla ve diğerleri, 2018). Aynı zamanda HMF vücuttan atılamayan genotoksik bir bileşik olan 5-sülfoksimetilfurfurale dönüşebilmektedir. Bununla birlikte HMF'nin antioksidan, anti-alerjik, anti-inflamatuvar, anti-hipoksik, anti-hiperürisemik etkilerle insan sağlığı üzerinde bazı faydalar gösterebildiği bildirilmektedir (Shapla ve diğerleri, 2018).

HMF'nin güvenli günlük alım düzeyinin 80-100 mg/kg vücut ağırlığı aralığında olduğu belirtilmektedir. Buna karşılık, HMF'nin uzun süreli ve yüksek dozda günlük tüketim karaciğer ve böbrek yetmezliği, diyabet ve çeşitli kanser türleri gibi ciddi hastalıklara yol açabilmektedir (Althaiban, 2024). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre ballarda HMF miktarı en fazla 40 mg/kg olmalıdır (TGK, 2020).

2.2.9. Uçucu bileşikler

Uçucu bileşikler, gıdaların aroma özelliklerinin temel belirleyicileridir. Bal, diğer makro ve mikro bileşenlerle birlikte kendine özgü aromasını oluşturan çok sayıda uçucu ve yarı uçucu bileşiğe sahiptir (Karabagias, Badeka ve Kontominas, 2020). Balın uçucu bileşenleri arasında farklı kimyasal ailelere ait çeşitli biyosentetik yollardan üretilen 600'den fazla bileşik tanımlanmıştır (Manyi-Loh, Ndip ve Clarke, 2011).

Uçucu maddeler balın kalitesini etkilemektedir. Aldehitler, ketonlar, esterler, alkoller, hidrokarbonlar ve kükürtlü bileşikler gibi uçucu bileşenler, bitkilerden veya nektardan kaynaklanabilmektedirler. Aynı zamanda bitki bileşiklerinin arılar tarafından dönüştürülmesi, balın işlenmesi ve depolanması aşamasındaki uygulamalar ile mikrobiyal ve çevresel kontaminasyon sonucunda da oluşabilmektedir (Kružík, Grégrová, Rajchl ve Čížková, 2017). Ayrıca depolama sırasında uçucu bileşiklerin oluşumu, balda bulunan kimyasal bileşiklerin parçalanma süreçleri sonucunda ortaya çıkan ikincil veya üçüncül

bileşiklerin oluşumuna yol açan farklı metabolik yollar aracılığıyla gerçekleşebilmektedir (da Silva ve diğerleri, 2020).

Baldaki uçucu organik bileşiklerin bileşimi hem nektar bileşiminden hem de çiçek kökeninden etkilenmektedir (Manyi-Loh ve diğerleri, 2011). Uçucu bileşiklerin kimyasal bileşimi, balın botanik kökeninin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu durum balın organoleptik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Machado, Miguel, Vilas-Boas ve Figueiredo, 2020). Gıda ürününün organoleptik kalitesinin ve orjinalliğinin değerlendirilmesinde aroma profili en belirleyici özelliklerden biridir (Cuevas-Glory, Pino, Santiago ve Sauri-Duch 2007; Machado ve diğerleri, 2020). Uçucu bileşikler aroma oluşumunun temel bileşenlerini oluşturmakta ve tat ile fiziksel özelliklerle birlikte ürünün lezzet profilinin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Machado ve diğerleri, 2020). Ancak bu bileşiklerin tamamı bal aromasına katkıda bulunmamaktadır. Bir uçucu bileşiğin aromaya katkıda bulunabilmesi için konsantrasyonunun algı eşiğini aşması gerekmektedir (Barra, Ponce-Díaz ve Venegas-Gallegos, 2010).

Bazı bal türleri tek bir karakteristik bileşik ile ayırt edilebilirken, bal çeşitlerinin büyük çoğunluğunda aroma bir grup bileşenin etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Örneğin, furfuril merkaptan, benzil alkol, δ-oktalakton, γ-dekalakton, öjenol, benzoik asit, izovalerik asit, feniletil alkol ve 2-metoksifenolün Brezilya kaju balının aromasının belirlenmesinde etkili uçucu bileşikler olduğu bildirilmiştir (Kaškonienė, Venskutonis ve Čeksterytė, 2008).

2.2.10. Organik asitler

Organik asitler, balın bileşiminde çok düşük miktarlarda (<%0,5) bulunmaktadır (Çobanoğlu, Akyıldız, Kızılpınar Temizer, Damarlı ve Çelik, 2023; Kawashima, Suto ve Suto, 2019; Mato, Huidobro, Simal-Lozano ve Sancho, 2003). Bu bileşenler organoleptik özellikler (renk ve aroma) ile pH, asitlik, elektrik iletkenliği gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerine önemli katkılarda bulunmaktadır (Mato ve diğerleri, 2003). Organik asitler aroma ve tat gibi duyusal özelliklerin korunmasına ve stabilitesine katkıda bulunmaktadır (Dos Santos ve diğerleri, 2022). Organik asitler antibakteriyel ve antioksidan aktiviteye sahiptirler. Bazı maddelerle birlikte fermantasyon göstergesi olarak kullanılabilmektedir (Mato, Huidobro, Simal-Lozano ve Sancho, 2006).

Organik asitler, balda aerobik ve anaerobik fermantasyon süreçleri sonucunda oluşmaktadır (Rahman, Hossain ve Barman, 2023). Balda asetik, sitrik, formik, glutarik, fumarik, süksinik, D-glukonik, oksalik, D-glukuronik, L-malik, propiyonik, D-kinik ve L-tartarik asit gibi birçok organik asit bulunmaktadır. Balda ağırlıklı olarak bulunan organik asit ise glukonik asittir. Bu nedenle, tüm bal türlerinde bulunmaktadır. Glukonik asit, balın olgunlaşma sürecinde, bal arıları tarafından sağlanan glukoz oksidaz enzimi aracılığıyla glikozdan sentezlenmektedir (Keke ve Cinkmanis, 2019).

Balda bulunan organik asitlerin, balların botanik ve coğrafi kökeninin belirlenmesinde potansiyel olarak yararlı göstergeler olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, Meşe (*Quercus* sp.) kökenli ballarda pirüvik asit konsantrasyonunun düşük, buna karşılık malik ve süksinik asit miktarlarının yüksek olduğu bildirilmiştir. Kekik (*Thymus* sp.) kökenli ballarda ise yüksek sitrik asit konsantrasyonlarının olası bir belirteç olabileceği ifade edilmektedir. Kestane (*Castanea sativa*) balında yüksek düzeyde formik asit bulunurken, okaliptüs (*Eucalyptus* spp.) balında formik asit düzeylerinin düşük olduğu bildirilmektedir (Sancho, Mato, Huidobro, Fernández-Muiño ve Pascual-Maté, 2012).

2.2.11. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerin sekonder metabolitlerinin geniş bir sınıfını oluşturan yapısal açıdan büyük çeşitlilik gösteren bileşiklerdir. Bunlar, fenolik asitler gibi basit yapılardan, birden fazla grubu içeren flavonoidler gibi polifenollere ve bu farklı sınıflara dayanan polimerik bileşiklere kadar uzanan bir yapı çeşitliliğine sahiptir (Cheynier, 2012). Aynı zamanda fenolik bileşikler ve flavonoidler, arıcılık ürünlerindeki başlıca antioksidan bileşenlerdir (Pontis, Costa, Silva ve Flach, 2014; Zawawi ve diğerleri, 2021). Flavonoidlerin antioksidan aktivitesi birçok durumda hidroksil gruplarının sayısı ve konumu, diğer yan grupların varlığı ve flavonoid moleküllerinin glikozilasyon durumu ile ilişkilidir. Flavonoid halkalarında belirli hidroksil gruplarının bulunması antioksidan aktiviteyi artırmaktadır (Da Silva ve diğerleri, 2016).

Fenolik bileşikler, fenol halkasına özgü bazı özelliklere sahiptir. Aynı zamanda, kendilerine özgü yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı özellikler de gösterebilmektedir. Bu özellikler gıda kalitesini etkileyebilmekte ve işleme süreçleri sırasında değişime uğrayabilmektedir. Fenolik hidroksil grubu, proton kaybetmeye eğilimlidir. Bunun

sonucunda kolaylıkla fenoksil radikaline oksitlenebilen bir fenolat iyonu oluşmaktadır. Oluşan bu radikal başka bir radikal ile eşleşme reaksiyonuna girebilmekte veya o-difenolik yapılar söz konusu olduğunda kendiliğinden o-kinona dönüşebilmektedir. O-kinonlar ise güçlü bir oksitleyici ve aynı zamanda elektrofilik özellik gösteren bileşiklerdir. Bu nedenle fenoller ve özellikle o-difenoller, reaktif oksijen türleri (ROS) gibi yüksek enerjili radikalleri yakalama veya indirgeme yetenekleri sayesinde antioksidan özellik göstermektedir (Cheynier, 2012).

Birçok araştırmacı baldaki fenolik bileşiklerin profilini incelemiştir. Bu çalışmalarda balda vanilik asit, kafeik asit, siringik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, kersetin, kemferol, mirisetin, pinobanksin, pinosembrin, krisin, ellajik asit, galangin, 3-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, 4-hidroksibenzoik asit, rosmarinik asit, gallik asit, hesperetin, benzoik asit ve diğer bazı fenolik bileşikler belirlenmiştir (Da Silva ve diğerleri, 2016).

Bal, arıların bitkilerden topladığı bir besin olduğu için fenolik bileşikler açısından zengindir (Kek, Chin, Yusof, Tan ve Chua, 2014). Bu nedenle balın en çok araştırılan bileşenleri arasındadır. Fenolik bileşikler, özellikle metallerle kompleks oluşturduklarında balın rengi ve antioksidan aktivitesine önemli katkı sağlamaktadır (Sant'Ana, Buarque Ferreira, Lorenzon, Berbara ve Castro, 2014). Genellikle koyu renkli ballar açık renkli ballara kıyasla daha yüksek miktarda fenolik bileşik ve mineral içermektedir (Kuś ve diğerleri, 2014; Sant'Ana ve diğerleri, 2014). Aynı zamanda balda bulunan fenolik bileşikler, proteinler ve şekerlerin, antioksidan özellik gösteren yüksek molekül ağırlıklı melanoidinler olarak bilinen çok çeşitli polimerleri oluşturabileceğini göstermektedir. Bu bileşikler ısıtma sırasında oluşabilmekte parçalanabilmekte veya yeniden düzenlenebilmektedir. Aynı zamanda fenolik bileşiklerle etkileşime girerek balın antioksidan aktivitesi üzerinde çeşitli etkiler oluşturabilmektedir (Sant'Ana ve diğerleri, 2014).

Balın biyolojik aktivitesi büyük ölçüde fenolik bileşik içeriğiyle ilişkilidir. Fenolik bileşikler, kimyasal yapıları gereği güçlü antioksidan özelliklerinin yanı sıra anti-inflamatuar, antiproliferatif ve antimikrobiyal etkiler sergileyen önemli biyoaktif gıda bileşenleridir (Alvarez-Suarez ve diğerleri, 2013).

Socha ve diğerleri (2011) tarafından Polonya'da farklı bal çeşitlerinde yapılan bir çalışmada, toplam fenolik içerik ile antioksidan aktivite arasında anlamlı ve doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Bu durumda balın antioksidan kapasitesinin büyük ölçüde toplam fenolik içeriğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

2.2.12. Balda toplam antioksidan kapasite

Canlı organizmalar, serbest radikaller ve diğer ROS'ları nötralize edebilmek amacıyla savunma sistemi ile donatılmıştır. Bu sistem; katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimlerin yanı sıra C ve E vitaminleri gibi bileşikleri içermektedir. Sağlıklı bir organizmanın en önemli belirteçlerinden biri, serbest radikaller ile antioksidan savunma sistemi arasındaki dengenin korunmasıdır (Pehlivan, Mohammed, Sevindik ve Akgul, 2018).

Serbest radikaller, metabolik faaliyetler sonucunda oluşan ve oksidatif özelliklere sahip bileşiklerdir. Bu bileşiklerin düzeyinin artması ciddi hücresel hasarlara yol açabilmektedir. Bu hasarların önlenebilmesi amacıyla antioksidan savunma sistemi devreye girerek oksidan bileşikleri baskılamaktadır. Ancak oksidan bileşiklerin miktarı, antioksidan savunma sisteminin kapasitesinin üzerine çıktığında ise oksidatif stres ortaya çıkmaktadır (Eraslan, 2023).

Oksidatif stres ve inflamasyon, diyabet, hipertansiyon, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli kronik hastalıklarda rol oynayan, birbiriyle yakından ilişkili biyolojik süreçlerdir. Oksidatif stres, inflamasyon sırasında makrofaj ve nötrofiller gibi bağışıklık hücreleri tarafından üretilen ROS'lar ile vücudun antioksidan savunma sistemi arasındaki denge bozulduğunda ortaya çıkmaktadır. Bu durum hücresel hasara yol açmaktadır. Yüksek miktarda ROS oluşumu proteinlere, lipitlere ve DNA'ya zarar vermektedir. Aynı zamanda bağışıklık yanıtını tetikleyerek inflamasyonu artırmaktadır (Morar ve diğerleri, 2025).

Antioksidanın temel özelliği biyolojik sistemlerde farklı kaynaklardan oluşan serbest radikalleri etkisiz hale getirme yeteneğine sahip olmasıdır. Bir substratın oksidasyonunu engelleyebilen veya geciktirebilen yüksek düzeyde antioksidan içeren gıdalar, sağlıklı bir beslenme seçeneği olarak görülmektedir (Moniruzzaman, Khalil, Sulaiman ve Gan, 2012).

Süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon peroksidaz, ROS'ların doğrudan uzaklaştırılmasında görev alan ve birincil enzimler olarak kabul edilen üç enzimdir. Bu enzimler, hidroksil radikali, süperoksit radikali, hidrojen peroksit, peroksil radikali, hidroperoksit ve tekil oksijen gibi reaktif oksijen türlerini metabolize etmektedir. Böylece toksik oksidatif ara ürünlerin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca glutatyon redüktaz, glukoz-6-fosfat dehidrogenaz ve glutatyon-S-transferaz gibi sekonder enzimler ROS'ların detoksifikasyonunda görev almaktadır. Bununla birlikte endojen metabolizma da zararlı maddelerin bir kaynağıdır. Stres, hastalıklar, alınan kimyasallar ve ilaçlar, pestisitler ve diğer gıda kirleticileri organizmaya hasara uğratabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı endojen antioksidanların en uygun şekilde çalışabilmesi amacıyla, başlıca kofaktör olarak görev yapan mikro besin öğeleri ve diğer fonksiyonel biyomoleküllerin yeterli düzeyde sağlanması önemlidir (Martins ve diğerleri, 2016).

Bal, doğal bir diyet antioksidanı olarak kabul edilmekte ve redoks özellikleri başlıca fenolik asitler, flavonoidler, vitaminler, enzimler ve eser miktarda bulunan minerallerden kaynaklanmaktadır (Chua ve diğerleri, 2013). Balın toplam fenolik içeriği, antioksidan aktivitesiyle güçlü bir şekilde ilişkilidir. Bu nedenle baldaki antioksidan aktivitelerini göstermek için güvenilir bir parametre olarak kullanılabilmektedir (Kek ve diğerleri, 2014).

Balın insan sağlığı üzerindeki en değerli etkilerinden biri antioksidan özelliğidir. Yapılan çalışmalar, balın antioksidan özelliğinin genellikle oksidatif stresle ilişkili kronik hastalıkların yönetilmesine yardımcı olduğunu göstermiştir. Baldaki antioksidan bileşikler kanser, bağışıklık sistemi ve bulaşıcı hastalıklarda olumlu etkiler gösterebilmektedir. Aynı zamanda yaşlanmanın önlenmesi ve kardiyovasküler sistem koruyucuları olarak görev yapabilmektedirler (Nicewicz, Nicewicz ve Pawłowska, 2021).

Balın bileşimi ve antioksidan özellikleri botanik ve coğrafi kökeni ile ilişkilendirilmektedir. (Jaśkiewicz, Szczęsna ve Jachuła, 2025). Birden fazla çiçek kaynağından elde edilen balların antioksidan kapasiteleri daha yüksektir (Piljac-Žegarac, Stipčević ve Belščak, 2009).

Stanojević ve diğerleri (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Balkanlardan elde edilen sertifikalı arıcılardan temin edilen dördü organik ve dördü konvansiyonel olmak

üzere toplam sekiz bal örneği analiz edilmiştir. İncelenen bal örnekleri botanik köken (ıhlamur, akasya, kestane ve çayır) ve coğrafi köken bakımından farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, organik bal örneklerinin hidroksisinnamik asit türevleri açısından daha zengin olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, toplam fenolik madde ve flavonoid içerikleri ile fenolik bileşik profili ve antioksidan özelliklerin, arıcılık yönteminden çok balın botanik kökenine bağlı olduğu belirtilmiştir.

Halagarda Groth, Popek, Rohn ve Pedan (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Polonya'dan temin edilen 11 organik ve 11 konvansiyonel bal örneklerinin antioksidan kapasitesi ile fenolik bileşen profilleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada örneklerin çoğunda apigenin, kafeik asit, galangin, krizin, pinosembrin, kersetin ve luteolin içeriklerinin yüksek olduğu, buna karşılık kemferol düzeylerinin düşük olduğu bildirilmiştir. Toplam antioksidan aktivite analiz sonuçlarında ise koyu renkli balların açık renkli ballara kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Oksidatif stres indeksi (OSI) ise oksidatif stres düzeyini gösteren bir parametre olup, toplam oksidan kapasitenin (TOS) toplam antioksidan kapasiteye (TAS) oranı olarak tanımlanmaktadır (Akyol, Selamoglu, Dogan, Akgul ve Unalan, 2015).

2.3. Organik Bal

Organik gıda üretiminin temelleri 19. yüzyılın sonlarında, geleneksel gıda üretim anlayışına karşı ortaya çıkan sosyal hareketlerle birlikte atılmıştır. Bu süreçte gıda üretim sistemi konvansiyonel ve alternatif olarak ikiye ayrılmıştır (Rosa, Soares, Junqueira, Rosa ve de Sousa Moreira, 2024).

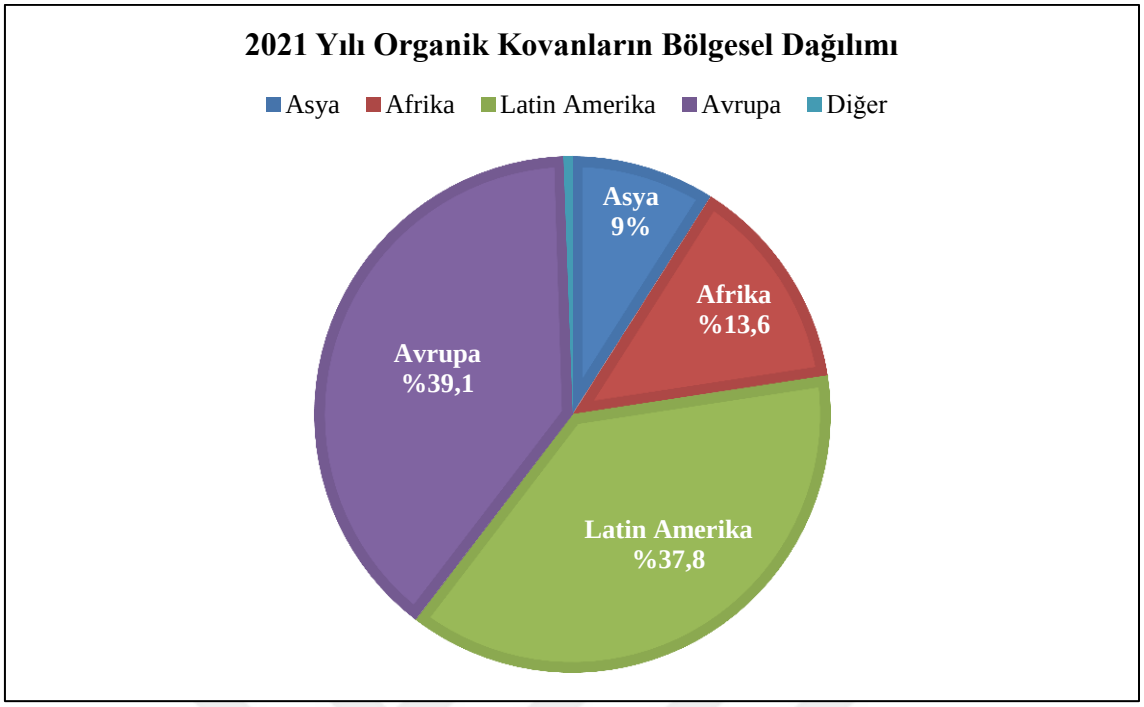
Organik tarım Kodeks Alimentarius'a göre "Biyoçeşitlilik, biyolojik döngüler ve toprak biyolojik aktivitesi dahil olmak üzere tarımsal ekosistem sağlığına destekleyen ve geliştiren bütünsel bir üretim yönetim sistemi" olarak tanımlanmaktadır (Food and Agriculture Organization [FAO], 2007). Son zamanlarda gelişen organik tarım ve ürün ticaretinde, ihracatçı ülkelerin yasal düzenlemeler, uluslararası ve bölgesel standartlara uyumu önemlidir (Emir ve Demiryürek, 2014). Avrupa Birliği (AB)'nin 1991 yılında aldığı karar doğrultusunda, AB ülkelerine organik ürün ihraç eden ülkelere kendi organik tarım standartlarını uygulama zorunluluğu getirilmiştir (Eryılmaz, Kılıç ve İsmet, 2019).

1991 yılında yürürlüğe giren 2092/91 sayılı “Avrupa Birliği Organik Tarım Yönetmeliği” esas alınarak organik tarım faaliyetleri uygulanmaya başlanmıştır (Durak Kılıçarslan, 2015). Sertifikalı organik gıda ve lif ürünleri, belgelenmiş standartlara göre üretilmiş ürünlerdir. Dünyada kendi üretim standartlarını ve sertifikasyon süreçlerini belirleyen yüzlerce organik sertifikasyon kuruluşu bulunmaktadır (Bourn ve Prescott, 2002). Organik tarımın esasları ve uygulanmasına ilişkin Yönetmelik’de “organik tarımın aşamaları kayıt altına alınıp izlenebilirlik temin edilir” ibaresi yer almaktadır. Türkiye’de Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik’de ürün etiketinde “organik” ibaresi yer alması, yetkilendirilmiş kuruluşun adı, logosu, kod numarası, ürün sertifika numarasının bulunması gerektiği belirtilmiştir. Aynı Yönetmelik'de, organik arı yetiştiriciliği kuralları belirtilmektedir. Bu kurallar arasında ırk seçimi, kolonilerin yenilenmesi, kapasite artırımı, organik arıcılığa geçiş ve veteriner tıbbi ürünlerin uygulanması da yer almaktadır (TGK, 2010). Bal arıları için, arıcıların bazı faaliyetleri AB düzenlemeleri tarafından yasaklanmıştır. Bu durumda, işleme, paketleme, aşırı ısıtma, bal üretimi sırasında arıları besleme, üretimden sonra farklı şekerler ve/veya şuruplar ekleme ve yanlış etiketleme gibi uygunsuz arıcılık uygulamalarıyla ilgili hileler de ortadan kaldırılmaktadır (Polak-Śliwińska ve Tańska, 2021).

