

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KIRKLARELİ İLİNDE ÜRETİLEN FARKLI BAL ÇEŞİTLERİNİN KALİTE
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öykü ÖZYAR

HAZİRAN - 2024

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KIRKLARELİ İLİNDE ÜRETİLEN FARKLI BAL ÇEŞİTLERİNİN KALİTE
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öykü ÖZYAR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Harun URAN

Haziran – 2024

“KIRKLARELİ İLİNDE ÜRETİLEN FARKLI BAL ÇEŞİTLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması adlı tez çalışması **Öykü ÖZYAR** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Harun URAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. İbrahim PALABIYIK
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ
Kırklareli Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 12/06/2024

.....
Doç. Dr. H. Hale KARAYER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırkırelı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Öykü ÖZYAR
12/06/2024

ÖZET

KIRKLARELİ İLİNDE ÜRETİLEN FARKLI BAL ÇEŞİTLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Öykü ÖZYAR

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Harun URAN

Haziran, 2024, 99 sayfa

Trakya Bölgesi arıcılık açısından oldukça önem taşıyan bitkilerin yetiştiği bir bölgedir ve bu bölgede farklı özelliklere sahip birçok bal çeşidi üretilmektedir. Trakya Bölgesi'nde öne çıkan bal çeşitlerinin kanola (*Brassica napus*), ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller) gibi çiçek balları ile diğer bal çeşitlerinden farklı olarak bir salgı balı olan meşe (*Quercus* spp.) balıdır. Bu kapsamda, bu çalışmada Kırklareli ilinde üretilen farklı botanik kaynaklı çiçek ve salgı ballarının (karaçalı, kanola, ayçiçeği, meşe) çeşitli kalite özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kırklareli'nin farklı bölgelerinde faaliyet gösteren yerel üreticilerden toplanan ballarda brix, pH, serbest asitlik, elektriksel iletkenlik, optik rotasyon, kül, diastaz, prolin, HMF miktarı, renk, viskozite, kantitatif şeker (fruktoz ve glukoz) tayini, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analizleri yapılmış, bal örnekleri kalite özellikleri baz alınarak ilgili yönetmelik ve birbiri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre bal örneklerinin brix değerinin %81,20-86,00; elektriksel iletkenlik değerinin 0,174-1,089 mS cm⁻¹; pH değerinin 3,41-5,39; optik rotasyon değerinin (-1,42)-(+0,14); serbest asitlik değerinin 17,88-49,15 meq/kg; kül değerinin %0,02-0,61; viskozite değerinin 5,59-41,75 Pa.s; L* değerinin 33,65-76,77; a* değerinin (-6,74)-24,01; b* değerinin 22,90-59,92; diastaz sayısının 9,26-24,58; HMF miktarının 0,77-6,43 mg/kg; prolin miktarının 538,94-884,25 mg/kg; fruktoz miktarının %29,80-38,47; glukoz miktarının %26,94-40,20; toplam fenolik madde içeriklerinin 327,86-1362,38 mg GAE/kg; DPPH ve ABTS antioksidan aktivite sonuçlarının ise sırasıyla; 25,85-192,18 µmol Trolox/100g ve 0,141-1,783 mg Trolox/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Kanola balı, toplam fenolik içeriği ve dolayısıyla antioksidan özelliği en düşük bal çeşidi olarak belirlenirken, meşe balı ise toplam fenolik içeriği ve antioksidan özellik açısından diğer ballardan önemli düzeyde yüksek olarak tespit edilmiştir (p<0,05).

Anahtar Kelimeler: Kanola balı, ayçiçeği balı, karaçalı balı, meşe balı, kalite özellikleri

ABSTRACT

DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF DIFFERENT HONEY VARIETIES PRODUCED IN KIRKLARELI

Öykü ÖZYAR

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Doç. Dr. Harun URAN

June, 2024, 99 pages

Thrace Region is a region where plants of great importance for beekeeping grow and many honey varieties with different characteristics are produced in this region. The prominent honey varieties in Thrace Region are flower honeys such as canola (*Brassica napus*), sunflower (*Helianthus annuus* L.), blackthorn (*Paliurus spina-christi* Miller) and oak (*Quercus* spp.) honey, which is a secretion honey different from other honey varieties. In this context, the aim of this study was to investigate various quality characteristics of floral and glandular honeys of different botanical origin (blackthorn, canola, sunflower, oak) produced in Kirklareli province. Brix, pH, free acidity, electrical conductivity, optical rotation, ash, diastase, proline, HMF, colour, viscosity, quantitative determination of sugar (fructose and glucose), total phenolic matter and antioxidant capacity were analysed, and honey samples were compared with the relevant regulation and each other based on their quality characteristics. According to the data obtained, brix value of honey samples was 81.20-86.00%; electrical conductivity value 0.174-1.089 mS cm⁻¹; pH value 3.41-5.39; optical rotation value (-1.42)-(+0.14); free acidity value 17.88-49.15 meq/kg; ash value 0.02-0.61%; viscosity value 5.59-41.75 Pa. s; L* value 33,65-76,77; a* value (-6,74)-24,01; b* value 22,90-59,92; diastase number 9,26-24,58; HMF 0,77-6,43 mg/kg; proline 538,94-884,25 mg/kg; fructose 29,80-38,47%; glucose content 26,94-40,20 %; total phenolic matter contents 327,86-1362,38 mg GAE/kg; DPPH and ABTS antioxidant activity results were found to vary between 25,85-192,18 µmol Trolox/100g and 0,141-1,783 mg Trolox/g, respectively. Canola honey was found to have the lowest total phenolic content and antioxidant properties, while oak honey was found to be significantly higher than other honeys in terms of total phenolic content and antioxidant properties (p<0.05).

Anahtar Kelimeler: Canola honey, sunflower honey, blackthorn honey, oak honey, quality parameters.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, her konuda sabırla dinleyip fikirleri ile bana yol gösteren, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen çok değerli danışmanım Doç. Dr. Harun URAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca laboratuvar çalışmalarım sırasında her türlü materyale erişmemi sağlayan başta kıymetli hocam Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU'na, analiz sonuçlarının yorumlanmasında büyük destek veren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ'e, kimyasal analizlerimin yapımında pratik çözümleriyle katkıda bulunan Dr. Öğr. Üyesi Gülce Bedis KAYNARCA'ya ve Arş. Gör. Dr. Başak Ebru ÖZCAN'a, her konuda benden yardımını esirgemeyen ve beni cesaretlendiren Öğr. Görevlisi Özgür KARADAŞ KONUK'a sonsuz teşekkür ederim.

Bal numunelerinin temininde büyük katkıları olan Kırklareli ilinde faaliyet yapan arı yetiştiricilerine, İl Tarım Müdürlüğü'nde görevli Veteriner Hekim Halil ATMACA'ya, Balkan bal evi firma sahibi Emrah AKOL ve Uludağ arıcılık sahibi Şevki ULUDAĞ'a teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca beni maddi ve manevi her konuda destekleyen, bugünlere gelmemi sağlayan annem Aynur ÖZYAR, babam Hüseyin ÖZYAR ve kardeşim Cenk ÖZYAR başta olmak üzere; üzerimde emeği olan tüm aileme, dostlarıma sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Türkiye’de Bal Üretimi	5
2.2. Balın Genel Özellikleri.....	7
2.3. Balın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	8
2.3.1. Nem.....	8
2.3.2. Suda çözünür kuru madde (°Brix-°Bx)	9
2.3.3. Elektrik iletkenliği	9
2.3.4. pH.....	10
2.3.5. Optik rotasyon.....	10
2.3.6. Asitlik.....	10
2.3.7. Kül miktarı	10
2.3.8. Viskozite	11
2.3.9. HMF (5-Hidroksi-metil-furfural).....	11
2.3.10. Enzim aktivitesi	12
2.3.11. Prolin.....	13
2.3.12. Antioksidan ve antimikrobiyal içeriği	13

2.3.13. Renk	14
2.4. Kırklareli İlinde En Fazla Üretilen Bal Çeşitleri	14
2.4.1. Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i> L.) balı	14
2.4.2. Karaçalı (<i>Paliurus spina-christi</i> Miller) balı	15
2.4.3. Kanola (<i>Brassica napus</i>) balı.....	16
2.4.4. Meşe (<i>Quercus spp.</i>) balı	17
3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Brix ölçümü	23
3.2.2. Elektrik iletkenliği ölçümü	23
3.2.3. pH analizi	24
3.2.4. Optik çevirme açısı (α -rotation) belirleme.....	24
3.2.5. Serbest asitlik ölçümü	25
3.2.6. Kül analizi	25
3.2.7. Viskozite tayini	26
3.2.8. HMF (5-Hidroksi -metil- furfural) analizi	26
3.2.9. Diastaz sayısı analizi.....	27
3.2.10. Prolin miktarı tayini	27
3.2.11. Toplam antioksidan kapasite ölçümü.....	28
<i>Serbest radikal temizleme kabiliyeti (DPPH)</i>	28
<i>ABTS^{•+} radikali temizleme yöntemi</i>	29
3.2.12. Toplam fenolik madde analizi	30
3.2.13. Renk analizi	31
3.2.14. Şeker analizi.....	32
3.2.15. İstatistiksel analiz.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Farklı Bölgelerden Toplanan Balların Analiz Sonuçları	35
4.2. Farklı Bölgelerden Toplanan Bal Çeşitlerinin Analiz Bazında İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi	37

4.2.1. Çözünür kuru madde brix (°Bx) değerleri	37
4.2.2. Elektrik iletkenliği değerleri	39
4.2.3. pH değerleri	43
4.2.4. Optik rotasyon değerleri	45
4.2.5. Serbest asitlik değerleri.....	47
4.2.6. Kül değerleri	50
4.2.7. Viskozite değerleri	52
4.2.8. HMF (hidroksi-metil-furfural) değerleri.....	54
4.2.9. Diastaz sayısı değerleri	57
4.2.10. Prolin miktarı değerleri	59
4.2.11. Antioksidan (DPPH) değerleri	62
4.2.12. Antioksidan (ABTS) değerleri.....	64
4.2.13. Toplam fenolik madde içerikleri.....	66
4.2.14. Renk değerleri.....	69
4.2.15. Şeker içeriği sonuçları.....	73
4.3. Analiz Sonuçları Arasındaki Korelasyonlar	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	99

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 1.1. TKG ve TSE’ye göre balların özellikleri	2
Çizelge 2.1. Türkiye’de Arıcılık İstatistikleri (2000-2022).....	6
Çizelge 2.2. Marmara Bölgesi Bal İstatistikleri (2022).....	6
Çizelge 2.3. Balın içeriğini oluşturan başlıca bileşenler (%)	8
Çizelge 3.1. Bal örneklerinin kodları ve alındığı yerler	21
Çizelge 4.1. Bal örneklerine ait analiz sonuçları 1.....	35
Çizelge 4.2. Bal örneklerine ait analiz sonuçları 2.....	36
Çizelge 4.3. Bal örneklerine ait şeker analiz sonuçları.....	36
Çizelge 4.4. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin brix değerleri.....	37
Çizelge 4.5. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin elektrik iletkenliği değerleri...	40
Çizelge 4.6. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin pH değerleri.....	43
Çizelge 4.7. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin optik rotasyon değerleri.....	45
Çizelge 4.8. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin asitlik değerleri.....	47
Çizelge 4.9. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin kül değerleri.....	50
Çizelge 4.10. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin viskozite değerleri.....	53
Çizelge 4.11. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin HMF değerleri.....	55
Çizelge 4.12. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin diastaz sayısı değerleri.....	57
Çizelge 4.13. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin prolin miktarları.....	60
Çizelge 4. 14. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin antioksidan (DPPH) değerleri.....	62
Çizelge 4. 15. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin antioksidan (ABTS) değerleri.....	64
Çizelge 4.16. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin toplam fenolik değerleri.....	66
Çizelge 4.17. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin renk değerleri.....	69
Çizelge 4.18. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin şeker değerleri.....	73
Çizelge 4.19. Bal örneklerinin korelasyon analizi sonuçları.....	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3.1. DPPH Trolox kalibrasyon eğrisi	29
Şekil 3.2. ABTS Trolox kalibrasyon eğrisi	30
Şekil 3.3. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	31
Şekil 4.1. Bal çeşitlerinin ortalama brix değerleri	38
Şekil 4.2. Bal çeşitlerinin ortalama elektrik iletkenliği değerleri	41
Şekil 4.3. Bal çeşitlerinin ortalama pH değerleri.....	44
Şekil 4.4. Bal çeşitlerinin optik rotasyon değerleri	46
Şekil 4.5. Bal çeşitlerinin ortalama serbest asitlik değerleri.....	49
Şekil 4.6. Bal çeşitlerinin ortalama kül değerleri	51
Şekil 4.7. Bal çeşitlerinin ortalama viskozite değerleri	54
Şekil 4.8. Bal çeşitlerinin ortalama HMF içerikleri.....	56
Şekil 4.9. Bal çeşitlerinin ortalama diastaz sayısı değerleri	58
Şekil 4.10. Bal çeşitlerinin ortalama prolin miktarları	61
Şekil 4.11. Bal çeşitlerinin ortalama antioksidan (DPPH) değerleri	63
Şekil 4.12. Bal çeşitlerinin ortalama antioksidan (ABTS) değerleri	65
Şekil 4.13. Bal çeşitlerinin ortalama toplam fenolik madde içerikleri	67
Şekil 4.14. Bal çeşitlerinin ortalama L* değerleri	70
Şekil 4.15. Bal çeşitlerinin ortalama a* değerleri.....	71
Şekil 4.16. Bal çeşitlerinin ortalama b* değerleri	72
Şekil 4. 17. Bal örneklerinin ortalama fruktoz içerikleri	76
Şekil 4. 18. Bal çeşitlerinin ortalama glikoz içerikleri	77
Şekil 4.19. Bal örneklerinin ortalama Fruktoz+Glikoz miktarları.....	78
Şekil 4.20. Bal örneklerinin ortalama Fruktoz/Glikoz oranları	79

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 2. 1.Meşe ağacı meyvesi salgısı	20
Resim 2. 2. Kırklareli Meşe Balı	20
Resim 3.1. Kanola balı örnekleri	22
Resim 3.2. Ayçiçeği balı örnekleri	22
Resim 3.3. Karaçalı balı örnekleri	22
Resim 3.4. Meşe balı örnekleri	22
Resim 3.5. Elektrik iletkenliği ölçümü	24
Resim 3.6. Polarimetre cihazı	25
Resim 3.7. Viskozimetre cihazı	26
Resim 3.8. Renk ölçüm cihazı	32
Resim 3.9. HPLC cihazı	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
----------	-------------

°C	Santigrat
µS	Mikrosiemens
Brix	Suda çözünür kuru madde
Meq	Miliekivalent
kg	Kilogram
mg	Miligram
µg	Mikrolitre
g	Gram
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklamalar
-------------	-------------

ABTS	2,2'-azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sulfonat)
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HMF	Hidroksimetil furfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IHC	Uluslararası Bal Komisyonu
NaOH	Sodyum hidroksit
TEAC	Trolox eşdeğeri antioksidan aktivite
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TPK	Türk Patent Kurumu
TGK	Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

Arıcılık dünyada yapılan en eski tarımsal faaliyetlerdendir. Arıcılık tarihinin M.Ö. 6000’li yıllara dayandığı belirtilmiştir. İnsanların mağarada yaşadığı dönemlerde mağara duvarlarında buna dair resimlerin olduğu ve kaya veya ağaç kovuğundan yapılan arı kovanlarından bal toplandığı görülmüştür. Gerçek anlamda arıcılık ise arılara zarar vereden bu canlıların ürettikleri ballardan belirli bir kısmının alınıp geri kalanının ise kovanlarda bırakılmasıyla başlamıştır. İlerleyen süreçte, insanlar ağaçları kullanarak kovan yapmış ve böylelikle ilk arılıklar faaliyeti ortaya çıkmıştır. İklim koşullarının uygun olmasından dolayı Orta Doğu ülkelerinde arıcılık daha hızlı gelişme kaydetmiştir (Saygılı, 2017).

Türkiye’de yaklaşık 10 000 doğal bitki türü bulunmakta olup bu bitki türlerinin 3900 tanesi endemik bitki türleridir. Ülkemizde bal arıları için 500 adet nektar kaynağı olan bitki bulunmaktadır. Arılar, zar kanatlılar olarak bilinen *Hymenoptera* takımında *Apidae* familyasının *Apis* cinsini oluşturan böceklerdir. Dünya üzerinde 11 adet bal arısı türü bulunmakla birlikte ülkemizdeki arı türlerinin tamamı *Apis mellifera*’dan oluşmaktadır. Türkiye, çeşitli iklim koşulları ve farklı bitki flora kaynaklarına sahip olması nedeniyle arı gen kaynakları bakımından zengindir. Ülkemizde yaklaşık olarak 1000 tane arı türü olduğu ve beş farklı arı ırkının bulunduğu söz edilmektedir. Bunlar; Anadolu arısı, (*A.m.anatoliaca*), İran arısı, (*A.m.meda*), Kafkas arısı (*A.m.caucasica*), Suriye Arısı (*A.m.syriaca*) ve Trakya arısı (*A.m.carnia*) olarak sıralanabilir (Güler ve Kaftanoğlu, 1999; Kekeçoğlu, Gürçan ve Soysal, 2007; Korkmaz, 2015; Güngör ve Ayhan, 2016; Şen, 2019; Aksakal ve Erdoğan, 2020).

Bal arıları, bitkilerin tozlaşması ve meyvelerin olgunlaştırılmasında büyük bir öneme sahiptir. Arılar meyvelerin üretilmesi ve bitkilerin tohum oluşturabilmesinde tozlaşmayı sağlayarak elde edilecek ürünlerin miktar ve kalitelerinde artış sağlamaktadır (Şahinler ve Toy, 2022). Çiçeklerin tozlaşmak için arılara, arıların da beslenmek için bitkilere ihtiyaçları vardır (Cınırtoğlu, Konak ve Akdeniz, 2015). Bir kovanda 10-40 bin arasında arı bulunabilmekte, arılar günde 10-15 defa kovandan dışarıya çıkarak 80-100 çiçek dolaşmakta ve buralardan nektar ve polen toplamaktadır (Mutlu, Erbaş ve Tontul, 2017).

Arılar 1 gram bal üretmek için yaklaşık 180 000 kez bitkileri dolaşmaları gerekmektedir (Şen, 2019). Bal arılarının çoğunlukla tercih ettikleri çiçekli bitkiler; kekik (*Thymus* sp.), adaçayı (*Salvia* sp.), taş yoncası (*Melilotus* sp), hindiba (*Cichorium intybus*), ballıbaba (*Lamium* sp.), korunga (*Onobrychis* sp.), lavanta (*Lavandula angustifolia*), muhabbet çiçeği (*Reseda* sp.), nane (*Mentha* sp.), fiğ (*Vicia sativa*), yonca (*Medicago* sp.), kolza (*Barissica napus*), pamuk (*Gossypium* sp.), tütün (*Nicotiana tabacum*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), akasya (*Acacia* sp.), portakal (*Citrus sinensis*), ıhlamur (*Tilia* sp.), funda (*Erica* sp.), bazı meyve ağaçları (*Rosaceae*), söğüt (*Salix* sp.), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), akçaağaç (*Acer* sp.), böğürtlen (*Rubus* sp.), muz (*Musa* sp.), at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*), kocayemiş (*Arbutus medo*) şeklinde olduğu bilinmektedir (Ekmekci, 2010).

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bal Tebliği'ne (2020) göre “bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının, bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal ürün olarak tanımlanmaktadır. Türk Standardları Enstitüsü (TSE)’ne (2010) göre ise bal, bitkilerin çiçeklerinden ya da diğer canlı kısımlarından salgılanan nektarın ve bitki üzerinde yaşayan bazı böceklerin, bitkilerin canlı kısımlarından yararlanarak salgıladığı tali maddelerin, bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırması sonucunda meydana gelen doğal ve tatlı bir ürün” olarak tanımlanmaktadır. Hem TGK hem de TSE’de balların taşınması gereken genel özellikler Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. TGK ve TSE’ye göre balların özellikleri

Kalite Kriterleri	TGKBT		TSE	
	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek Balı	Salgı Balı
Nem (%)	≤ % 20 ≤ %23 Püren (<i>Calluna vulgaris</i>)	≤ % 20	≤ % 20	≤ % 20
Sakkaroz (%)	≤ 5 g	≤ 5 g	≤ 5 g	≤ 5 g
Fruktoz+Glukoz	≥ 60 g	≥ 45 g		
Fruktoz/Glukoz	0,9-1,4	1,0-1,4	-	-
Maltoz (%)	4	4		
Suda Çözünmeyen Madde (g/100g)	≤ 0,1 g/100g	≤ 0,1 g/100g		
Serbest Asitlik (meq/kg)	≤ 50 meq/kg	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg	≤ 40 meq/kg

Elektrik İletkenliği (mS cm ⁻¹)	≤ 0,8 – (İhlamur (<i>Tilia spp.</i>), Püren (<i>Colluna vulgaris</i>) gibi bitkilerden elde edilen ballar hariç)	≥ 0,8		
Diastaz Sayısı	≥ 8 – Narenciye balı gibi doğal olarak düşük miktarda enzim içeren ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda; 3	≥ 8	≥ 8	≥ 8
HMF (mg/kg)	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg
Prolin Miktarı (mg/kg)	≥ 300 mg/kg ≥ 180 mg/kg (kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında)	≥ 300 mg/kg		

Bu çalışmada öncelikle Kırklareli ilinde en çok üretimi yapılan bal çeşitleri olan kanola balı, ayçiçeği balı, karaçalı balı ve meşe balı ile ilgili literatüre ait genel bilgiler verilmiş, tez çalışması kapsamında Kırklareli ilinin farklı bölgelerinden temin edilen bu ballar ile ballarda yapılan çeşitli kalite analizlerinden elde edilen bulgular detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen veriler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nin (TGK, 2020/7) belirlediği limit değerlerle ve bu ballar üzerine yapılan çeşitli çalışmalardan elde edilen araştırma bulguları ile mukayese edilmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Türkiye’de Bal Üretimi

Türkiye, çeşitli iklim tiplerine ve çok zengin floraya sahip olduğundan arı yetiştiriciliği için elverişli bir ülke konumunda olup, ülkenin çeşitli coğrafik bölgelerinde yaygın bir şekilde arı yetiştiriciliği ve bal üretimi yapılmaktadır (Koday ve Karadağ, 2020). Dünya’da bal üretiminde 2020 verilerine göre 104 bin 077 tonluk üretimi ile Türkiye ikinci sırada bulunmaktadır. 2021 yılında önceki yıldan %7,4’lük gerileme ile 96 bin 344 tona düştüğü, 2022 yılında ise %22’lik bir artış ile 118 bin 297 tona yükseldiği görülmektedir (Anonim, 2022; TÜİK, 2023).