2.3.1. Organik bal üretimi

Sağlıklı gıdalara yönelmenin etkisiyle organik bal üretimi önemli bir konu haline gelmiştir. Balın organik olarak kabul edilebilmesi için, arıların göç sürecide dahil olmak üzere, her türlü kimyasal kirlenmeden arındırılmış olması gerekmektedir. Bu süreçler arıcılar tarafından doğrudan kontrol edilmemekte ve son paketleme işlemine kadar kimyasal ürünlerle kirlenebilmektedir. Temel şart ise ürünün menşeinin ve üretim sürecinin kontrol edilebilmesidir (Rosa ve diğerleri, 2024).

2021 yılı verilerine göre dünya genelinde yaklaşık 2 073 000 organik arı kovanı bulunmakta olup bu değer, toplam küresel kovan varlığının yaklaşık %3’üne karşılık gelmektedir. Organik arı kovanlarının küresel coğrafi dağılımı Şekil 2.2.’de verilmiştir. En yüksek organik kovan varlığına sahip ülkeler sırasıyla Brezilya, Zambiya ve Meksika’dır (Willer, Trávníček ve Schlatter, 2024).



Şekil 2.2. 2021 Yılı organik kovanların dünya çapında bölgesel dağılımı (Willer ve diğerleri, 2024)

Organik arıcılığa yeni başlayan üreticiler için başlıca zorluklardan biri, organik arıcılık uygulamaları ve sertifikasyon süreci hakkında yeterli bilgiye erişimde yaşanan yetersizlikler nedeniyle dönüşüm sürecidir. Aynı zamanda, yüksek kaliteli organik bal üretimi, Varroa parazitinin organik yöntemlerle etkin şekilde kontrol edilmesi, organik arıcıların karşılaştığı sorunlar arasında yer almaktadır (Willer ve diğerleri, 2024).

Türkiye iklimi, ekolojik koşulları, arılı kovan varlığı ve bitki örtüsü ile arıcılık potansiyeline sahip bir ülkedir (Gül, Şahinler, Akyol ve Şahin, 2005; Yalçın ve Büyükbay, 2014; Sıralı, 2018). Ülkemizde organik arıcılık faaliyetlerinin başlangıcı 2003 yılıdır (İvi Yalçın ve Oruç Büyükbay, 2014). Türkiye'de organik bal üretimi, 2004 yılında 159 işletmede (çifçi) 737,26 iken, 2024 döneminde üretim 386 işletmede 860,777 tondur. Organik bal, 2004 yılında İzmir ili ve 2024 yılında ise Van ilinde en yüksek miktarda üretilmiştir (TOB, 2024).

Türkiye'de organik tarım büyük ölçüde ihracata yönelik olarak gelişim göstermiştir. Bununla birlikte arı ürünleri dışında kalan organik hayvansal ürünlerin ihracat potansiyeli oldukça sınırlıdır. İç piyasada ise tüketici bilincinin ve satın alma gücünün yeterli düzeyde olmaması talebi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle iç pazardaki talep yetersizliği, bal

dışındaki organik hayvansal ürünlerin üretim ve tüketim miktarlarının düşük seviyede kalmasına yol açmaktadır (Merdan ve Kaya, 2013).

Organik arıcılığın sürdürülebilir şekilde geliştirilebilmesi için çeşitli stratejilerin değerlendirilmesi önemlidir. Ancak organik arıcılığın, geleneksel arıcılığa göre uygulama açısından daha sınırlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla geleneksel üretime zarar vermeden çeşitli stratejilerin güçlendirilmesi önem taşımaktadır. Organik arıcılık için uygun üretim bölgeleri oluşturarak bazı organik üretim bölgelerinin koloni yetersizliğine bağlı olarak üretkenlik kaybı önlenebilecektir. Organik üretime yönelmek isteyen deneyimli üreticilerin desteklenmesi ve mevcut desteklerin artırılması da sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bunun yanında üreticilerin organik arıcılık uygulamaları konusunda eğitilmesi, kayıt tutma, belgelendirme ve koloni bakımı gibi süreçlerin doğru yürütülmesini sağlayacaktır. Türkiye'de bal üretim maliyetlerinin yüksek olması, ürünün daha çok iç piyasada değerlendirilmesine neden olmaktadır. Organik üretimdeki yüksek maliyetler de pazarı olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle etkin bir pazar ağının kurulması, belirsizliklerin azaltılmasına ve üretimin sürekliliğine katkı sağlayacaktır. Organik arıcılığın tanıtımında görsel ve elektronik iletişim araçlarından yararlanılması da üreticinin emeğinin karşılığını elde etmesini aynı zamanda tüketicininin sertifikalı ürüne ulaşmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca üretici birlikleri ve kooperatifler aracılığıyla örgütlenmenin güçlendirilmesi hem pazarlama hem de girdi temini açısından üreticilere katkı sağlayacabilecektir (Demir, Sandalcıoğlu ve Erkan, 2023).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Bal örneklerinin temini ve muhafazası

Bu çalışmada, Türkiye genelinde üretilen ve tüketime sunulan organik ve konvansiyonel çiçek balları analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan bal örnekleri tüketiciye yönelik ambalajlı formda satışa sunulan organik ve konvansiyonel üretim yapan dört farklı firmadan (A, B, C, D) temin edilmiştir. A, B ve C firmalarından her biri için 12 organik ve 12 konvansiyonel olmak üzere toplam 24'er örnek alınmıştır. D firmasından ise 10 organik ve 10 konvansiyonel örnek sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında 4 firmadan 46 organik (A_1, B_1, C_1, D_1) ve 46 konvansiyonel (A_2, B_2, C_2, D_2) bal olmak üzere toplam 92 örnek analizlerde kullanılmıştır. Organik olarak sınıflandırılan bal örnekleri organik tarım sertifikasına sahiptir. Örnekler, analize alınana kadar oda sıcaklığında, ışıktan korunacak şekilde ve ağzı kapalı muhafaza edilmiştir.

3.1.2. Kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Bal örneklerinin TAS, TOS, toplam fenolik madde, prolin değeri, diastaz sayısı, HMF, pH değeri, elektrik iletkenliği, renk, %briks ve nem analizlerinde kullanılan cihaz ve ekipmanlara ait bilgiler çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Analizlerde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Cihaz/Ekipman	Marka
Hassas terazi	(Shimadzu AW 320, Filipinler)
pH metre	(Hanna/HI98130, Romanya)
İletkenlik ölçer	(Hanna/HI98130, Romanya)
Manyetik karıştırıcı	(Ika Turrax T20 Basic, Almanya)
Sıcak su banyosu	(Memmert, Almanya)
Vorteks	(Firlabo, Fransa)
Spektrofotometre	(Persee/T6U, Çin)
Refraktometre	(Milwaukee/MA871, Amerika Birleşik Devletleri)

Çizelge 3.1. Analizlerde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Cihaz/Ekipman	Marka
Distile su cihazı	(Şimşek Labor Teknik SS 200, Türkiye)
Buzdolabı	(Arçelik)
Genel laboratuvar malzemeleri	
*Santrifüj tüpleri	
*Balonjoje	
*Mikropipetler	
*Makropipetler	
*Diğer sarf malzemeler	

3.2. Yöntem

3.2.1. Toplam antioksidan kapasite (TAS), total oksidan kapasite (TOS)

TAS ve TOS düzeyleri, ticari olarak temin edilen kitler (Rel Assay, Türkiye) kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemde TAS, kararlı bir ABTS (2,2′-Azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) radikal katyonunun karakteristik renginin antioksidanlar tarafından giderilmesine dayanmaktadır. Sonuçlar, mmol Trolox eşdeğeri/L olarak ifade edilmiştir (Ağagündüz, Ağbal, Sarikaya, Sağit ve Şahin, 2025; Erel, 2004; Herken, Erel, Guzel, Celik ve Ibanoglu, 2009). TOS ise, örnekte bulunan oksidanlar, demir (II)-o-dianisidin kompleksini demir (III) iyonuna oksitlemiştir. Oksidasyon tepkimesi, reaksiyon ortamında bol miktarda bulunan gliserol molekülleriyle artırılmıştır. Oluşan demir (III) iyonu, asidik ortamda ksileno turuncusu ile renkli bir kompleks oluşturmuştur. Spektrofotometrik olarak ölçülebilen bu renk yoğunluğu, örnekteki toplam oksidan miktarıyla doğru orantılıdır. Sonuçlar mikromolar hidrojen peroksit eşdeğeri cinsinden (μmol H_2O_2 eşdeğeri/L) ifade edilmiştir (Erel, 2005; Herken ve diğerleri, 2009). 0,1 g bal örneği tartılarak mikrotüpe aktarılmıştır. Üzerine 900 μl 500 mmol, pH 7,40 fosfat tamponu eklenerek homojen olana kadar 30 saniye süresince vortekslenmiştir. Daha sonra 10.000 rpm'de +4°C'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Tüpün üst kısmında oluşan sıvı kısım alınarak ve kolorimetrik yöntemle ölçülmüştür.

3.2.2. Oksidatif stres indeksi (OSI)

TOS değerinin TAS değerine oranı oksidatif stres indeksi (OSI) olarak adlandırılmaktadır. OSI değerini hesaplamak için, TAS'ın elde edilen birimi μmol/L'ye dönüştürülmüş ve sonuçları "arbitrary unit" (AU) olarak ifade edilerek OSI değeri hesaplanmıştır (Ağagündüz, 2020).

$$\mathrm{OSI(AU)} = \frac{\mathrm{TOS\ (\mu mol\ H_2O_2\ eşdeğeri/L)}}{\mathrm{TAS\ (mmol\ Trolox\ eşdeğeri/L)}} \qquad (3.1)$$

3.2.3. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde tayini, Folin–Ciocalteu yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Herken, Erel, Guzel, Celik ve Ibanoglu, 2009; Skerget ve diğerleri, 2005; Spanos ve Wrolstad, 1990). Bu amaçla, 0,1 g bal örneği mikrosantrifüj tüpüne tartılarak aktarılmış ve üzerine 900 µL 500 mM, pH 7,40 fosfat tamponu (PBS) ilave edilmiştir. Örnek, tamamen homojen hale gelene kadar 30 saniye boyunca vortekslenmiş ve ardından +4 °C'de, 10.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında tüpün üst kısmında oluşan sıvı faz (süpernatan) alınarak analizlerde kullanılmıştır.

Analiz için süpernatanttan 50 µL alınarak üzerine 200 µL Folin–Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Örnek vortekslendikten sonra, 400 µL %10'luk sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilerek vortekslenmiştir. Reaksiyon karışımı karanlık ortamda oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiş ve ardından absorbans değerleri 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür. Toplam fenolik madde miktarı, gallik asit standart eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg GAE/100 g bal cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4. Prolin

Bal örneklerinde prolin düzeyi, ticari olarak temin edilen kitler kullanılarak ölçülmüştür. Yöntem, Uluslararası Arı Ürünleri Komisyonu (IHC, 2009) tarafından önerilen spektrofotometrik yöntemlere dayanmaktadır (IHC, 2009).

Bal örneğinden 5 g tartılarak üzerine bir miktar distile su eklenmiş ve karıştırılarak homojen hale getirilmiş ve ardından hacmi 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözelti prolin düzeyi ölçümü için kullanılmıştır. Kitin içinde verilen standart çözeltiden 0,5 mL alınarak tüpüne aktarılmış ve 9,5 mL distile su eklenerek ve karıştırılmıştır. Ölçümde bu çalışma standartı kullanılmıştır.

Sıcaklığa dayanıklı, kapaklı deney tüplerinden birincisi şahit, ikincisi standart ve diğer tüpler de örnekler olarak işaretlenmiştir. Deney tüplerine 1,5 mL prolin ölçüm kit reaktifi eklenmiştir. Şahit tüpe 0,1 mL saf su; standart işaretli tüpe 0,1 mL hazırlanan çalışma standartı ve örnek tüpüne hazırlanan bal çözeltisinden 0,1 mL eklenmiştir. Tüplerin ağzı kapatılıp, karıştırılmış ve kaynamakta olan suda 10 dk bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkartılarak soğuk su ile soğutulmuş ve spektrofotometre okuma küvetine aktarılmıştır. Absorbansları spektrofotometrede 514 nm'de okutulmuş ve hesaplama yapılmıştır.

$$\text{Bal prolin düzeyi (mg prolin/kg bal)} = \frac{\text{Net örnek tüp abs.}}{\text{Net standart tüp abs.}} \text{ x Çarpım katsayısı} \qquad (3.2)$$

Net örnek tüp abs. = Bal çözeltisi tüpünün absorbansı- Şahit tüpünün absorbansı
Net standart tüp abs. = Standart çözeltisi tüpünün absorbansı- Şahit tüpünün absorbansı
Çarpım Katsayısı = 640
Çarpım Katsayısı: [Çalışma standardı konsantrasyonu (32 mg/L) ve (kg/kullanılan bal ağırlığı (50 g/L)] oranı kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.5. Diastaz aktivitesi

Diastaz aktivitesi bir çözeltide balın enzimatik etkisini test ederek belirlenmektedir. Diastaz nişastayı parçalayan bir enzimi içerdiği için, nişastanın parçalanma süresi ölçülmektedir. Çalışmada diastaz aktivitesi tayini ticari kitler kullanılarak, Uluslararası Bal Komisyonu'nun harmonize analiz yöntemlerine ve TSE Bal-diastaz aktivitesi tayinine uygun şekilde belirlenmiştir (IHC, 2009; TSE [2008c]).

Bal örneğinden 5 g tartılarak üzerine 7,5 mL distile su eklenmiş ve karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 2,5 mL tampon çözeltisinden eklenerek tekrar karıştırılmış ve 5 dakika sonra üzerine tuz çözeltisinden 1,5 mL eklenmiş ve karıştırılmıştır. Bu karışımın hacmi distile su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu bal çözeltisi ve substrat çözeltisi sıcaklığı 40

dereceye yükseltmek için sıcak inkübatöre alınmıştır. Bal çözeltisinden 1 mL alınarak tüpe aktarılmış ve üzerine 0,5 mL substrat çözeltisi eklenerek 40 derecede inkübasyona bırakılmıştır. Ayrı bir tüpe 1 mL su ve 0,25 mL sarı renkli iyot çözeltisi alınmıştır. Bu çözeltiye inkübasyondaki bal-substrat karışımından, inkübasyon başlangıcından itibaren 5 dakika sonra 25 µL eklenmiştir. Bu işlem her 5 dakikada bir gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometre rengin absorbansı 660 nm'de okunmuştur. 40 °C inkübasyondaki bal substrat karışımı tüpünden ardışık 5 dakika aralıklarla alınan örneğin sulu iyot çözeltisi ile reaksiyonunun 660 nm'deki absorbansı ardışık olarak düşmüştür. Bu absorbansın 0,235 değerine düştüğü inkübasyon süresi dakika olarak diastaz sayısı hesaplanmasında kullanılmıştır.

$$\text{Diastaz sayısı} = \frac{300}{\text{t (0,235 Absorbans okuma süresi)}} \tag{3.3}$$

3.2.6. Hidroksimetilfurfural (HMF) analizi

Ballarda HMF analizi White (1979) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yönteme göre gerçekleştirilmiştir (Official Methods of Analysis of AOAC International [AOAC], 2005).

Reaktifler; Carrez I, Carrez II ve Sodyum bisülfit çözeltisi kullanılmıştır. Carrez I çözeltisi, 15 g potasyum hekzasiyanoferrat (II) $K_3[Fe(CN)_6]$ distile suda çözdürülerek ve 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Carrez II çözeltisi, 30 g Çinko asetat $[Zn(CH_3CO_2)_2 \cdot 2H_2O]$ distile suda çözdürülerek ve 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Sodyum bisülfit çözeltisi, 0,20 g katı Sodyum bisülfit ($NaHSO_3$) distile suda çözdürülerek ve 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Çözelti her gün taze olarak hazırlanmıştır.

Bal çözeltisi için; 5 g bal 50 mL'lik tüpe tartılıp üzerine 25 ml distile su eklenmiştir. Pipet yardımıyla bal çözeltisinin üzerine 0,5 mL Carrez I ve 0,5 mL Carrez II çözeltileri eklenerek proteinlerin çöktürülmesi sağlanmıştır. Çözelti distile su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır ve 20 saniye vortekslenerek homojenleştirilmiştir. Çözelti kaba filtre kağıdından geçirilmiştir ve ilk 10 mL'si atılmıştır. Ardından 5 ml filtrat 2 test tüpüne alınmıştır. Referans olarak 5 ml sodyum bisülfit çözeltisi ve diğer tüpe 5 ml distile su eklenmiştir ve vortekslenmiştir. Absorbanslar 10 mm optik yollu kuvars küvet kullanılarak spektrofotometrede 284 nm'de ve ardından 336 nm'de okunmuştur. Sonuçlar formüle yerleştirilerek hesaplanmıştır.

$$\text{HMF (mg/kg)} = \frac{(\text{A284} - \text{A336}) x 149{,}7 x 5}{\text{M}} \quad (3.4)$$

A284 = 284 nm'de okunan absorbans

A336 = 336 nm'de okunan absorbans

M = Bal örneğinin gram cinsinden ağırlığı

3.2.7. pH analizi

Bal örneklerinin pH analizleri, Hanna HI 98130 dijital pH/EC/TDS ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir (TSE, 2008a). Bu amaçla, 10 g bal örneği 75 mL distile suda çözülerek analizde kullanılacak çözelti hazırlanmıştır. Elde edilen çözeltiler, manyetik karıştırıcı kullanılarak homojenize edilmiş ve ölçümler oda sıcaklığında, her örnek için iki tekrar halinde yapılmıştır. Cihaz, her örnek serisinin ölçümüne başlamadan önce üretici firma tarafından önerilen tampon çözeltiler ile kalibre edilmiştir (Raweh, Badjah-Hadj-Ahmed, Iqbal ve Alqarni, 2023; Williams, Jeffrey, Barminas ve Toma 2009).

3.2.8. Elektrik iletkenliği

Bal örneklerinin elektrik iletkenliği analizi, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Bal - Elektrik İletkenliği Tayini Standardı (2008b) esas alınarak, Hanna HI 98130 dijital pH/EC/TDS ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 20 g bal örneği 100 mL distile suda çözdürülerek analizde kullanılmıştır. Ölçümler her örnek için iki tekrar halinde yapılmıştır. Cihaz, her örnek serisinin ölçümüne başlamadan önce üretici firma tarafından önerilen tampon çözeltiler ile kalibre edilmiştir.

3.2.9. Renk

Bal örneklerinin renk analizleri, Paula ve diğerleri (2024) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yönteme göre belirlenmiştir. 50 mL'lik falcon tüpünde, 5 g bal örneği tartılmıştır ve 10 mL suda çözdürülmüştür. Hazırlanan çözelti 2 yollu optik kuartz küvete yerleştirilmiştir. Şahit çözelti olarak distile su kullanılarak absorbans spektrofotometrede 635 nm'de okunmuştur. Balın rengini Çizelge 3.2'de verilen mm Pfund ölçeğinde belirlemek için absorbans değeri aşağıdaki denklem kullanılarak dönüştürülmüştür (White, 1984).

mm Pfund: Pfund skalasında balın renk şiddeti

A: Bal çözeltisinin absorbans değeri

$mm\ Pfund = -38.70 + 371.39 \times A$

Çizelge 3.2. USDA Renk standart tanımı ve renk aralığı Pfund skalası

USDA Renk Standart Tanımı	Renk Aralığı Pfund Skalası (mm)
Su beyazı	≤8
Ekstra beyaz	>8 ve ≤17
Beyaz	>17 ve ≤34
Ekstra açık amber	>34 ve ≤50
Açık amber	>50 ve ≤85
Amber	>85 ve ≤114
Koyu amber	>114

3.2.10. %Briks

Bal örneklerindeki suda çözünür kuru madde (%briks) analizleri dijital refraktometre (Milwaukee MA871 Dijital Refraktometre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler 20°C'de %'de kuru madde miktarı olarak ölçülmüştür. Bal örnekleri, refraktometrenin prizma bölümüne damlatılmış ve cihazın ekranında doğrudan %briks değeri okunmuştur. Ölçüm sırasında ortam sıcaklığına, cihazın direkt olarak yapay ve doğal ışık almamasına dikkat edildi. Her bir örnekten 3 tekrar olacak şekilde ölçüm alınmış ve sonuçlar ortalama olarak rapor edilmiştir (Castillo Martínez ve diğerleri, 2022).

3.2.11. Nem değeri

Bal örneklerinin nem değerleri refraktometrik indeks kullanılarak hesaplanmıştır (Mahmoud, Owayss, Iqbal ve Raweh, 2023).

3.2.12. İstatistiksel analizler

Balların analizleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS programı (IBM SPSS Statistics Version 31) kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş olup normal dağılım olan parametrelerde gruplar arası farkın değerlendirilmesinde independent samples t-test (bağımsız örneklem t testi) ve one-way anova (tek yönlü varyans analizi) kullanılmıştır. One-way anova sonucunda farkın kaynağını belirlemek amacıyla Tukey testi uygulanmıştır. Verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda ise non-parametrik testlerden Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis testleri gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır (Daniel, 1991:5). Bal örneklerinde yapılan analizlerin sonuçları ile ilgili grafikler Microsoft Excel (Sürüm 16.101.2) bilgisayar programında hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmada, Türkiye'de satışa sunulan dört farklı firmaya (A_1, B_1, C_1, D_1) ait konvansiyonel bal ve dört firmaya (A_2, B_2, C_2, D_2) ait organik bal olmak üzere toplam 92 adet gıda örneğinde TAS, TOS, OSI, toplam fenolik madde, prolin değeri, diastaz sayısı, HMF, pH değeri, elektrik iletkenliği, renk, %briks ve nem araştırılmıştır. Çalışmada, bal örneklerine ait TAS değerleri Çizelge 4.1'de, TOS değerleri Çizelge 4.2'de, OSI değerleri Çizelge 4.3'te, toplam fenolik madde değerleri Çizelge 4.4'te prolin değerleri Çizelge 4.5'te, diastaz sayısı Çizelge 4.6'da, HMF değerleri Çizelge 4.7'de, pH değerleri Çizelge 4.8'de, elektrik iletkenliği değerleri Çizelge 4.9'da, renk dağılımı Çizelge 4.10'da, %Briks değerleri Çizelge 4.11'de, nem değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Ballarda firmalar arası karşılaştırmanın yapıldığı TAS değerleri Şekil 4.1'de, TOS değerleri Şekil 4.2'de, OSI değerleri Şekil 4.3'te, toplam fenolik madde değerleri Şekil 4.4'te prolin değerleri Şekil 4.5'te, diastaz sayısı Şekil 4.6'da, HMF değerleri Şekil 4.7'de, pH değerleri Şekil 4.8'de, elektrik iletkenliği değerleri Şekil 4.9'da, %Briks değerleri Şekil 4.10'de, nem değerleri Şekil 4.11'de verilmiştir.

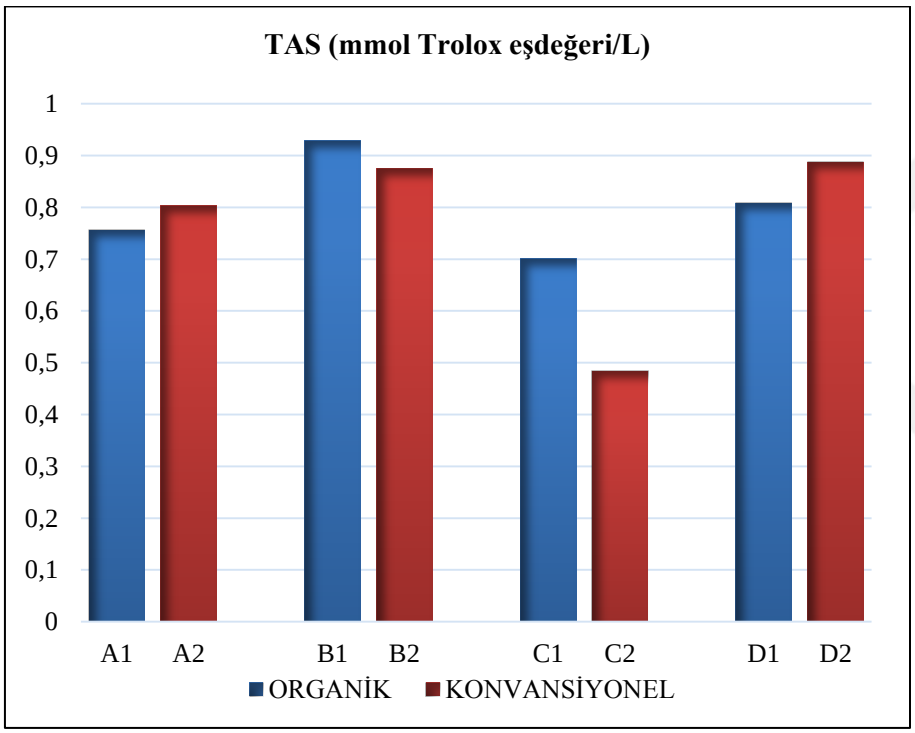
Organik bal örneklerinin renkleri Resim 4.1'de, konvansiyonel bal örneklerinin renkleri Resim 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bal örneklerine ait TAS değerleri

TAS (mmol Trolox eşdeğeri/L)					
Organik			**Konvansiyonel**		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	$0,76\pm0,02^{b}$	0,62-0,96	A_2	$0,80\pm0,040^{a}$	0,45-1,22
B_1	$0,93\pm0,02^{aA}$	0,74-1,16	B_2	$0,88\pm0,02^{aB}$	0,75-1,02
C_1	$0,70\pm0,03^{bA}$	0,44-1,08	C_2	$0,48\pm0,02^{bB}$	0,33-0,71
D_1	$0,81\pm0,04^{ab}$	0,50-1,05	D_2	$0,89\pm0,03^{a}$	0,65-1,12

$^{a-b}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin TAS değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Organik bal örneklerinin TAS değerlerinin konvansiyonel örneklere kıyasla genel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama TAS değerleri 0,70-0,93 mmol Trolox eşdeğeri/L aralığında değişirken, konvansiyonel bal örneklerinde bu değerler 0,48-0,89 mmol Trolox eşdeğeri/L aralığında bulunmuştur. En yüksek TAS değeri konvansiyonel B firmasında, en düşük değer ise konvansiyonel C firmasında saptanmıştır.



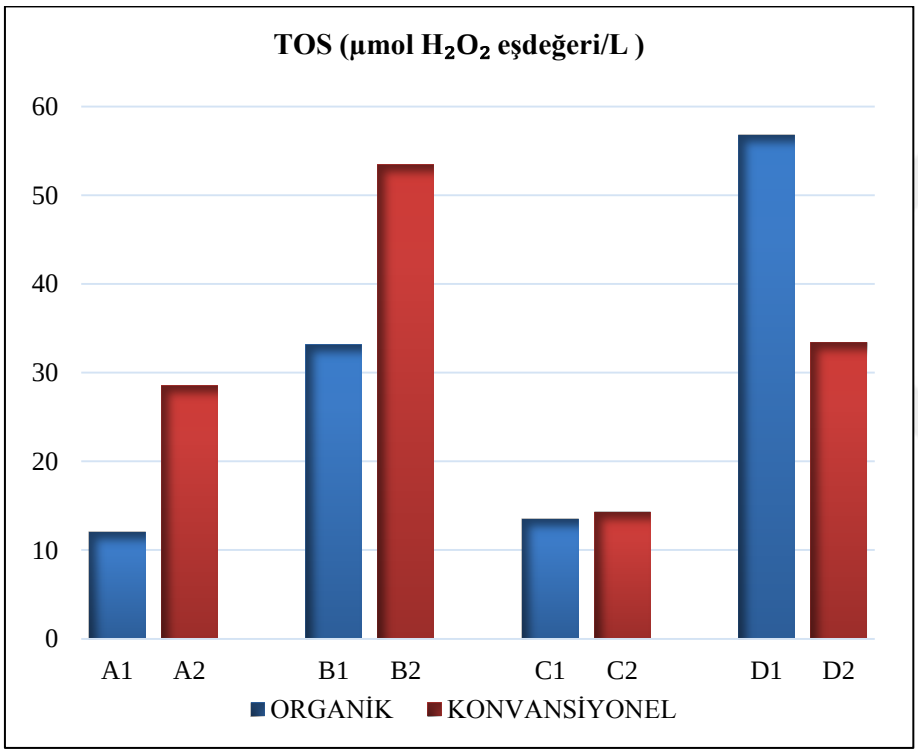
Şekil 4.1. Bal örneklerine ait ortalama TAS değerleri

Çizelge 4.2. Bal örneklerine ait TOS değerleri

TOS ($\mu mol\ H_2O_2$ eşdeğeri/L)					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	$12,03\pm1,71^{bB}$	5,62-28,63	A_2	$28,57\pm2,13^{aA}$	11,87-57,20
B_1	$33,12\pm2,23^{aB}$	20,70-63,21	B_2	$53,43\pm3,24^{aA}$	20,93-80,76
C_1	$13,48\pm3,10^{bB}$	5,32-62,07	C_2	$14,26\pm0,62^{bA}$	9,33-21,04
D_1	$56,76\pm5,33^{aA}$	5,55-86,00	D_2	$33,38\pm1,77^{aB}$	26,69-44,21

$^{a-b}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin TOS değerleri Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. Organik bal firmalarının ortalama TOS değerlerinin 12,03-56,76 µmol H_2O_2 eşdeğeri/L, konvansiyonel bal örneklerinde ise 14,26-53,43 µmol H_2O_2 eşdeğeri/L aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek TOS değeri organik D firmasında, en düşük değer ise organik C firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum–maksimum değer aralıklarının daha geniş olması, bu grupta oksidatif stres düzeyinin daha heterojen dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.



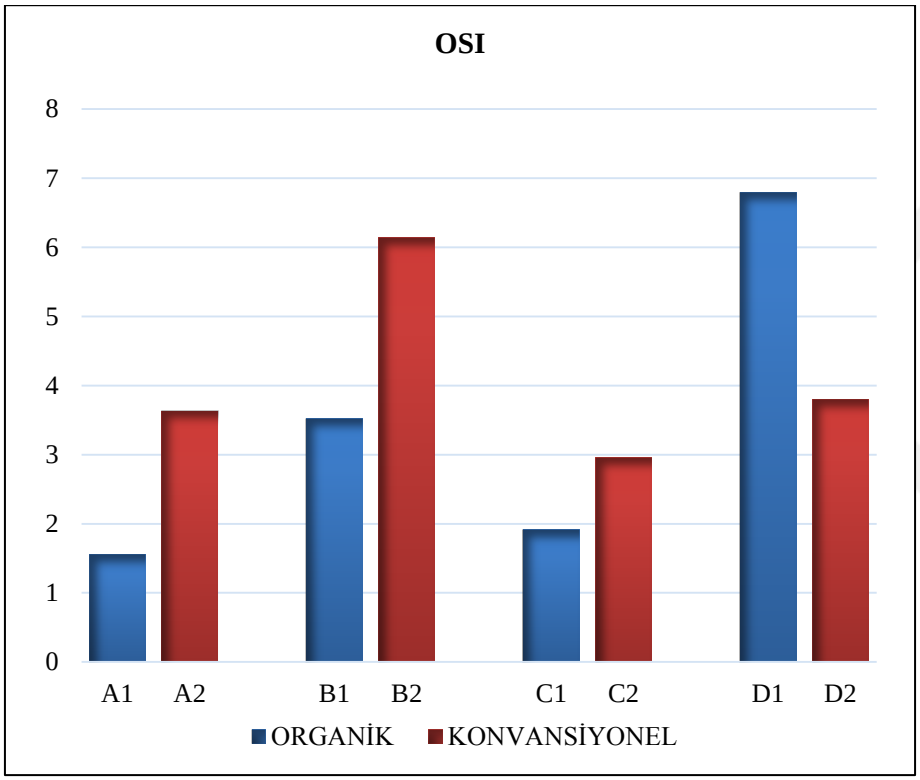
Şekil 4.2. Bal örneklerine ait ortalama TOS değerleri

Çizelge 4.3. Bal örneklerine ait OSI değerleri

OSI					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum	Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum
A_1	1,55±0,20^{bB}	0,60-3,98	A_2	3,63±0,25^{bcA}	1,87-6,89
B_1	3,52±0,18^{aB}	2,58-5,95	B_2	6,14±0,39^{aA}	2,49-9,66
C_1	1,91±0,37^{bB}	0,67-7,01	C_2	2,96±0,08^{cA}	2,14-3,71
D_1	6,79±0,56^{aA}	1,05-9,24	D_2	3,80±0,13^{bB}	2,81-4,75

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin OSI değerleri Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama OSI değerlerinin 1,55-6,79, konvansiyonel bal örneklerinde ise 2,96-6,14 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek OSI değeri konvansiyonel B firmasında, en düşük değer ise organik A firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının daha geniş olması, bu grupta oksidatif stres düzeyinin daha heterojen dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.



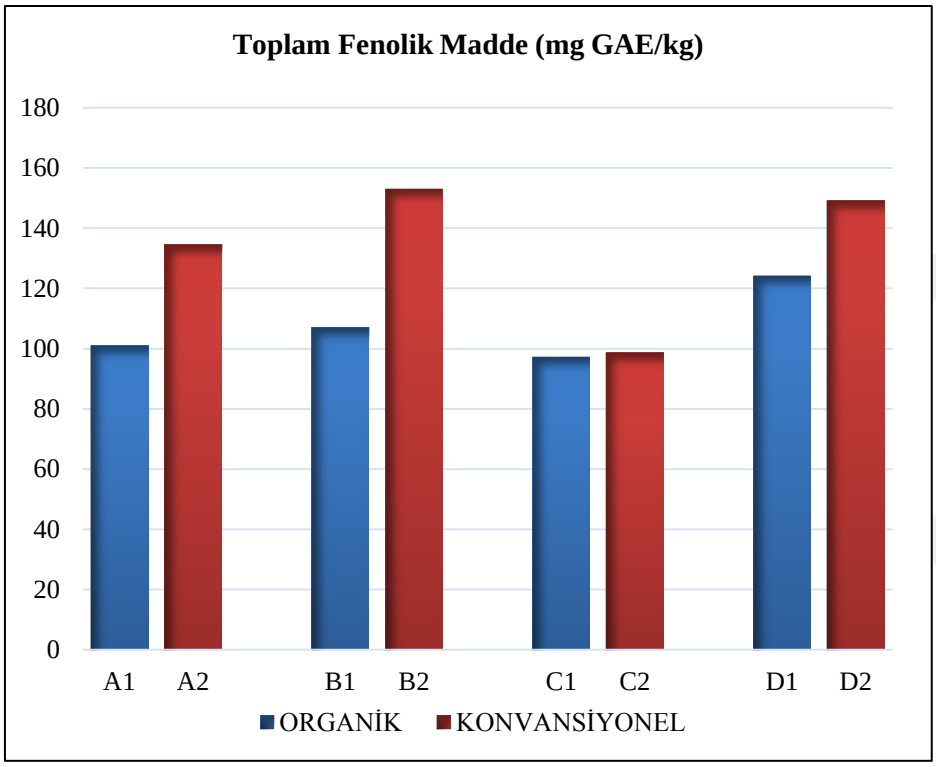
Şekil 4.3. Bal örneklerine ait ortalama OSI değerleri

Çizelge 4.4. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde değerleri

Toplam Fenolik Madde (mg GAE/kg)					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum	Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum
A_1	101,03±4,68^{bB}	87,52-142,29	A_2	134,51±6,50^{aA}	89,90-162,76
B_1	106,93±4,10^{abB}	80,38-131,81	B_2	153,00±6,51^{aA}	107,52-193,24
C_1	97,17±4,06^{b}	78,95-128,95	C_2	98,60±5,84^{b}	81,81-144,19
D_1	124,14±4,73^{aB}	103,71-154,19	D_2	149,09±8,00^{aA}	113,71-195,14

$^{a-b}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin toplam fenolik madde değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Organik bal örneklerinde toplam fenolik madde değerlerinin 97,17-124,14 mg GAE/kg, konvansiyonel bal örneklerinde ise 98,60-153,00 mg GAE/kg aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek fenolik madde değeri konvansiyonel D firmasında, en düşük değer ise organik C firmasında saptanmıştır.



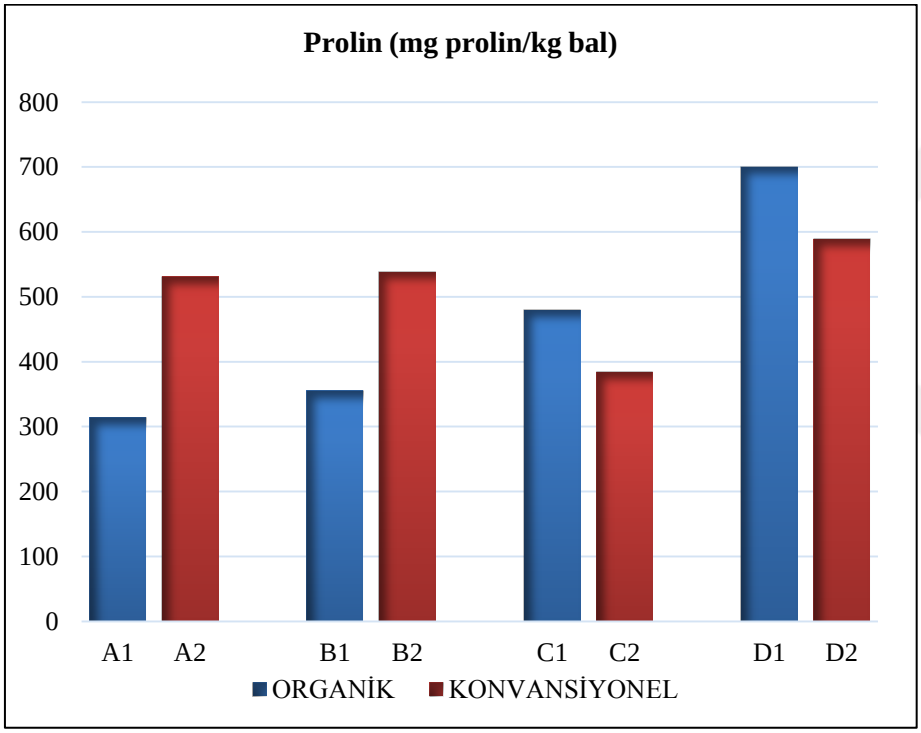
Şekil 4.4. Bal örneklerine ait ortalama toplam fenolik madde değerleri

Çizelge 4.5. Bal örneklerine ait prolin değerleri

Prolin (mg prolin/kg bal)					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum	Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum
A_1	314,27±16,03^{cB}	248,22-424,67	A_2	531,09±51,76^{bA}	254,21-924,11
B_1	355,89±23,66^{cB}	248,22-529,35	B_2	538,07±27,26^{abA}	397,76-645,98
C_1	479,50±26,05^{bA}	275,14-634,02	C_2	384,05±9,85^{abB}	337,94-442,62
D_1	699,81±47,47^{a}	553,27-1052,71	D_2	589,16±62,72^{a}	197,38-939,07

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin prolin değerleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Organik bal örneklerinde prolin değerlerinin 314,27-699,81 mg/kg, konvansiyonel bal örneklerinde ise 384,05-589,16 mg/kg aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek prolin değeri organik D_1 firmasında, en düşük değer ise organik A_1 firmasında saptanmıştır. Organik ve konvansiyonel örnekler karşılaştırıldığında, organik bal örneklerinin özellikle D_1 örneklerinde oldukça yüksek prolin içeriğine sahip olduğu dikkat çekmektedir.



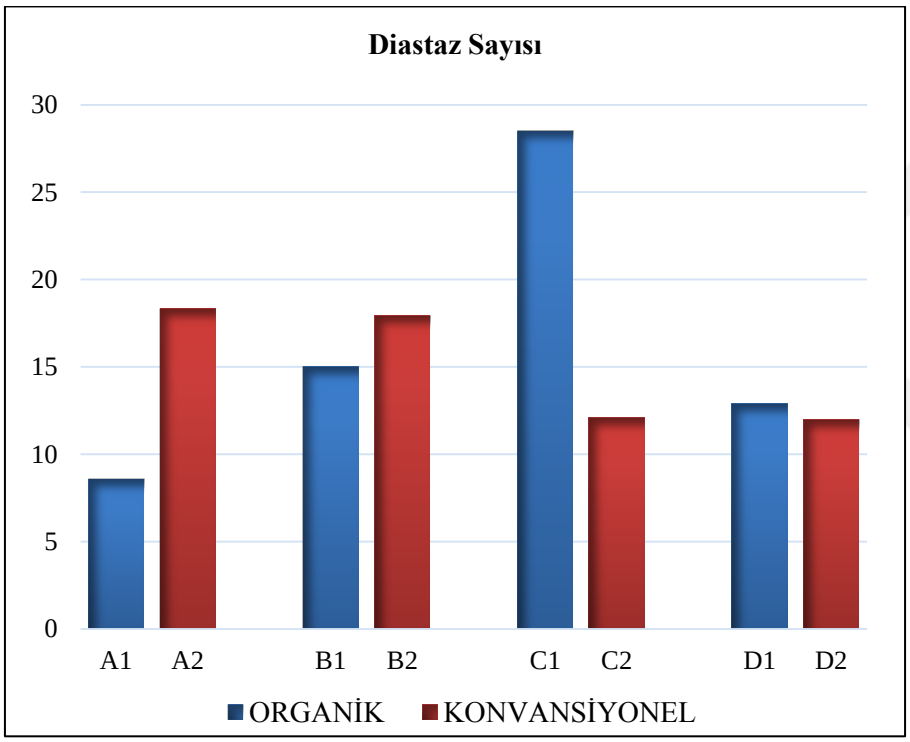
Şekil 4.5. Bal örneklerine ait ortlalama prolin değerleri

Çizelge 4.6. Bal örneklerine ait diastaz sayısı

Diastaz sayısı					
Organik			**Konvansiyonel**		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	$8,57\pm0,00^{cB}$	8,57-8,57	A_2	$18,33\pm1,28^{aA}$	15,00-30,00
B_1	$15,00\pm1,51^{b}$	10,00-20,00	B_2	$17,92\pm0,74^{a}$	15,00-20,00
C_1	$28,50\pm1,50^{aA}$	12,00-30,00	C_2	$12,08\pm0,97^{bB}$	10,00-20,00
D_1	$12,90\pm0,46^{b}$	12,00-15,00	D_2	$12,00\pm0,82^{b}$	10,00-15,00

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin diastaz sayıları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama diastaz sayılarının 8,57-28,50, konvansiyonel bal örneklerinde ise 12,00-18,33 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek diastaz sayısının organik C ve konvansiyonel A firmasında, en düşük değerin ise organik A firmasında olduğu görülmüştür. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının daha geniş olduğu, konvansiyonel bal örneklerinde ise değerlerin daha homojen bir dağılım gösterdiği görülmüştür.



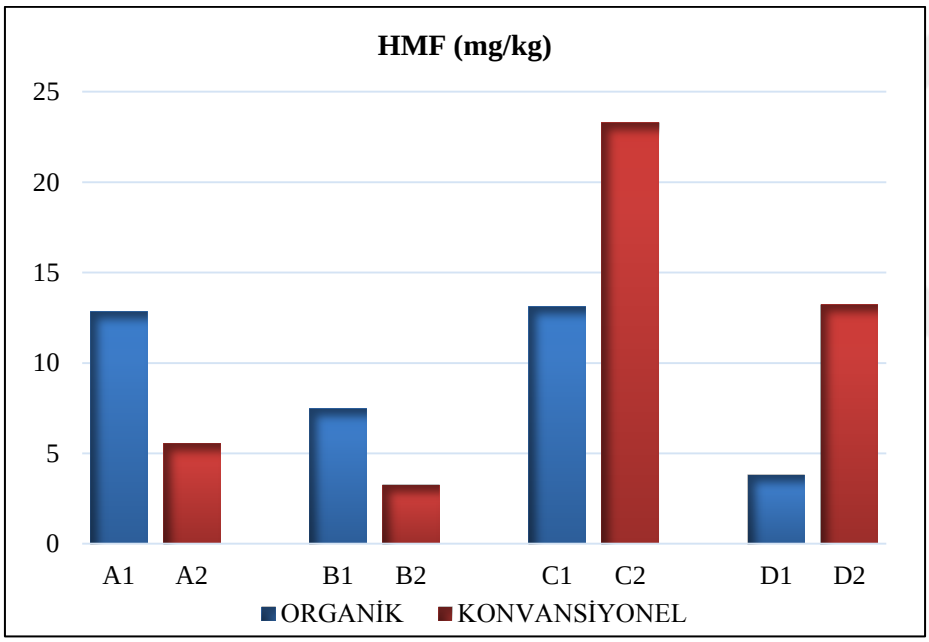
Şekil 4.6. Bal örneklerine ait ortalama diastaz sayısı

Çizelge 4.7. Bal örneklerine ait HMF değerleri

HMF (mg/kg)					
Organik			**Konvansiyonel**		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	$12,85±1,68^{abA}$	4,04-25,15	A_2	$5,54±0,25^{bcB}$	3,59-6,14
B_1	$7,46±0,60^{bcA}$	4,34-10,63	B_2	$3,24±0,23^{cB}$	1,80-4,34
C_1	$13,11±1,28^{aB}$	10,03-26,05	C_2	$23,30±0,98^{aA}$	16,77-27,54
D_1	$3,80±0,59^{cB}$	2,10-7,19	D_2	$13,23±0,23^{abA}$	11,38-13,92

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin HMF değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama HMF değerlerinin 3,80-13,11, konvansiyonel bal örneklerinde ise 3,24-23,30 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek HMF değeri konvansiyonel C firmasında, en düşük değer ise konvansiyonel B firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının 2,10-26,05 arasında değiştiği, konvansiyonel bal örneklerinde ise 1,80-27,54 aralığında olduğu görülmektedir. C firmasının bal örneklerinin ortalama HMF değerleri A, B ve D firmalarının ortalama HMF değerlerinden yüksek olması istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.