Türkiye’de 2022 yılı verilerinde illere göre bal üretiminde 19 bin ton ile birinci sırada Ordu ili, 12,6 bin ton ile ikinci sırada Adana ili ve 6 bin ton ile üçüncü sırada Muğla ili yer almıştır. İllere göre kovan sayıları incelendiğinde 884 bin arılı kovan ile Muğla ilk sırada, 609 bin kovan ile Ordu ikinci sırada ve 494 bin kovan ile Adana üçüncü sırada yer almaktadır. Bölgesel olarak bakıldığında kovan sayılarının lideri Ege bölgesidir, bal üretiminde ise Doğu Karadeniz bölgesi birinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2022, 2023). 2023 yılı TÜİK verilerine göre ise bal üretimi bir önceki yılın verilerine bakıldığında %2,9 azalmış ve 114 bin 886 ton olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kovan sayısı 2022 yılına göre %2,7 artış göstermiş ve 2023 yılında 9 224 881 adet kovan olduğu belirtilmiştir (TÜİK, 2024).

Trakya Bölgesi arıcılık açısından oldukça önem taşıyan bitkilerin yetiştiği bir bölgedir. Karadeniz’in kıyı kesimlerinden itibaren güneyde Marmara Denizi’ne kadar uzan uç kısımlarda yetişebilen özelliğe sahip oldukça zengin nektar ve polen kaynakları bu bölgede bulunmaktadır. Trakya Bölgesi’nin bitki popülasyonunda nektar, polen, balçığı ve propolis açısından önemli bazı çalı, tek ve çok yıllık otsu ve ağaçsı bitkiler görülmektedir (Akdeniz vd., 2013).

Trakya Bölgesi’nin 2022 yılı bal üretimi verilerine bakıldığında Edirne 795 ton ile birinci sırada, Tekirdağ 758 ton ile ikinci sırada ve Kırklareli 474 ton ile üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2023).

Çizelge 2.1. Türkiye’de Arıcılık İstatistikleri (2000-2022)

Yıl	İşletme Sayısı (Adet)	Bal Üretimi (Ton)	Bal Verimi (Kg/Koloni)
2000	22,571	61,091	14,32
2001	22,606	60,190	14,63
2002	22,423	74,554	17,92
2003	22,110	69,540	16,21
2004	22,133	73,929	16,80
2005	22,550	82,336	17,94
2006	22,305	83,842	17,25
2007	21,560	73,935	15,32
2008	21,093	81,364	16,64
2009	21,469	82,003	15,36
2010	20,845	81,115	14,48
2011	21,131	94,245	15,68
2012	21,307	89,162	14,05
2013	79,934	94,694	14,26
2014	81,108	103,525	14,62
2015	83,475	108,128	13,96
2016	84,047	105,727	13,38
2017	83,210	114,471	14,32
2018	81,830	107,920	13,31
2019	80,675	109,330	13,45
2020	82,845	104,077	12,72
2021	89,361	96,344	11,03
2022	95,386	118,297	13,17

TÜİK verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Marmara Bölgesi 2022 verilerine göre toplam bal üretimi 12 bin 506 ton ve bölgede 2629 ton ile Balıkesir ilk sırada yer alırken, 1890 ton ile Çanakkale ikinci sırada, 1390 ton ile Sakarya üçüncü sırada yer alırken son sırada ise 127 ton ile Bilecik yer almaktadır (TÜİK, 2022).

Çizelge 2.2. Marmara Bölgesi Bal İstatistikleri (2022)

İller	İşletme Sayısı (Adet)	Bal Üretimi (Ton)	Bal Verimi (Kg/Koloni)
Balıkesir	2014	2.629	14,56
Bilecik	377	127	7,81
Bursa	1675	1.142	12,46
Çanakkale	1617	1.890	20,89
Edirne	836	795	12,98
İstanbul	1357	980	11,25
Kırklareli	978	474	8,08
Kocaeli	928	4.726	65,41
Sakarya	1175	1.39	14,5
Tekirdağ	1178	758	11,13
Yalova	371	317	10,39
Toplam	12506	28.084	189,46

TÜİK verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

2.2. Balın Genel Özellikleri

Balın bileşimi, üretim mevsimlerine, nektarın kökenine ve iklim koşullarına bağlıdır. Bal kompozisyonunu etkileyen en önemli faktör bitki kökenidir (Sahinler, Sahinler ve Gul, 2004). Balın kimyasını özellikle %95-98'ini karbonhidratlar oluştururken, %2,5'ini çeşitli ikincil metabolit ajanlar olarak adlandırılan polifenolik bileşikler ve mineraller oluşturmaktadır. Yapısındaki ana şekerler fruktoz ve glikoz olmasına rağmen az miktarda da mono, di, trisakkaritler ve oligosakkaritleri de içerisinde barındırmaktadır. Balın kalitesi, biyoaktif bileşiklerinin varlığı, çeşitliliği ve miktarları ile ilişkili olduğundan üretildiği bölgenin coğrafi özelliklerine ve çiçek yapısına bağlı olmaktadır. Bu nedenle Türkiye coğrafi konumu, iklim koşulları ve yılın üç mevsiminin bal üretimine uygun olması gibi özelliklerinden dolayı dünyanın en zengin bölgelerinden biri olarak görülmektedir. Hem unifloral (tek bir çiçek türü) hem de multifloral (çok çeşitli çiçek kaynaklı) nektar ve salgı balı türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Yapılan çalışmalar, baldaki biyoaktif bileşiklerin fenolik asitler, flavonoidler ve antosiyaninler gibi fenolik bileşiklerden oluştuğunu göstermektedir (Can vd., 2015).

Bal basit karbonhidrat kaynağıdır. Bileşimi ortalama olarak %17,1 su, %82,4 toplam karbonhidrat ve %0,5 protein, amino asit, vitamin ve minerallerden oluşmaktadır. Ortalama karbonhidrat içeriği esas olarak fruktoz (%38,5) ve glikozdur (%31). Karbonhidratların kalan %12,9'u maltoz, sakaroz ve diğer şekerlerden oluşmaktadır. Besin değerleri; porsiyon büyüklüğü (100 g) servis başına kalori miktarı; 304, toplam yağ 0 g (%0); doymuş yağ 0 g (%0); kolesterol 0 mg (%0); sodyum 4 mg (%0); A vitamini (%0); C vitamini (%0); Demir (%2); Kalsiyum (%0) oranında bulunmaktadır (Khan, Abadin ve Rauf, 2007).

Balın kimyasal bileşimi çiçek kaynağına, işlenmesine, çevre ve mevsim koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Kristalleşme balda kendiliğinden oluşan doğal bir süreçtir. Balın kristalleşmesi tüketici tarafından olumsuz olarak algılansa da bilinenin aksine kristalleşme doğal bir durumdur. Ham ya da ısıya maruz kalmamış ballarda kristallenme görülmektedir, bu olay balın yapısında herhangi bir değişime sebep olmamakla birlikte rengine ve görünümüne etki etmektedir. Glukoz içeriği fruktoz içeriğinden daha fazla olan ballarda görülen kristallenme daha çok çiçek balı olarak bilinen, ayçiçeği, kanola-kolza, yonca, pamuk, akasya ve karahindiba gibi ballarda görülmektedir. Aynı zamanda balın depolanma sıcaklığı, nemi ve bulunduğu kaptaki

kristalleşmeyi etkilemektedir (Özkök ve Silici, 2018). 200 farklı maddeden kimyasal bileşime sahip olan balın büyük bir çoğunluğu şekerlerden oluşmakta ve proteinler, enzimler, organik asitler, özellikle B6 vitaminleri, tiamin, niasin, riboflavin ve pantotenik asit, magnezyum, manganez, fosfor, potasyum, sodyum, çinko gibi mineralleri içeren bir besindir (E. Bayram, Yüzer ve S. Bayram, 2019). Mineral içeriği balın botanik kökenini göstermektedir ve çiçek balları, salgı balından daha düşük mineral içeriğine sahiptir. Uzun süreli depolama sonucunda invert şeker miktarında artış görülmektedir (N. Sahinler, S. Sahinler ve Gul, 2004).

Bal, çok önemli bir enerji kaynağı olmasının yanında tatlılığı, rengi, aroması, karamelleşmesi ve viskozitesi nedeniyle başlıca tahıl bazlı ürünlerin yanında daha birçok ürünün bileşeni olarak, gıdalarda doğal tatlandırıcı olarak ve aynı zamanda sağlık sektöründe ilaç olarak da kullanılmaktadır (Kahraman, Buyukunal, Vural ve Altunatmaz, 2010; Ekmekci, 2010).

Çizelge 2.3. Balın içeriğini oluşturan başlıca bileşenler (%) (Mutlu vd., 2017)

Çiçek Balı			Salgı Balı	
Ortalama		En Küçük – En Büyük	Ortalama	En Küçük – En Büyük
Su	17,2	18-20	16,3	15-20
Monosakkaritler				
Fruktoz	38,2	30-45	31,8	28-40
Glikoz	31,3	24-40	26,1	19-32
Disakkaritler				
Sakkaroz	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
Erloz	0,8	0,5-6	1,0	0,1-6
Diğerleri	0,5	0,5-1	3,0	0,1-6
Oligosakkaritler	3,1	-	10,1	-
Mineraller	0,2	0,1-05	0,9	0,6-2
Aminoasitler	0,3	0,2-0,4	06	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

2.3. Balın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

2.3.1. Nem

Baldaki olgunluk ve raf ömrünün belirlenmesinde nem içeriği en önemli özelliklerden biridir. Kristalleşme sırasında su serbest halde bulunduğundan sıvı fazın nem içeriği artmakta ve fermantasyon riskini de arttırmaktadır. Fermantasyon ile ilgili olan nem, yoğunluk, kırılma indisi, viskozite ve optik özelliğini etkileyebilmektedir. Balın

mikroorganizmalardan korunması açısından düşük oranda nem içermesi beklenmekte ve raf ömrü uzamaktadır. Bal nem çekme (higroskopik) özelliğine sahip bir üründür. Nem içeriği yüksek olan bir balda yüksek oranda mikroorganizma bulunacağından balın depolanması süresince fermente olması gözlemlenebilir. Mikrobiyal fermantasyon sonucunda tadında bozulma gerçekleşebilir, raf ömründe azalma görülebilir. TKG verilerine göre baldaki nem oranı en fazla %20 olması gerektiği bildirilmiştir (Sunay, 2006; Şahin, 2019; Mesele, 2021). Güzel ve Bahçeci'nin (2020) Çorum yöresi ballarının kalite değerlendirmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada 47 adet bal örneğinin nem içeriği değerlerinin %14,5-21,7 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

2.3.2. Suda çözünür kuru madde (^oBrix-^oBx)

Suda çözünür kuru madde miktarının büyük çoğunluğu şekerlerden kaynaklanmaktadır. Brix ve nem değeri arasında doğrusal olmayan bir ilişki mevcuttur. Nem miktarı yüksek olan balların brix değerleri düşük olmaktadır (Güzel ve Bahçeci, 2020). Trakya Bölgesi'nde 25 adet bal örneğinde yapılan bir çalışmada, suda çözünür kuru madde değerlerinin 79,3-83,0 ^oBx aralığında değiştiği bulunmuştur (Apaydın, 2022).

2.3.3. Elektrik iletkenliği

Baldaki elektrik iletkenliği, organik asitlerin, inorganik tuzların, proteinlerin, minerallerin ve kompleks şekerlerin içeriğine bağlıdır. Organik asit ve iyon miktarı yüksek olan balların elektrik iletkenliği de yüksek olmaktadır. Elektrik iletkenliği miktarına bakılarak çiçek ve salgı balı arasında ayırım yapılabilmektedir (Thakur vd., 2022). TKG bal tebliği verilerine göre, bazı özel ballar hariç çiçek ballarında en fazla 0,8 mS/cm, salgı ballarında ise en az 0,8 mS/cm olması gerektiği bildirilmiştir.

Türkiye'nin çok çeşitli bitkilerinden ve farklı bölgelerinden elde edilen toplamda 60 adet balın, fiziksel, kimyasal ve biyoaktif özellikleri, antioksidan, antimikrobiyal maddeler açısından karşılaştırılmıştır. Bu balların monofloral ve polifloral özelliğe sahip olanları polinolojik testler sonucunda belirlenmiştir. Elektrik iletkenliği değerlerinden en yüksek elektrik iletkenliği değerinin 1,50 mS/cm ile kestane balında olduğu, en düşük elektrik iletkenliği değerinin 0,20 mS/cm ile akasya balına ait olduğu tespit edilmiştir. Koyu renge sahip olan püren, kestane, meşe ve çam ballarının elektrik iletkenliği değerleri 0,8 mS/cm değerinin üzerinde bulunmuş ve bunun sebebinin içeriğinde bulunan fenolik maddeler ile yüksek oranda mineral madde miktarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Can, 2014).

2.3.4. pH

Mikroorganizmaların gelişmesi veya çoğalması için uygun bir ürün olmayan bal düşük pH'lı doğal bir besindir. pH, baldaki hidrojen iyon varlığını ifade etmektedir. Baldaki hidrojen iyonu varlığı, ürün kalitesini belirlemek için yararlı değişken olan tekstür, bileşim ve raf ömrü üzerinde etkili bir parametredir (Hepsağ, 2019). Balın pH değeri genellikle 3,20-4,50 arasında değişim göstermektedir. Balın pH'sı bileşiminde bulunan asit ve minerallerin (kalsiyum, potasyum, sodyum gibi) varlığıyla ilişkilendirilmektedir. Mineral oranları yüksek olan balların pH değerlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir (Haroun, 2006).

2.3.5. Optik rotasyon

Polarize ışığın düzlemini döndürme özelliğine sahip olan balın, polarimetre cihazında optik rotasyonu belirlenebilmektedir. Balın çiçek balı veya salgı olduğu hakkında bilgi vermektedir. Çiçek balları negatif değer vererek polarize ışığı sola çevirmektedir, salgı balları ise pozitif değer vererek polarize ışığı sağa çevirmektedir (Bogdanov, Ruaff ve Oddo, 2004).

2.3.6. Asitlik

Asitlik, baldaki önemli kalite kriterlerinden biri olarak bildirilmiştir. Baldaki asitlik serbest, laktonik ve toplam asitlik şeklinde belirtilmektedir. Asitliğin yüksek olması mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek baldaki bozulmayı engellemektedir. Balın içeriğinde formik asit, asetik asit, bütirik asit, sitrik asit, laktik asit, malik asit, okzalik asit ve en fazla glukonik asit bulunmaktadır (Haroun, 2006; Bayrambaş, 2012). TGK verilerine göre baldaki serbest asitlik değeri en fazla 50 meq/kg olması gerektiği belirtilmiştir. Durmaz (2020) Türkiye'nin farklı bölgelerinden 25 adet multifloral çiçek balları ile ilgili yapmış olduğu çalışmada serbest asitlik, laktonik asitlik ve toplam asitlik değerlerini incelemiş ve sonuçları meq/kg bal şeklinde vermiştir. Söz konusu araştırmada, balların serbest asitlik miktarı 15,25-31,25 arasında, laktonik asitlik miktarı 3,65-8,45 arasında ve toplam asitlik miktarı da 19,80-37,95 arasında ortalama bulunmuştur.

2.3.7. Kül miktarı

Balın içeriğindeki kül miktarı, kükürt, iyot, sodyum, klor, magnezyum, demir, potasyum ve birçok mineral maddelerden oluşmaktadır. Koyu renkli balların kül oranlarının daha yüksek ve genel olarak diğer ballara kıyasla daha acı tada sahip olmalarının sebebi bitki

çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır (Tosmur, 2004). Türk Gıda Kodeksi'nde kül değeri ile ilgili bir limit verilmemiş olup, TSE'de kül oranını çiçek balında en fazla %6, salgı balında en fazla %1,2 olarak belirtilmiştir. Tosmur (2004) tarafından yapılan çalışmada Muğla ilinde 3 farklı bölgeden 10 farklı çam balının kül değerlerinin %0,14-%0,53 arasında değiştiğini belirtmiştir.

2.3.8. Viskozite

Balın en önemli fiziksel özelliklerinden biri olan akışkanlığa karşı direnç olarak tanımlanan viskozite, balın nemine, kristalleşmesine, sıcaklığa, fruktoz/glukoz oranına ve bitkinin kökeni ile ilişkilidir. Akışkan olmayan balın viskozitesi yüksek, akışkanlığı fazla olan balın viskozitesi düşük olmaktadır. Viskozitesi düşük olan balın içindeki su ve polisakkarit içeriği yüksek olmaktadır. Balların çoğu viskozitelerinden dolayı Newtonian özellik göstermektedir. Balın viskozitesi endüstriyel bal işleme prosesinin süzme ve paketlenme gibi aşamalarında etkili olmaktadır (Yanniotis, Skaltsi ve Karaburnioti, 2006; Machado De-Melo, Almedia-Muradian, Sancho ve Pascual-Mate, 2018; Bayrambaş, 2012; Sağlam, 2015). Yanniotis, Skaltsi ve Karaburnioti (2006) 2 adet çam balı ve 4 adet çiçek balı toplamda 6 adet Yunan balı üzerinde %17, %19 ve %21 nem içeriğinde 25, 30, 35, 40 ve 45°C'de viskozite ölçümleri yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin viskozite değerleri 0,421-23,405 Pa.s arasında değişim göstermiştir. Yapılan çalışmada salgı balı olan çam ve köknar balları ile çiçek balı olan kekik, pamuk, ayçiçeği ve portakal ballarının aynı sıcaklık ve nem içeriğinde analizleri yapılmış ve viskozite değerleri karşılaştırıldığında çam ballarının daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

2.3.9. HMF (5-Hidroksi-metil-furfural)

Taze ballarda oldukça düşük oranlarda bulunan HMF miktarı, bala uygulanan ısı işlem, depolama sıcaklığı veya depolama sırasında kullanılan materyal ile ilişkili olarak artış göstermektedir. Bunların yanı sıra HMF oluşumunu, nem, yüksek asitlik, fruktoz yoğunluğu, mineraller ve aminoasitler de hızlandırmaktadır (Machado De-Melo vd., 2018). Kesic vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, fruktoz/glukoz oranı ile HMF miktarı arasında negatif bir uyum olduğu görülmüş ve fruktoz/glukoz oranı düşük olan balların HMF miktarının yüksek olduğu belirtilmiştir.

Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan HMF kanserojen bir bileşik olarak bilinmekte ve ısıtma işlemi yapılan balda şekerlerin yıkımı ile oluşmaktadır. Bala ısı işlem uygulamak

endüstriyel bir işleme tekniğidir. Mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesi, balda oluşan kristallerin çözündürülmesi ve viskozitenin azalmasına etki etmektedir. Uluslararası Bal Komisyonu, balda oluşan kristallerin ortadan kaldırılması için balın en fazla 40°C sıcaklığa kadar ısıtılması gerektiğini bildirmiştir (IHC, 2009). HMF oluşumunu engellemek için balın sıcaklığının 55-60°C'yi geçmemesine özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir (Bengü, 2022; Pereira, Cruz, Guimaraes, Cravotto ve Flores, 2023).

Kalite kriterlerinin en önemlilerinden olan balda bulunması gereken HMF miktarı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği tarafından en fazla 40 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır. Sağlam (2015) yapmış olduğu çalışmada Muğla ilinde 7 farklı çam balı örneği 25, 30 ve 37°C sıcaklıkta 12 ay süre ile depolanmıştır olup, depolama sürecinde sıcaklığın çam balı örneklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada çam balının uzun süre depolanmasında en uygun sıcaklığın tespit edilmesi amaçlanmış ve bal için önemli olan kalite kriterlerinde meydana gelen değişimler gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda ilçeler arasında en yüksek HMF değeri 44,82 mg/kg olarak Fethiye bölgesi, depolama sıcaklığı açısından HMF değerleri ortalamaları 25, 30 ve 37°C'de sırasıyla 5,15/1,47/56,11 mg/kg olarak verilmiştir. Çam ballarından 37°C'de depolanan örneğin en yüksek değere sahip olduğu, depolama süreleri ortalamaları içerisinde en yüksek HMF değerinin 12. ayda 62,47 mg/kg olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 25°C'de depolanan balların hiçbirinde TKG'de izin verilen 40 mg/kg limit değerini aşmadığı, 30°C'de depolanan ballarda 2 bölgedeki çam ballarının 12. aydaki HMF değerlerinin sınırı aştığı, 37°C'de depolaması yapılan balların ise 4. ay ve sonrasında belirtilen limit değeri aştığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre 25°C'de depolanan çam ballarının raf ömrü diğer sıcaklıklarda depolanan ballara göre daha uzun olduğu görülmüş ve 25°C'de bir balın raf ömrünün yaklaşık 24 ay olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir.

2.3.10. Enzim aktivitesi

Bal, düşük miktarlarda diastaz, invertaz, glukoz-oksidaz, katalaz ve asit fosfataz gibi önemli enzimleri içermektedir. Bu enzimler, bal arılarının tükürük salgıları ve nektarlardan elde edilmektedir. Nişasta sindirici enzim olan diastazlar, α ve β amilaz içermektedir. Düşük oranlarda bulunan diastaz aktivitesi balın yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldığını göstermektedir (Sak-bosnar ve Sakac, 2012). Balda kalite kriteri olarak kabul edilen diastaz sayısı (alfa (α) amilaz), sıcaklığın yanı sıra depolama süresinden de

etkilenmektedir. Alfa amilaz nişastayı disakkarit maltoz ve trisakkarit maltotrioz karışımına dönüştürmektedir. Diastaz, 40°C’de 1 saatte 0,01 g nişastayı parçalayabilen 1 g balın enzim aktivitesine karşılık gelmektedir (Pereira vd., 2023). Ordu ilinde üretilen kestane, akasya, orman gülü ve yayla balları ile ilgili yapılan çalışmada en yüksek diastaz sayısı 39,30 olarak, en düşük diastaz sayısı ise 4 olarak tespit edilmiştir (Akgün, 2017).

2.3.11. Prolin

Bal arıları sayesinde nektarın bala dönüşmesi aşamasında balın yapısına, tek aminoasit olan prolin eklenmektedir. Prolin balın içerdiği aminoasitlerin büyük bir oranını oluşturmasından dolayı baldaki protein miktarı prolin miktarı olarak kabul edilmektedir. Prolin miktarı balda taklit veya tağşiş yapıp yapılmadığını anlamak için önemli bir kalite kriteri olarak bilinmektedir (Kul, 2020). Balın içeriğinde çeşitli aminoasitler yer almakta ve bunlardan en yüksek oranda olan prolin değeri, şeker şurubu ile beslenen arının yapmış olduğu bal ile nektarlardan üretilen bal arasındaki farkı belirleyebilmektedir (Can, 2014). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’nde prolin miktarı en az 300 mg/kg olması bildirilmiştir.

Kul (2020) Gümüşhane ilinin 5 ayrı ilçesinden toplamda 15 adet çiçek balı örneğinde çeşitli analizleri yaparak sonuçların Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne uygunluğunu araştırmıştır. Söz konusu araştırmada, numunelerin prolin miktarları 562,7-1466,1 mg/kg arasında olduğu ortalama değerin 822,3 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Analizleri yapılan numunelerin tamamının prolin miktarlarının oldukça yüksek olduğu görülmüş ve TKG’ya uygun olduğu bildirilmiştir. Gümüşhane bölgesi ballarının saflıklarının yüksek ve ballarda tağşiş yapılmamış olabileceği sonucuna varılmıştır.

2.3.12. Antioksidan ve antimikrobiyal içeriği

Antioksidan, serbest radikaller ile reaksiyona girerek zarar veren etkiyi azaltan ya da durduran moleküller olarak adlandırılmaktadır (Can, 2014). Bogdanov (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, ballarda iki tür antibakteriyel madde varlığından bahsedilmiş ve bunlardan peroksit içeren balın ısıtıldığında ya da ışığa maruz bırakıldığında bu içeriğin yok olduğunu bildirmiştir. Diğerinin ise peroksit olmayan bir madde olarak, ısıya ve saklama koşuluna karşı stabil olduğunu belirtmiştir. Peroksit olmayan aktivitenin kimyasal özelliklerini belirlemeyi amaçlayarak, bu aktivitenin çoğunun arılardan kaynaklandığını fakat bir kısmının bal kaynağından (nektar veya bal özü) geldiği sonucuna varılmıştır. Peroksit içermeyen antibakteriyel aktivitenin baldaki asitliliği önemli düzeyde etkilediği ancak ısıdan ve 15 ay depolama sonucunda ışık veya karanlıktan az

miktarda etkilendiği belirtilmiştir. Yüksek antimikrobiyal aktivitesi ile Yeni Zelanda Manuka balı yara ve yanıkların tedavisinde kullanılmaktadır. İçerdiği metil sirinjit miktarına göre sınıflandırılan, koyu renkli ve yüksek fenolik içeriği ile bilinen bir baldır (Can vd., 2015).

Bal, çiçek kaynağına ve coğrafi kökenine bağlı olarak çok sayıda nektarin, şeker, mineral, vitamin ve polifenoller gibi farklı antioksidan bileşikler içerir. Bu polifenolik bileşikler esas olarak kuersetin, luteolin, apigenin, akasetin, kaempferol, kafeik asit, kafeik asit fenil esterleri (CAPE), pinocembrin, pinobanksin, chrysin, galanjin ve flavonoid glikonları içermektedir (Seyhan vd., 2017).

2.3.13. Renk

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balın rengi su beyazından koyu amber renge kadar değişebileceği ve salgı balının renginin pfund gösterge çizelgesine göre en az 60 olması gerektiği bildirilmiştir (TGK, 2020). Diğer yandan bilindiği üzere Hunter kolorimetresinde üç renk değeri vardır. Bunlardan ilki parlaklığı belirten L* değeri olup 0-100 arasında olmakta, eğer hiç yansıma yoksa yani siyahsa 0 değeri tam yansıma var ve beyazsa 100 değerini almaktadır. Kırmızı ve yeşilliği ifade eden a* değeri pozitif olduğunda kırmızı-mor renk tonunu; negatif olduğunda a* mavimsi-yeşil renk tonunu göstermektedir. Pozitif b* sarı rengi ve negatif b* ise mavi rengi ifade etmektedir (McGuire, 1992; Polatçı ve Tarhan, 2009). Bu kapsamda, Şahin (2019) tarafından yapılan çalışmada Kırgızistan'ın çeşitli bölgelerinden temin edilen 46 adet çiçek balı üzerine çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler yürütülmüştür. Çalışmada elde edilen renk analizi sonuçlarına göre, parlaklık olarak bilinen L* değerinin 53,02 ile 30,42 aralığında değiştiği ve ortalama olarak 35,13 olarak bulunduğu, kırmızılık olarak bilinen a* değerinin -3,22 ile 1,70 aralığında değiştiği ve ortalama değerin -0,72 olarak bulunduğu, sarılık olarak bilinen b* değerinin ise 24,50-6,44 aralığında değiştiği ve ortalama değerin 13,83 olarak bulunduğu bildirilmiştir.

2.4. Kırklareli İlinde En Fazla Üretilen Bal Çeşitleri

2.4.1. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) balı

Ayçiçeği; *Compositae* ailesine ait uzunluğu 1-2 metreye kadar ulaşabilen tek yıllık otsu bir bitkidir (Tosunoğlu, 2020). Ayçiçeğinde polen çok iyi gelişmiş dikenlere sahip olduğundan böcekler ve özellikle bal arıları tarafından taşınmaya çok uygundur (Öz,

2004). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2022 yılında ayçiçeği bitkisinin üretimi 2 ton 550 bin olarak kaydedilmiş ve 2023 yılında üretim miktarında herhangi bir değişim olmadığı tespit edilmiştir (TÜİK, 2023).

Arılar ayçiçeği bitkisini besin kaynağı olarak kullanmalarının yanında tozlaşmaya, tohum üretimine ve bundan dolayı ayçiçeği verimine katkı sağlamaktadırlar. *Helianthus annuus* türünün Marmara Bölgesi'nde büyük bir tarımsal üretimi, ürün verimi açısından arı kolonilerinin kullanılması ve yüksek oranda nektar alımıyla az zamanda verimli bal elde edilmesi, nektarının şeker içeriği sebebiyle arıların da tercih ettiği bitki türüdür. İçerisindeki polenlerin dominant olmasından kaynaklı monofloral bal olarak bilinmektedir. Ayçiçeği ile ilgili yapılmış olan çalışmaların sonucunda ayçiçeği ekilmiş bölgelerden hektar başına 75 kilograma yakın balın temin edilebileceği sonucuna varılmıştır (Tosunoğlu, 2020).

Ayçiçeği balı, Türkiye'de üretimi en yüksek olan monofloral (tek çiçekli) bal türüdür. Türkiye'de ihracatta ilk sırada çam balı yer almakta ve sonrasında onu takip eden bal ayçiçeği balı olmaktadır. Bu bal çoğunlukla arıcılar tarafından kış yiyeceği (arı keki) olarak kullanılmaktadır. Ayçiçeği bitkisinin çiçek açma zamanı Temmuz ayı olmakla birlikte ayçiçeğinin balı Ağustos ayında hasat edilmektedir. Ayçiçeği balı kovandan ilk alındığı zaman altın sarısı renginde ve kendisine has bir tadı bulunmaktadır. Çok çabuk kristalleşebilen bir bal olan ayçiçeği balının erken kristalleşmesinin sebebi glikoz ve polen içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çabuk kristalize olması ayçiçeği balının bir özelliğidir. Kristalleştiği zaman sarı bir mum gibi görünen ve kristalize olmuş ayçiçeği balının bağışıklık sistemini güçlendirici etkisi olduğu, bazı kanser türlerine iyi geldiği ve vücuda enerji verdiği gibi özellikleri olduğu belirtilmiştir (Şen, 2019).

2.4.2. Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller) balı

Karaçalı olarak isimlendirilen *Paliurus spina-christi* Miller *Rhamnaceae* ailesinden olan bir çalı bitkisidir. Söz konusu bitki, 2 ile 4 metreye kadar büyüebilmektedir. Ülkemizde ve Marmara Bölgesinde geniş yayılışa sahip yaprak dökken dikenli çalıların yetişme alanı Edirne, Kırklareli ve Çanakkale'dir. Karaçalı bitkisine halk arasında mesih diken, draga diken, öküz gözü, ilme, çaltı diken, sarı çalı, sarı diken, çalı diken, sincan diken, kara diken gibi yöresel isimler kullanılmaktadır. Karaçalı bitkisi Trakya'da Mayıs sonu ile Temmuz ayları arasında hava şartlarına bağlı olarak çiçeklenmektedir. Karaçalı bitkisinin çiçeklendiği dönemde yağmur yağarsa nektar yıkanmakta ve balın verimi fazlasıyla

düşmektedir. Arılar, karaçalı bitkisinden sarı renkte bulunan çiçeklerden nektar toplayarak bal üretmektedirler. Karaçalı balı, çiçek balı olarak bilinmekte, sarı renkli, hafif acı olan ve çok çabuk kristalleşme özelliğine sahip bir baldır. Karaçalı balı hasat döneminden dolayı Trakya’da bahar balı olarak da anılmaktadır (Akdeniz vd., 2013; Şen, 2018; Malkoç vd., 2019; Şen, 2019; Tosunoğlu, 2020).

Karaçalı bitkisi, yaygın olarak idrar söktürücü, ishal ve romatizmaya karşı kullanılmaktadır. Karaçalı ekstraktları fitokimyasal açıdan araştırıldığında bitkinin bütün bölümlerinde flavonoidlere ve tanenlere, kabuk kısmında amino asitlere, alkaloidlere ve meyvelerinde ise sterollere rastlanmaktadır (Brantner ve Males, 1999). Çocuklar için balgam söktürücü, öksürük kesici, iltihap giderici, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, karın ağrısı, mide ağrısı, mide bulantısı, diyabet, böbrek tedavisinde kullanılmaktadır (Şen, 2018). Karaçalı, meyveleri Türkiye’de farklı tıbbi amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Karaçalı bitkisinin sıvı ekstraktlarında bulunan bileşenler antimikrobiyal, antibakteriyel, antifungal, hipolipidemik ve antioksidan özellik göstermekte, özellikle flavanoidlerinin antidiüretik aktiviteden, fenollerinin ise antibakteriyel aktivite açısından sorumlu olduğu bildirilmektedir (Zor vd., 2017). Malkoç vd., (2019) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye’nin Marmara bölgesinde az miktarda üretimi yapılan karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.) balının ilk kez kimyasal karakterizasyonu, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri araştırmalar ve yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. Karaçalı balının yüksek antioksidan ve antimikrobiyal değere sahip monofloral bir çiçek balı olduğu tespit edilmiştir.

2.4.3. Kanola (*Brassica napus*) balı

Brassicaceae ailesinin *Brassica* cinsinden olan Kanola (*Brassica napus*) bir yağ bitkisidir. Ülkemize, Balkanlardan göç ederek gelenler tarafından 1960’lı yıllarda, kolza, rapitsa ve rapiska adı ile getirilmiştir. Kolza bitkisinin yağında insan sağlığına çeşitli sorunlara yol açan erusik asit ve hayvanların sindirim sisteminde olumsuz etkiler yaratan, yemlerde rahatsız edici tat ve kokuya sebep olan glukosinolat içerdiği gözlemlenmiş ve ekimi yasaklanmıştır. Bunun sonucunda, 1970’li yıllarda Kanada’da kolza bitkisi ile yapılan çalışmalar ile elde edilen yağda %2’nin altında erusik asit ve küspesinde 30 mikromol’ün altında glukosinolat içeriğine sahip ıslah edilmiş çeşidine kanola ismini vermişlerdir. İngilizce kelimelerin baş harflerinden meydana gelen CANOLA (Canadian

Oil Low Acid), Türkçe de kanola adı ile bilinen önemli yağ bitkileri arasında yer almaktadır (Şeker, 2015; İşler, 2015).

Kanola bitkisinin çiçeklenme dönemi ilkbahardır, ilk çiçek açan bitki olması nedeniyle arıcılıkta önemli bir yere sahip olmaktadır. Şubat ve Mart ayları çiçeklerin az olduğu dönemde arılar için mera oluşturmaktadır. Yıllardan beri kanola bitkisinin bazı çeşitleri birçok ülkede arılar için iyi bir nektar ve polen kaynağı olmaktadır. Kanola bitkisinin çiçek açma zamanında tozlaşma yani döllenme yapabilmesi için bal arılarına ihtiyaç duymaktadır. İlkbaharın Nisan ayının sonları ile Mayıs ayının başlarında çiçek açan kanola, arılar için fazla oranda çiçek tozları üretmektedir. Akdeniz bölgesinde 10 Mayıs, Trakya bölgesinde ise 10 Hazirandan sonra bu bitkinin hasat işlemi başlamaktadır (Süzer, 2008). Kanola balı literatür araştırmalarında sık rastlanan bir bal çeşidi değildir. Kanola balının rengi açık sarı, hafif acı bir tada sahip ve aroması zayıftır. Balın glikoz oranının yüksek olması sebebiyle genel olarak süzildükten iki hafta sonrasında hızlı bir şekilde kristalleşmektedir (Szczesna, Rybak-Chmielewska, Was, Kachaniuk ve Teper, 2011; İşler, 2015).

2.4.4. Meşe (*Quercus spp.*) balı

Fagaceae ailesinden meşeler (*Quercus* L.), dünyada yaygın olarak yayılış gösterir ve yaklaşık 531 tür içermektedir. Türkiye'de doğal olarak yetişen 18 çeşit, 9 alt tür ve 2 çeşit bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan meşe türlerinden yedi tanesi salgı balı üretimi için önemli meşe türleridir. Bunlar arasında *Quercus frainetto* Ten. salgı balı üretimi için en önemli çeşittir ve genellikle Türkiye'nin kuzeybatısında yetiştirilmektedir. Özellikle Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Kırklareli ilinde meşe balı üretilmekte ve genellikle *Quercus frainetto* Ten.'e ait koyu kahverengi salgı ile kaplı meşe ağaçları bulunmaktadır. Bu salgı meşe meyveleri tarafından üretilmekte ve bal arıları koyu renkli ve hafif acımsı tatta lezzetli meşe salgı balını yapmak için salgıları toplayarak bala dönüştürmektedir. Meşe balının viskozitesi yüksek olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Ozkok ve Sorkun, 2018; Şen, 2019).

Meşe balı iki şekilde üretilmektedir. Birincisi *Kernes quercus*, *Lachnus ilicophilus* ve *Thelaxes dryophila* gibi bazı meşe yaprak bitlerinin salgılarını içermektedir. Alternatif bir başka yöntem, ani sıcaklık değişimleri veya gece ve gündüz sıcaklık değişimleri gibi stres koşulları altında meşe yapraklarının terlemesini içermektedir. Yaprakların terlemesi, bal üretiminde arılar için önemli bir besin kaynağı olan çeşitli şekerlerin salgılanmasına

neden olmaktadır. Ülkemiz meşe bakımından zengin bir ülkedir ve hemen hemen tüm coğrafi bölgelerde meşe ormanları bulunmaktadır. Meşe balı hakkında çok az şey biliniyor olsa da, tüm meşe ormanları meşe balı üretimi için uyumlu değildir ve iklim koşullarının da düzgün olması gerekmektedir. Gündüz ve gece sıcaklıkları arasında yüksek fark bulunan bölgelerdeki bitkilerin yapraklarında stres faktörleri ile birlikte şekerler oluşmaktadır. Çeşitli polifenolik maddeler balın içine şekerlerle birlikte yapraklardan girmektedir ve bu yüzden meşe balı koyu renkli, polifenolik bileşenlerce zengin ve kendine özgü bir aromaya sahip olmaktadır (Kolaylı, Can, Çakır, Okan ve Yıldız, 2018).

Kırklareli ilinde üretilen meşe balı, 12.02.2021 tarihinde “Kırklareli Meşe Balı” ismi ile coğrafi işaretli ürün olarak kabul edilmiştir. Coğrafi sınırları Kırklareli ili merkez, Pınarhisar, Vize, Kofçaz ve Demirköy ilçeleri olarak belirlenmiştir. Bölge genelinin meşe ormanlarının bol olması ve bölgede meşe çeşitlerinin zenginliği Kırklareli Meşe Balı’nın kalitesinin oluşmasında önemlidir. Meşe çeşitlerinden *Q. frainetto* Ten. ve *Q. robur* bal üretiminde en önemli türlerdendir ve coğrafi sınırda yoğun olarak bulunmaktadır. *Q. frainetto* Ten. ve *Q. robur* meşe türünün meyvelerinde salgı içeren çok sayıda salgı tüyleri vardır ve meşe balını üreten salgı, ekstra floral kaynaklıdır (Resim 2.1). Ağaçtaki özsular meyvelerden dışarıya salgı tüyleri ile çıkmaktadır. Tatlı salgılar bal arıları tarafından toplanarak meşe balı üretilmektedir (TPK, 2021).

Coğrafi sınırda haziran ayından sonra meşe balı üretimi için koloniler hazırlanmaktadır. Balın üretimi iklim özelliklerine bağlı olduğu için ancak temmuz sonu veya ağustos başına doğru başlamaktadır. Havanın 30°C’nin üzerinde olduğu, gece sıcaklıklarının da ılıman olduğu durumlarda salgı oluşur ve salgının akışı bazen 1 hafta bazen 2 haftayı bulabilmektedir. Bu dönemde saf meşe balı toplayabilmek için üst çerçevelerde kabarmış veya toplanmış bal bulundurulmamaktadır. Mevsimin rüzgârlı, yağmurlu olduğu sezonlarda meşe balı salgısı azalmakta veya tamamen kaybolmaktadır (TPK, 2021).

Baskın polenin Kırklareli meşe balı’nda bulunmadığı bildirilmiştir. Ancak coğrafi sınırın florasına uygun orman gülü (*Rhododendron ponticum*), karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller), meşe (*Quercus spp.*), çobanpüskülü (*Ilex aquifolium* L.), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), kestane (*Castanea sativa*), alıç (*Crataegus orientalis*), sarmaşık (*Hedera helix*) polenlerinden iz miktarda bulunabileceği belirtilmiştir (TPK, 2021).

Meşe balı üretiminin, zengin meşe ormanlarına sahip Trakya, Kuzeybatı Anadolu ve Istranca Dağları bölgesinde yapıldığı bilinmektedir. Salgı balı olarak bilinen meşe balı koyu renkli olup (Resim 2.2), antioksidan kapasitesi ve apiterapi değeri yüksek bir bal olduğu ancak bölgedeki balın kimyasal ve biyolojik olarak aktif özelliklerini araştıran yeterli sayıda çalışmanın bulunmadığı gözlemlenmiştir (Kolaylı, Can, Çakır, Okan ve Yıldız, 2018).

Meşe ağacından (*Quercus frainetto* Ten.) elde edilen meşe balının orijininin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, bu ağacın meyvelerinin çok sayıda salgılayıcı glandüler (beze gibi) trikomlara (tüy) sahip olduğu ve bu trikomların tatlı salgı ürettiği bildirilmiştir. Meşe balının kaynağının çiçek dışı kökenli olduğu ve çam balının aksine üretiminde hiçbir böcek türünün olmadığı da tespit edilmiştir (Ozkok, İpek ve Sorkun, 2019).