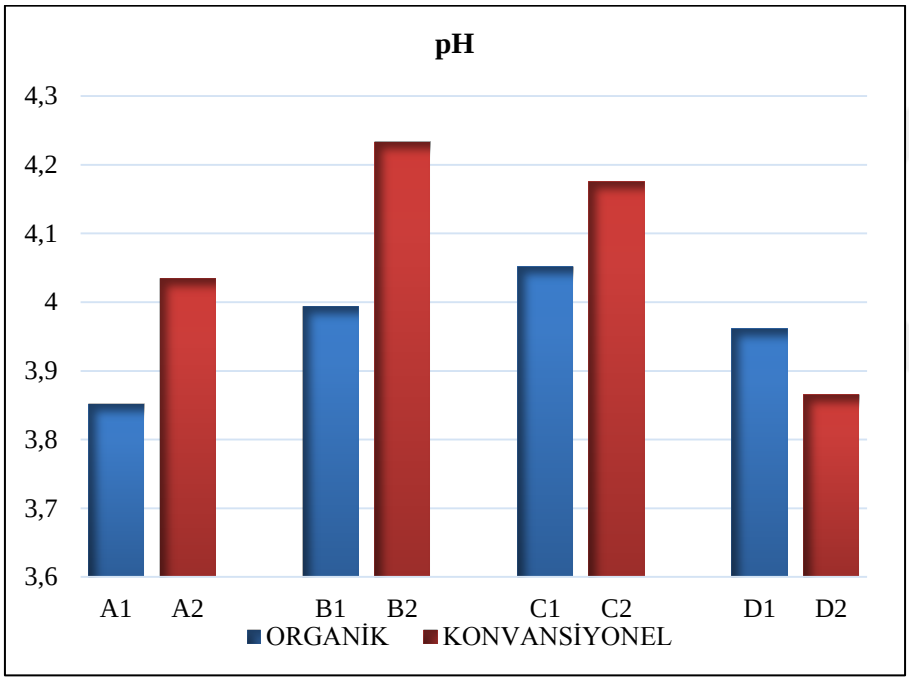
Şekil 4.7. Bal örneklerine ait ortalama HMF değerleri

Çizelge 4.8. Bal örneklerine ait pH değerleri

pH					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum	Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum
A_1	$3,85\pm0,01^{cB}$	3,82-3,94	A_2	$4,03\pm0,00^{cA}$	4,00-4,05
B_1	$3,99\pm0,01^{bB}$	3,88-4,02	B_2	$4,23\pm0,00^{aA}$	4,21-4,26
C_1	$4,05\pm0,02^{aB}$	3,80-4,11	C_2	$4,18\pm0,01^{bA}$	4,04-4,22
D_1	$3,96\pm0,02^{b}$	3,80-4,08	D_2	$3,87\pm0,00^{d}$	3,84-3,90

$^{a-d}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin pH değerleri Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8'de verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama pH değerlerinin 3,85-4,05, konvansiyonel bal örneklerinde ise 3,87-4,23 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek pH değeri konvansiyonel B firmasında, en düşük değer ise organik C ve D firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum–maksimum değer aralıklarının 3,80-4,11 arasında değiştiği, konvansiyonel bal örneklerinde ise 3,84-4,26 aralığında olduğu görülmektedir. Bu durum, her iki grupta pH değerlerinin belirli bir aralıkta yoğunlaştığını, ancak konvansiyonel bal örneklerinde üst sınırın daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.



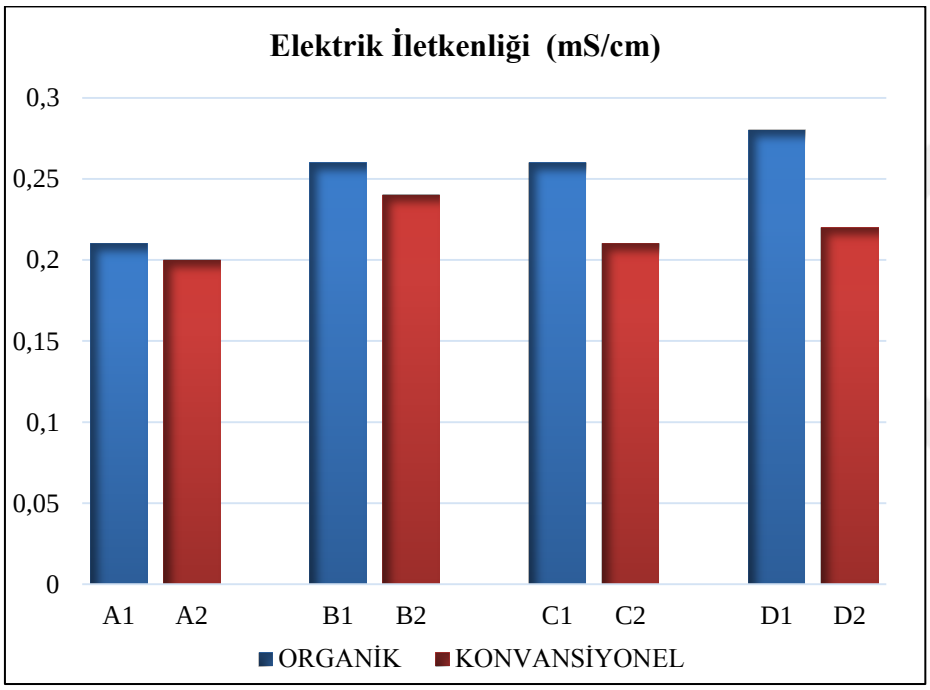
Şekil 4.8. Bal örneklerine ait ortalama pH değerleri

Çizelge 4.9. Bal örneklerine ait elektrik iletkenliği değerleri

Elektrik İletkenliği (mS/cm)					
Organik			Konvansiyonel		
Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum	Firma	Ortalama±SH	Minimum-Maksimum
A_1	0,21±0,001^{cA}	0,21-0,22	A_2	0,20±0,002^{cB}	0,19-0,21
B_1	0,26±0,003^{bA}	0,25-0,28	B_2	0,24±0,005^{aB}	0,22-0,28
C_1	0,26±0,004^{bA}	0,22-0,27	C_2	0,21±0,003^{bcB}	0,21-0,24
D_1	0,28±0,002^{aA}	0,27-0,29	D_2	0,22±0,001^{abB}	0,22-0,23

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin elektrik iletkenliği değerleri Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama elektrik iletkenliği değerlerinin 0,21-0,28 mS/cm, konvansiyonel bal örneklerinde ise 0,20–0,24 mS/cm aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek elektrik iletkenliği değeri organik D firmasında, en düşük değer ise konvansiyonel A firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının 0,21-0,29 mS/cm arasında değiştiği, konvansiyonel bal örneklerinde ise 0,19–0,28 mS/cm aralığında olduğu görülmektedir.



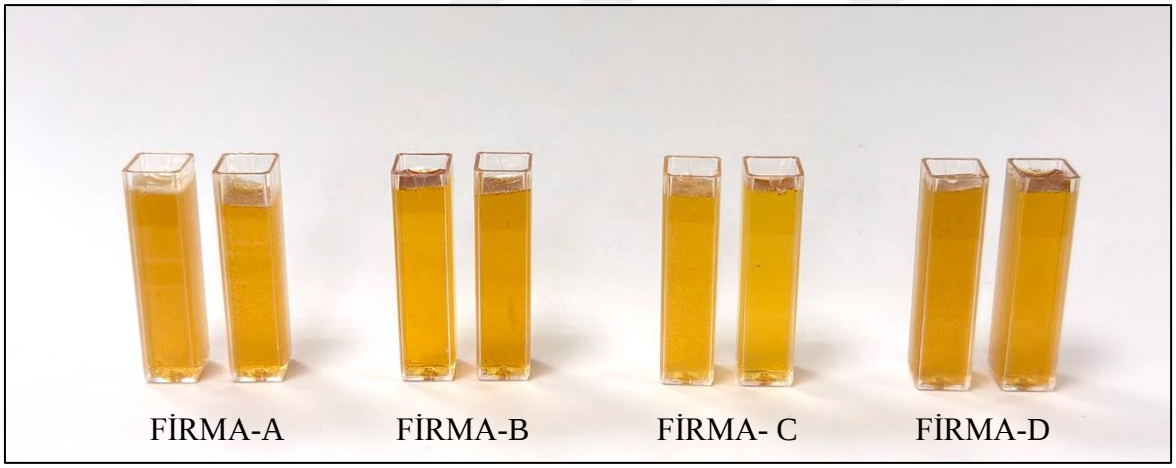
Şekil 4.9. Bal örneklerine ait ortalama elektrik iletkenliği değerleri

Çizelge 4.10. Bal örneklerine ait renk dağılımları

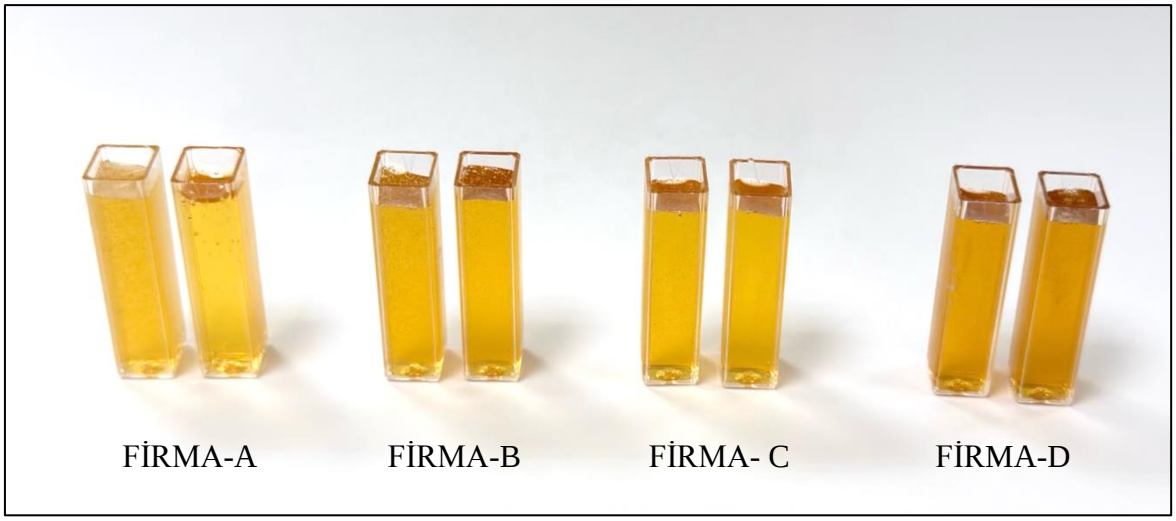
Gıda	Firma	Örnek Sayısı	Renk Dağılımı						
			Su Beyazı	Ekstra Beyaz	Beyaz	Ekstra Açık Amber	Açık Amber	Amber	Koyu Amber
Organik Bal	A_1	12			11	1			
	B_1	12				11	1		
	C_1	12			9	3			
	D_1	10					10		
Konvansiyonel Bal	A_2	12			12				
	B_2	12			2	10			
	C_2	12			12				
	D_2	10				6	4		

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin renk dağılımları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Organik bal örneklerinden A ve C firmalarında örneklerin büyük çoğunluğunun "beyaz" renk grubunda, B firmasında ağırlıklı olarak "ekstra açık amber" renk grubunda, D firmasında ise tüm örneklerin "açık amber" renk grubunda yer aldığı görülmüştür. Bu durum, organik bal örneklerinin firma içerisinde daha az dağılım gösterdiği, firmalararasında ise heterojenlik gösterdiği saptanmıştır.

Konvansiyonel bal örnekleri incelendiğinde, A ve C firmalarına ait tüm örneklerin "beyaz" renk grubunda yer aldığı ve bu örneklerde renk homojenliğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. B_1 ve D_2 gruplarında ise "ekstra açık amber" ve "açık amber" renk tonlarının birlikte bulunduğu tespit edilmiştir.



Resim 4.1. Organik bal örneklerinin renkleri



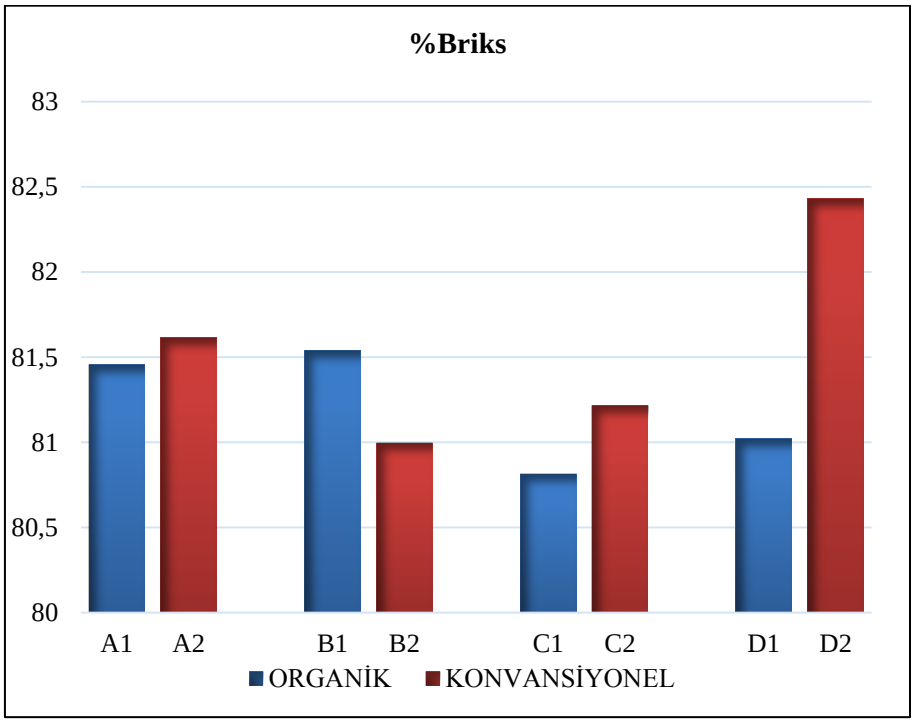
Resim 4.2. Konvansiyonel bal örneklerinin renkleri

Çizelge 4.11. Bal örneklerine ait %briks değerleri

%Briks					
Organik			**Konvansiyonel**		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	81,46±0,13^{a}	79,90-82,60	A_2	81,61±0,11^{b}	80,40-82,80
B_1	81,54±0,13^{aA}	79,90-82,90	B_2	80,99±0,09^{cB}	80,40-82,60
C_1	80,81±0,08^{bB}	79,80-81,90	C_2	81,21±0,08^{bcA}	80,60-82,10
D_1	81,02±0,15^{abB}	79,30-82,60	D_2	82,43±0,11^{aA}	81,70-83,50

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin %briks değerleri Çizelge 4.11 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama briks değerlerinin %80,81-81,54, konvansiyonel bal örneklerinde ise %80,99-82,43 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek %briks değeri konvansiyonel D firmasında, en düşük değer ise organik D firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının %79,30-82,90 arasında değiştiği, konvansiyonel bal örneklerinde ise %80,40-83,50 aralığında olduğu görülmektedir.



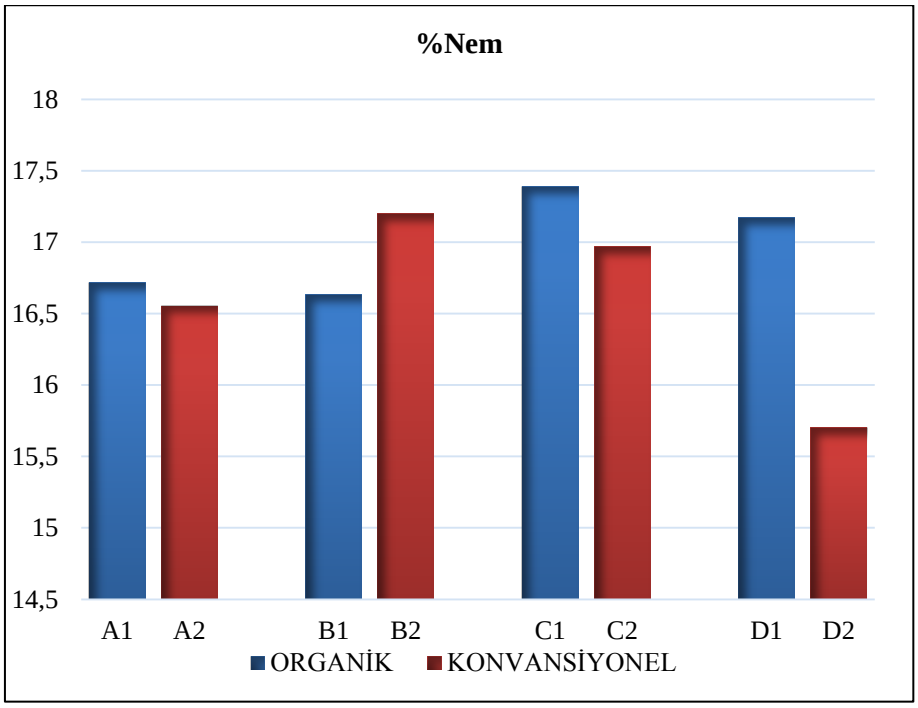
Şekil 4.10. Bal örneklerine ait ortalama %briks değerleri

Çizelge 4.12. Bal örneklerine ait nem değerleri

%Nem					
Organik			**Konvansiyonel**		
Firma	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**	**Firma**	**Ortalama±SH**	**Minimum-Maksimum**
A_1	$16,72±0,14^{b}$	15,52-18,34	A_2	$16,55±0,12^{b}$	15,31-17,82
B_1	$16,63±0,14^{bB}$	15,21-18,34	B_2	$17,20±0,10^{aA}$	15,52-17,82
C_1	$17,39±0,08^{aA}$	16,25-18,45	C_2	$16,97±0,09^{abB}$	16,04-17,61
D_1	$17,17±0,16^{abA}$	15,52-18,97	D_2	$15,70±0,11^{cB}$	14,58-16,46

$^{a-c}$ aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
$^{A-B}$ aynı satırda farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$)
SH: Standart Hata

Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin nem değerleri Çizelge 4.12 ve Şekil 4.11'da verilmiştir. Organik bal örneklerinde ortalama nem değerlerinin %16,63-17,39, konvansiyonel bal örneklerinde ise %15,70-17,20 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek nem değeri organik D firmasında, en düşük değer ise konvansiyonel D firmasında saptanmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının %15,21-18,97 arasında değiştiği, konvansiyonel bal örneklerinde ise %14,58-17,82 aralığında olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.11. Bal örneklerine ait ortalama nem değerleri

5. TARTIŞMA

Çalışmada, Türkiye'de satışa sunulan toplam organik ve konvansiyonel 92 bal örneğinde TAS, TOS, toplam fenolik madde, prolin değeri, diastaz sayısı, HMF, pH değeri, elektrik iletkenliği, renk, %briks ve nem araştırılmıştır. Aynı zamanda bal örneklerinde TAS ve TOS düzeylerinden OSI değeri hesaplanmıştır. Analiz edilen bal örneklerinde TAS değerleri 0,33-1,22 mmol Trolox eşdeğeri/L, TOS değerleri 5,32-86 μmol H_2O_2 eşdeğeri/L, OSI değerleri 0,60-9,66 ve toplam fenolik madde içeriği değerleri 80,38-195,14 mg GAE/kg aralıklarında tespit edilmiştir. Bal örneklerinin ortalama prolin değeri 314,27-699,81 mg/kg, diastaz sayısı 8,57-30, HMF değerleri 1,80-27,54 mg/kg ve elektrik iletkenliği değerleri 0,19-0,28 mS/cm, Türk Gıda Kodeksi'nde tanımlanan kabul edilebilir sınırlar içinde yer almıştır. Bununla birlikte örneklerin pH 3,80-4,26, %briks değerlerinin %79,30-83,50, nem değerlerinin %14,58-18,97 arasında olduğu ve renk değerlerinin 'beyaz' ve 'açık amber' arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Bal, doğal bir diyet antioksidanı olarak kabul edilmektedir (Chua ve diğerleri, 2013). Çalışmada örneklerin TAS ve TOS düzeylerinin tayininde pratik, maliyet açısından uygun ve tam otomasyon sağlayan yöntemler kullanılmıştır. Bitkisel kaynaklı gıdaların çok sayıda ve farklı türde antioksidan bileşik içermesi ve bu bileşikler arasındaki etkileşimlerin toplam antioksidan kapasite üzerinde sinerjik ya da antagonistik etkiler oluşturabilmesi nedeniyle, gıdaların serbest radikalleri nötralize etme toplam gücünü yansıtan TAS değerinin belirlenmesi epidemiyolojik açıdan önem arz etmektedir (Herken ve diğerleri, 2009). Çalışmamızda ortalama TAS değerleri organik çiçek ballarında (A, B, C, D) sırasıyla 0,76±0,02 mmol Trolox eşdeğeri/L, 0,93±0,02 mmol Trolox eşdeğeri/L, 0,70±0,03 mmol Trolox eşdeğeri/L ve 0,81±0,04 mmol Trolox eşdeğeri/L; konvansiyonel çiçek ballarında sırasıyla 0,80±0,04 mmol Trolox eşdeğeri/L, 0,88±0,02 mmol Trolox eşdeğeri/L, 0,48±0,02 mmol Trolox eşdeğeri/L, 0,89±0,03 mmol Trolox eşdeğeri/L olarak bulunmuştur. B ve C firmalarına ait organik bal örneklerinin TAS değerleri, konvansiyonel bal örneklerine göre istatistiksel anlamda önemli olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur. Bu durum, balların üretim sürecindeki çevresel faktörlere veya tarımsal uygulamalara daha açık olduğunu düşündürmektedir. Balın botanik kökenindeki çeşitlilik ve içerdiği farklı antioksidan bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Silva ve diğerleri (2013) Brezilya'nın Paraíba eyaletinde yer alan bölgeden *Melipona subnitida* (jandaíra) çiçek balına ait dokuz örnek temin etmişlerdir. 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) (EC_{50}) analizine göre, saf jandaíra bal örneklerinin değerleri 10,6–12,9 mg/mL aralığında bulunmuş olup, tüm bal örneklerinin yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmada, jandaíra bal örneklerinin fenolik içeriğinin antioksidan aktivitelerinden kısmen sorumlu olduğunu ortaya koymuş, bu bal türünün antioksidan bileşikler açısından önemli bir diyet kaynağı olduğunu ve geleneksel olarak tıbbi amaçlarla kullanımını desteklemişlerdir.