Her ne kadar TPK'nın coğrafi işaret tanımında ve yukarıda verilen çalışmada meşe balının üretiminde bitki kaynaklı olmayan salgıların kullanılmadığı bildirilmiş olsa da, yapılan başka bir çalışmada meşe ağaçları üzerinde bulunan ve bol miktarda salgı üreten böceklerin olduğu, dolayısıyla bu böceklerin de ürettiği salgıların bala tesir ettiği belirlenmiştir. İlgili çalışmada meşe balı üretiminde yalnızca yaprak bitlerinin değil, kabuklu böceklerin de olduğu ve salgı üretimine en fazla katkısı olan böceğin *M. pruniosa*'nın olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada Kırklareli meşe balının hem böcek salgısı hem de bitki salgısının bir karışımı olabileceği tespit edilmiştir (Ülgentürk, Cosic, Özdemir, İpek ve Sorkun, 2020). Bu nedenle meşe balı üzerine daha detaylı çalışma yapılmasının oldukça önemli olduğu söylenebilir.



Resim 2.1. Meşe ağacı meyvesi salgısı (Url-1)



Resim 2. 2. Kırklareli Meşe Balı (Url-2)

3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Kırklareli ilinin çeşitli ilçelerinden 2023 yılında hasadı yapılan 3 adet kanola balı, 5 adet ayçiçeği balı, 5 adet karaçalı balı ve 5 adet meşe balı olmak üzere toplamda 18 adet bal örneği temin edilerek analize alınmıştır. Bal örneklerinin temininde Kırklareli ilindeki yerel arı yetiştiricilerinden yararlanılmıştır. Numuneler yaklaşık olarak 750 gr cam kavanozlarda alınarak oda sıcaklığında karanlık ortamda depolanmıştır. Bal örneklerinin alındığı yerler ve kodları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bal örneklerinin kodları ve alındığı yerler

Örnek Kodu	Bal Adı	İlçe/Köy	Konum
K1	Kanola Balı	Babaeski/Karamesutlu Köyü	41°29’ 20.5188”-27°6’ 31.7988
K2	Kanola Balı	Lüleburgaz/Umurca Köyü	41°25’ 30.1296”-27°26’ 6.2052
K3	Kanola Balı	Vize/Düzova Köyü	41°31’ 0.6600”-27°46’ 42.0024
A1	Ayçiçeği Balı	Merkez/Karakoç Köyü	41°46’ 26.1048”-27°13’ 35.5692
A2	Ayçiçeği Balı	Merkez/Kocahıdır Köyü	41°38’ 57.9876”-26°55’ 3.6084
A3	Ayçiçeği Balı	Merkez/Kavakdere Köyü	41°36’ 4.3632”-27°16’ 4.3176
A4	Ayçiçeği Balı	Üsküpdere Köyü Merası	41°41’ 13.5564”-27°21’ 50.4972
A5	Ayçiçeği Balı	Merkez/Üsküp	41°44’ 51.1152”-27°24’ 9.6120
KR1	Karaçalı Balı	Merkez/Kadıköy Köyü	41°51’ 16.4448”-27°12’ 29.2248
KR2	Karaçalı Balı	Koçaz/Elmacık Köyü	41°53’ 53.1924”-27°10’ 39.8928
KR3	Karaçalı Balı	Merkez/Üsküp	41°44’ 51.1152”-27°24’ 9.6120
KR4	Karaçalı Balı	Merkez/Demircihalil Köyü	41°48’ 16.1892”-27°18’ 13.1112
KR5	Karaçalı Balı	Koçaz/Malkoçlar Köyü	42°2’ 30.3216”-27°1’ 1.6464
M1	Meşe Balı	Merkez/Çağlayık Köyü	42°1’ 59.9700”-27°20’ 35.7216
M2	Meşe Balı	Koçaz/Karaabalar Köyü	42°4’ 13.3176”-27°17’ 14.9892
M3	Meşe Balı	Merkez/Düzorman Köyü	41°50’ 57.5232”-27°22’ 1.0848
M4	Meşe Balı	Demirköy/Avcılar Köyü	41°54’ 1.4616”-27°50’ 59.9136
M5	Meşe Balı	Vize/Kıyıköy	41°38’ 18.6000”-28°5’ 23.8236

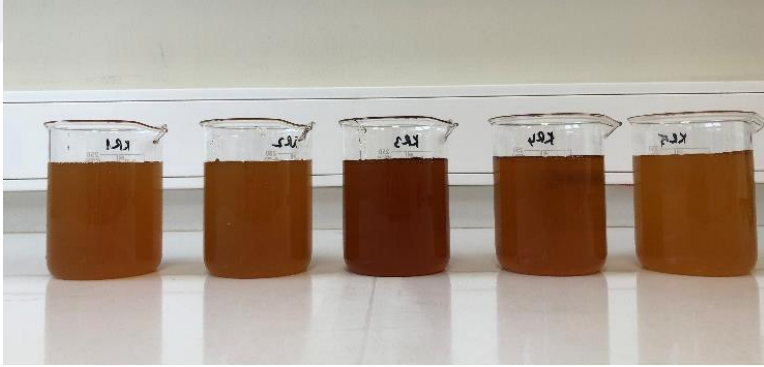
Kırklareli ilinden temin edilen kanola balı örnekleri Resim 3.1, ayçiçeği balı örnekleri Resim 3.2, karaçalı balı örnekleri Resim 3.3 ve meşe balı örnekleri Resim 3.4’te verilmiştir.



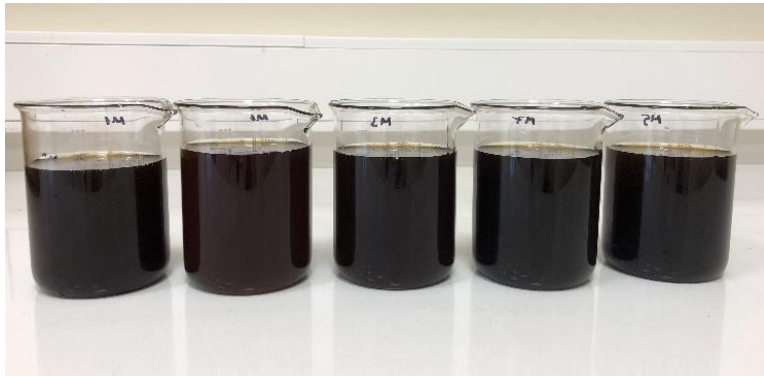
Resim 3.1. Kanola balı örnekleri



Resim 3.2. Ayçiçeği balı örnekleri



Resim 3.3. Karaçalı balı örnekleri



Resim 3.4. Meşe balı örnekleri

3.2. Yöntem

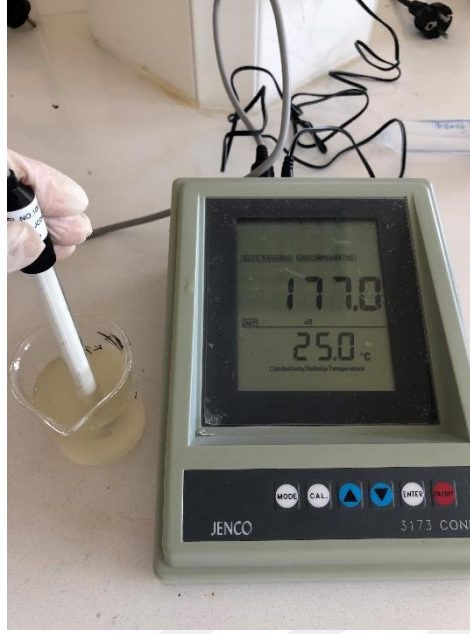
Tez çalışmasında kanola balı, ayçiçeği balı, karaçalı balı ve meşe balı örneklerinde: brix, elektrik iletkenliği, pH, optik çevirme açısı, serbest asitlik, kül, viskozite, HMF, diastaz sayısı, prolin miktarı, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde içeriği, kantitatif şeker (fruktoz ve glukoz) ve renk (L^* , a^* , b^*) analizleri yapılmıştır. Tüm analizler aşağıdaki başlıklarda açıklanmıştır.

3.2.1. Brix ölçümü

Bal örneklerinde brix ölçümü, International Honey Commission (IHC) tarafından önerilen refraktometrik yönteme göre 20°C’de yapılmıştır. Bal örnekleri 1:1 oranında distile su ile seyreltilerek Hanna/HI96801 dijital refraktometresi ile brix değerinin ölçümü yapılmıştır (Bogdanov, Martin ve Lullmann, 2002).

3.2.2. Elektrik iletkenliği ölçümü

Bal numunelerinin elektrik iletkenliğinin ölçümünde IHC’nin belirtmiş olduğu yöntem kullanılmıştır. Bu kapsamda, 20 g bal numunesi tartılmış bir miktar saf su ile ısıtılmadan Wisestir/MSH-20A manyetik karıştırıcı yardımı ile çözündürülmüş ve 100 mL’ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımdan 40 mL bir behere alınarak 25 °C’de masa tipi Jenco/3173 Cond iletkenlik ölçer-kondüktometri cihazı kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir (Resim 3.5). Sonuçlar $\mu\text{S}/\text{cm}$ cinsinden verilmiştir (Bogdanov vd., 2002).



Resim 3.5. Elektrik iletkenliği ölçümü

3.2.3. pH analizi

Bal örneklerinin pH'ları masa tipi pH metre (Hanna HI 2211, Almanya) ile ölçülmüştür. 10 g bal numunesi tartılarak 75 mL saf su ile homojen hale getirilmiştir. pH metrenin probu hazırlanan homojen karışıma daldırılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (Pascual-Mate, Oses, Fernandez-Muino ve Sancho, 2018).

3.2.4. Optik çevirme açısı (α -rotation) belirleme

Bal örneklerinin optik çevirme açısı polarimetre Kruss P3000 cihazı kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Resim 3.6). Öncelikle 12 g bal numunesi tartılarak saf su ile çözündürülmüştür. 10 mL Karrez I ve II reaktifi eklenerek 30 saniye manyetik karıştırıcıda homojen karışması sağlanmıştır. Bunu takiben 100 mL'lik balon jodede saf su ile hacim çizgisine kadar tamamlanmış ve 24 saat boyunca karanlık bir ortamda beklemeye bırakılarak sürenin sonunda kaba filtre kağıdı ile süzölmüştür. Bu süzülen sıvının polarimetre cihazında ölçümü yapılarak balların optik çevirme açıları belirlenmiştir (Bogdanov vd., 2002).



Resim 3.6. Polarimetre cihazı

3.2.5. Serbest asitlik ölçümü

Bal örneklerinin serbest asitlik ölçümü IHC tarafından önerilen yöntemle uygun olarak yapılmıştır. Bal numunesinden 10 g tartılarak 75 mL saf su ile seyreltilmiş ve manyetik karıştırıcıda homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Ardından, 3-5 damla fenolftalein indikatörü damlatılmış ve pH metre kullanılarak 8,3 değeri elde edilene kadar 0,1 N NaOH ile titre edilerek titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir bal çözeltisi için harcanan NaOH miktarına göre hesaplama işlemi gerçekleştirilmiş (Eş. 3.1) ve sonuçlar meq/kg olarak verilmiştir (Bogdanov vd., 2002).

$$\text{Serbest Asitlik} = \frac{1000 \times N \times F \times V}{m} \quad (3.1)$$

Burada:

N = Standart sodyum hidroksit çözeltisinin normalitesi

F = 0,1 N sodyum hidroksit çözeltisinin hesaplanan faktörü

m = Deneyde kullanılan bal numunesinin kütlesi (g)

V = Titrasyonda harcanan sodyum hidroksit çözeltisi miktarı

3.2.6. Kül analizi

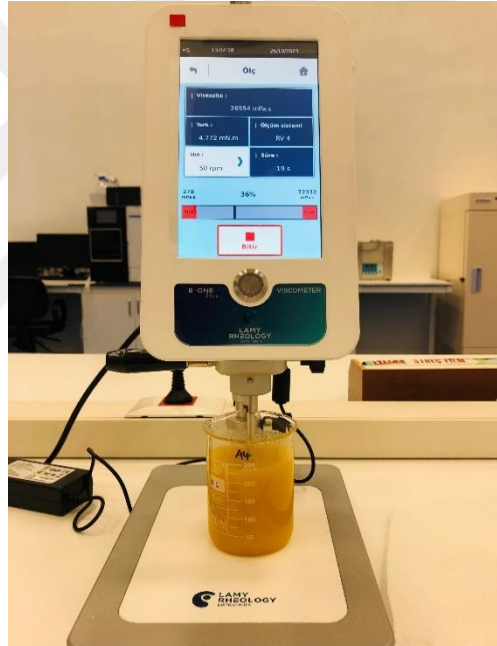
Kül analizi, örnekteki organik kısmın 500-600°C’de örneklerin sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda öncelikle analizde kullanılacak olan porselen krozeler 105°C’de etüvde kurutulmuş ve desikatörde soğutulularak hassas terazide daraları alınmıştır. Bal numunelerinden 2-5 g arasında hassas terazide porselen krozelere tartılan bal numuneleri 550°C’de kül fırını (Wisd/DHFHP-03) kullanılarak

rengi açık gri olana kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda porselen krozeler desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. Sonuçlar hesaplanarak (Eş. 3.2), % kül miktarı belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2013).

$$\% \text{ Kül} = \frac{(\text{Kroze} + \text{Kül}) - \text{Kroze}}{\text{Örnek Miktarı}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.7. Viskozite tayini

Bal numunelerinin viskozitesi Elenany (2019) tarafından bildirilen yöntemde değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Bal örnekleri, 25°C’de, 250 mL beherde, 50 rpm’de ve RV4 spindle başlığı ile yaklaşık 20 saniyede Lamy Rheology Instrument B One-Plus Viskozimetresi kullanılarak ölçüm yapılmıştır (Resim 3.7). Sonuçlar Pa.s olarak kaydedilmiştir.



Resim 3.7. Viskozimetre cihazı

3.2.8. HMF (5-Hidroksi -metil- furfural) analizi

Bal numunelerinde HMF analizi Winkler (1955) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Bu kapsamda, 10 g bal tartılarak 20 mL saf su ile manyetik karıştırıcıda ısıtılmadan çözündürülmüş ardından 50 mL’ye tamamlanmıştır. Analizin yapımında kullanılacak paratoluidin çözeltisi için 100 mL’lik bir balon jojeye 10 g paratoluidin tartılmış, 50 mL izopropil alkol (2-propanol) ilave edilmiş ve su banyosunda hafifçe ısıtılarak çözündürülmüştür. Üzerine 10 mL glasiyel asetik asit ilave edilmiş ve oda

sıcaklığına gelince izopropil alkol ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Başlangıçta renksiz olan bu çözelti zamanla kahverengiye dönüşmektedir, 3 günden sonra veya fazla renklenme görüldüğünde kullanılmamalıdır. Hazırlanan çözelti amber renkli bir şişeye alınmış ve 24 saat dinlendirilmiştir. Barbitürik asit çözeltisi hazırlanırken 0,5 g barbitürik asit 100 mL'lik balonjojeye tartılmış üzerine 70 mL saf su ile edilerek su banyosunda hafifçe ısıtılarak iyice karışması sağlanmış ve daha sonra hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan bal çözeltisinden 2 ayrı deney tüpüne 2 mL ve 5 mL paratoluidin çözeltisinden eklenmiştir. Deney tüplerinden birine 1 mL saf su eklenerek bu kör olarak kabul edilmiştir. Diğer tüpe ise 1 ml barbitürik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Deney tüplerinin vorteksle (DLAB, MX-S) karıştırılmış ve spektrofotometrede (Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya) 550 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunarak hesaplama yapılmıştır (Eş. 3.3). Sonuçlar mg/kg cinsinden verilmiştir (Winkler, 1955; Bogdanov vd., 2002).

$$\text{HMF} = (\text{Aör} - \text{Akör}) \times 192 \quad (3.3)$$

3.2.9. Diastaz sayısı analizi

Bal örneklerinde diastaz ölçümü IHC'nin belirtmiş olduğu metot kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle, 10 g bal numunesine 15 mL saf su ve 5 mL Asetat Buffer (pH:5,3) ilave edilerek ısıtılmadan Wisestir/MSH-20A manyetik karıştırıcı yardımı ile çözündürülmüştür. Çözünen bu karışıma 3 mL sodyum klorür eklenerek 50 mL'ye saf su ile hacim çizgisine kadar tamamlanmıştır. Örnekler 40°C'de su banyosunda (Wisebath, WB-22, Daihan, Kore) 15 dakika bekletilmiş ve sürenin sonunda 5 mL %2'lik nişasta çözeltisi örneklerin üzerine ilave edilmiştir. Bu örnekten 0,5 mL alınıp, IHC'nin belirttiği gibi hazırlanan seyreltik iyot çözeltisinden 5 mL eklenmiş ve belirlenen saf su miktarı ile karıştırılmıştır. Spektrofotometrede (Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya) 660 nm'de absorbans değerleri 0,235 değerine yakın bir değer bulunduğunda analiz işlemi tamamlanmıştır. Absorbans değerleri ve okunan bu değerlere karşılık gelen süreler grafiğe aktarılarak denklem elde edilmiştir. Elde edilen denklem yardımıyla t_x değeri bulunmuş ve $300/t_x$ ile diastaz sayısı sonucuna varılmıştır (Bogdanov vd., 2002).

3.2.10. Prolin miktarı tayini

Bal örneklerinde prolin miktarı Ough (1969) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, 5 g bal numunesi tartılarak saf su 100 mL'ye tamamlanmıştır. Ardından prolin standart çözeltisi ve ninhidrin çözeltileri

hazırlanmıştır. Bu amaçla, 40 mg prolin saf su ile 50 mL'ye tamamlanarak prolin stok çözeltisi hazırlanmıştır. Prolin stok çözeltisinden 1 mL alınarak 25 mL saf su ile tamamlanarak 0,8 mg/25 mL'lik çözeltisi için prolin standart çözeltisi hazırlanmıştır. Diğer yandan, 3 g ninhidrin tartılarak 10 mL etilen glikol monometil eter ile çözündürülmüştür. Standart prolin çözeltisi için 2 adet deney tüpüne 0,5 mL standart prolin çözeltisi, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit çözeltileri eklenmiştir. Bal numunesi için hazırlanan örnek karışımından 0,5 mL, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit eklenmiştir. Kör için ise 0,5 mL saf su, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit eklenmiştir. Deney tüpleri 3 dakika vorteks (DLAB/MX-S) yardımıyla karıştırılarak 15 dakika 100°C su banyosunda (Wisebath, WB-22, Daihan, Kore) ağızları kapalı olacak şekilde bekletilmiştir. Ardından 70°C'de NÜVE NB9 su banyosunda 10 dakika bekletilerek süre sonunda her bir tüpe 5 mL 2-propanol (İzopropil alkol) çözeltisi eklenmiştir. Oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 45 dakika bekletilmiş süre sonunda spektrofotometre (Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya) cihazı kullanılarak 510 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuş ve hesaplama yapılarak sonuçlar mg/kg cinsinden kaydedilmiştir (Eş. 3.4).

$$\text{Prolin} = \left(\frac{E_s}{E_a} \right) \times \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \times 80 \quad (3.4)$$

Es: Örneğin Abs

Ea: Standartın Abs

E1: mg cinsinden S'deki prolin miktarı (8mg)

E2: g cinsinden bal çözeltisindeki bal miktarı (5gr)

80: Dilüsyon faktörü

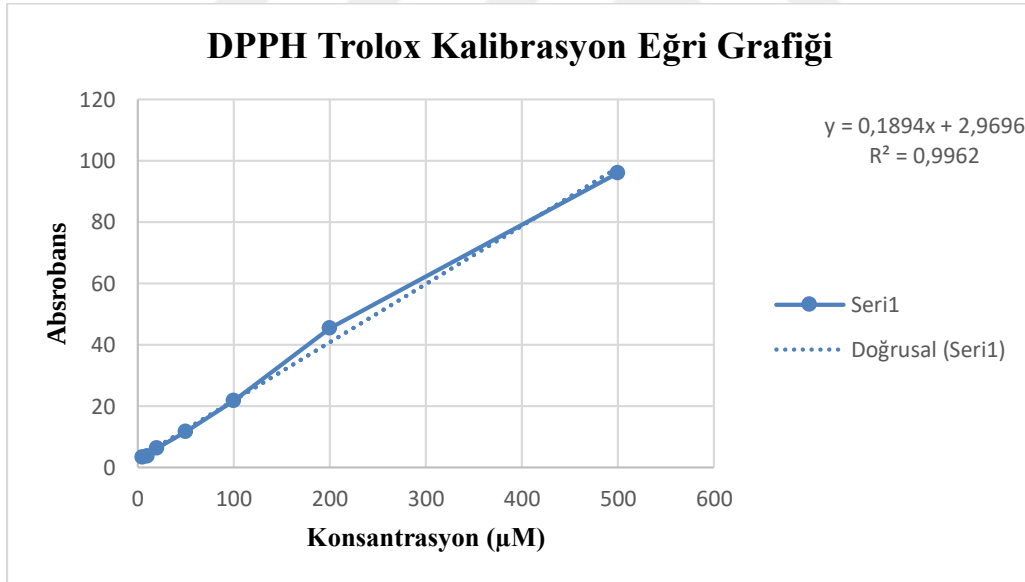
3.2.11. Toplam antioksidan kapasite ölçümü

Serbest radikal temizleme kabiliyeti (DPPH)

Balların 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) serbest radikal temizleme kabiliyeti, Nagai, Nagashima, Myoda ve Inoue (2004) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Örneklerin analize hazırlanması amacıyla her bal numunesinden 4'er g tartılıp üzerine 16 mL %80'lik metanol eklenmiştir. Ardından 25°C'de Teknosem/TSB-280 çalkalamalı su banyosunda 24 saat homojen bir karışım elde

edilmesi sağlanmıştır. Süre sonunda alınan örnekler kaba filtre kağıdı ile süzölmüştür. Örnek için süzöntüden 200 µL alınarak üzerine 200 µL 1 mM DPPH çözöltisi eklenmiş daha sonra 1600 µL metanol ilavesi yapılmıştır, kontrol için 200 µL 1 mM DPPH çözöltisi üzerine 1800 µL saf metanol ilave edilmiş ve karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda küvetlerin absorbansı Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda saf metanole karşı okunmuştur. Kontrol ve örnek absorbansları kullanılarak % inhibisyon değeri hesaplanmıştır. Aynı işlemler Trolox ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki (5-500 µM) çözöltilere de uygulanmıştır. Elde edilen absorbanslar Eş. 3.5'te verilen denklem ile % inhibisyon değeri hesaplanmış ve % inhibisyon değeri karşılık Trolox konsantrasyonlarından oluşan bir kalibrasyon eğrisi ($R^2=0,9962$) çizilmiştir (Şekil 3.1). Örnekte yapılan seyreltme oranı dikkate alınarak DPPH radikal inhibisyonu µmol Trolox/100g olarak ifade edilmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left(\frac{\text{Kontrol absorbansı} - \text{Örnek absorbansı}}{\text{Kontrol absorbansı}} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

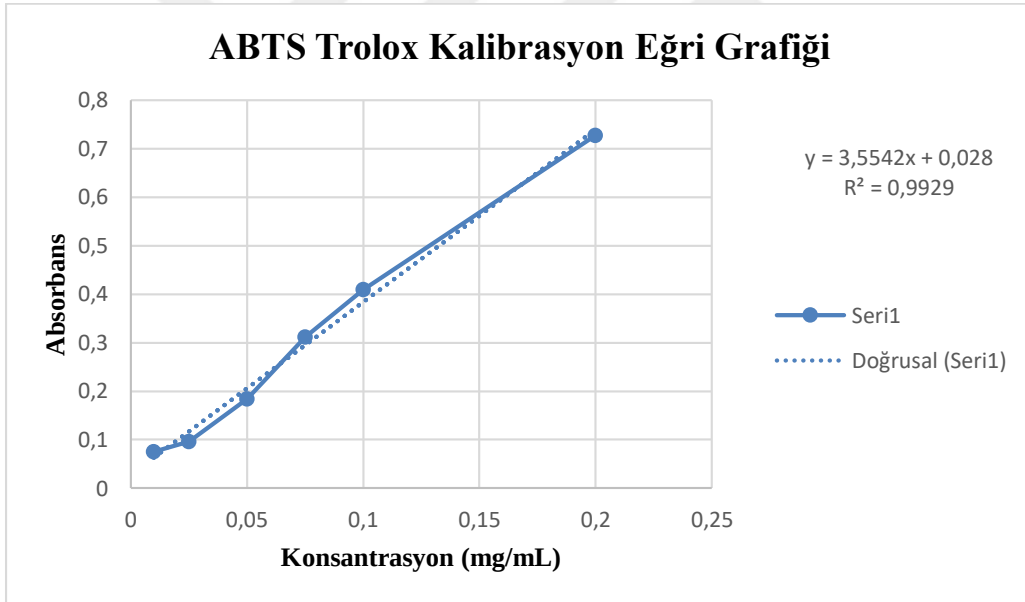


Şekil 3.1. DPPH Trolox kalibrasyon eğrisi

ABTS^{•+} radikali temizleme yöntemi

Balların ABTS^{•+} serbest radikali temizleme kabiliyetinin belirlenmesinde, Re, Pellegrini, Proteggente, Pannala, Yang ve RiceEvans (1999) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Yöntemin esası, 2,2'- azinobis-(3-etilbenzothiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) ile potasyum persülfatın (K₂S₂O₈) oksidasyon reaksiyonu sonucu oluşturulan

ABTS radikali katyonunun (ABTS•+), ortama ilave edilen antioksidan maddelerle inhibisyonuna dayanmaktadır. ABTS solventinin absorbans değeri $0,700 \pm 0,02$ olacak şekilde Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya spektrofotometre cihazında ayarlama yapıldıktan sonra örneğin analizinde kullanılmıştır. Örneklerin analize hazırlanması amacıyla her bal numunesinden 4'er g tartılıp üzerine 16 mL %80'lik metanol eklenmiştir. Ardından 25°C'de Teknosem/TSB-280 çalkalamalı su banyosunda 24 saat homojen bir karışım elde edilmesi sağlanmıştır. Süre sonunda alınan örnekler kaba filtre kağıdı ile süzölmüştür. Örnekten 100 µL alınmış ve üzerine 2 mL ABTS solventi ilave edilerek küvetler Wisd/Wise-Cube inkübatör kullanılarak 6 dk 30 °C'de inkübe edilmiştir. Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya spektrofotometre ile tüm örneklerin absorbans değerleri 734 nm'de ölçölmüştür. ABTS yöntemi için Şekil 3.2'de verilen Trolox standart kalibrasyon eğrisi ($R^2=0.9929$) kullanılmış ve örnekte yapılan seyreltme oranı dikkate alınarak sonuçlar mg Trolox/g olarak verilmiştir.

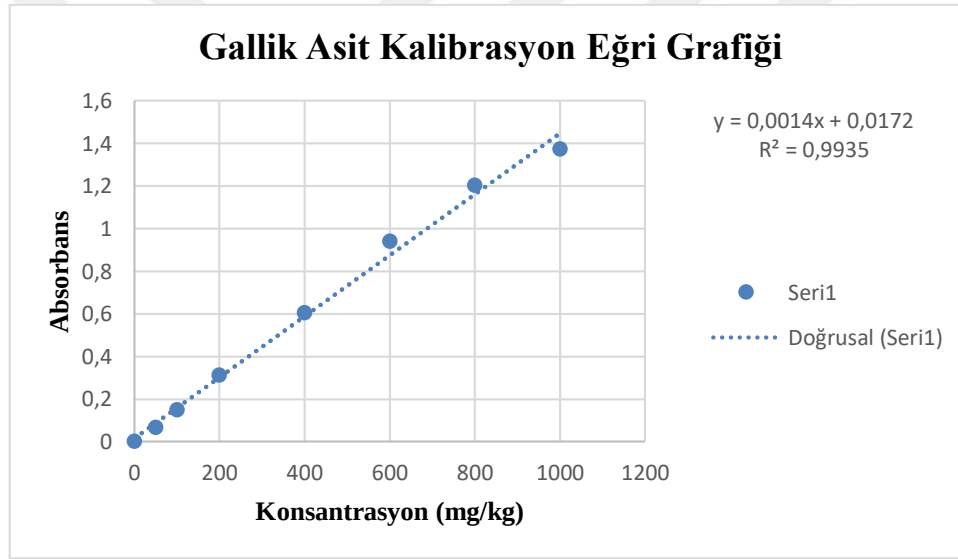


Şekil 3.2. ABTS Trolox kalibrasyon eğrisi

3.2.12. Toplam fenolik madde analizi

Örneklerde toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerin analize hazırlanması amacıyla her bal numunesinden 4'er g tartılıp üzerine 16 mL %80'lik metanol eklenmiştir. Ardından 25°C'de Teknosem/TSB-280 çalkalamalı su banyosunda 24 saat homojen bir karışım elde edilmesi sağlanmıştır. Süre sonunda alınan

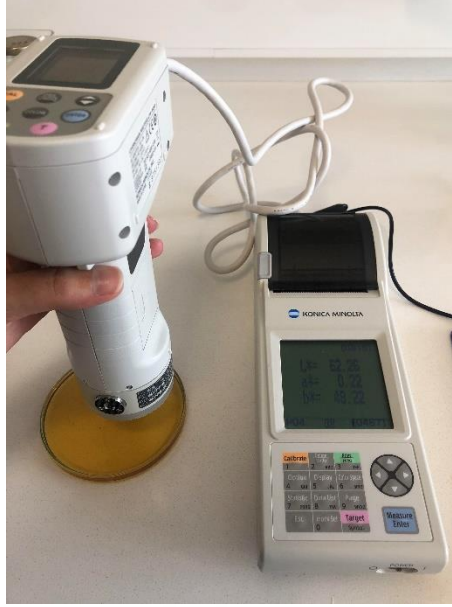
örnekler kaba filtre kağıdı ile süzölmüştür. Bunu takiben, cam deney tüplerine 200 µL süzöntü üzerine 1 mL 0,2 N Folin-Ciocalteu reaktifi (%10'luk) ve 1 mL doymuş sodyum karbonat çözöltisi (%7,5'lik) ilave edilerek 3 dakika boyunca bekletilmiştir. Sürenin sonunda bu karışım saf suyla 10 mL'ye tamamlanmış ve tüpler 90 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Örneklerin köre karşı okuması Shimadzu, UV/Vis-1800, Japonya spektrofotometrede 725 nm gerçekleştirilmiştir. Gallik asit çözöltilerinin de aynı koşullarda absorbans değeri tespit edilmiş ve doğrusal bir kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3.3). Örneklerin toplam fenolik madde miktarı elde edilen standart eğrinin denkleminde hesaplanmış ve sonuçlar mg GAE (gallik asit eş değeri)/kg bal olarak ifade edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965).



Şekil 3.3. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.13. Renk analizi

Homojen hale getirilen bal numunesinden alınan örnek cam kabın içeisine konulmuş ve renk cihazı (Konica Minolta, CR-400, Japonya) ile ölçüm yapılmıştır. Örneklere ait L* (100: beyaz, 0: siyah), a* (+: kırmızı, -: yeşil) ve b* (+: sarı, -: mavi) değeri belirlenmiştir (Saroğlu, 2018). Ölçümler 5 tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır (Resim 3.8).



Resim 3.8. Renk ölçüm cihazı

3.2.14. Şeker analizi

Bal örneklerinin şeker içerikleri Belay vd. (2017) tarafından uygulanan yöntemde değişiklik yapılarak, RID-20A dedektörü ile HPLC (Shimadzu, LC-2060C 3D, Japonya) cihazında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle şekerlerin standart çözeltileri hazırlanarak HPLC cihazında okuma yapılmış ve geliş zamanlarına göre kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Bal örneklerinden 5 g tartılarak 50 mL ultra saf su ile balon jodede çözündürülmüş ve 0,45 mikron filtreden geçirilerek viallere alınmıştır. Bal örneklerinin şeker içeriğini belirlemede Zorbax-karbonhidrat (4,6x150 mm, 5µm, Agilent, ABD) kolonu kullanılarak, hareketli faz %83 asetonitril ve %17 ultra saf su ile 1,00 mL/dk akış hızında sisteme verilmiştir. Kolon sıcaklığı 40°C'ye ayarlanmış ve enjeksiyon hacmi 10 µL olarak belirlenmiştir. HPLC cihazındaki okuma sonunda örneklerdeki glikoz ve fruktoz oranları % olarak verilmiştir (Resim 3.9).



Resim 3.9. HPLC cihazı

3.2.15. İstatistiksel analiz

Bal örneklerinden elde edilen veriler istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) ve ortalamalardaki farklılıkları belirlemek için Duncan testi kullanılarak %95 güven düzeyinde ($p \leq 0,05$), SPSS yazılımı (22.0; SPSS Statistics/IBM, Armonk, NY) kullanılarak değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Bölgelerden Toplanan Balların Analiz Sonuçları

Kırklareli İlinin farklı bölgelerinden toplamda 18 adet bal örneğine (3 adet kanola balı, 5 adet karaçalı balı, 5 adet ayçiçeği balı, 5 adet meşe balı) ait ortalama analiz sonuçları sırası ile Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bal örneklerine ait analiz sonuçları 1

Örnek	Brix	Elektrik İletkenliği	pH	Optik Rotasyon	Serbest Asitlik	Kül	Viskozite
K1	86,00	0,177	3,47	-1,16	27,37	0,06	41,75
K2	82,20	0,203	3,50	-0,96	24,05	0,04	25,22
K3	83,47	0,174	3,56	-1,03	22,39	0,02	25,26
A1	82,73	0,442	3,41	-1,41	48,17	0,17	18,31
A2	83,47	0,387	3,63	-1,41	32,29	0,12	30,71
A3	83,53	0,454	3,69	-1,30	30,32	0,22	19,87
A4	84,07	0,441	3,72	-1,40	27,89	0,11	26,88
A5	84,00	0,437	3,77	-1,13	30,32	0,18	17,10
KR1	84,20	0,599	4,65	-0,49	26,15	0,28	32,45
KR2	85,07	0,595	4,74	+0,33	22,27	0,29	29,14
KR3	84,93	0,640	4,45	-0,44	27,17	0,34	19,05
KR4	84,93	0,718	5,39	+0,02	19,79	0,32	16,94
KR5	82,67	0,446	4,33	-0,62	22,77	0,29	9,10
M1	82,80	1,020	4,59	+0,02	49,15	0,61	14,24
M2	82,00	0,925	4,47	-0,44	46,93	0,53	27,22
M3	83,27	0,833	4,51	-0,14	41,34	0,37	9,81
M4	84,13	1,089	4,56	+0,14	44,81	0,44	8,75
M5	81,20	1,006	4,44	+0,01	45,50	0,48	5,59

Brix sonuçları (%), elektrik iletkenliği sonuçları mS.cm^{-1} , serbest asitlik sonuçları meq/kg , kül sonuçları (%), viskozite sonuçları Pa.s olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.2. Bal örneklerine ait analiz sonuçları 2

Örnek	HMF	Diastaz Sayısı	Prolin Miktarı	DPPH	ABTS	Toplam Fenolik Madde	Renk		
							L*	a*	b*
K1	4,37	11,93	577,89	35,49	0,141	358,81	63,01	-3,61	16,13
K2	6,43	11,21	570,53	25,85	0,141	348,09	59,33	-2,91	22,66
K3	5,13	9,26	538,95	42,18	0,190	367,14	45,43	-0,64	16,83
A1	4,22	18,34	790,4	51,34	0,220	394,52	64,95	-3,33	58,61
A2	4,51	12,26	598,4	47,24	0,232	327,86	54,46	-0,45	48,91
A3	1,92	17,01	690,13	61,43	0,283	414,76	67,99	-5,13	57,18
A4	1,39	15,77	568,73	50,34	0,257	374,28	69,17	-6,74	53,39
A5	1,92	18,72	779,73	57,55	0,266	445,71	70,27	-5,37	59,92
KR1	1,30	14,00	691,24	52,34	0,240	548,09	68,53	-4,37	41,35
KR2	2,35	20,43	715,50	36,59	0,291	527,86	66,78	-3,67	39,94
KR3	2,88	15,47	653,48	86,43	0,413	623,09	64,49	+0,49	59,13
KR4	2,74	23,95	640,90	79,05	0,393	670,71	63,63	-0,50	48,78
KR5	3,41	16,88	624,72	62,80	0,284	492,14	76,77	-5,98	27,67
M1	4,22	17,29	787,23	192,18	1,783	1362,38	37,76	24,01	28,53
M2	2,02	24,58	737,02	150,94	1,519	1167,14	38,60	20,90	27,39
M3	0,77	20,33	884,25	153,08	1,365	1102,86	53,20	13,60	47,41
M4	2,30	22,71	698,72	151,18	1,333	1052,86	35,97	22,64	26,07
M5	2,83	13,53	742,13	144,74	1,435	1231,43	33,65	19,86	22,90

HMF sonuçları (mg/kg), prolin miktarı (mg/kg), DPPH antioksidan aktivite sonuçları (μ mol Trolox/100g), ABTS antioksidan aktivite sonuçları (mg Trolox/g), toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg) olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.3. Bal örneklerine ait şeker analiz sonuçları

Örnek	Şeker			
	Fruktoz (%)	Glukoz (%)	Fruktoz+Glukoz	Fruktoz/Glukoz
K1	36,59	39,98	75,57	0,94
K2	35,27	38,02	73,29	0,94
K3	36,28	40,20	76,48	0,93
A1	37,15	31,93	69,08	1,16
A2	36,45	38,18	74,63	0,95
A3	35,56	39,58	75,15	0,90
A4	38,47	37,91	76,38	1,01
A5	37,21	35,01	72,22	1,06
KR1	37,31	31,79	69,11	1,17
KR2	35,82	28,89	64,71	1,24
KR3	36,69	30,32	67,01	1,21
KR4	34,28	28,27	62,55	1,24
KR5	35,07	28,15	63,22	1,22

M1	30,99	26,95	57,95	1,15
M2	32,80	30,52	63,32	1,07
M3	32,81	26,94	59,76	1,22
M4	29,80	28,75	58,55	1,04
M5	31,72	28,52	60,24	1,11

4.2. Farklı Bölgelerden Toplanan Bal Çeşitlerinin Analiz Bazında İstatistiki

Olarak Değerlendirilmesi

4.2.1. Çözünür kuru madde brix (°Bx) değerleri

Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının çözünür kuru madde (brix) ortalamaları çizelge 4.4'te verilmiştir. Bal örneklerinin genel olarak brix değerlerinin %81,20 ile %86,00 arasında değiştiği belirlenmiştir.

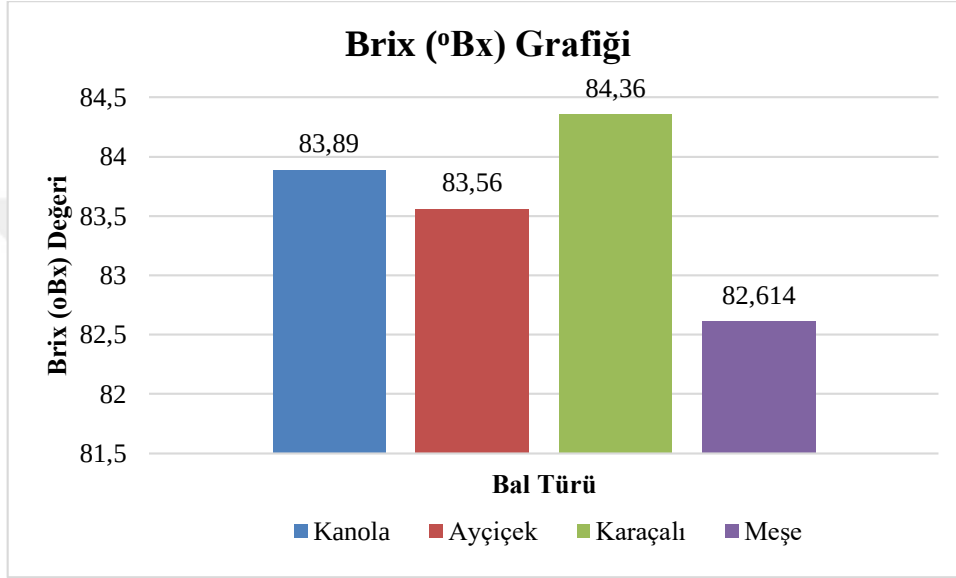
Çizelge 4.4. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin brix değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Brix (°Bx) Değeri (%)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	86,00±0,40 ^{a A}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	82,20±1,03 ^{b G}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	83,47±0,92 ^{b DEF}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	82,73±0,42 ^{c FG}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	83,47±0,30 ^{b DEF}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	83,53±0,11 ^{b DEF}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	84,07±0,11 ^{a DE}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	84,00±0,00 ^{a DE}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	84,20±0,20 ^{b CD}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	85,07±0,11 ^{a B}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	84,93±0,11 ^{a BC}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	84,93±0,11 ^{a BC}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	82,67±0,30 ^{c FG}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	82,80±0,35 ^{bc FG}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	82,27±0,90 ^{c G}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	83,27±0,50 ^{ab EF}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	84,13±0,11 ^{a CDE}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	81,20±0,20 ^{d H}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.4 incelendiğinde, en yüksek brix değeri K1 kodlu kanola balında (86,00) bulunurken, en düşük brix değeri ise M5 kodlu meşe balında (81,20) bulunmuştur. Bu iki

balın istatistiki açıdan analiz edilen diğer bal örneklerinin tamamından önemli düzeyde farklı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının brix değerlerinin 82,20-86,00 arasında; ayçiçeği balının brix değerinin 82,73-84,07 arasında; karaçalı balının brix değerinin 82,67-85,07 arasında ve meşe balının brix değerinin 81,20-84,13 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibariyle en yüksek brix değerine sahip balın karaçalı balı olduğu, en düşük brix değerinin ise meşe balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Bal çeşitlerinin ortalama brix değerleri

Bal örnekleri kendi içerisinde istatistiki olarak incelendiğinde örnekler arasında hem benzerlik ve hem de farklılık olduğu tespit edilmiştir. K1 kodlu bal diğer kanola ballarından; A1 kodlu bal diğer ayçiçeği ballarından; KR1 ve KR5 kodlu ballar diğer karaçalı ballarından önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Meşe balları kendi içerisinde incelendiğinde Vize'den alınan meşe balı (M5), Demirköy'den alınan meşe balı (M4) ve Kofçaz'dan alınan meşe balının (M2) brix değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Kanola ballarından K2 ve K3 kodlu balların; ayçiçeği ballarından A2 ve A3 kodlu ballar ile A4 ve A5 kodlu balların, karaçalı ballarından KR2, KR3 ve KR4 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

Apaydın (2022) Trakya Bölgesi'nden temin edilen 25 adet çiçek ve salgı balları üzerine bir araştırma yapmış ve bu araştırmada bal örneklerinin brix değerlerinin kanola

ballarında 80,0-82,0 arasında; ayçiçeği ballarında 79,3-83,0 arasında; karaçalı ballarında 79,5-80,5 arasında ve meşe ballarında 81,0-81,2 arasında değiştiğini bildirmiştir. Elde edilen değerlerin genel itibariyle çalışmamızdaki değerlerden daha düşük oldukları görülmektedir.