Bouddine ve diğerleri (2022) tarafından, Fas'ın kuzeyinde, merkezinde ve güneyinde bulunan farklı ekocoğrafi bölgelerinde kurulan kovanlardan, farklı çiçek türlerine ait 23 organik bal örneğinin analiz edilmiştir. Analizler farklı antioksidan mekanizmaları değerlendirmek için üç farklı test [Toplam antioksidan aktivite (TAA), DPPH ve ABTS] kullanılmıştır. TAA değerlerinin 34,18-131,20 mg AAE/g arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, değerlendirilen organik balların antioksidan kapasitelerinin bitki kaynaklarına göre değiştiğini göstermiştir. Bu durum, çalışmamızda gözlenen TAS değeri varyasyonunu desteklemektedir.

Živković, Sunarić, Stanković, Mihajilov-Krstev ve Spasić (2019) yaptıkları çalışmada kullanılan sekiz adet bal örneği, botanik kökenleri arıcılar tarafından beyan edilen deneyimli yerel profesyonel arıcılardan doğrudan temin edilmiştir. Bal örnekleri, Güneydoğu Sırbistan'da yer alan Suva Planina ve Stara Planina dağlarından elde edilmiştir. Test edilen balların antioksidan aktiviteleri, DPPH ve Demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) yöntemleri ile analiz edilmiştir. Tüm örnekler, her iki yöntemle de önemli düzeyde antioksidan aktivite göstermiştir DPPH yöntemi ile analiz edilen çiçek ballarının antioksidan değerleri (akasya, ıhlamur, kekik ve lavanta) sırasıyla 0,52 mmol TEAC/kg, 0,45 mmol TEAC/kg, 0,90 mmol TEAC/kg, 0,74 mmol TEAC/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, farklı botanik kökene sahip bal örneklerinin antioksidan kapasitelerinin değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, mevcut çalışmada belirlenen antioksidan aktivite değerleri ile uyumlu olup, balın kaynağına bağlı olarak antioksidan kapasitesinde farklılıklar oluşabileceğini desteklemektedir.

Halagarda ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışma kapsamında, doğrudan arı kovanlarından ve organik gıda marketlerinden satın alınan 11 farklı bal türü değerlendirilmiştir. Her bir tür için organik ve konvansiyonel üretime ait ikişer örnek olmak üzere toplamda 22 bal örneğini DPPH yöntemi ile analiz etmişlerdir. Toplam antioksidan aktivitesi değerlerinin 41,42-83,16 mg GAE/100 g arasında değiştiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, sonuçların farklı sunumu nedeniyle değerleri literatürle karşılaştırmak zordur (örneğin, DPPH veya diğer radikallerin yüzde inhibisyonu olarak ifade edilir). Ayrıca, diğer yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların organik ve konvansiyonel ballarda yüksek değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir. Bu da çiçek kaynağının, coğrafi kökenin ve ekofizyolojik koşulların balın antioksidan özelliklerini etkilediğini göstermektedir.

Polak-Śliwińska ve Tańska (2021) tarafından Polonya'da gerçekleştirilen çalışmada, beş organik ve beş konvansiyonel olmak üzere toplam 10 bal örneği analiz edilmiştir. Organik ve konvansiyonel bal örneklerinde antioksidan bileşikleri sırasıyla, ortalama 0,83±0,21 ve 1,01±0,35 mg GAE/100 g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmanın genel sonucuna göre, konvansiyonel balların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi, kullanılan ekstraksiyon çözücüsünden (su veya etanol) bağımsız olarak organik ballara göre hafif düzeyde daha yüksek bulmuşlardır. Bu durum çalışmamızda gözlenen, organik balların TAS değerlerinin konvansiyonel ballara göre yüksek olması ile farklılık göstermektedir. Bu durum, antioksidan kapasitenin balın çeşidine (botanik kökenine) göre önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini açıklamaktadır.

Herken ve diğerleri (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sertifikalı ve sertifikasız Türk ballarının TAS değerleri incelenmiştir. Bu kapsamda, Türkiye'de farklı kaynaklardan temin edilen, geçmişi bilinen 17 adet sertifikalı bal ile geçmişi bilinmeyen sekiz adet sertifikasız bal örneğini analiz etmişlerdir. Sertifikalı ve sertifikasız örneklerin ortalama TAS değerlerini sırasıyla 0,216 ve 0,087 mmol Trolox eşdeğeri/L olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçların balın botanik kökenindeki çeşitlilik ve içerdiği farklı antioksidan bileşiklerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Sertifikalı ürünlerin daha yüksek TAS değerine sahip olması ise çalışmamızdaki organik balların genel eğilimi ile paralellik göstermektedir. Aynı zamanda, mevcut çalışmada belirlenen daha yüksek TAS değerleri, incelenen bal örneklerinin güçlü bir antioksidan potansiyele sahip olduğunu ortaya koymakta olup, bu durum balın fonksiyonel gıda olarak önemini desteklemektedir.

Çalışmamızda elde edilen değerlerin genel olarak daha yüksek bir aralıkta yer alması, analiz edilen bal örneklerinin fenolik ve diğer antioksidan bileşikler bakımından daha zengin olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle balın botanik orijini, nektar kaynağı ve bitki florasının çeşitliliği, toplam antioksidan kapasite üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Stanojević ve diğerleri (2024) tarafından sertifikalı arıcılar tarafından organik ve geleneksel arıcılık yöntemleriyle üretilmiş, botanik köken (ıhlamur, akasya, kestane ve çayır) ve Balkanlar'a ait coğrafi köken bakımından farklılık gösteren toplam sekiz bal örneği kullanılmıştır. Test edilen bal örneklerinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi amacıyla DPPH radikal giderme kapasitesi, ferrik indirgeme gücü ve bakır indirgeme antioksidan kapasitesi (CUPRAC) analizleri olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmıştır. DPPH analizi sonuçlarına göre, organik olarak üretilen bal örneklerinde radikal giderme kapasitesinin (%18,62-78,35), konvansiyonel bal örneklerine (%7,72-74,68) kıyasla genel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, organik üretim sisteminin bazı durumlarda antioksidan kapasiteyi artırabileceğini düşündürmektedir. Ancak aynı çalışmada kestane balı örneklerinde organik ve konvansiyonel üretim arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, antioksidan kapasitenin yalnızca üretim çeşidine bağlı olmadığını ortaya koymaktadır. Her iki çalışma birlikte değerlendirildiğinde, organik bal örneklerinin bazı durumlarda daha yüksek antioksidan kapasite gösterebildiği ancak bu durumun genellenebilir olmadığı, antioksidan kapasite üzerinde asıl belirleyici faktörün botanik köken olduğu söylenebilmektedir. Bu bulgu, mevcut çalışmada gözlenen örneğe bağlı istatistiksel farklılıklarla ($p<0,05$) uyumlu olup, balın antioksidan özelliklerinin çok faktörlü bir yapı gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Castro ve diğerleri (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Kolombiya'nın Sierra Nevada de Santa Marta bölgesindeki 43 adet organik ve 24 adet konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen örnekler incelenmiştir. Bal örnekleri TEAC ve FRAP yöntemleriyle analiz edilmiştir. FRAP yöntemi ile ölçülen antioksidan kapasitenin ortalama değerlerinin 0,48–0,51 mmol Trolox/kg bal aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık TEAC yöntemi ile elde edilen ortalama antioksidan aktivite değerleri 0,66–0,75 mmol Trolox/kg aralığında bulunmuştur. Çalışmamızın aksine, her iki parametre açısından istatistiksel olarak önemlilik saptanmamıştır.

Farklı oksidan türlerinin miktarı laboratuvarlarda ayrı ayrı belirlenebilir ancak bu işlemler zaman alıcı, emek yoğun, karmaşık ve maliyetlidir. Farklı oksidan moleküllerin ölçümü için bu yöntemler pratik olmadığında, bir materyalin TOS değeri ölçülmektedir (Akyol ve diğerleri, 2015). Çalışmamızda konvansiyonel A, B ve C firmalarının balların TOS değerleri, organik ballara kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Herken ve diğerleri (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sertifikalı ve sertifikasız Türk ballarının TOS değerleri incelenmiştir. Bu kapsamda, Türkiye'de farklı kaynaklardan temin edilen, geçmişi bilinen 17 adet sertifikalı bal ile geçmişi bilinmeyen sekiz adet sertifikasız bal örneğini analiz etmişlerdir. Sertifikalı ve sertifikasız örneklerin ortalama TOS değerlerini sırasıyla 8,8585 ve 1,144 μmol H_2O_2 eşdeğeri/L olarak tespit etmişlerdir.

Akyol ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada bal örnekleri, Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesini tamamen temsil eden 11 ilden (Artvin, Balıkesir, Düzce, Edirne, Kahramanmaraş, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Sivas ve Van) temin edilmiştir. Örnekleri 2011 yılında ve farklı aylarda arıcılardan toplamışlardır. Bal örneklerinin TOS değerlerini ticari kitler kullanarak belirlemişlerdir. Artvin, Balıkesir, Düzce, Edirne, Kahramanmaraş, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Sivas ve Van bölgelerine ait bal örneklerinin TOS değerleri sırasıyla 5,461±0,283; 5,324±0,134; 5,818±0,170; 13,613±0,339; 8,193±0,143; 7,856±0,199; 10,029±0,246; 6,388±0,251; 6,372±0,212; 3,922±0,163 ve 5,627±0,194 μmol H_2O_2 eşdeğeri/L olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen veriler, literatürde bulunan değerlerden yüksektir. Sonuç olarak, elde edilen bulgular balın toplam oksidan kapasitesinin sabit bir değer olmadığını ve örnekler arasında önemli varyasyonlar gösterebildiğini ortaya koymakta, bu durumun balın kökenine ve üretim koşullarına bağlı olarak şekillendiğini desteklemektedir.

OSI oksidatif stres derecesinin bir göstergesidir (Akyol ve diğerleri, 2015). Çalışmamızda konvansiyonel A, B ve C firmalarının balların OSI değerleri, organik ballara kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek çıkmıştır. Organik D firmasının OSI değeri, konvansiyonel örneklerine kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek çıkmıştır. Organik bal örneklerinde minimum-maksimum değer aralıklarının daha geniş olması, bu grupta oksidatif stres düzeyinin daha heterojen dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Konvansiyonel bal örneklerinde ise değerlerin daha dar bir aralıkta toplandığı ve daha homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir.

Türkiye'de yapılan ve Artvin, Balıkesir, Düzce, Edirne, Kahramanmaraş, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Sivas ve Van bölgelerinden toplanan bal örneklerinde OSI değeri, TOS'un TAS'a oranı kullanılarak belirlenen çalışmada; Artvin, Balıkesir, Düzce, Edirne, Kahramanmaraş, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Sivas ve Van bölgelerinden elde edilen bal örneklerinin OSI değerlerinin sırasıyla 0,792±0,094; 2,196±0,299; 0,241±0,012; 1,180±0,073; 0,560±0,026; 0,512±0,020; 0,345±0,015; 0,471±0,017; 0,512±0,028; 0,237±0,013 ve 0,557±0,043 olduğu bildirilmiştir. Akyol ve diğerleri (2015) tarafından yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular, çalışmamızda elde ettiğimiz veriler ile tutarlılık göstermektedir.

Fenolik bileşikler, balda önemli antioksidan aktiviteye sahip aromatik fitokimyasallardır. İkincil bitki metabolizmasının doğal ürünleridirler ve bal arıları aracılığıyla bala ulaşırlar. Aynı zamanda baldaki aralıkları çok geniştir (Stanojević ve diğerleri, 2024). Organik ve konvansiyonel bal örneklerinin toplam fenolik içeriği sırasıyla 78,95-195,14 mg GAE/kg arasında değişmektedir. A, B ve D örneklerinde, konvansiyonel balların toplam fenolik madde içeriği organik ballara göre istatistiksel anlamda ($p<0,05$) daha yüksek bulunmuştur.

Stanojević ve diğerleri (2024), analiz edilen örneklerdeki toplam fenolik içeriğin değeri 76,5 ile 145,9 µg GAE/g arasında değiştiğini ve geleneksel çayır balında bulunan toplam fenoliklerin en yüksek içeriği 145,9 µg GAE/g iken, bu bileşiklerin en düşük içeriği geleneksel akasya balında 76,5 µg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Farklı botanik türlerin geleneksel balı, akasya bal örnekleri hariç, organik baldan daha fazla toplam fenolik içerdiği görmüşlerdir. Bu durum çalışmamızda saptanan konvansiyonel balların genel anlamda daha yüksek fenolik madde içeriği ile paralellik göstermektedir. Benzer şekilde Polak-Śliwińska ve Tańska (2021), incelenen balın geleneksel örneklerinde organik arıcılık tarafından üretilen örneklere göre önemli ölçüde daha yüksek bir fenolik içerik belirtmişlerdir. Çalışmamızla uyumlu olarak Halagarda ve diğerleri (2020), Polonya kökenli organik ve konvansiyonel bal örneklerinde ortalama toplam fenolik içeriğini sırasıyla 6,79 ve 7,37 mg GAE/100 g olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar, toplam fenolik içeriğin coğrafi köken, bal toplama süresi, depolama yöntemi ve süresi ve agrometeorolojik koşullar gibi faktörlerden botanik kökenli veya arıcılık türünden çok daha fazla etkilenebileceğini göstermektedir.

Kolombiya'nın organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada, toplam fenolik içeriğinin değerlendirilen her iki bal türü için de benzer değerler gösterdiği ve istatistiksel olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir (Castro ve diğerleri, 2020).

Moise, Mărghitaş Liviu, Dezmirean ve Bobis (2013) tarafından analiz edilen Romanya kökenli funda ballarının ortalama fenolik madde içeriği 54,22 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. Bertoncelj, Doberšek, Jamnik ve Golob (2007), Slovenya'dan toplanan akasya ballarında toplam fenolik madde içeriğini 44,8 mg GAE/kg olarak bulmuşlardır. do Nascimento ve diğerleri (2018) Brezilya ballarında yaptıkları çalışmada, toplam fenolik madde içeriği 26,0–100,0 mg GAE/100 g arasında değişiklik göstermiştir. Ayrıca Gašić ve diğerleri (2014), Sırbistan polifloral ballarında toplam fenolik madde içeriğini 6-136 mg GAE/kg aralığında belirlemiştir. Çin ballarında ise total fenolik madde değerlerinin 33,3-50,2 mg GAE/100 g ve 13,5-63,9 mg GAE/100 g aralığında değiştiği bildirilmiştir (Zhao ve diğerleri, 2017). Yurtdışında gerçekleştirilen çalışmaların bulguları, toplam fenolik madde içeriğinin geniş bir varyasyon aralığı sergilediğini ortaya koymakta olup, çalışmamızda elde edilen sonuçların çoğunlukla daha düşük aralıklarda yer aldığını göstermektedir.

Ekici, Sagdic, Silici ve Ozturk (2014), Türkiye'nin Muğla ve Marmaris bölgelerinden alınan 20 çam balı örneğinin toplam fenolik içeriğini 35,30-92,87 mg GAE/100 g olarak belirlemiştir. Akgün, Çelik ve Kelebekli (2021), çok çiçekli, kestane, akasya ve rododendron ballarının sırasıyla 0,15-0,36 mg GAE/g, 0,09-0,16 mg GAE/g, 0,01-0,03 mg GAE/g ve 0,11-0,32 mg GAE/g arasında değişen fenolik seviyeler içerdiğini bildirmiştir. Kara, Can ve Kolaylı (2019), Türkiye'nin Tokat bölgesinde üretilen çok çiçekli balların 85,54-148,26 mg GAE/100 g içerdiğini ve diğer birçok bölgesel bala kıyasla önemli ölçüde daha yüksek fenolik konsantrasyonlar gösterdiğini bildirmiştir. Ek olarak, Karlıdağ (2025), Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki çok çiçekli ballarda toplam fenolik içeriğin 19,47-29,33 mg GAE/100 g olduğunu bildirmiştir. Ucuncu ve diğerleri (2025) Gümüşhane ilinden temin ettikleri toplam 15 çiçek balının toplam fenolik içeriğinin 9,21 ile 98,25 mg GAE/100 g arasında değiştiğini ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmediğini ($p<0,05$) belirtmişlerdir. Özcan ve Ölmez (2014) Peygamber çiçeği balı örneğinin en yüksek fenolik içeriğe (645,85 mg/100 g) sahip olduğunu ve sedir balı örneğinin antioksidan aktivitesi en yüksek seviyede bulunurken, diken balı örneği en düşük

antioksidan aktiviteyi gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgular, balın fenolik içeriğinin başta botanik ve coğrafi köken olmak üzere üretim koşulları ve çevresel faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda bildirilen geniş değer aralıklarının bal örnekleri arasındaki doğal farklılıklar ve çeşitlilikten kaynaklandığı değerlendirilebilir.

Prolin, balda bulunan toplam aminoasit miktarının bir göstergesidir. Balın kalite göstergelerinden biri olup balın olgunluk ve şeker tağşişinin belirlenmesinde kriter olarak kullanılabilmektedir (Meda ve diğerleri 2005). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre çiçek ballarında prolin miktarının en az 300 mg/kg olması gerekmektedir (TGK, 2020). Çalışmamızda bal örneklerinin prolin değerleri 197,38 ile 1052,71 mg/kg arasında değişiklik göstermektedir. Organik ve konvansiyonel bal örneklerinde firmalardan ve üretim yöntemlerinden bağımsız olarak TGK'da belirtilen miktarın altında bulunan örnekler mevcuttur. Ancak bal örneklerinin genel ölçekte belirtilen sınırın üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bazı bal örneklerinin yeterli olgunluğa ulaşmadan hasat edilmiş olabileceğini, nektar kaynaklarının ve botanik kökenin prolin içeriği üzerinde belirleyici rol oynadığını ya da olası tağşiş ve besleme uygulamalarının prolin düzeyini düşürmüş olabileceğini düşündürmektedir.

Hassan ve diğerleri (2023) tarafından Malezya'da yapılan çalışmada 36 bal örneği analiz edilmiştir. Bal örneklerinin prolin içeriklerinin 38,8-797,2 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Benzer şekilde, Macaristan ve Yunanistan ballarında yapılan çalışmada baldaki prolin değerlerinin 27,5-132 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Gela ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada ortalama prolin değeri 214±15 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Yurtdışında gerçekleştirilen çalışmaların bulguları, balın prolin içeriğinin geniş bir varyasyon aralığı sergilediğini ortaya koymakta olup, çalışmamızda elde edilen prolin değerlerinin literatürde bildirilen aralıklarla genel olarak uyumlu olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, bazı örneklerde belirlenen düşük prolin düzeyleri, balın olgunlaşma derecesi, botanik kökeni ve olası besleme uygulamalarına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini düşündürmektedir.

Bideci ve Karasalihoğlu (2021), Türkiye'nin Karadeniz bölgesindeki Kastamonu'da 40 üreticiden 2016-2019 yılları arasında toplanan bal örneklerindeki prolin konsantrasyonlarının 9,20 ile 1176,10 mg/kg arasında değiştiğini ve ortalamanın 464,69

mg/kg olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Yetkin, Kundakçı, Kanbur, Coşkunçelebi ve Makbul (2023), Rize'de bulunan çeşitli bölgelerden sekiz çok çiçekli ve tek çiçekli bal örneğinde 568 ile 758 mg/kg arasında değişen prolin içerikleri tespit etmişlerdir. Ucuncu ve diğerleri (2025) Gümüşhane ilinden temin ettikleri toplam 15 çiçek balının prolin içeriğinin 562,66 ile 1466,15 mg/kg arasında değiştiğini belirtmiştir. Özkan ve Dodoloğlu (2025) Türkiye'de Erzurum ili İspir yöresine ait 21 bal örneği çalışmışlardır. Bal örneklerinin prolin değeri en düşük 417 mg/kg, en yüksek 1449 mg/kg ve ortalama 974,19 mg/kg olarak bulunmuştur. Yurtiçinde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, bal örneklerinin prolin içeriklerinin oldukça geniş bir aralıkta değişiklik gösterdiği dikkat çekmekte olup, çalışmamızda elde edilen prolin değerlerinin de bu aralıklarla genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

Balda bulunan en önemli enzimlerden biri olan diastaz (α- ve β-amilaz), yalnızca balın besinsel ve terapötik özelliklerini zenginleştirmekle kalmamakta, aynı zamanda bal kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak da kullanılmaktadır (Huang ve diğerleri, 2019). Aynı zamanda sıcaklıktan kaynaklanan enzimatik aktivitelerin azalmasına bağlı olarak etkilenmektedir (Makhloufi, Taibi ve Ait Abderrahim, 2020). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre fırıncılık balı hariç ballarda diastaz sayısı en az 8 olması gerekmektedir (TGK, 2020). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgularda, bal örneklerinin diastaz sayısının 8,57-30 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tüm bal örnekleri TGK'da verilen minimum değerin üzerinde yer almakta olup balın yüksek sıcaklık ve ısıl işlemlere maruz kalmadığını göstermektedir.

Alves ve diğerleri (2011) tarafından 24 organik bal örneğinin incelendiği çalışmada diastaz aktivitesi değerlerinin 7,6-89,6 arasında değiştiği görülmüştür. Gomes ve diğerleri (2011) Portekizde 73 organik bal örneği ile gerçekleştirdikleri çalışmada, bal örneklerinin diastaz aktivitesi değerlerinin 13,90 ile 16,40 arasında olduğunu saptamışlardır. Bu farklılıklar, incelenen bal örneklerinin botanik ve coğrafi kökenlerindeki çeşitlilikten kaynaklanabileceği gibi, üretim ve depolama koşullarındaki farklılıklarla da ilişkilendirilebilmektedir. Dolayısıyla, organik balda diastaz aktivitesinin tek bir aralıkla ifade edilmesi güç olup, bu parametrenin birçok faktörden etkilenen dinamik bir kalite göstergesi olduğu söylenebilir.

Castro ve diğerleri (2020) tarafından Kolombiya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 43 adet organik ve 24 adet konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen örnekler incelenmiştir. Organik üretim sistemlerinden gelen bal örneklerinin 6-39 arasında, konvansiyonel bal örneklerinin 5-25 arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Yapılan çalışmada konvansiyonel örneklerde daha dar aralıkların görülmesi, standardizasyon ve işleme koşullarının daha homojen olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Özcan ve Ölmez (2014) Türkiye'nin Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde 2006 ve 2007 yıllarında üretilen çiçek ve salgı ballarını fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Bal örneklerinin diastaz aktivitesinin 10,9 ila 17,9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yetkin ve diğerleri (2023), Cimil Platosu'ndan (Rize) sekiz bal örneğinin diastaz aktivitesinin 9,01 ile 53,95 arasında değiştiğini bulmuştur. Bulguları, ortalama diastaz aktivitesinin 10°C ve 22°C'de yasal eşiğin üzerinde kalırken, 35°C'de saklandığında değerlerin altıncı aydan itibaren 8'in altına düştüğünü göstermiş ve saklama sıcaklığı ve süresinin etkisini vurgulamıştır. Ucuncu ve diğerleri (2025) Gümüşhane ilinden temin ettikleri toplam 15 adet çiçek balında diastaz sayısını 25,00 ile 60,00 arasında değiştiğini ve ortalama değerin 54,15 olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık, Boutoub ve diğerleri (2021), çeşitli çiçek kökenli ballarda 11,93 ile 115,89 arasında daha geniş bir diastaz aktivitesi aralığı bildirmiştir. Yurtiçi çalışmalar, Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen ballarda diastaz aktivitesinin geniş bir aralıkta değişebildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle saklama sıcaklığı ve süresinin enzim aktivitesi üzerinde belirleyici olduğu, yüksek sıcaklıklarda depolamanın diastaz değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Bu durum, diastaz aktivitesinin botanik kökenin yanı sıra üretim ve muhafaza koşullarına duyarlı önemli bir kalite göstergesi olduğunu desteklemektedir.

HMF, düşük düzeyleri balın tazeliğini gösteren önemli bir parametredir. Zamanla doğal olarak oluşmakla birlikte, ısıl işleme maruz kaldığında oluşumu hızlanır. Botanik kökenin belirlenmesinde güvenilir bir gösterge olmasa da bal kalitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan önemli bir kriterdir (Ferrassi ve diğerleri 2025). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre ballarda HMF miktarı en fazla 40 mg/kg olmalıdır (TGK, 2020). Çalışmamızda bal örneklerinin HMF değerlerinin 1,80-27,54 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. A ve B firmalarının organik bal örneklerinin HMF değerleri, konvansiyonel bal örneklerine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Buna karşın, konvansiyonel C ve D örneklerinin HMF değerleri ise organik

bal örneklerine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda bal örneklerinin HMF sonuçları, TGK'da belirtilen sınır değerin oldukça altındadır. Bu sonuçlar, incelenen bal örneklerinin taze olduğunu ve uygun üretim ile depolama koşullarında muhafaza edildiğini göstermektedir.

Castro ve diğerleri (2020) tarafından Kolombiya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 43 adet organik ve 24 adet konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen örnekler incelenmiştir. İncelenen bal örneklerinin HMF değeri 0-75,08 mg/kg aralığında bulunmuştur. Analiz edilen 67 örnekten sekizi, Codex Alimentarius'a göre izin verilen 40 mg/kg HMF sınırını aşmıştır. Ancak Sierra Nevada de Santa Marta bölgesinden elde edilen ballar tropikal kökenli oldmasından kaynaklı olarak, bu ballar için geçerli sınır 80 mg/kg olup hiçbir örnek bu değere ulaşmamıştır. Portekiz'de 73 organik bal örneği ile gerçekleştirilen çalışmada, analiz edilen balların HMF içeriği 0,77 ila 1,50 mg/kg arasında değişmektedir (Gomes ve diğerleri, 2011). Çalışmanın sonuçları istenilen maximum değerin oldukça altındadır.

Bouddine ve diğerleri (2022) tarafından, Fas'ta 23 organik bal örneği ile yapılan çalışmada HMF değerleri 35,70 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Tüm örneklerin HMF değeri, önerilen 40 mg/kg sınırının altında kalmıştır.

Özcan ve Ölmez (2014) Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen elde edilen bal örneklerinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bal örneklerinin HMF düzeyleri 1,34 ila 31,28 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Gürbüz ve diğerleri (2020), Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan bal örneklerinde ortalama 18,50 mg/kg HMF değeri bildirmiştir. Çelemli ve diğerleri (2021), Ayder/Rize-Türkiye'de üretilen ve hem monofloral hem de multifloral tipleri içeren toplam yirmi bal örneğindeki HMF içeriğinin 0,70 mg/kg ile 11,31 mg/kg arasında değiştiğini ve ortalama 3,80 mg/kg olduğunu belirlemiştir. Ucuncu ve diğerleri (2025) Gümüşhane ilinden temin ettikleri toplam 15 adet çiçek balında HMF düzeylerinin 0,37 ile 18,89 mg/kg arasında değiştiğini ve ortalama düzeyi 4,52 mg/kg olarak saptamıştır. Benzer bir çalışmada, Živkov Baloš ve diğerleri (2023), ayçiçeği balında tespit edilen en yüksek düzeyinin 4,41 mg/kg olduğunu bildirmiştir. Sonuçlarımız ballarda yapılan HMF araştırmalarına göre yüksek bulunmuştur. Ancak mevcut örneklerdeki ortalama HMF konsantrasyonları yasal olarak izin verilen sınırlar içerisindedir.

HMF içeriği ile birlikte diastaz aktivitesi tazeliğin bir göstergesidir (Akgün ve diğerleri, 2021). Balın özellik ve kalitesindeki değişiklik, sıcaklık, nem, hava ve ışıktan kaynaklanabilmektedir. Şeker bozulması, HMF oluşumu, azalmış diastaz aktivitesi, artan asitlik, düşük pH değeri, fenolik bileşen bozulması ve renk değişiklikleri depolama sırasında gerçekleşebilecek değişikliklerden bazılarıdır (Živkov Baloš ve diğerleri, 2023). Çalışmamızda genel anlamda HMF değerleri yüksek olan bal firmalarının diastaz değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Bu durum literatürde belirtilen diastaz sayısı ve HMF değerleri arasındaki ilişkiyi destekler niteliktedir. Ayrıca baldaki toplam aminoasitlerin %50-85'ini oluşturan ana bileşen olan prolinin (Da Costa ve Toro, 2021), çalışmamız doğrultusunda HMF ile ile ilişkili olabileceği görülmüştür. Bulgularda belirtilen A ve B firmalarının organik bal örneklerinin önemli düzeyde ($p<0,05$) konvansiyonel bal örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere paralel olarak organik olarak üretilen A ve B firmalarının prolin değerlerinin, konvansiyonel üretim yöntemine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) daha düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle prolin ve HMF düzeyleri arasında ilişki olabileceği düşünülmektedir.

Balın pH değeri, mikroorganizma büyümesi olasılığının bir göstergesidir. Mikroorganizmaların büyümesi için en uygun pH değeri 7,2-7,4 iken, balın kabul edilebilir pH'ı 3,2-4,5'tir ve bu değerin baldaki mikroorganizmaların büyümesini engellediği düşünülmektedir (Stanojević ve diğerleri, 2024). Yönetmelikler tarafından pH değeri için referans değeri öngörülmemiştir. Çalışmamızda, organik bal örneklerinde pH değerlerinin 3,80-4,11 aralığında, konvansiyonel bal örneklerinde ise 3,84-4,22 aralığında değiştiği belirlenmiştir. A, B ve C markalarına ait konvansiyonel bal örneklerinin pH değerlerinin, aynı markaların organik bal örneklerine kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Polonya'nın farklı bölgelerinden elde edilen sertifikalı organik ve konvansiyonel bal türlerinde yapılan bir çalışmada pH ve asitlik düzeyleri değerlendirilmiştir. Bulgular, karabuğday ve orman ballarında daha yüksek, ıhlamur balında ise daha düşük asitlik değerleri bulunduğunu göstermektedir. Organik ve konvansiyonel üretim yöntemleri arasındaki en belirgin pH farkının ıhlamur ballarında olduğu belirlenmiş olup, organik balın (pH 4,9) konvansiyonel bala (pH 4,3) kıyasla daha düşük pH değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, farklı kökene sahip organik ballarda pH değerlerinin 4,1-4,8, konvansiyonel ballarda ise 3,6-4,9 aralığında değiştiği saptanmıştır (Polak-Śliwińska ve

Tańska, 2021). Castro ve diğerleri (2020) tarafından Kolombiya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 43 adet organik ve 24 adet konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen örnekler incelenmiştir. Organik üretim sistemlerinden gelen bal örneklerinin ortalama pH değeri 3,66±0,15 iken konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen bal örneklerinin ortalama pH değeri 3,64±0,18 olarak bulunmuştur. Bir başka çalışmada, farklı coğrafi ve botanik kökenlere sahip (ıhlamur, akasya, kestane ve çayır) sertifikalı organik ve konvansiyonel sekiz bal örneği incelenmiştir. Bulgular, organik ballarda pH değerlerinin 3,41-4,34 aralığında değiştiğini, konvansiyonel ballarda ise bu aralığın 3,23-4,95 arasında olduğu saptanmıştır. Aynı botanik kökene sahip organik ve konvansiyonel bal örneklerinin tamamı arasında pH değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli fark belirlenmiştir ($p<0,05$). (Stanojević ve diğerleri, 2024). Çalışmalar incelendiğinde, organik ve konvansiyonel çiçek ballarının pH değerleri, çalışmamızda elde edilen pH değerleri ile yüksek uyumluluk göstermektedir.

Yurt ve Çakır (2020) tarafından, Türkiye'nin Iğdır yöresine ait ballarla yapılan çalışmada 30 süzme çiçek balı incelenmiştir. Çalışma sonucunda bal örneklerinin ortalama pH değeri 4,33± 0,25 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde Türkiye'nin Çorum yöresine ait 47 bal örneği ile yapılan çalışmada, bal örneklerinin pH değerlerinin 3,55 ile 4,20 arasında bulunduğu saptanmıştır (Güzel ve Bahçeci, 2020). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden temin edilen 25 adet multifloral çiçek balı örneği ile yapılan çalışmada, çiçek ballarının pH değerlerinin 3,44-4,88 arasında değiştiği ve ortalama pH değerinin 3,95±0,31 olduğu saptanmıştır (Durmaz, 2020). Yurtiçinde gerçekleştirilen çalışmaların bulguları ile karşılaştırıldığında, çalışmamızda elde edilen pH değerlerinin literatürde bildirilen sonuçlarla paralellik gösterdiği görülmektedir.

Sırbistan'da 24 ayçiçeği balı örneğinde yapılan çalışmada, bal örneklerinin ortalama pH değeri 3,66 olarak bulunmuştur (Živkov Baloš ce diğerleri, 2023). Dobrinas ve diğerleri (2022) tarafından Romanya'da gerçekleştirilen farklı kaynaklardan (arıcı, pazar ve organik) altı farklı akasya ve polifloral bal örneklerini incelemişlerdir. Bal örneklerinin pH değerlerinin 4,1 ile 5,0 arasında değiştiği görülmüştür. Organik bal örneklerinin, diğer örneklere kıyasla daha düşük bir pH değeri göstermiştir. Malezya'da gerçekleştirilen çalışmada, üç farklı bal çeşidinin pH değerlerinin 3,81-4,20 arasında değiştiğini bulmuşlardır (Muhammad ve Sarbon, 2023). Etiyopya'da yapılan ve 120 bal örneğinin analiz edildiği çalışmada, balların ortalam pH değerlerinin 3,7 olduğu saptanmıştır (Gela,

Hora, Kebebe ve Gebresilassie, 2021). Zawawi ve diğerleri (2022) tarafından Malezya ve Avustralya ballarında yaptıkları çalışmada 36 bal örneği incelenmiş olup, balların pH değerlerinin 2,86 ile 3,88 arasında değiştiğini saptamıştır. Yurtdışında gerçekleştirilen çalışmaların bulguları, pH değerlerinin belirli bir aralıkta değişkenlik göstermekle birlikte, çalışmamızda elde edilen pH sonuçlarının bildirilen değerlerle genel olarak benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, tüm örneklerde pH değerlerinin asidik aralıkta yer alması, balın mikrobiyal stabilitesi ve raf ömrü açısından uygun özellikler taşıdığını düşündürmektedir.

Elektrik iletkenliği, bal kalite değerlendirmesinde önemli bir fizikokimyasal parametre olup, botanik köken ve mineral bileşimin güvenilir bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Balın sulu çözeltisinde elektriksel yük taşınımına katkıda bulunan potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi inorganik tuzlar ile organik asitler, proteinler ve bazı kompleks şekerler gibi iyonize olabilen bileşenlerin konsantrasyonunu yansıtmaktadır (Kiran ve Riyaz, 2026). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre elektrik iletkenliği salgı balı için en az 0,8 mS/cm ve çiçek balı için ise en fazla 0,8 mS/cm olarak belirtilmektedir (TGK, 2020). Bu tez çalışmasında, elektrik iletkenliği değerlerinin organik bal örneklerinde 0,21-0,28 mS/cm, konvansiyonel bal örneklerinde ise 0,20-024 mS/cm aralığında değiştiği saptanmıştır. Bal örneklerimizin tamamının TGK'da belirtilen değere uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm markalara ait organik bal örneklerinin, aynı markaların konvansiyonel ballarına göre önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek iletkenlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bouddine ve diğerleri (2022) tarafından, Fas'ın kuzeyinde, merkezinde ve güneyinde bulunan farklı ekocoğrafi bölgelerinde kurulan kovanlardan, farklı çiçek türlerine ait 23 organik bal örneğinin analiz edilmiştir. Bal örneklerinin elektrik iletkenliği değerlerinin 100 ile 820 µs/cm arasında olduğu saptanmıştır. Bu parametrede, balın çiçek kökenine göre incelenen örnekler arasında büyük bir varyasyon gösterdiği görülmüştür. Portekiz'de 73 organik bal örneği ile gerçekleştirilen çalışmada, analiz edilen balların elektrik iletkenliği değerleri 0,09 ile 0,43 mS/cm arasında değişmektedir (Gomes ve diğerleri, 2011). Bu bulgular, balın elektrik iletkenliği değerlerinin hem botanik köken hem de coğrafi farklılıklara bağlı olarak geniş bir varyasyon aralığı gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Gümüşhane'nin farklı bölgelerinden temin edilen 15 çiçek balının fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, örneklerin elektrik iletkenliği değerlerinin 0,17–0,99 mS/cm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Düzenlemelere göre belirlenen 0,80 mS/cm üst sınırı dikkate alındığında, 0,99 mS/cm değeri gösteren bir örnek hariç tüm örneklerin bu sınıra uygun olduğu saptanmıştır. Örnekte gözlenen yüksek iletkenlik değeri, balın elektrik iletkenliğinin çiçek kaynağına bağlı olarak mineral, protein ve organik asit içeriğindeki artışla ilişkili olması nedeniyle, daha yüksek mineral içeriği ile açıklanabileceği bildirilmiştir (Ucuncu, Kul, Baltaci ve Aykoc, 2025). Benzer şekilde, Živkov Baloš ve diğerlerinin (2023) 24 adet ayçiçeği bal örneğinde yaptıkları incelemelerde, balların elektrik iletkenliğinin 0,22 ila 0,54 mS/cm arasında değiştiği saptanmıştır. Türkiye'nin Kuzeydoğu bölgesinden toplanan çiçek ballarında ise, örneklerin 0,28-071 mS/cm aralığında elektrik iletkenliği gösterdiği bildirilmiştir (Bayram ve diğerleri, 2021). Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmamızda elde edilen elektrik iletkenliği değerlerinin literatürde bildirilen sonuçlara kıyasla daha düşük aralıklarda yer aldığı görülmektedir. Çalışmamızdaki düşük elektrik iletkenliği değerlerinin farklı çiçek kökenlerinin baskınlığına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Bal, gözlemlenmesi çok kolay bir fiziksel özellik olan renk ve tüketici için çok önemli olan duyusal özelliklere göre sınıflandırılabilmektedir (Stanojević ve diğerleri, 2024). Bal kalitesinin değerlendirilmesi için Avrupa Birliği, Codex Alimentarius ve Uluslararası Bal Komisyonu tarafından bal kalitesinin ölçülmesine yönelik standartlar belirlenmiştir. Bal rengi genellikle Pfund ve Lovibond skalalarına göre sınıflandırılmaktadır (Quintero-Domínguez ve diğerleri, 2018). Çalışmamızda Pfund skalası kullanılmıştır ve elde ettiğimiz bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, organik bal örneklerinin renk açısından daha heterojen bir dağılım gösterdiği, konvansiyonel bal örneklerinin ise daha açık renk tonlarında ve daha homojen bir yapı sergilediği saptanmıştır.

Halagarda ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışma kapsamında, doğrudan arı kovanlarından ve organik gıda marketlerinden satın alınan 11 farklı bal türü değerlendirilmiştir. Her bir tür için organik ve konvansiyonel üretime ait ikişer örnek olmak üzere toplamda 22 bal örneği incelenmiştir. Çalışmada renk değerleri spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Renk parametreleri açısından bal örnekleri arasında belirgin farklılıklar olduğu ve bu farklılıkların özellikle balın botanik kökeni ile

ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca daha koyu renkli bal örneklerinin genellikle daha yüksek fenolik içerik ve antioksidan kapasite ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalar, koyu renkli bal örneklerinin açık renkli bal örneklerine kıyasla genellikle daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Kuś ve diğerleri, 2014; Özcan ve Ölmez, 2014; Sant'Ana ve diğerleri, 2014; Stanojević ve diğerleri, 2024). Çalışmamızdaki renk dağılımı ve toplam fenolik madde sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, bal örneklerinin renkleri ile fenolik madde içeriği arasında belirgin bir ilişki olduğu görülmektedir.

Renk dağılımı tablosuna göre özellikle ekstra açık amber ve açık amber grubunda yer alan B ve D firmalarına ait balların genel anlamda daha yüksek miktarda toplam fenolik madde içerdiği; buna karşılık daha açık renkli (beyaz ve ekstra açık amber) bal örneklerinin A ve C gruplarında baskın olduğu ve daha az fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, toplam fenolik madde sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Nitekim toplam fenolik içerik değerlerinin daha yüksek olduğu B ve D örneklerinde (özellikle konvansiyonel grupta) renk tonunun daha koyu sınıflarda yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz organik ve konvansiyonel balların renk dağılımları ile toplam fenolik madde içeriği arasındaki ilişki literatürle uyumludur. Sonuç olarak, elde edilen veriler balın renk özelliklerinin yalnızca görsel bir kalite parametresi olmadığını, aynı zamanda fenolik bileşikler açısından zenginlik hakkında önemli bir gösterge olabileceğini ortaya koymaktadır.

Castro ve diğerleri (2020) tarafından Kolombiya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 43 adet organik ve 24 adet konvansiyonel üretim sistemlerinden gelen örnekler incelenmiştir. Bal örneklerinin Pfund skalasına göre ölçülen renk değerleri yüksek değişkenlik göstermiştir. Konvansiyonel kahve üretim alanlarından elde edilen ballarda değerler 42-104 mm Pfund arasında değişmiş ve bu değerler açık ekstra amber, açık amber ve amber tonlarına karşılık gelmektedir. Organik kahve üretim alanlarından elde edilen ballarda ise değerler 38-118 mm Pfund arasında bulunmuş olup, bu tonlara ek olarak bazı örneklerde koyu amber rengi de gözlenmiştir. Literatürde bildirilen bulgularla uyumlu olarak, çalışmamızda da organik bal örneklerinin konvansiyonel örneklere kıyasla daha koyu renkli olduğu belirlenmiştir. Organik ballarda gözlenen daha koyu renk tonları, genellikle daha yüksek fenolik bileşik

içeriği ve buna bağlı artmış antioksidan kapasite ile ilişkilendirilmekte olup, bu durum botanik köken ve üretim koşullarındaki farklılıklarla açıklanabilmektedir.

Gürbüz ve diğerleri (2020) Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan farklı alanlardan toplanmış 68 çiçek balı örneği ile çalışmışlardır. Bal örneklerinin renk analizi sonuçlarının 17 ila 137 mm Pfund arasında değiştiği görülmüştür. Renk dağılımlarının ekstra beyazdan koyu ambere kadar çeşitlilik gösterdiği saptanmıştır. Kosova'daki 10 farklı yerleşim yerinden yarı ticari üreticilere ait toplam 26 bal örneğinin analiz edildiği çalışmada, renk dağılımlarının ekstra açık beyaz ve beyaz arasında olduğu saptanmıştır (Durmishi ve diğerleri, 2023). Moldovanın farklı bal çeşitleri ile yapılan çalışmada 28 bal örneği incelenmiştir. Bal örneklerinin renk değerleri ekstra açık amber ile koyu amber arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Chirsanova, Capcanari, Boistean ve Siminiuc, 2021). Bu çalışmalar değerlendirildiğinde, bal örneklerinde renk değerlerinin geniş bir aralıkta değiştiği ve bu farklılığın başlıca botanik köken ve coğrafi faktörlere bağlı olduğu görülmektedir. Özellikle bazı bölgelerde daha açık tonlar baskınken, diğer bal örneklerinde ekstra açık amberden koyu ambere kadar uzanan geniş bir renk dağılımının bulunması, balın bileşimsel özelliklerinin çevresel ve floral çeşitlilikten önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir.

Baldaki toplam çözünür katılar, nem ve şeker içeriği ile ilişkilidir. Yüksek düzeyde toplam çözünür katı maddeye sahip ballar, yüksek şeker seviyeleri ve daha düşük nem içeriğine sahiptirler (Mello dos Santos, Khan, Lim ve Locher, 2024). Çözünür katı madde içeriği, briks derecesi (°briks veya %briks) cinsinden ifade edilmektedir (Dobrinas ve diğerleri, 2022). Çalışmamızda C ve D firmalarının konvansiyonel bal örneklerinin %briks değerleri, organik bal örneklerine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek çıkmıştır.

Stanojević ve diğerleri (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Balkanlardan elde edilen sertifikalı arıcılardan temin edilen dördü organik ve dördü konvansiyonel olmak üzere toplam sekiz bal örneği analiz edilmiştir. İncelenen bal örneklerinin botanik köken (ıhlamur, akasya, kestane ve çayır) ve coğrafi köken bakımından farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar organik bal örneklerinin %briks değerlerini %77,50-81,00 arasında, konvansiyonel bal örneklerinin ise %77,16-81,00 arasında değişiklik gösterdiğini saptamıştır. Organik ve konvansiyonel değerler arasında belirgin fark bulunmadığı ve sonuçların çalışmamız ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca %briks değeri balın su

içeriği ile ters orantı olmasından ötürü, elde edilen bu aralıklar balın genel olarak olgun ve düşük nem içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Organik ve konvansiyonel örnekler arasında değerlerin büyük ölçüde örtüşmesi, üretim yönteminin (organik ya da konvansiyonel) bu parametre üzerinde sınırlı bir etkisi olduğunu, buna karşılık hasat zamanı, depolama koşulları ve çevresel faktörlerin daha belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, literatürde balın fizikokimyasal özelliklerinin üretim sisteminden ziyade floral ve bölgesel farklılıklara bağlı olarak değiştiğini bildiren çalışmalarla da uyumludur.