Tekirdağ ilinden temin edilen ayçiçeği ballarının brix değerleri 72,00 olarak verilmiştir (Özcan, Juhaimi, Uslu, Ghafoor ve Babiker, 2017). Mortaş (2016) krem bal üretiminde kullandığı kanola balının brix değerini 83,95 olarak belirtmiştir. Çanakkale ilinde üretilen meşe ballarının kalite özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada brix değerleri 79,15-83,45 arasında bulunmuştur (Yalazi ve Zorba, 2022). Bulunan brix değerlerinin çalışmamızda elde edilen brix değerleri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Haroun, (2006) tarafından yapılan çalışmada 44 adet salgı ve çiçek balında çeşitli analizler yapılmış ve yapılan brix analizi sonucunda en yüksek brix değeri %84,47 ile meşe balında, en düşük brix değerinin %78,45 olan karışık çiçek balında olduğu belirtilmiştir. Portekiz'in Luso Bölgesi'nden toplanan 38 adet çiçek ve salgı balları üzerine yapılan bir çalışmada, brix değerlerinin %79,0-82,2 arasında değiştiği ve ortalamanın %80,7 olduğu belirtilmiştir (Silva, Videira, Monteiro, Valentao ve Andrade, 2009).

Türkiye'de üretilen 15 farklı çeşit olmak üzere toplam 48 adet bal örneğinde yapılan brix analizi sonuçlarının %78,00-84,00 arasında olduğu, ortalama değerin ise %81,23 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Bayrambaş, 2012). Başka bir çalışmada Türkiye'nin 25 farklı bölgesinden toplanan çiçek ballarının ortalama brix değerinin %83,05 olarak bulunduğu belirtilmiştir (Durmaz, 2020). Araştırmamızda analiz ettiğimiz bal örneklerinde elde edilen brix değerlerinin genel itibariyle literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.2.2. Elektrik iletkenliği değerleri

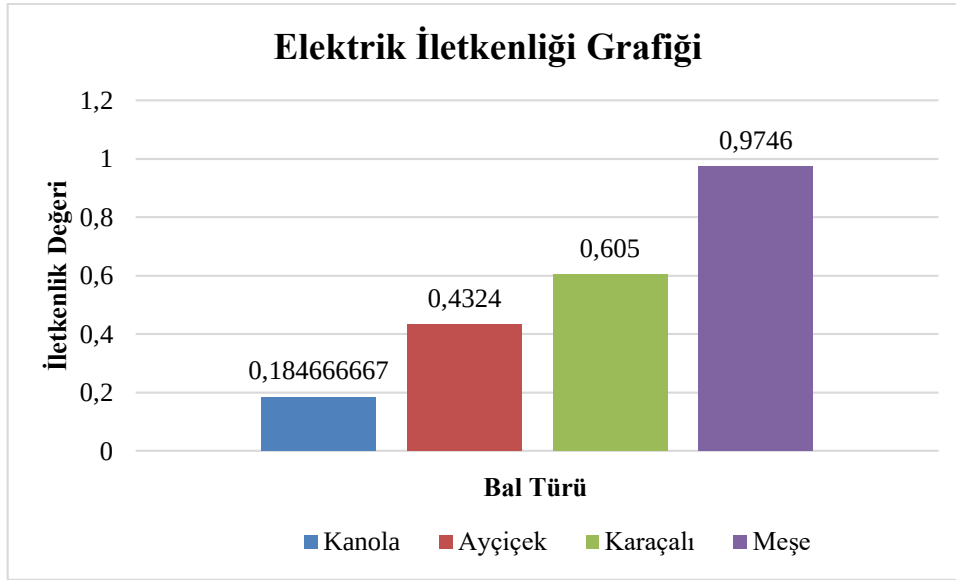
Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre farklı bal gruplarının elektriksel iletkenlik ortalamaları çizelge 4.5'te verilmiştir. Bal örneklerinin elektrik iletkenlik değerlerinin 0,174-1,089 mS cm⁻¹ arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin elektrik iletkenliği değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Elektrik İletkenliği Değeri (mS cm ⁻¹)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	0,177±0,000 ^{b K}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	0,203±0,001 ^{a J}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	0,174±0,000 ^{c K}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	0,443±0,005 ^{b H}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	0,387±0,001 ^{c I}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	0,454±0,005 ^{a H}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	0,441±0,007 ^{b H}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	0,437±0,006 ^{b H}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	0,599±0,002 ^{c G}
	Karaçalı (KR2)	Kofçaz/Elmacık Köyü	0,595±0,004 ^{c G}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	0,640±0,005 ^{b F}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	0,745±0,039 ^{a E}
	Karaçalı (KR5)	Kofçaz/Malkoçlar Köyü	0,446±0,10 ^{d H}
Salgı	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	1,020±0,000 ^{b B}
	Meşe (M2)	Kofçaz/Karaabalar Köyü	0,925±0,008 ^{c C}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	0,833±0,007 ^{d D}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	1,089±0,014 ^{a A}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	1,006±0,010 ^{b B}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.5 incelendiğinde, bal örneklerinin en yüksek elektrik iletkenliği değerinin M4 kodlu meşe balında (1,089) olduğu, en düşük elektrik iletkenliği değerinin K3 kodlu kanola (0,174) balında olduğu görülmektedir. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde, en yüksek elektrikselsel iletkenlik değerine sahip M4 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Yine en düşük değere sahip K3 kodlu kanola balı, sadece K1 kodlu kanola balı ile benzerlik gösterirken (p>0,05), bu iki bal örneği diğer ballar ile fark meydana getirmiştir (p<0,05). Örnek bazında bakıldığında, kanola balları elektrik iletkenlik değerleri 0,174-0,203 mS cm⁻¹ arasında; ayçiçeği balları elektrik iletkenlik değerleri 0,387-0,454 mS cm⁻¹ arasında; karaçalı balları elektrik iletkenlik değerleri 0,446-0,745 mS cm⁻¹ arasında ve meşe balları elektrik iletkenlik değerleri 0,833-1,089 mS cm⁻¹ arasında olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalama değerlerde en yüksek elektrik iletkenliği değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük elektrik iletkenliği değerine sahip balın kanola balı olduğu bulunmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Bal çeşitlerinin ortalama elektrik iletkenliği değerleri

Her bir bal çeşidi ayrı ayrı istatistiki olarak incelendiğinde ise örneklerin her birinin kendi içerisinde hem fark hem de benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeği ballarından A1, A4 ve A5 kodlu balların; karaçalı ballarından KR1 ve KR2 kodlu balların ve meşe ballarından M1 ve M5 kodlu balların elektrik iletkenliği değerleri açısından benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan Babaeski’den alınan kanola balı (K1), Lüleburgaz’dan alınan kanola balı (K2) ve Vize’den alınan kanola balının (K3) elektrik iletkenliği değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7) elektrik iletkenliği değerleri çiçek ballarında en fazla $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ve salgı ballarında en az $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ olarak bildirilmiştir. Yapılan elektrik iletkenliği analizi sonucunda tüm bal çeşitlerinin elektrik iletkenliği değerlerinin Kodekse uygunluk gösterdiği belirlenmiştir.

Şen (2019) yapmış olduğu tez çalışmasında Trakya yöresinden 3 farklı çeşit toplam 15 adet bal örneğinde kimyasal ve fiziksel analizlerini yaparak balların kalite özelliklerini belirlemiştir. Ayçiçeği ballarının elektriksel iletkenlik değerlerini $0,421\text{-}0,920 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında, karaçalı ballarının elektriksel iletkenlik değerlerinin $0,806\text{-}1,108 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında ve meşe ballarının elektriksel iletkenlik değerlerinin $0,864\text{-}1,562 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında olduğunu bildirmiştir.

Trakya yöresi ballarının elektriksel iletkenlik değerleri, kanola balı 207-274 $\mu\text{S/cm}$ arasında, ayçiçeği balı 387-675 $\mu\text{S/cm}$ arasında, karaçalı balı 1375-1376 $\mu\text{S/cm}$ arasında ve meşe balı 846-1318 $\mu\text{S/cm}$ arasında olduğunu belirtmiştir (Apaydın, 2022).

Yalazi ve Zorba (2022) Kaz dağlarında üretilen salgı balı olarak bilinen meşe ballarının elektrik iletkenlik değerlerini 0,86-1,89 mS/cm arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Hırvatistan'da 136 adet 5 farklı çeşit bal üzerine yapılan çalışmada ayçiçeği ballarının elektriksel iletkenlik ortalama değerleri 0,269 mS/cm olarak verilmiştir (Tucak, Periskic, Skrivanko ve Konjatrevic, 2007). Başka bir çalışmada kanola balında elektrik iletkenliği 110,0-269,0 arasında olduğu ve ortalama değer 203,1 $\mu\text{S/cm}$ olarak verilmiştir. Aynı çalışmada ayçiçeği balında elektrik iletkenliği değerlerinin 230,0-500,0 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiği, ortalama değer ise 306,2 $\mu\text{S/cm}$ olduğu belirtilmiştir (Devillers, Morlot, Pham-Delegue ve Dore, 2004).

Akdeniz vd. (2013) Edirne ili bal üreticilerinden ayçiçeği ve karaçalı balı temin ederek toplam 30 adet bal örneğinde yaptıkları çalışmada ayçiçeği balı elektrik iletkenlik değerini 0,429 mS/cm ve karaçalı balı elektrik iletkenlik değerini 0,718 mS/cm olarak bulmuşlardır. Gül (2016) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği balında elektrik iletkenliği değeri 0,38 mS/cm olarak bulunmuştur. Trakya Bölgesi'nden elde edilen ayçiçeği balı ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ayçiçeği ballarının elektrik iletkenlik değerleri 0,44 mS/cm olarak verilmiştir (Yıldız vd., 2016).

Moldova'da dört bal türünün fiziko kimyasal özellikleri araştırılmış ve yapılan analizler sonucunda kanola balı elektrik iletkenlik değerleri 161 $\mu\text{S/cm}$ olduğu ve ayçiçeği balına ait elektrik iletkenliği değerlerinin 371 $\mu\text{S/cm}$ olduğu tespit edilmiştir (Chirsanova, Capcanari, Boistean ve Siminiuc, 2021).

Karaçalı balının karakteristik özelliklerini belirlemek amacıyla Marmara Bölgesi'ndeki farklı bal üreticilerinden 18 adet karaçalı balı toplanarak çeşitli analizler yapılmıştır. Karaçalı balı elektrik iletkenliği değerinin 0,26-1,25 arasında değiştiği ve ortalama değeri ise 0,53 mS/cm olduğu belirtilmiştir (Malkoç vd., 2019).

4.2.3. pH değerleri

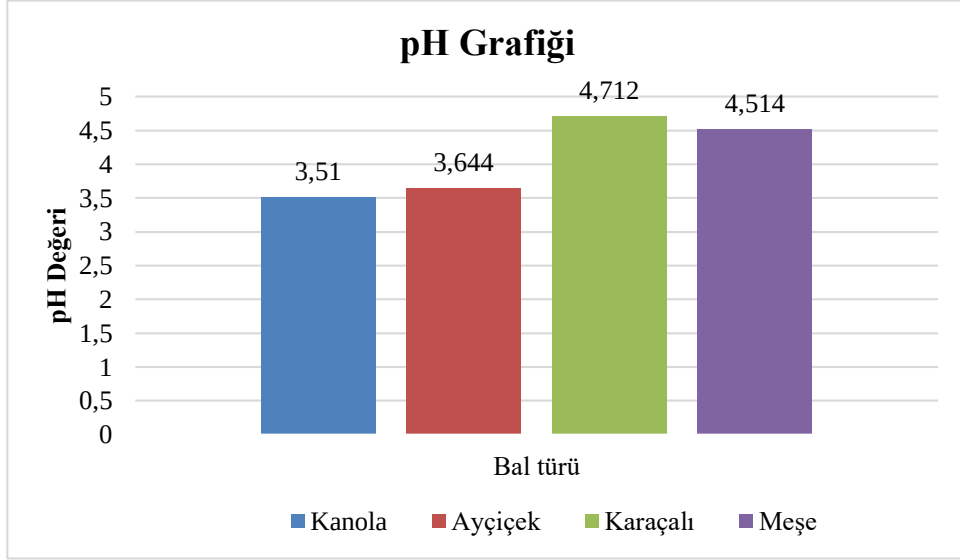
Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının pH değerleri ortalamaları çizelge 4.6’da verilmiştir. Bal örneklerinin pH değerlerinin 3,41 ile 5,39 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin pH değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	pH Değeri
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	3,47±0,01 ^{c L}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	3,50±0,01 ^{b L}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	3,56±0,02 ^{a K}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	3,41±0,021 ^{d M}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	3,63±0,010 ^{c J}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	3,69±0,020 ^{b I}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	3,72±0,026 ^{b I}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	3,77±0,005 ^{a H}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	4,65±0,03 ^{c C}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	4,74±0,07 ^{b B}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	4,45±0,01 ^{d F}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	5,39±0,03 ^{a A}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	4,33±0,03 ^{e G}
Salgı	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	4,59±0,03 ^{a D}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	4,47±0,04 ^{bc EF}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	4,51±0,01 ^{b E}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	4,56±0,03 ^{a D}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	4,44±0,01 ^{c F}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.6 incelendiğinde, en yüksek pH değeri KR4 kodlu karaçalı balında (5,39), en düşük pH değeri ise A1 kodlu ayçiçek (3,41) balında bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek pH değerine sahip olan KR4 kodlu karaçalı balı ve en düşük pH değerine sahip olan A1 kodlu ayçiçeği balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Bal örneklerinden kanola balı pH değerleri 3,47-3,56 arasında; ayçiçeği balı pH değerleri 3,41-3,77 arasında; karaçalı balı pH değerleri 4,33-5,39 arasında ve meşe balı pH değerleri 4,44-4,59 arasında olduğu saptanmıştır. Bal örnekleri ortalama değerleri kıyaslandığında en yüksek pH değerine sahip olan balın karaçalı balı olduğu, en düşük ortalama pH değerine sahip olan balın kanola balı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Bal çeşitlerinin ortalama pH değerleri

Bal örneklerin her birinin pH değerleri istatistiki olarak incelendiğinde, bal çeşitlerinin kendi içerisinde hem benzerlik hem de fark oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeği ballarından A3 ve A4 kodlu balların pH değerleri açısından benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Meşe ballarından Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1) ve Demirköy'den alınan meşe balı (M4) kendi aralarında pH değerleri açısından benzerlik gösterirken ($p>0,05$), Düzorman köyünden alınan meşe balı (M3) ve Vize'den alınan meşe balı (M5), pH değerleri açısından birbirlerinden istatistiki olarak fark oluşturmaktadır ($p<0,05$). Karaçalı balları kendi içerisinde istatistiki olarak değerlendirildiğinde pH değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Bir çalışmada Edirne ilinin farklı bölgelerinden 50 adet ayçiçeği balı toplanarak bazı özellikleri araştırılmıştır. Bu ballarda pH değerleri 3,70-5,90 arasında bulunmuş ve ortalama değeri 3,87 olarak verilmiştir (Sarı ve Ayyıldız, 2012). Çalışmamızda ayçiçeği balının pH değerlerinin bu çalışmadaki ortalama değere yakın olduğu görülmektedir.

Bazı ballar üzerine yapılan diğer çalışmalarda pH değerleri; ayçiçeği balı 3,66 (Özcan vd., 2017), ayçiçeği balı 3,74 (Velioğlu ve Köse, 1988), ayçiçeği balı 4,29 ve karaçalı balı 5,88 (Akdeniz vd., 2013), karaçalı balı 4,21-6,27 arasında değiştiği ve ortalama değerin 5,11 olduğu (Malkoç vd., 2019), kanola balı 4,482 (Mortaş, 2016), ayçiçeği balı 3,92 ve kanola balı 4,20 (Chirsanova vd., 2021) olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda bulunan pH değerleri ile yapılan diğer çalışmalarda bulunan pH değerleri benzerlik göstermektedir.

Durmaz (2020) yapmış olduğu tez çalışmasında Türkiye'nin farklı bölgelerinden 25 adet çiçek balı temin etmiş ve bu balların ortalama pH değerini 3,95 olarak bulmuştur. Yine başka bir çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan çiçek ballarının pH değerleri 3,03-4,77 arasında, salgı ballarından kestane ballarının pH değerleri 3,43-4,88 arasında ve çam ballarının pH değerleri 3,84-4,23 arasında tespit edilmiştir (Bayrambaş, 2012).

Ballar için mikrobiyal bulaşmaya karşı koruma sağlayan asidik ortam olarak bilinen 3,3-5,5 aralığında değişim gösteren pH değeri, önemli bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. Asidik ortam mikroorganizmaların büyüme ve gelişimini önlemektedir, balın pH'sı 7,2'yi geçerse mikroorganizma gelişimi gözlemlenebilmektedir. Aynı zamanda balın yapısını ve raf ömrünü de etkileyebildiği yapılan çalışmalar ile söylenmektedir (Chirsanova vd., 2021).

4.2.4. Optik rotasyon değerleri

Bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre farklı bal gruplarının optik rotasyon ortalamaları çizelge 4.7'de verilmiştir. Bal örneklerinin optik rotasyon değerlerinin -1,42 ile +0,14 arasında değiştiği görülmektedir.

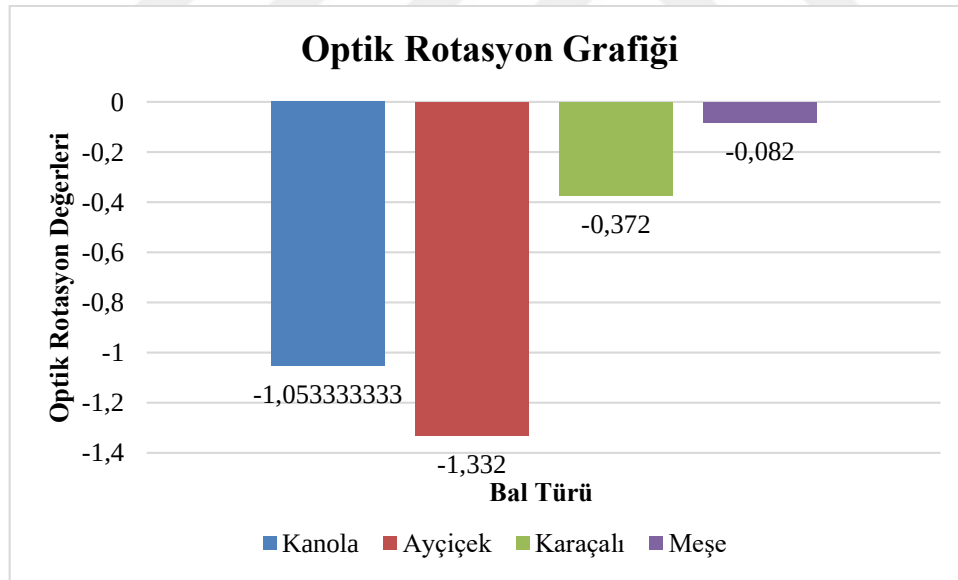
Çizelge 4.7. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin optik rotasyon değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Optik Rotasyon Değeri
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	-1,17±0,006 ^{cL}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	-0,96±0,006 ^{cI}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	-1,03±0,006 ^{cJ}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	-1,41±0,006 ^{cdO}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	-1,42±0,011 ^{dO}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	-1,30±0,006 ^{bM}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	-1,40±0,015 ^{cN}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	-1,13±0,00 ^{aK}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	-0,49±0,00 ^{dG}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	-0,32±0,005 ^{bE}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	-0,44±0,005 ^{cF}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	+0,023±0,005 ^{aB}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	-0,62±0,005 ^{eH}
Salgı	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	+0,017±0,006 ^{bBC}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	-0,44±0,006 ^{dF}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	-0,136±0,011 ^{cD}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	+0,14±0,006 ^{aA}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	+0,01±0,00 ^{bC}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade

etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Optik rotasyon değerleri incelendiğinde, en yüksek değer M4 kodlu meşe balında (+0,14), en düşük değerin ise A2 kodlu ayçiçek balında (-1,42) olduğu bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde ise en yüksek optik rotasyon değerine sahip olan M4 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Yine en düşük değere sahip olan A2 kodlu ayçiçeği balı, sadece A1 kodlu ayçiçeği balı ile benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki bal örneği diğer ballar ile farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Örneklerin kendi aralarında optik rotasyon değerlerine bakıldığında, kanola ballarının -1,17 ile -0,96 arasında; ayçiçeği ballarının -1,42 ile -1,13 arasında; karaçalı ballarının -0,62 ile +0,02 arasında ve meşe ballarının -0,44 ile +0,14 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Optik rotasyon grafiği incelendiğinde, en yüksek optik rotasyon değerine sahip olan balın meşe balı olduğu, en düşük optik rotasyon değerine sahip olan balın ayçiçek balı olduğu görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Bal çeşitlerinin optik rotasyon değerleri

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bal örneğinin kendi içerisinde optik rotasyon değerlerinin hem benzer hem de farklı olduğu görülmektedir. Her bal çeşidi optik rotasyon değerleri açısından kendi içerisinde değerlendirildiğinde, kanola ballarının K1, K2 ve K3 kodlu balların; ayçiçeği ballarından A1 ve A2 kodlu balların

benzerlik gösterdiği ve önemli düzeyde fark oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ayçiçeği ballarından A3 ve A5 kodlu ballarda ve meşe ballarından M1 ve M5 kodlu balların; karaçalı ballarından her bir örneğin optik rotasyon değerleri açısından önemli düzeyde fark oluşturduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Trakya Bölgesi'nden temin edilen 20 adet meşe balının fizikokimyasal, antioksidan ve fenolik kompozisyon özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, optik rotasyon değerleri -0,59 ile 1,16 arasında bulunmuştur (Kolaylı, Can, Çakır, Okan ve Yıldız, 2018).

Karaçalı ballarında polarimetre cihazı ile belirlenen optik çevirme açısını veren optik rotasyon değerlerinin -1,50 ile -3,45 arasında değişim gösterdiği ve ortalama değerin -2,24 olduğu belirtilmiştir (Malkoç vd., 2019).

Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 60 adet bal örneği manuka balı ile kimyasal, biyoaktif özellikleri açısından ve antioksidan, antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada meşe balının ortalama optik rotasyon değeri, -0,74 olarak bulunmuştur (Can, 2014). Çalışmamızda elde edilen meşe balı optik rotasyon değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Avrupa'da 21 ülkede üretilen 6719 adet tek çiçekli bal örneği toplanmış, ticari uygunluk açısından en önemli 15 bal türü seçilmiştir. Bu çalışmada balların optik rotasyon değerlerinin -24,0 ile 54,2 arasında değiştiği ve ayçiçeği balı optik rotasyon değerinin -17,5 olarak bulunduğu bildirilmiştir (Oddo vd., 2004).

4.2.5. Serbest asitlik değerleri

Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının asitlik değerlerinin ortalamaları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Bal örneklerinin asitlik değerlerinin 17,88-49,15 meq/kg arasında değiştiği belirlenmiştir.

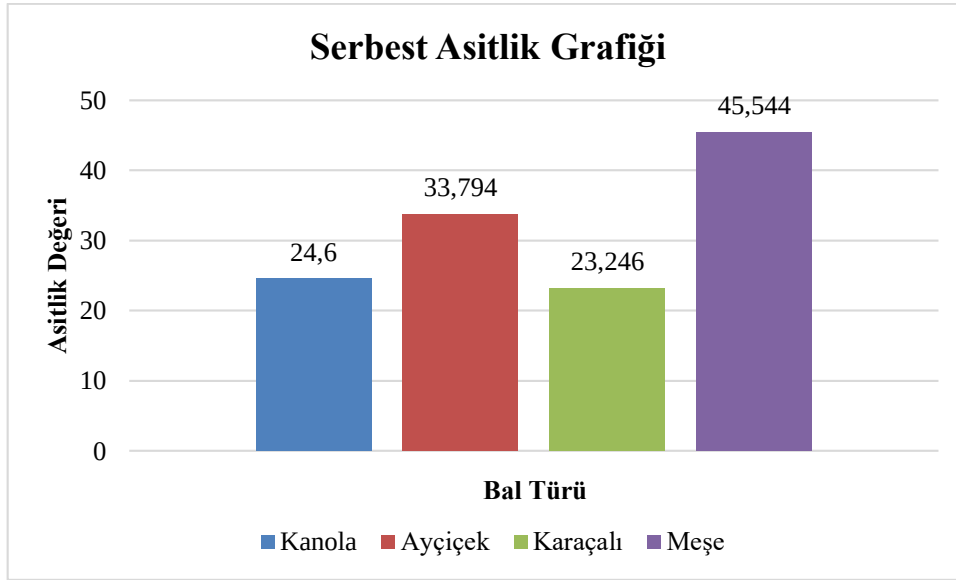
Çizelge 4.8. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin asitlik değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Asitlik Değeri (meq/kg)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	27,36±0,55 ^{a GH}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	24,05±0,34 ^{b I}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	22,39±1,49 ^{b J}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	48,17±0,56 ^{a AB}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	32,29±0,54 ^{b E}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	30,32±1,43 ^{c F}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	27,88±0,03 ^{d G}

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Asitlik Değeri (meq/kg)
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	30,31±0,44 ^{c F}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	26,15±0,44 ^{a H}
	Karaçalı (KR2)	Kofçaz/Elmacık Köyü	22,26±0,51 ^{b J}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	27,17±0,48 ^{a GH}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	17,88±0,94 ^{c K}
	Karaçalı (KR5)	Kofçaz/Malkoçlar Köyü	22,77±0,83 ^{b IJ}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	49,15±0,42 ^{a A}
	Meşe (M2)	Kofçaz/Karaabalar Köyü	46,92±0,32 ^{b B}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	41,34±1,45 ^{d D}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	44,81±0,87 ^{c C}
Salgı	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	45,50±0,94 ^{bc C}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Bal örneklerinin en yüksek asitlik değerinin M1 kodlu salgı balı olan meşe balında (49,15), en düşük asitlik değerinin KR4 kodlu çiçek balı olan karaçalı balında (17,88) olduğu bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek asitlik değerine sahip olan M1 kodlu meşe balı ve en düşük asitlik değerine sahip olan KR4 kodlu karaçalı balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının asitlik değerlerinin 22,39-27,36 arasında; ayçiçeği balının asitlik değerinin 27,88-48,17 arasında; karaçalı balının asitlik değerinin 17,88-26,15 arasında ve meşe balının asitlik değerinin 41,34-49,15 arasında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8). Genel ortalama değerlerde en yüksek asitlik değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük asitlik değerinin ise karaçalı balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Bal çeşitlerinin ortalama serbest asitlik değerleri

Bal örnekleri istatistiki olarak incelendiğinde, her bal örneğinin asitlik değerinin kendi içerisinde hem farklı hem de benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Babaeski'den alınan kanola balının (K1); Demircihalil köyünden alınan karaçalı balı (KR4) ve Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1) ile Düzorman köyünden alınan meşe balının (M3) asitlik değerleri istatistiki açıdan farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlik bulunmaktadır. Kavakdere köyünden alınan ayçiçeği balının (A3) ve Üsküp'ten alınan ayçiçeği balının (A5) asitlik değerleri arasındaki fark istatistik açısından önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği serbest asitlik değerini çiçek ve salgı balları için en fazla 50 meq/kg olarak belirlemiştir. Çalışmamızda elde edilen serbest asitlik değerleri TGK tarafından belirtilen limitlerin altında olduğu görülmüştür.

Trakya Bölgesi'ndeki bal üreticilerinden toplanan bal örneklerinin asitlik değerlerinin ayçiçeği balında 14,35 meq/kg (Velioğlu ve Köse, 1988); 49,84 meq/kg (Sari ve Ayyildiz, 2012); 30,81 meq/kg (Yıldız vd., 2016); 39,70 meq/kg (Akdeniz vd., 2013); 16,71 meq/kg (Apaydın, 2022); 17,82 ile 41,77 meq/kg arasında (Yardibi ve Gumus, 2010); 12,83-24,56 meq/kg arasında; karaçalı balında 14,70 meq/kg (Akdeniz vd., 2013); 9,01 meq/kg (Apaydın, 2022); 9,82-11,81 meq/kg arasında (Şen, 2019); kanola balı 14,1 meq/kg (Apaydın, 2022) ve meşe balında 17,92 meq/kg (Apaydın, 2022); 30,43-46,42 meq/kg arasında (Şen, 2019) olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara

göre kanola ve karaçalı ballarının asitlik değerlerinin yukarıda verilen çalışmadaki değerlerden daha yüksek olduğu, ayçiçeği ve meşe ballarının asitlik değerlerinin ise bahsi geçen çalışmadaki değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

Çanakkale ilinden temin edilen 25 adet meşe balının serbest asitlik değerleri 18,45 ile 49,36 meq/kg arasında; toplam asitliğin ise 18,28 ile 60,05 meq/kg arasında olduğunu belirtilmiştir (Yalazi ve Zorba, 2022). Çınar ve Ekşi (2012) Muğla ilinin 9 farklı yöresinden temin edilen çam ballarının ortalama asitlik değerlerinin 27,84 meq/kg olduğunu belirtmişlerdir.

Ayçiçeği ve kanola balları özelinde yapılan çalışmalarda, ayçiçeği balı asitlik değerinin 27,13 meq/kg olduğu (Gül, 2016), kanola balı asitlik değerinin 10,3 meq/kg ve ayçiçeği balı asitlik değerinin 23,1 meq/kg olduğu (Oddo vd., 2004); ayçiçeği balı asitlik değerinin 19,91 meq/kg ve kanola balı asitlik değerinin 10,66 meq/kg (Devillers vd., 2004) ve ayçiçeği balı asitlik değerinin 22,84 meq/kg (Tucak vd., 2007) olduğu bildirilmiştir.

Farklı bal örnekleri üzerine yapılan bir çalışmada, toplam 14 adet bal örneği temin edilmiş, balların serbest asitlik değerleri 11,4-38,3 meq/kg arasında bulunmuştur. Bu çalışmada salı balı olan kestane ballarının 11,4-17,3 meq/kg asitlik değerine sahip olduğu ifade edilmiştir (Zappala, Fallico, Arena ve Verzera, 2005).

4.2.6. Kül değerleri

Bu araştırmada elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının kül değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bal örneklerinin kül değerleri %0,02 ile %0,61 arasında değişim göstermektedir.

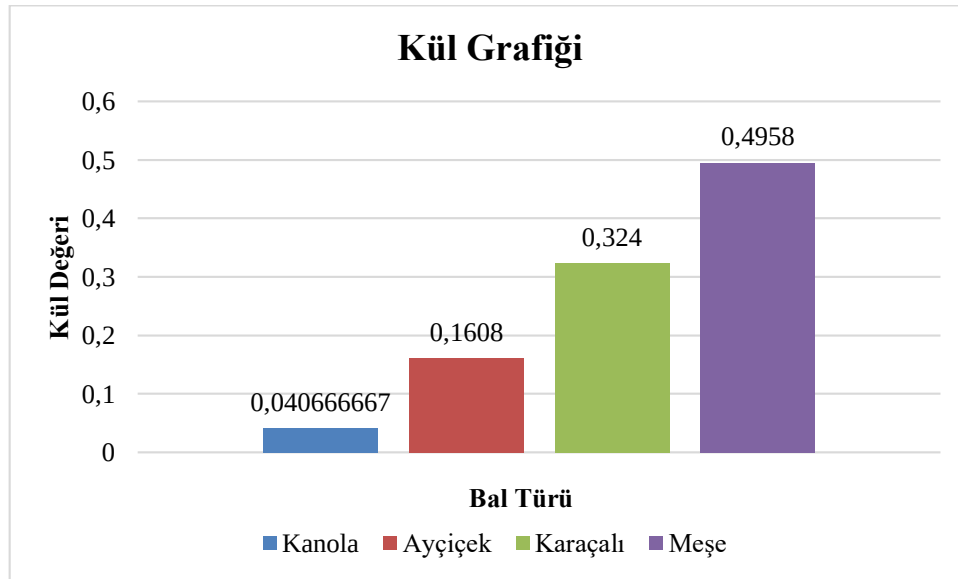
Çizelge 4.9. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin kül değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Kül Değeri (%)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	0,06±0,02 ^{a HI}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	0,04±0,04 ^{a HI}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	0,02±0,02 ^{a I}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	0,17±0,017 ^{b FG}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	0,12±0,008 ^{c GH}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	0,22±0,003 ^{a EF}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	0,11±0,024 ^{c GH}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	0,18±0,039 ^{ab FG}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	0,38±0,173 ^{a C}
	Karaçalı (KR2)	Kofçaz/Elmacık Köyü	0,29±0,006 ^{a DE}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	0,34±0,001 ^{a CD}

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Kül Değeri (%)
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	0,32±0,029 ^{a CD}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	0,29±0,045 ^{a DE}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	0,61±0,01 ^{a A}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	0,53±0,02 ^{b B}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	0,37±0,02 ^{d CD}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	0,49±0,00 ^{c B}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	0,48±0,00 ^{c B}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.9 incelendiğinde, en yüksek kül değeri M1 kodlu meşe balında (0,61) bulunurken, en düşük kül değeri K3 kodlu kanola balında (0,02) bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde ise en yüksek kül değerine sahip olan M1 kodlu meşe balı ve en düşük kül değerine sahip olan K3 kodlu kanola balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Örnek bazında bakıldığında kanola balının kül değerlerinin %0,02-0,06 arasında; ayçiçeği balının kül değerinin %0,11-0,22 arasında; karaçalı balının kül değerinin %0,29-0,38 arasında ve meşe balının kül değerinin %0,37-0,61 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibariyle en yüksek kül değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük kül değerinin ise kanola balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Bal çeşitlerinin ortalama kül değerleri

Elde edilen verilere göre bazı bal türlerinin kül değeri istatistiki olarak incelendiğinde, kendi içerisinde farklılık ve benzerlik olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte Karakoç köyünden alınan ayçiçeği balı (A1) ve Üsküpdere köyü merasından alınan ayçiçeği balı (A4); Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1), karaabalar köyünden alınan meşe balı (M2) ve Düzorman köyünden alınan meşe balının (M3) kül değerleri arasında önemli düzeyde farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı bal örnekleri arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Kanola balları kendi arasında ve karaçalı balları kendi arasında kül değerleri açısından istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Akdeniz vd. (2013) karaçalı ve ayçiçeği ballarının mikroskopik yapısı ve biyokimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır, ayçiçeği balı kül değerlerini % 0,340 ve karaçalı balı kül değerlerini % 0,321 bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen değerler ile kıyaslandığında ayçiçek balı kül değerleri daha düşük değerlere sahipken karaçalı balı kül değerleri benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Ayçiçeği balları üzerine yapılan çalışmada ortalama kül değerleri %0,13-0,25 arasında bulunurken (Yardibi, 2008), Şen (2019) ayçiçeği balları kül değerlerini %0,12-0,66 arasında, karaçalı balları kül değerlerini %0,13-1,02 arasında ve meşe balı kül değerlerini %0,71-0,99 arasında değiştiğini bildirmiştir. Elde edilen kül değerlerinin çalışmamızdaki değerlerden daha yüksek oldukları görülmektedir.

Kolaylı vd. (2018) Trakya Bölgesi'nden temin ettikleri 20 adet meşe balının kül değerlerini %0,32-0,79 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Çanakkale ili Kaz dağlarında üretilen 25 adet meşe balının kalite özellikleri araştırılmış, kül değerleri %0,22-0,75 arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Yalazi ve Zorba, 2022). Muğla çam ballarının kül değerleri %0,22-0,69 arasında olduğunu bulmuşlardır (Çınar ve Ekşi, 2012). Bu değerler ile çalışmamızda elde edilen meşe balı kül değerleri benzerlik göstermektedir.

4.2.7. Viskozite değerleri

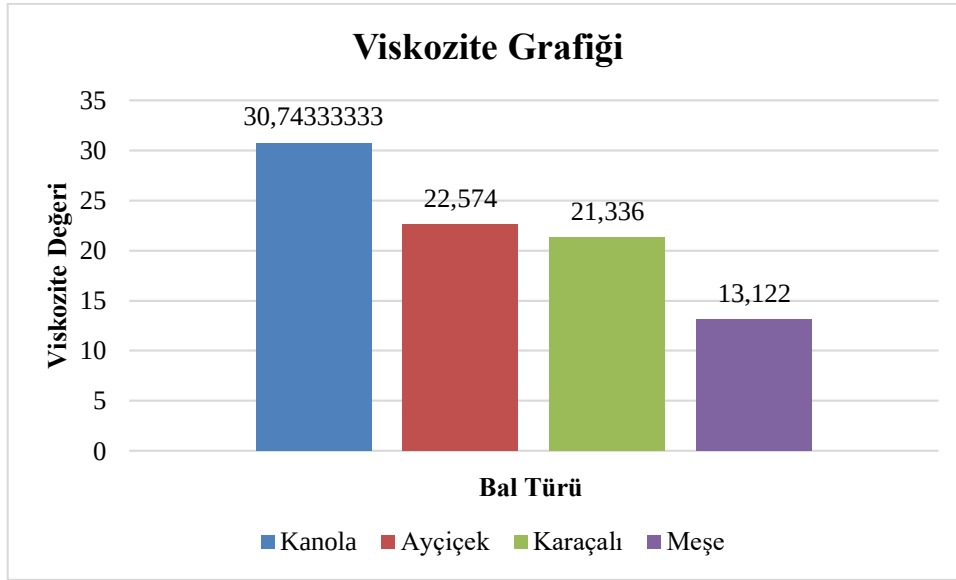
Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal çeşitlerinin ortalama viskozite değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bal örneklerinin viskozite değerlerinin 5,59-41,75 Pa.s arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin viskozite değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Viskozite Değeri (Pa.s)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	41,75±1,61 ^{a A}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	25,22±1,13 ^{b F}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	25,26±1,81 ^{b F}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	18,31±0,14 ^{d HI}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	30,71±0,37 ^{a C}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	19,87±0,45 ^{c G}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	26,88±0,50 ^{b E}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	17,10±0,18 ^{e I}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	32,45±0,33 ^{a B}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	29,14±0,16 ^{b D}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	19,05±0,09 ^{c GH}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	16,94±0,08 ^{d I}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	9,10±0,02 ^{e K}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	14,24±0,45 ^{b J}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	27,22±1,96 ^{a E}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	9,81±0,20 ^{c K}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	8,75±0,01 ^{c K}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	5,59±0,16 ^{d L}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.10 incelendiğinde, en yüksek viskozite değeri K1 kodlu kanola balında (41,75) bulunurken, en düşük viskozite değeri ise M5 kodlu meşe balında (5,59) bulunmuştur. Bu iki balın istatistiki açıdan analiz edilen diğer bal örneklerinin tamamından önemli düzeyde farklı olduğu görülmektedir (p<0,05). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının viskozite değerlerinin 25,22-41,75 arasında; ayçiçeği balının viskozite değerinin 17,10-30,71 arasında; karaçalı balının viskozite değerinin 9,10-32,45 arasında ve meşe balının viskozite değerinin 5,59-27,22 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama değerlerden en yüksek viskozite değerine sahip balın kanola balı olduğu, en düşük viskozite değerinin ise meşe balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Bal çeşitlerinin ortalama viskozite değerleri

Bal örnekleri istatistiki olarak incelendiğinde, her bal örneğinin viskozite değerinin kendi içerisinde hem fark hem de benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Babaeski’den alınan kanola balının (K1); ayçiçeği ve karaçalı ballarının tamamı viskozite değerleri istatistiki açıdan farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlik bulunmaktadır. Düzorman köyünden alınan M3 kodlu meşe balı ve Avcılar köyünden alınan M4 kodlu meşe balının viskozite değerleri arasındaki fark istatistik açısından önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Yapılan bir çalışmada, meşe balının viskozite değerleri 3,36-31,71 Pa.s aralığında bulunmuştur (Yalazi ve Zorba, 2022). Anupama, Bhat ve Sapna (2003) 11 adet ticari Hint balı örneği üzerine yaptıkları çalışmada, balların viskozite değerlerinin 1,79-13,80 Pa.s aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Türkiye’nin farklı bölgelerinden toplanan çiçek ve salgı ballarının özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, incelenen balların viskozite değerlerinin 3,21-50,59 Pa.s arasında olduğu gözlemlenmiştir (Bayrambaş, 2012). Bu çalışmadaki değerler araştırmamızdaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

4.2.8. HMF (hidroksi-metil-furfural) değerleri

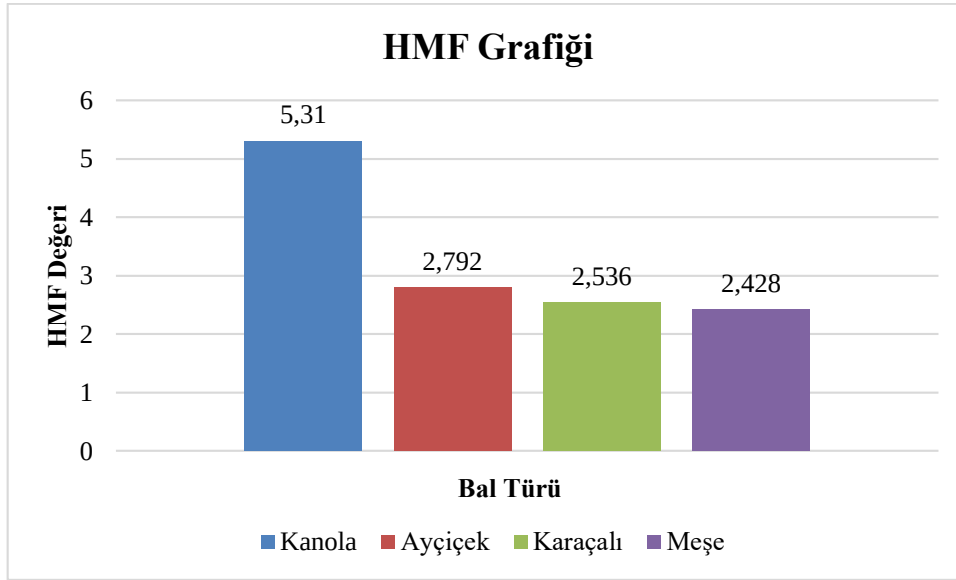
Bu çalışmada elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının HMF içeriklerinin ortalamaları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Bal örneklerinin HMF değerlerinin 0,77 ile 6,43 mg/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin HMF değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	HMF Değeri (mg/kg)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	4,37±0,05 ^{b BC}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	6,43±0,09 ^{a A}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	5,13±1,00 ^{b B}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	4,22±0,09 ^{a BC}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	4,51±0,48 ^{a BC}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	1,92±0,28 ^{b EFG}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	1,39±0,52 ^{b FG}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	1,92±0,00 ^{b EFG}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	1,30±0,62 ^{c FG}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	2,35±0,14 ^{b DEF}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	2,88±0,48 ^{ab DE}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	2,74±0,24 ^{ab DE}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	3,41±0,34 ^{a CD}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	4,22±0,01 ^{a BC}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	2,02±1,92 ^{bc EF}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	0,77±0,01 ^{c G}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	2,30±1,34 ^{abc DEF}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	2,83±0,05 ^{ab DE}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.11 incelendiğinde, en yüksek HMF değeri K2 kodlu kanola balında (6,43) bulunurken, en düşük HMF değeri ise M3 kodlu meşe balında (0,77) bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde ise en yüksek HMF değerine sahip K2 kodlu kanola balı ve en düşük HMF değerine sahip M3 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Örnek bazında bakıldığında kanola balının HMF değerlerinin 4,37-6,43 arasında; ayçiçeği balının HMF değerinin 1,39-4,51 arasında; karaçalı balının HMF değerinin 1,30-3,41 arasında ve meşe balının HMF değerinin 0,77-4,22 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibariyle en yüksek HMF değerine sahip balın kanola balı olduğu, en düşük HMF değerinin ise meşe balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Bal çeşitlerinin ortalama HMF içerikleri

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bal örneğinin kendi içerisinde farklılık ve benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kanola ballarından Lüleburgaz'dan alınan K2 kodlu balın; karaçalı ballarından Kadıköy köyünden alınan KR1 kodlu balın ve meşe ballarından Çağlayık köyünden alınan M1 kodlu bal ile Düzorman köyünden alınan M3 kodlu balın HMF değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Ayçiçeği ballarından Karakoç köyünden alınan A1 kodlu bal ve Kocahıdır köyünden alınan A2 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (TGK) çiçek ve salgı balları için en yüksek HMF miktarını 40 mg/kg olarak belirlemiştir. Çalışmamızda analizi yapılan tüm bal örneklerinin HMF miktarlarının belirtilen limit değerin altında olduğu gözlemlenmiştir.