2021 yılında İran'da süpermarketlerden temin edilen toplam 160 bal örneği incelenmiş; refraktometre ile yapılan ölçümlerde %briks değerlerinin %79,5 ile %85,1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Arabameri ve diğerleri, 2024). Kanbur, Yuksek, Atamov ve Ozcelik (2021) tarafından Türkiye'nin Rize ilinden toplanan 11 bal örneği ile yapılan çalışmada, %briks değeri refraktometre kullanarak ölçmüştür. Değerlerin Yayla balında %78 ile %85 arasında değişirken, kestane balında %briks değerleri %80 ile %82 arasında değiştiği görülmüştür. Aykas (2023) tarafından yapılan çalışmada Türkiye ve ABD'deki yerel pazarlardan ve çevrimiçi mağazalardan yüz kırk yedi ticari bal örneği toplanmıştır. %briks değerleri refraktometre ile ölçülmüştür. Sonuçların %72,4 ile %82,7 arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmamızda analiz edilen balların ortalama %briks değerlerinin %80,811-82,430 arasında değişiklik göstermesi, literatürle paralellik göstermektedir.

Nem, mikrobiyal aktivite için uygun koşullar yaratmaktadır. Bu nedenle balın depolanması sırasında kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Vîjan, Mazilu, Enache, Enache ve Topală, 2023). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre Püren (*Calluna vulgaris*) ve Funda (*Erica* spp.) hariç çiçek ballarında nem değeri en fazla %20 olması gerekmektedir (TGK, 2020). Çalışmamızda tüm bal örneklerinin nem değerleri TGK'da belirtilen maksimum değerin altında kalmıştır. Analizler sonucunda organik bal örneklerinden C ve D firmasının, konvansiyonel bal örneklerine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir.

Gomes ve diğerleri (2011) Portekizde 73 organik bal örneği ile gerçekleştirdikleri çalışmada, bal örneklerinin ortalama nem değeri %17,17±0,62 olarak saptanmıştır. Stanojević ve diğerleri (2024) tarafından yapılan çalışmada, aynı botanik kökenli bal örnekleri ile farklı üretim yöntemleri (organik ve konvansiyonel) arasında farklı nem

içeriği kaydedilmiştir. Test edilen balın çoğunda (ıhlamur balı hariç), geleneksel olarak üretilen örneklerde daha yüksek bir nem içeriği kaydedilmiştir. Test edilen örneklerde nem içeriğinin %14,43-18,39 olduğu saptanmıştır. Bouddine ve diğerleri (2022) tarafından, Fas'ta 23 organik bal örneği ile yapılan çalışmada bal örneklerinin nem değerlerinin %14,2-19,4 arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen nem verileri literatür ile uyumludur ayrıca, balın nem içeriğinin geniş bir varyasyon gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu varyasyon; botanik köken, üretim yöntemi, hasat zamanı ve çevresel koşullar gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir. Özellikle konvansiyonel üretimde daha yüksek nem değerlerinin gözlenmesi, hasat olgunluğu ve işleme koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

Türkiye'de Tokat ilinden temin edilen 24 adet çiçek balı kullanılarak yapılan çalışmada refraktometre ile nem tayin edilmiştir. Nem değerlerinin %13-20 arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Kara ve diğerleri, 2022). Karlıdağ ve Solak-Amet (2025) tarafından Türkiye'nin farklı lokasyonlarından temin edilen bal örnekleri çalışılmıştır. Ortalama nem içeriğinin %16,62 olduğu saptanmıştır. Namlı ve diğerleri (2025) tarafından yapılan çalışmada analiz edilen bal örnekleri, Artvin ilinden temin edilmiştir. Her yıl, her örnekleme alanından (Hatila, Şavşat, Yusufeli, Ardanuç), aynı kovandan 1 adet bal örneği olmak üzere toplamda 12 adet bal örneği alınmıştır. Bal örneklerinin nem değerleri refraktometre ile analiz edilmiş veBal örneklerinin yıllara göre nem değerleri değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Temin edilen balların 3 yıllık ortalama nem değerleri sırasıyla %17,77, %17,41, %17,04, %14,78 olarak saptanmıştır. Bu bulgular, Türkiye'de üretilen çiçek ballarının nem içeriğinin genel olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu, ancak bölgesel ve yıllık farklılıkların önemli düzeyde değişkenlik oluşturduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, balın kalite özelliklerinin korunabilmesi için hasat zamanı ve çevresel koşulların dikkatle kontrol edilmesi gerekmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bal, içerdiği biyoaktif bileşenler nedeniyle insan sağlığı açısından önemli ve yaygın tüketilen bir arıcılık ürünüdür. Son yıllarda organik gıdalara yönelik artan tüketici talebi, organik balın da özellikle "daha yüksek besinsel kalite" ve "daha düşük kontaminant riski" algısıyla ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bu çalışma kapsamında Türkiye'de satışa sunulan konvansiyonel ve organik bal örneklerinin TAS, TOS, OSI, toplam fenolik madde, prolin, diastaz aktivitesi ve çeşitli fizikokimyasal özellikleri kapsamlı şekilde değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, analiz edilen bal örneklerinin büyük ölçüde Türk Gıda Kodeksi kriterlerine uygun olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle ortalama elektrik iletkenliği, prolin miktarı ve diastaz sayısı gibi kalite göstergelerinin referans aralıklar içerisinde yer alması, incelenen örneklerin iyi arıcılık uygulamaları ve uygun işleme-depolama koşulları altında üretildiğini düşündürmektedir. Diastaz aktivitesinin minimum sınır değerlerin üzerinde olması, enzimatik aktivitenin korunmuş olduğunu gösterirken; HMF düzeylerinin genel olarak düşük bulunması, balın tazeliği ve termal işlem görmemiş olma olasılığı ile ilişkilendirilebilir.

Antioksidan parametreler açısından değerlendirildiğinde, bal örneklerinin yüksek toplam antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiş olup, bu durum fenolik bileşik içeriği ile paralellik göstermektedir. Oksidatif stres göstergeleri (TOS ve OSI) ile birlikte ele alındığında, analiz edilen balların oksidan ve antioksidan dengesi açısından olumlu bir profile sahip olduğu söylenebilir.

Genel olarak elde edilen sonuçlar, Türkiye'de pazarlanan konvansiyonel ve organik bal örneklerinin kalite standartlarına uygun olduğunu göstermektedir. Bu ürünlerin besinsel, fonksiyonel ve ticari açıdan önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, organik ve konvansiyonel bal arasındaki farklılıkların daha net ortaya konulabilmesi için daha geniş örneklem gruplarıyla, farklı coğrafi bölgeleri ve botanik kaynakları kapsayan ileri çalışmaların yapılması önerilmektedir. Ayrıca, antioksidan kapasite ile fenolik profil arasındaki ilişkinin bileşen düzeyinde detaylı incelenmesi balın sağlık üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abdel Daim, Z.J., Mohsen, A., Awad, S., Elmashay, A., Rawwash, A. A., and Ghaly, W. A. (2023). Comparing honey quality by estimating the activity of diastase enzyme for honey samples in the Saudi markets. *Journal of Medical and Life Science*, 5(3), 238-250.

Adenekan, M. O., Amusa, N. A., Lawal, A. O., and Okpeze, V. E. (2010). Physico-chemical and microbiological properties of honey samples obtained from Ibadan. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 2(8), 100-104.

Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., and Murray, C. J. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958-1972.

Ağagündüz, D. (2020). Organik çay infüzyonlarının toplam antioksidan ve oksidan kapasitelerinin değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 48(2), 5-14.

Ağagündüz, D., Ağbal, Z., Sarikaya, D., Sağit, B., and Şahin, T. Ö. (2025). Comparative analysis of total antioxidant status (tas) of ready- to- consume turkish coffees with different flavoring agents. *Journal of Food Biochemistry*, 2025(1), 2724033.

Akgün, N., Çelik, Ö. F., and Kelebekli, L. (2021). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant activity of chestnut, rhododendron, acacia and multifloral honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3501-3508.

Akyol, E., Selamoglu, Z., Dogan, H., Akgul, H., and Unalan, A. (2015). Determining the total antioxidant status and oxidative stress indexes of honey samples obtained from different phytogeographical regions in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(4), 1204-1208.

Al Hadhramie, A. Z. M. S., Al Mazrooei, F. R. A., Al Mamari, S., Al Humaid, S. H. J., Khan, S., and Akhtar, M. J. (2023). Physicochemical evaluation to assess the quality of honey samples marketed in Oman. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(3), 394-404.

Albaridi, N. A. (2019). Antibacterial potency of honey. *International Journal of Microbiology*, 2019(1), 2464507.

Albu, A., Bora, F. D., Cucu-Man, S.-M., Stoleru, V., Nistor, C.-E., Brumă, I. S., and Rusu, O.-R. (2025). Assessing honey quality: a focus on some physicochemical parameters of honey from Iasi county (Romania). *Agriculture*, 15(3), 333.

Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2188–2196.

Althaiban, M. A. (2024). Investigation of hydroxymethylfurfural levels in commercial acacia honey for quality control: a systematic review. *Discover Applied Sciences*, 6(10), 515.

Alvarez-Suarez, M. J., Giampieri, F., and Battino, M. (2013). Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 20(5), 621-638.

Alves, E. M., Sereia, M. J., Toledo, V. D. A. A. D., Marchini, L. C., Neves, C. A., Toledo, T. C. S. D. O. A. D., and Almeida-Anacleto, D. D. (2011). Physicochemical characteristics of organic honey samples of africanized honeybees from Parana River islands. *Food Science and Technology*, 31(3), 635-639.

Arabameri, M., Naghashan, M., Ahmadloo, M., Moazzen, M., Aliabadi, A. G., and Shariatifar, N. (2024). Analysis of elements and physicochemical and microbial properties of Iranian honeys. Biological Trace Element Research, 202(9), 4279-4287.

Aykas, D. P. (2023). Determination of possible adulteration and quality assessment in commercial Honey. *Foods*, 12(3), 523.

Aypak, S. Ü., İnci, A., Bakırcı, S., Fidan, E. D., and Soysal, M. (2019). Comparision of the antioxidant activity and hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey taken from hives and markets. *Gıda*, 44(1), 86-92.

Azkeskin, S. A., and Bozdemir, M. K. E. (2022). Evaluating the performance of organic crop, livestock, and beekeeping in the Provinces of Türkiye using the TOPSIS method. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 810-824.

Azonwade, F. E., Paraïso, A., Agbangnan Dossa, C. P., Dougnon, V. T., N'tcha, C., Mousse, W., and Baba-Moussa, L. (2018). Physicochemical characteristics and microbiological quality of honey produced in Benin. *Journal of Food Quality*, 2018(1), 1896057.

Barra, M. P. G., Ponce-Díaz, M. C., and Venegas-Gallegos, C. (2010). Volatile compounds in honey produced in the central valley of Ñuble province, Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1), 75-84.

Baša Česnik, H., Kmecl, V., and Velikonja Bolta, Š. (2019). Pesticide and veterinary drug residues in honey - validation of methods and a survey of organic and conventional honeys from Slovenia. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 1358–1375.

Basumallick, L., and Rohrer, J. (2016). Determination of hydroxymethylfurfural in honey and biomass. *Thermo Fisher Scientific*, 270, 1-6.

Bayram, N. E., Kara, H. H., Can, A. M., Bozkurt, F., Akman, P. K., Vardar, S. U., and Dertli, E. (2021). Characterization of physicochemical and antioxidant properties of Bayburt honey from the North-east part of Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 46–56.

Becerril-Sánchez, A. L., Quintero-Salazar, B., Dublán-García, O., and Escalona-Buendía, H. B. (2021). Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants*, 10(11), 1700.

Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., and Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822-828.

Bideci, G. B. Ç., and Karasalihoğlu, S. (2022). A retrospective study: physicochemical properties of the flower honey from the Black Sea region of Turkey in different years. *Food Science and Technology*, 42, e58120.

Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., and Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677-689.

Bouddine, T., Laaroussi, H., Bakour, M., Guirrou, I., Khallouki, F., Mazouz, H., and Hajji, L. (2022). Organic honey from the middle atlas of Morocco: physicochemical parameters, antioxidant properties, pollen spectra, and sugar profiles. *Foods*, 11(21), 3362.

Bourn, D., and Prescott, J. (2002). A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), 1-34.

Boutoub, O., El-Guendouz, S., Manhita, A., Dias, C. B., Estevinho, L. M., Paula, V. B., Carlier, J., Costa, M. C., Rodrigues, B., Raposo, S., Aazza, S., El Ghadraoui, L., and Miguel, M. G. (2021). Comparative study of the antioxidant and enzyme ınhibitory activities of two types of Moroccan Euphorbia entire honey and their phenolic extracts. *Foods*, 10(8), 1909.

Camara, V. C., and Laux, D. (2010). Moisture content in honey determination with a shear ultrasonic reflectometer. *Journal of Food Engineering*, 96(1), 93-96.

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., and Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133-141.

Cao, W., Zhang, J. J., Liu, C. Y., Bai, W. S., and Cheng, N. (2020). A modified folin-ciocalteu method for the microdetermination of total phenolic content in honey. *International Food Research Journal*, 27(3), 576.

Castillo Martínez, T., García Osorio, C., García Muñiz, J. G., Aguilar Ávila, J., and Ramírez Valverde, R. (2022). Sugars and Brix in honey from Apis mellifera, Melipona beecheii, and commercial honey from a local market in Mexico. *Veterinaria México* OA, 9.

Castro, E., Quicazán, M., Mojica, A., and Zuluaga-Domínguez, C. (2023). Bioactive and physicochemical profile of honey collected from Colombian organic and conventional coffee growing areas. *Journal of Apicultural Research*, 62(3), 518-529.

Cheung, Y., Meenu, M., Yu, X., and Xu, B. (2019). Phenolic acids and flavonoids profiles of commercial honey from different floral sources and geographic sources. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 290-308.

Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2), 153-177.

Chirsanova, A., Capcanari, T., Boistean, A., and Siminiuc, R. (2021). Physico-chemical profile of four types of honey from the south of the Republic of Moldova. *Food and Nutrition Sciences*, 12(9), 874-888.

Chirsanova, C. A., Capcanari, T., Boiştean, A., and Khanchel, E. M. I. (2021). Bee honey: history, characteristics, properties, benefits and adulteration in the beekeeping sector. *Journal of Social Sciences*, (3), 98-114.

Chua, L. S., and Adnan, N. A. (2014). Biochemical and nutritional components of selected honey samples. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(2), 169-179.

Chua, L. S., Rahaman, N. L. A., Adnan, N. A., and Eddie Tan, T. T. (2013). Antioxidant activity of three honey samples in relation with their biochemical components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2013(1), 313798.

Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Reboredo-Rodriguez, P., Manna, P. P., Zhang, J., Bravo Lamas, L., Martínez Flórez, S., Agudo Toyos, P., Quiles, J. L., Giampieri, F., and Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A Review. *Molecules*, 23(9), 2322.

Cuevas-Glory, L. F., Pino, J. A., Santiago, L. S., and Sauri-Duch, E. (2007). A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 103(3), 1032-1043.

Czipa, N., Borbély, M., and Győri, Z. (2012). Proline content of different honey types. *Acta Alimentaria*, 41(1), 26-32.

Çelemli, O. G., Özkök, A., Özenirler, Ç., Mayda, N., Zare, G., and Sorkun, K. (2021). Highlighting The melissopalynological and physicochemical characteristics of Ayder-Rize (Turkey). *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 30(2), 119-133.

Çobanoğlu, D. N., Akyıldız, İ. E., Kızılpınar Temizer, İ., Damarlı, E., and Çelik, Ş. (2023). Phenolic compound, organic acid, mineral, and carbohydrate profiles of pine and blossom honeys. *European Food Research and Technology*, 249(6), 1503-1515.

Da Costa, I. F., and Toro, M. J. U. (2021). Evaluation of the antioxidant capacity of bioactive compounds and determination of proline in honeys from Pará. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1900-1908.

Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., and Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food chemistry*, 196, 309-323.

da Silva, P. M., Gonzaga, L. V., de Azevedo, M. S., Biluca, F. C., Schulz, M., Costa, A. C. O., and Fett, R. (2020). Stability of volatile compounds of honey during prolonged storage. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 1167-1182.

Daniel, W. W. (1991). *Bioistatistic: A foundation for analysis in the health sciences* (5th edition). New York: John Wiley and Sons Inc., 5.

Demir, F., Sandalcıoğlu, Z. S., and Erkan, C. (2023). Türkiye'de organik arıcılık. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 6(1), 64-71.

Diacu, E. L. E. N. A., and Tantaveanu, E. F. (2007). Determination of moisture content and its correlation with other parameters in honey quality control. *Revista De Chimie-Bucharest-Original Edition*, 58(12), 1310.

do Nascimento, K. S., Sattler, J. A. G., Macedo, L. F. L., González, C. V. S., de Melo, I. L. P., da Silva Araújo, E., and de Almeida-Muradian, L. B. (2018). Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian Apis mellifera honeys. *Food Science and Technology*, 91, 85-94.

Dobrinas, S., Soceanu, A., Birghila, S., Birghila, C., Matei, N., Popescu, V., and Constanda, L. M. (2022). Chemical analysis and quality assessment of honey obtained from different sources. *Processes*, 10(12), 2554.

Dominguez, M. A., and Centurión, M. E. (2015). Application of digital images to determine color in honey samples from Argentina. *Microchemical Journal*, 118, 110-114.

Dos Santos, A. C., Biluca, F. C., Brugnerotto, P., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., and Fett, R. (2022). Brazilian stingless bee honey: physicochemical properties and aliphatic organic acids content. *Food Research International*, 158, 111516.

dos Santos, A.C., Faita, M.R., Gonzaga, L.V., and Costa, A.C.O. (2025). Evaluating maturity indicators in stingless bee honey: the role of soluble solids over pot condition in harvesting standards. *Journal of Food Composition and Analysis*, 137, 106869.

Durak Kılıçaslan, N. S. (2015). *Türkiye ve AB'de organik tarım mevzuatı, uygulamaları ve değerlendirilmesi*. AB Uzmanlık Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-104.

Durmaz, N. E. (2020). *Çiçek ballarının fenolik bileşik ve aroma bileşenleri üzerine araştırma*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Durmishi, B., Knights, V., Mehmeti, I., Stamatovska, V., Nuha, D., Rizani, S., and Sadiku, V. (2023). Determining the quality of honey in the region of Kosova with physiochemical analysis. *Uludag Bee Journal*, 23(2), 202-214.

Ekici, L., Sagdic, O., Silici, S., and Ozturk, I. (2014). Determination of phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Turkish pine honey. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(4), 439-444.

El-Soud, N. H. A., and Helmy, N. (2012). Honey between traditional uses and recent medicine. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 5(2), 205-214.

Emir, M., ve Demiryürek, K. (2014). Avrupa Birliği ve Türkiye'deki organik tarım mevzuatındaki gelişmeler ve son yönetmeliklerin analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 21-28.

Eraslan, E. C. (2023). Total antioxidant and total oxidant status of fermented food kombucha tea. *Eurasian Journal of Medical and Biological Sciences*, 3(2), 109-113.

Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., and Ab Wahab, M. S. (2012). Honey: a novel antioxidant. *Molecules*, 17(4), 4400-4423.

Erel, O. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37(4), 277-285.

Erel, O. (2005). A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical Biochemistry*, 38(12), 1103–1111.

Eryılmaz, G. A., Kılıç, O., ve İsmet, B. O. Z. (2019). Türkiye'de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 352-361.

Escuredo, O., Chouza, M., Rodríguez-Flores, M. S., Diéguez-Antón, A., Míguez, M., and Seijo, M. C. (2025). Chemometric support for the botanical discrimination of honey from Northwest Spain: Mineral composition and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 492, 145412.

Ferrassi, H., Elouafy, Y., Eddine, O. J., Badaoui, B., Abdelmoumen, H., Gmouh, S., and Bourais, I. (2025). Antioxidant properties, phytochemical characterization and quantification of sugars, HMF, pesticides by liquid chromatography in Moroccan monofloral honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19(12), 9822-9837.

Flanjak, I., Strelec, I., Kenjerić, D., and Primorac, L. (2016). Croatian produced unifloral honey characterized according to the protein and proline content and enzyme activities. *Journal of Apicultural Science*, 60(1), 39-48.

Folin, O., and Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 73(2), 627-650.

Gašić, U., Kečkeš, S., Dabić, D., Trifković, J., Milojković-Opsenica, D., Natić, M., and Tešić, Ž. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. *Food Chemistry*, 145, 599-607.

Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., and Gebresilassie, A. (2021). Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (Meliponula beccarii) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05875.

Ghoniemy, H.A., Esmail, A.H.M., and Mahmoud, A.A.E.T. (2022). Evaluation of vitamin C, proline, enzymes and hydroxymethylfurfural levels in clover honey at different storage conditions. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(132), 427-434.

Godoy, C. A., Valderrama, P., and Boroski, M. (2022). HMF monitoring: Storage condition and honey quality. *Food Analytical Methods*, 15(11), 3162-3176.

Gomes T., Feás, X., Iglesias, A., and Estevinho, L. M. (2011). Study of organic honey from the northeast of Portugal. *Molecules*, 16(7), 5374-5386.

Gupta, B., Devi, K. J., Chanu, P. S., Jadav, S., CS, V., and Gupta, S. (2024). Nutritional composition of honey: Implications for human health and disease prevention. *Agriculture Archives: an International Journal*, 3(3), 1-5.

Gül, A., Şahinler, N., Akyol, E., and Şahin, A. (2005). Organik arı yetiştiriciliği. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi,* 10(1-2), 63-70.

Gündoğdu, E., Çakmakçı, S., and Şat, İ. G. (2019). An overview of honey: its composition, nutritional and functional properties. *Journal of Food Science and Engineering*, 9(1), 10-14.

Gürbüz, S., Çakıcı, N., Mehmetoğlu, S., Atmaca, H., Demir, T., Arıgül Apan, M., and Güney, F. (2020). Physicochemical quality characteristics of Southeastern Anatolia honey, Turkey. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020(1), 8810029.

Güzel, N., and Bahçeci, K. S. (2020). Çorum yöresi ballarinin bazi kimyasal kalite parametrelerinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 45(2), 230-241.

Halagarda, M., Groth, S., Popek, S., Rohn, S., and Pedan, V. (2020). Antioxidant activity and phenolic profile of selected organic and conventional honeys from Poland. *Antioxidants*, 9(1), 44.

Hassan, N. H., Manickavasagam, G., Althakafy, J. T., Saaid, M., Adnan, R., Saad, B., and Wong, Y. F. (2023). Physicochemical properties, proline content and furanic compounds of stingless bee honey marketed in Malaysia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 121, 105371.

Herken, E. N., Erel, O., Guzel, S., Celik, H., and Ibanoglu, S. (2009). Total antioxidant, phenolic compounds, and total oxidant status of certified and uncertified Turkey's honeys. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 461-468.