Apaydın (2022), Trakya yöresi ballarının kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, kanola balı HMF değerlerini 5,03-17,21 mg/kg arasında, ayçiçek balı HMF değerlerini 1,45-31,50 mg/kg arasında, karaçalı balı HMF değerlerini 0,16-0,30 mg/kg arasında ve meşe balı HMF değerlerini 1,65-4,10 mg/kg arasında tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen verilerden ayçiçeği ve kanola balları HMF değerlerinin daha düşük olduğu, karaçalı ve meşe balı HMF değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Trakya yöresinden elde edilen ballardan ayçiçeği balı HMF içeriği 3,652-23,989 mg/kg arasında, meşe balı HMF içeriği bir bal numunesinde 3,133 bulunurken, karaçalı balı HMF içeriği iki bal numunesinde 3,133-9,959 mg/kg arasında bulunmuş ve diğer bal numunelerinde tespit edilememiştir (Şen, 2019). Çalışmamızda elde edilen HMF değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Can (2014) meşe balı ortalama HMF değerlerini 0,61 mg/kg olarak bulmuştur, bulunan bu değer çalışmamızda elde edilen HMF değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Szczesna vd. (2011) Polonya'dan toplanan kanola balının karakteristik özelliklerini araştırmışlardır, HMF değerlerini 0,55-13,1 mg/kg arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Tekirdağ ili ayçiçeği balları ortalama HMF miktarları 6,06-8,43 mg/kg arasında (Yardibi, 2008), karaçalı balı HMF değerini 6,30 mg/kg, ayçiçeği balı HMF değerini 11,34 mg/kg olarak (Akdeniz vd., 2013), ayçiçeği balı HMF değeri 2,30 mg/kg (Tucak vd., 2007), ayçiçeği balı HMF değeri 3,191 mg/kg ve kanola balı HMF değeri 3,196 mg/kg olarak vermişlerdir (Devillers, 2004).

4.2.9. Diastaz sayısı değerleri

Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal çeşitlerinin diastaz sayısı sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bal örneklerinin diastaz sayısı değerleri 9,26-24,58 arasında değişim göstermektedir.

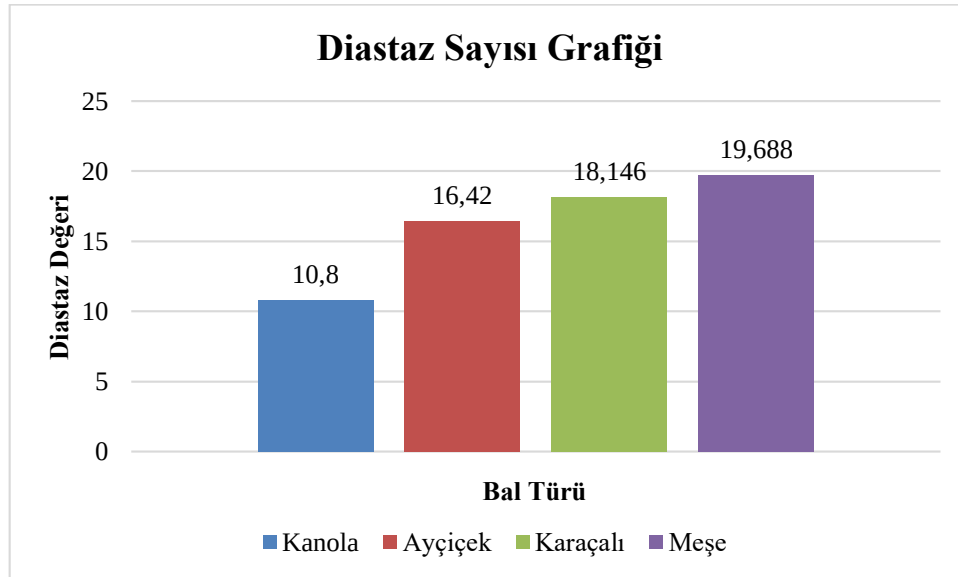
Çizelge 4.12. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin diastaz sayısı değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Diastaz Sayısı Değeri
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	11,93±0,52 ^{a GH}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	11,21±1,12 ^{a H}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	9,26±0,27 ^{b I}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	18,34±1,65 ^{a C}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	12,26±0,02 ^{c FGH}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	17,01±1,18 ^{ab CD}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	15,77±0,19 ^{b DE}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	18,72±1,44 ^{a BC}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	14,00±0,12 ^{d EF}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	20,43±0,55 ^{b B}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	15,47±0,33 ^{cd DE}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	23,95±1,46 ^{a A}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	16,88±0,96 ^{c CD}
Salgı	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	17,29±1,46 ^{c CD}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	24,58±0,21 ^{a A}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	20,33±0,27 ^{b B}

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Diastaz Sayısı Değeri
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	22,71±2,74 ^{ab A}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	13,53±0,75 ^{d FG}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Bal örneklerinin diastaz sayısı değerleri incelendiğinde, en düşük diastaz sayısı değeri K3 kodlu kanola balında (9,26) bulunurken, en yüksek diastaz sayısı değeri ise M2 kodlu meşe balında (24,58) bulunmuştur (Çizelge 4.12). Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde ise en düşük diastaz sayısı değerine sahip K3 kodlu kanola balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Yine en yüksek değere sahip M2 kodlu meşe balı, KR4 kodlu karaçalı balı ve M4 kodlu meşe balı ile benzerlik gösterirken (p>0,05), bu bal örnekleri diğer ballar ile arasında istatistiki farklılıklar olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının diastaz sayısı değerlerinin 9,26-11,93 arasında; ayçiçeği balının diastaz sayısı değerinin 12,26-18,72 arasında; karaçalı balının diastaz sayısı değerinin 14,00-23,95 arasında ve meşe balının diastaz sayısı değerinin 13,53-24,58 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama değerlerden en yüksek diastaz sayısı değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük diastaz sayısı değerinin ise kanola balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Bal çeşitlerinin ortalama diastaz sayısı değerleri

Bal örnekleri istatistiki olarak incelendiğinde, her bal örneğinin diastaz sayısı değerinin kendi içerisinde farklar ve benzerlikler oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Vize'den alınan kanola balının (K3); Kocahıdır köyünden alınan ayçiçeği balı (A2); Elmacık köyünden alınan karaçalı balı (KR2) ile Demircihalil köyünden alınan karaçalı balı (KR4) ve Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1) ile Vize'den alınan meşe balının (M5) diastaz sayısı değerleri birbirinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlik bulunmaktadır. K1 ve K2 kodlu kanola balları ile A1 ve A5 kodlu ayçiçeği balları diastaz sayısı değerleri arasındaki fark istatistik açısından önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7)'ne göre diastaz sayısı çiçek ve salgı ballarında en az 8, HMF içeriği 15 mg/kg 'dan düşük olan balda ise en az 3 olması gerektiği bildirilmiştir. Tez çalışmamızda elde edilen diastaz sayısı değerlerinin kodekse uygun olduğu belirlenmiştir.

Macaristan'daki yerli bal üreticilerinden ayçiçeği ve kanola balları temin edilerek ballarda çeşitli kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayçiçeği balı diastaz sayısı ortalama olarak 19,0 bulunurken kanola balı diastaz sayısı ortalama 22,1 olarak bulunduğu bildirilmiştir (Topa, 2023). Bulunan değerlerin çalışmamızdaki değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ayçiçeği balı örnekleri diastaz sayısı, 8,9-30,5 arasında, karaçalı balı örnekleri diastaz sayısı 23,3-43,6 arasında ve meşe balı diastaz sayısı 19,6-28,9 arasında bulunmuştur (Şen, 2019). Ayçiçeği balı ortalama diastaz sayısı değerini 20,06 olarak (Yardibi, 2008), 12,99 olarak (Tucak vd., 2007), ayçiçeği balı ortalama diastaz sayısı 25,04 ve kanola balı ortalama diastaz sayısı 26,85 olarak (Devillers vd., 2004), kanola balı diastaz sayısını 23,4 ve ayçiçeği balı diastaz sayısını 20,8 olarak (Oddo vd., 2004), meşe balı ortalama diastaz sayısını 5,8 olarak (Can, 2014) bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen meşe balı diastaz sayısı daha yüksek, diğer balların diastaz sayısı değerleri ise verilen değerlerden daha düşük olduğu ve literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.2.10. Prolin miktarı değerleri

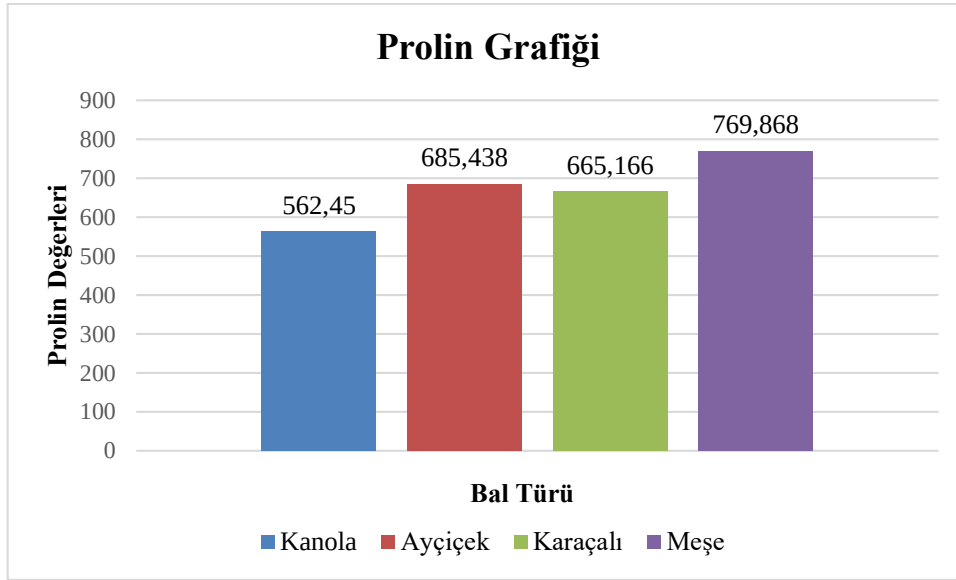
Bu araştırmada elde edilen verilere göre bal örneklerinin prolin miktarları ortalamaları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Bal örneklerinin prolin miktarları 538,94 ile 884,25 mg/kg arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 4.13. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin prolin miktarları¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Prolin Miktarı (mg/kg)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	577,89±11,58 ^{a I}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	570,52±4,21 ^{a I}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	538,94±14,73 ^{b J}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	790,40±24,53 ^{a B}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	598,40±0,00 ^{c H}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	690,13±8,53 ^{b E}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	568,53±10,67 ^{d I}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	779,73±6,40 ^{a B}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	691,23±13,49 ^{b E}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	715,50±7,19 ^{a D}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	653,48±15,28 ^{c F}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	640,90±0,90 ^{cd F}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	624,72±9,89 ^{d G}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	787,23±12,76 ^{b B}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	737,02±3,40 ^{c C}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	884,25±2,55 ^{a A}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	698,72±4,25 ^{d E}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	742,12±3,40 ^{c C}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.22 incelendiğinde, en yüksek prolin miktarı M3 kodlu meşe balında (884,25) bulunurken, en düşük prolin miktarı ise K3 kodlu kanola balında (538,94) bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde ise en yüksek prolin değerine sahip M3 kodlu meşe balı ve en düşük prolin değerine sahip K3 kodlu kanola balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Örnek bazında bakıldığında kanola balının prolin miktarının 538,94-577,89 arasında; ayçiçeği balının prolin miktarının 598,40-790,40 arasında; karaçalı balının prolin miktarının 624,72-715,50 arasında ve meşe balının prolin miktarının 698,72-884,25 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama değerlerden en yüksek prolin miktarına sahip balın meşe balı olduğu, en düşük prolin miktarı ise kanola balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Bal çeşitlerinin ortalama prolin miktarları

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde hem farklı hem de benzer olduğu tespit edilmiştir. Kanola ballarından K2 ve K3 kodlu balların; ayçiçeği ballarından A1 kodlu ve A5 kodlu balların; karaçalı ballarından KR3, KR4 ve KR5 kodlu balların ve meşe ballarından M2 ve M5 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan Vize’den alınan kanola balı (K3), Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1), Düzorman köyünden alınan meşe balı (M3) ve Demirköy’den alınan meşe balı (M4) prolin değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

TGK (2020/7)’ya göre çiçek ve salgı ballarında prolin içeriğinin en az 300 mg/kg olması bunun yanında kanola balında en az 180 mg/kg olması gerektiği bildirilmiştir.

Trakya Bölgesi meşe ballarının prolin miktarları 434,09-1242,05 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Kolaylı vd., 2018). Meşe balları ile başka bir araştırmada prolin içeriklerinin 614,36-1040,20 mg/kg arasında (Yalazi ve Zorba, 2022), meşe balı prolin değerleri 473,92 mg/kg olarak (Can, 2014) bulmuşlardır.

Topa (2023) Macaristan’daki yerli bal üreticilerinden ayçiçeği ve kanola balları üzerine bir çalışma yapmış, ayçiçeği balı prolin miktarını 991 mg/kg ve kanola balı prolin miktarını 301 mg/kg bulduğunu bildirmiştir.

Kanola balı ortalama prolin miktarını 24,1 mg/100g olarak (Szczesna vd., 2011), ayçiçeği balı ortalama prolin miktarını 647 mg/kg olarak (Truzzi, Annibaldi, Illuminati, Finale ve Scarponi, 2014), karaçalı balları prolin miktarları 720,15 mg/kg olarak (Malkoç vd., 2019) tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen prolin miktarlarının kodekste belirtilen limit değere uygun olduğu ve literatür ile benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

4.2.11. Antioksidan (DPPH) değerleri

Araştırmamızda elde edilen verilere göre bal çeşitlerine ait antioksidan kapasite (DPPH) ortalamaları çizelge 4.14’te verilmiştir. Bal örneklerinin antioksidan (DPPH) değerlerinin 25,85-192,18 μmol Trolox/100g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

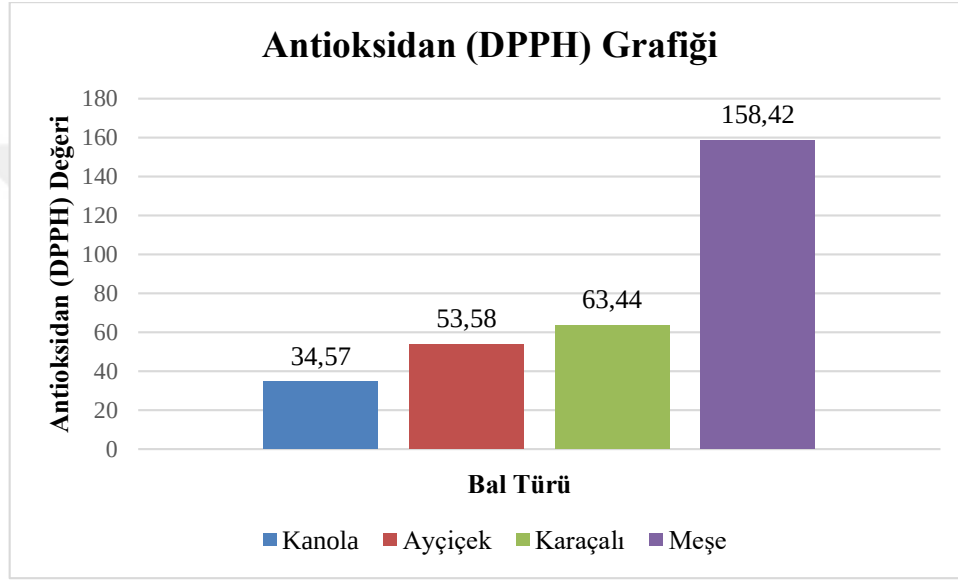
Çizelge 4. 14. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin antioksidan (DPPH) değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Antioksidan (DPPH) Değeri (μmol Trolox/100g)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	35,49 $\pm$ 1,54 ^{b K}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	25,85 $\pm$ 1,50 ^{c L}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	42,38 $\pm$ 0,41 ^{a J}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	51,34 $\pm$ 1,11 ^{c H}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	47,24 $\pm$ 0,11 ^{d I}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	61,43 $\pm$ 0,55 ^{a F}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	50,34 $\pm$ 0,33 ^{c H}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	57,55 $\pm$ 0,88 ^{b G}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	52,34 $\pm$ 1,23 ^{d H}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	36,59 $\pm$ 0,25 ^{e K}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	86,43 $\pm$ 1,35 ^{a D}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	79,05 $\pm$ 0,12 ^{b E}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	62,80 $\pm$ 1,10 ^{c F}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	192,18 $\pm$ 0,71 ^{a A}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	150,94 $\pm$ 0,48 ^{b B}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	153,08 $\pm$ 5,96 ^{b B}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	151,18 $\pm$ 3,57 ^{b B}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	144,74 $\pm$ 1,43 ^{c C}

¹Değerler $\pm$ standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Çizelge 4.14 incelendiğinde, en yüksek antioksidan (DPPH) değeri M1 kodlu meşe balında (192,18) bulunurken, en düşük antioksidan (DPPH) değeri ise K2 kodlu kanola balında (25,85) bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki açıdan incelendiğinde ise en yüksek antioksidan (DPPH) değerine sahip M1 kodlu meşe balı ve en düşük

antioksidan (DPPH) değerine sahip K2 kodlu kanola balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının antioksidan (DPPH) değerlerinin 25,85-42,18 arasında; ayçiçeği balının antioksidan (DPPH) değerinin 50,34-61,43 arasında; karaçalı balının antioksidan (DPPH) değerinin 36,59-86,43 arasında ve meşe balının antioksidan (DPPH) değerinin 144,74-192,18 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibariyle en yüksek antioksidan (DPPH) değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük antioksidan (DPPH) değerine sahip balın kanola balı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Bal çeşitlerinin ortalama antioksidan (DPPH) değerleri

Bal örnekleri istatistiki olarak incelendiğinde, her bal örneğinin antioksidan (DPPH) değerinin kendi içerisinde farklılık ve benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kanola ballarının tümünün; Kocahıdır köyünden alınan ayçiçeği balı (A2), Kavakdere köyünden alınan ayçiçeği balı (A3) ile Üsküp'ten alınan ayçiçeği balı (A5); karaçalı ballarının tümünün ve Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1) ile Vize'den alınan meşe balının (M5) antioksidan (DPPH) değerleri birbirinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlik bulunmaktadır. A1 ve A4 kodlu ayçiçeği balları ile M2, M3 ve M