Huang, Z., Liu, L., Li, G., Li, H., Ye, D., and Li, X. (2019). Nondestructive determination of diastase activity of honey based on visible and near-infrared spectroscopy. *Molecules*, 24(7), 1244.

Izol, E., and Haspolat, Y.K., (Editors). (2023). *Safety of bee products.* (1) Ankara: Oriant Publications, 1-9.

İnternet: Food and Agriculture Organization (FAO), (2007). Food and Organic Agriculture. URL: https://www.fao.org/4/j1850e/j1850e07.htm. Son Erişim Tarihi: 05.01.2026.

İnternet: International Honey Commission (IHC), Harmonised methods of the International Honey Commission (2009), URL: https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf Son Erişim Tarihi: 23.02.2026.

İnternet: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (TKB). (2010). Organik Tarımın Esasları ve Uygulamasına İlişkin Yönetmelik. URL: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/08/20100818-4.htm, Son Erişim Tarihi: 25.03.2026

İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), 2024 Yılları Arasında Organik Tarım İstatistikleri (2024), URL: https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler, Son Erişim Tarihi:17.02.2026

İnternet: Türk Gıda Kodeksi (TGK). (2020). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. URL: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm, Son Erişim Tarihi: 25.03.2026

İvi Yalçın, F. Ç., and Oruç Büyükbay, E. (2015). Tokat İli merkez ilçede arıcılık yapan işletmelerde bal ve diğer arı ürünlerinin organik üretim potansiyeli. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 32(2), 14-23.

Jaśkiewicz, K., Szczęsna, T., and Jachuła, J. (2025). How phenolic compounds profile and antioxidant activity depend on botanical origin of honey—a case of polish varietal honeys. *Molecules*, 30(2), 360.

Jones, R. (2009). Honey and healing through the ages. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1(1), 2-5.

Kanbur, E. D., Yuksek, T., Atamov, V., and Ozcelik, A. E. (2021). A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey: The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey. *Food Chemistry*, 345, 128864.

Kara F, Kaya C, Esin Yücel E, Topuz S, ve Bayram M. (2022). Tokat yöresi ballarının bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluğunun değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 22(2), 148-165.

Kara, Y., Can, Z., and Kolaylı, S. (2019). HPLC analyses of polyphenolic compounds in oak (Querces frainetto) honey from Kırklareli region of Turkey. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 1(1), 17-20.

Karabagias, I. K., Badeka, A., and Kontominas, M. G. (2020). A decisive strategy for monofloral honey authentication using analysis of volatile compounds and pattern recognition techniques. *Microchemical Journal*, 152, 104263.

Karlıdağ, S. (2025). Investigation of phenolic compounds and antioxidant properties in honey, pollen and propolis according to regional and Apis mellifera genotypes. *Food & Nutrition Research*, 69, 10-29219.

Karlıdağ, S., and Solak-amet, O. (2025). Türkiye'nin farkli lokasyonlarindan temin edilen ticari bal örneklerinin melissopalinolojik ve fiziko-kimyasal analizleri. *Uludag Bee Journal*, 25(1), 89-107.

Kaškonienė, V., Venskutonis, P. R., and Čeksterytė, V. (2008). Composition of volatile compounds of honey of various floral origin and beebread collected in Lithuania. *Food Chemistry*, 111(4), 988-997.

Kaškonienė, V., Venskutonis, P. R., and Čeksterytė, V. (2010). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 801-807.

Kawashima, H., Suto, M., and Suto, N. (2019). Stable carbon isotope ratios for organic acids in commercial honey samples. *Food Chemistry*, 289, 49-55.

Kędzierska-Matysek, M., Stryjecka, M., Teter, A., Skałecki, P., Domaradzki, P., and Florek, M. (2021). Relationships between the content of phenolic compounds and the antioxidant activity of Polish honey varieties as a tool for botanical discrimination. *Molecules*, 26(6), 1810.

Kek, S. P., Chin, N. L., Yusof, Y. A., Tan, S. W., and Chua, L. S. (2014). Total phenolic contents and colour intensity of Malaysian honeys from the Apis spp. and Trigona spp. bees. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 150-155.

Keke, A., and Cinkmanis, I. (2019). Determination of organic acids in honey samples from Latvian market by high-performance liquid chromatography. *Research for Rural Development*, 1, 229-233.

Khan, S. U., Anjum, S. I., Rahman, K., Ansari, M. J., Khan, W. U., Kamal, S., Khattak B., Muhammad, A., and Khan, H. U. (2018). Honey: single food stuff comprises many drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 320-325.

Kiran, C., and Riyaz, M. (2026). Understanding the physicochemical profile of honey: A comprehensive review of quality and authenticity parameters. *Journal of Food Composition and Analysis*, 151, 108993.

Kolayli, S., and Keskin, M. (2020). Natural bee products and their apitherapeutic applications. *Studies in Natural Products Chemistry*, 66, 175-196.

Kružík, V., Grégrová, A., Rajchl, A., and Čížková, H. (2017). Study on honey quality evaluation and detection of adulteration by analysis of volatile compounds. *Journal of Apicultural Science*, 61(1), 17-27.

Kuś, P. M., Congiu, F., Teper, D., Sroka, Z., Jerković, I., and Tuberoso, C. I. G. (2014). Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 124-130.

Lastriyanto, A., Wibowo, S. A., Erwan, E., Jaya, F., Batoro, J., Masyithoh, D., and Lamerkabel, J. S. A. (2020). Moisture reduction of honey in dehumidification and evaporation processes. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (JMEST)*, 4(2), 9.

Lazarus, M., Tariba Lovaković, B., Orct, T., Sekovanić, A., Bilandžić, N., Đokić, M., Solomun Kolanović, B., Varenina, I., Jurič, A., Denžić Lugomer, M., and Bubalo, D. (2021). Difference in pesticides, trace metal(loid)s and drug residues between certified organic and conventional honeys from Croatia. *Chemosphere*, 266, 128954.

Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., and Pascual-Maté, A. (2018). Composition and Properties of Apis mellifera Honey: A review. *Journal of Aapicultural Research*, 57(1), 5-37.

Machado, A. M., Miguel, M. G., Vilas-Boas, M., and Figueiredo, A. C. (2020). Honey volatiles as a fingerprint for botanical origin—a review on their occurrence on monofloral honeys. *Molecules*, 25(2), 374.

Makhloufi, C., Taibi, K., and Ait Abderrahim, L. (2020). Characterization of invertase and diastase activities, 5-hydroxymethylfurfural content and hydrogen peroxide production of some Algerian honeys. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 44(5), 1295-1302.

Manyi-Loh, C. E., Ndip, R. N., and Clarke, A. M. (2011). Volatile compounds in honey: A review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(12), 9514-9532.

Martins, N., Barros, L., and Ferreira, I. C. (2016). In vivo antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 1-12.

Mato, I., Huidobro, J. F., Simal-Lozano, J., and Sancho, M. T. (2003). Significance of nonaromatic organic acids in honey. *Journal of Food Protection*, 66(12), 2371-2376.

Mato, I., Huidobro, J. F., Simal-Lozano, J., and Sancho, M. T. (2006). Analytical methods for the determination of organic acids in honey. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 36(1), 3-11.

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., and Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577.

Mello dos Santos, M., Khan, N., Lim, L. Y., and Locher, C. (2024). Antioxidant activity, physicochemical and sensory properties of stingless bee honey from australia. *Foods*, 13(11), 1657.

Merdan, K., and Kaya, V. (2013). Türkiye'deki organik tarımın ekonomik analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 239-252.

Miguel, M. G., Antunes, M. D., and Faleiro, M. L. (2017). Honey as a complementary medicine. *Integrative Medicine İnsights*, 12, 1178633717702869.

Mohammed Hassan, K. N. A., Raja Ibrahim, R. K., Maisarah, D., Zakaria, Z., Ihsan, N., and Fauziah, T. A. (2021). Profiling pH and moisture content of stingless bee honey in closed and opened cerumen honey pots. *Journal of Physics: Conference Series*, 1892(1), 012032.

Moise, A., Mărghitaş Liviu, A., Dezmirean, D., and Bobis, O. (2013). Nutraceutical properties of Romanian heather honey. *Nutrition & Food Science*, 43(3), 218-227.

Moniruzzaman, M., Khalil, M. I., Sulaiman, S. A., and Gan, S. H. (2012). Advances in the analytical methods for determining the antioxidant properties of honey: a review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(1), 36-42.

Morar, I. I., Pop, R. M., Peitzner, E., Ranga, F., Orăsan, M. S., Cecan, A. D., Chera, E. I., Bonci, T. I., Usatiuc, L. O., Țicolea, M., But, A. E., Cătoi, F. A., Pârvu, A. E., and Ghergie, M. C. D. (2025). Phytochemical composition and antioxidant activity of manuka honey and ohia lehua honey. *Nutrients*, 17(2), 276.

Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., Bey, B. M., Louaileche, H., and Tamendjari, A. (2018). Effect of storage on hydroxymethylfurfural (HMF) and color of some Algerian honey. *International Food Research Journal*, 25(3), 1044-1050.

Mozaffarian, D., Appel, L. J., and Van Horn, L. (2011). Components of a cardioprotective diet: new insights. *Circulation*, 123(24), 2870-2891.

Muhammad, N. I. I., and Sarbon, N. M. (2023). Physicochemical profile, antioxidant activity and mineral contents of honey from stingless bee and honey bee species. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 394-401.

Murali, A. P., Trząskowska, M., and Trafialek, J. (2023). Microorganisms in organic food-ıssues to be addressed. *Microorganisms*, 11(6), 1557.

Namlı, M., Delice, S. U., Kılıç, B., Canbolat, D., Gümrükçüoğlu, A., Turan, Ö., and Demiralay, M. (2025). Artvin-Hatila, Yusufeli, Ardanuç ve Şavşat ilçelerinden temin edilen çiçek balı örneklerinde kalite analizleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 141-153.

Nicewicz, A. W., Nicewicz, Ł., and Pawłowska, P. (2021). Antioxidant capacity of honey from the urban apiary: A comparison with honey from the rural apiary. *Scientific Reports*, 11(1), 9695.

Official Methods of Analysis of AOAC International (2005). *Hydroxymethylfurfural in Honey*. USA: AOAC International, 980.23.

Özcan, M. M., and Ölmez, Ç. (2014). Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chemistry*, 163, 212-218.

Özkan, M., and Dodoloğlu, A. (2025). İspir yöresinin ballarının bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Animal Science and Economics*, 4(1), 20-26.

Özkök, A., D'arcy, B., and Sorkun, K. (2010). Total phenolic acid and total flavonoid content of Turkish pine honeydew honey. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(2), 65-71.

Palma-Morales, M., Huertas, J. R., and Rodríguez-Pérez, C. (2023). A comprehensive review of the effect of honey on human health. *Nutrients*, 15(13), 3056.

Pascual-Maté, A., Osés, S. M., Fernández-Muiño, M. A., and Sancho, M. T. (2018). Methods of analysis of honey. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 38–74.

Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., and Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425-431.

Paula, V. B., Sousa-Dias, M. L., Seixas, N. L., Combarros-Fuertes, P., Estevinho, L. M., and Dias, L. G. (2024). Phenolic class analysis in honey: Comparison of classical and single UV spectrum methodologies. *Processes*, 12(10), 2297.

Pavlova, T., Stamatovska, V., Kalevska, T., Dimov, I., Assistant, G., and Nakov, G. (2018). Quality characteristics of honey: A review. *Proceedings of University of Ruse*, 57, 31-37.

Pehlivan, M., and Sevindik, M. (2018). Antioxidant and antimicrobial activities of Salvia multicaulis. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(5), 628-631.

Pehlivan, M., Mohammed, F. S., Sevindik, M., and Akgul, H. (2018). Antioxidant and oxidant potential of Rosa canina. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4), 22-25.

Piljac-Žegarac, J., Stipčević, T., and Belščak, A. (2009). Antioxidant properties and phenolic content of different floral origin honeys. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1(2), 43-50.

Pita-Calvo, C., and Vázquez, M. (2017). Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 79-87.

Polak-Śliwińska, M., and Tańska, M. (2021). Conventional and organic honeys as a source of water- and ethanol-soluble molecules with nutritional and antioxidant characteristics. *Molecules*, 26(12), 3746.

Pontis, J. A., Costa, L. A. M. A. D., Silva, S. J. R. D., and Flach, A. (2014). Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Science and Technology*, 34, 69-73.

Popa, M. E., Mitelut, A. C., Popa, E. E., Stan, A., and Popa, V. I. (2019). Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 15-18.

Puścion-Jakubik, A., Borawska, M. H., and Socha, K. (2020). Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin ıdentification. *Foods*, 9(8), 1028.

Puvača, N., Bursić, V., Brkić, I., Vapa Tankosić, J., Prodanović, R., Vuković, G., and Gvozdenac, S. (2024). Toxicological assessment of honey from conventional and organic production and risk assessment for public health. *Journal of Central European Agriculture*, 25(2), 554-566.

Quintero-Dominguez, R., Reyes-Carrillo, J. L., de la Cruz-Larios, L., and González-Eguiarte, D. R. (2018). Bee honey color variation throughout the year in Hejotitán, Jalisco, México. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research-Discontinued*, 6(3), 66-73.

Rababah, T. M., Al- Omoush, M., Brewer, S., Alhamad, M., Yang, W., Alrababah, M., and Almajwal, A. (2014). Total phenol, antioxidant activity, flavonoids, anthocyanins and color of honey as affected by floral origin found in the arid and semiarid Mediterranean areas. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1119-1128.

Rahman, M. A., Hossain, M. M., and Barman, D. N. (2023). Organic acids in honey. *Honey: Composition and Health Benefits*, 102-112.

Ramsay, E. I., Rao, S., Madathil, L., Hegde, S. K., Baliga-Rao, M. P., George, T., and Baliga, M. S. (2019). Honey in oral health and care: a mini review. *Journal of Oral Biosciences*, 61(1), 32-36.

Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albujja, M., and Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21, 1-17.

Raweh, H. S., Badjah-Hadj-Ahmed, A. Y., Iqbal, J., and Alqarni, A. S. (2023). Physicochemical composition of local and imported honeys associated with quality standards. *Foods*, 12(11), 2181.

Rosa, A. A., Soares, J. P. G., Junqueira, A. M. R., Rosa, A. G., and de Sousa Moreira, I. (2024). Conventional and organic honey production and quality: a worldwide perspective. *Revista de Gestão Social e Ambiental,* 18(8), 1-31.

Sak-Bosnar, M., and Sakač, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135(2), 827-831.

Samarghandian, S., Farkhondeh, T., and Samini, F. (2017). Honey and health: a review of recent clinical research. *Pharmacognosy Research*, 9(2), 121.

Sancho, M. T., Mato, I., Huidobro, J. F., Fernández-Muiño, M. A., and Pascual-Maté, A. (2012). Nonaromatic organic acids of honeys. In *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. New York, NY: Springer New York, 447-458.

Sant'Ana, L.D.O., Buarque Ferreira, A.B., Lorenzon, M.C.A., Berbara, R.L.L., and Castro, R. N. (2014). Correlation of total phenolic and flavonoid contents of Brazilian honeys with colour and antioxidant capacity. *International Journal of Food Properties*, 17(1), 65-76.

Schievano, E., Finotello, C., Uddin, J., Mammi, S., and Piana, L. (2016). Objective definition of monofloral and polyfloral honeys based on NMR metabolomic profiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(18), 3645-3652.

Sereia, M. J., Marchini, L. C., Alves, E. M., and Faquinello, P. (2010). Microorganisms in organic and non organic honey samples of Africanized honeybees. *Journal of Apicultural Science*, 54(1), 49-54.

Serin, S., Turhan, K. N., and Turhan, M. (2018). Correlation between water activity and moisture content of Turkish flower and pine honeys. *Food Science and Technology*, 38(2), 238-243.

Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., and Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 35.

Shiddiq, M., Salambue, R., Yasmin, N. Z., Lismayeni, F., Fitridhani, S., and Adzani, H. (2018, November). Laser based imaging method to discriminate Riau Province pure honeys. *Journal of Physics: Conference Series*, 1120(1), 012053.

Sıralı, R., Maraz, Z., and Aksoy, D. (2018). Türkıye arıcılığının 1935 yılından 2015 yılına kadar değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 18(1), 52-62.

Silva, T. M. S., dos Santos, F. P., Evangelista-Rodrigues, A., da Silva, E. M. S., da Silva, G. S., de Novais, J. S., and Camara, C. A. (2013). Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (Melipona subnitida) honey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(1), 10-18.

Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A.R., Simonic, M. and Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89, 191-198 .

Smetanska, I., Alharthi, S. S., and Selim, K. A. (2021). Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. *Journal of King Saud University-Science*, 33(5), 101447.

Socha, R., Juszczak, L., Pietrzyk, S., Gałkowska, D., Fortuna, T., and Witczak, T. (2011). Phenolic profile and antioxidant properties of Polish honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(3), 528-534.

Song, F. L., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xiao, Q., Kuang, L., and Li, H. B. (2010). Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(6), 2362-2372.

Spanos, G. A., and Wrolstad, R. E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(7), 1565-1571.

Stanojević SP, Milinčić DD, Smiljanić N, Pešić MB, Nedić NM, Kolašinac S, Dojčinović B, Dajić-Stevanović Z, and Kostić AŽ. (2024). Conventional vs. organically produced honey—are there differences in physicochemical, nutritional and sensory characteristics? *Foods*, 13(22), 3573.

Starowicz, M., Ostaszyk, A., and Zieliński, H. (2021). The Relationship between the browning ındex, total phenolics, color, and antioxidant activity of Polish-originated honey samples. *Foods*, 10(5), 967.

Suljkanović, S. and Zenunović, A. (2022). Influence of pH value on HMF content in honey from different production locations. *International Journal of Veterinary Science and Agriculture Research*, 4(3), 14-42.

Tafere, D. A. (2021). Chemical composition and uses of honey: a review. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 4(3), 194-201.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). *Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7).* T.C. Resmî Gazete, Ankara.

Tosi, E., Martinet, R., Ortega, M., Lucero, H. A., and Ré, E. (2008). Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry*, 106(3), 883-887.

Truzzi, C., Annibaldi, A., Illuminati, S., Finale, C., and Scarponi, G. (2014). Determination of proline in honey: comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food Chemistry*, 150, 477-481.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2008a). *TS 13360: Bal – Serbest asit muhtevasının tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Yayınları.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2008b). *TS 13366: Bal – Elektrik iletkenliği tayini.* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Yayınları.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2008c). *TS 13364: Bal – Diastaz aktivitesi tayini.* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Yayınları.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2010). *TS 3036: Bal*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Yayınları.

Ucuncu, O., Kul, M. K., Baltaci, C., and Aykoc, A. M. (2025). Physicochemical properties of fifteen flower honey samples from five districts in Türkiye. *Scientific Reports.* 025-30865-x.

Vîjan, L. E., Mazilu, I. C., Enache, C., Enache, S., and Topală, C. M. (2023). Botanical origin ınfluence on some honey physicochemical characteristics and antioxidant properties. *Foods*, 12(11), 2134.

Vuolo, M. M., Lima, V. S., and Junior, M. R. M. (2019). Phenolic compounds: Structure, classification, and antioxidant power. In *Bioactive compounds*. Cambridge: Woodhead Publishing, 33-50.

White Jr, J. W. (1979). Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 62(3), 509-514.

White, J. W., and Collaborators: Beaty MR Eaton WG Hart B Huser W Killion E Lamssies RR Lee T Moen WE Nelson SL O'Neal R Probst J Shepard GH Stevenson WV Teas J. (1984). Instrumental color classification of honey: collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 67(6), 1129-1131.

Willer, H., Trávníček, J., and Schlatter, B. (Editors) (2024). *The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2024*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) & IFOAM – Organics International, 1-385.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., and Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492.

Williams, E. T., Jeffrey, J., Barminas, J. T., and Toma, I. (2009). Studies on the effects of the honey of two floral types (Ziziphus spp. and Acelia spp.) on organism associated with burn wound infections. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3, 98-101.

Yadata, D. (2014). Detection of the electrical conductivity and acidity of honey from different areas of Tepi. *Food Science and Technology*, 2(5), 59-63.

Yakubu, A., Sahabi, S., Sani, G. D., and Faruku, S. (2021). Determination of sugar adulteration in honey using conductivity meter and pH meter. *Research Journal of Environmental Sciences*, 11, 50-57.

Yanniotis, S., Skaltsi, S., and Karaburnioti, S. (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of food engineering*, 72(4), 372-377.

Yetkin, G., Kundakçı, S., Kanbur, E. D., Coşkunçelebi, K., and Makbul, S. (2023). Melissopalynological and physico-chemical properties of Cimil plateau (Rize) honey. *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 4(1), 51-64.

Yurt, B. ve Çakır, S. (2020). Iğdır ve yöresinde üretilen balların bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 51-57.

Zawawi, N., Chong, P. J., Mohd Tom, N. N., Saiful Anuar, N. S., Mohammad, S. M., Ismail, N., and Jusoh, A. Z. (2021). Establishing relationship between vitamins, total phenolic and total flavonoid content and antioxidant activities in various honey types. *Molecules*, 26(15), 4399.

Zawawi, N., Zhang, J., Hungerford, N. L., Yates, H. S., Webber, D. C., Farrell, M., and Fletcher, M. T. (2022). Unique physicochemical properties and rare reducing sugar trehalulose mandate new international regulation for stingless bee honey. *Food Chemistry*, 373, 131566.

Zhao, H., Cheng, N., He, L., Peng, G., Xue, X., Wu, L., and Cao, W. (2017). Antioxidant and hepatoprotective effects of A. cerana honey against acute alcohol-induced liver damage in mice. *Food Research International*, 101, 35-44.

Živkov Baloš, M., Popov, N., Jakšić, S., Mihaljev, Ž., Pelić, M., Ratajac, R., and Ljubojević Pelić, D. (2023). Sunflower honey—evaluation of quality and stability during storage. *Foods*, 12(13), 2585.

Živković, J., Sunarić, S., Stanković, N., Mihajilov-Krstev, T., and Spasić, A. (2019). Total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antibacterial activities of selected honeys against human pathogenic bacteria. *Acta Poloniae Pharmaceutica-Drug Research*, 76(4), 671-681.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DEMİRATA, Esra

Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Besin Analizleri ve Beslenme Bilim Dalı	Devam ediyor
Lisans	Yüksek İhtisas Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Bölümü	2022

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Demirata, E., and Er Demirhan, B. (2024, 30 Mayıs - 01 Temmuz). *Overview of the safety of organic animal-based foods*. 7. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, Bursa, 309.

Demirata, E., and Er Demirhan, B. (2025, 22-24 Mayıs). *Organic and conventional honey: Phenolic content and antioxidant capacity*. 8. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi (ICAEH), Aydın, 170.

Hobiler

Yüzmek, yağlı boya resmi yapmak, kitap okumak



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR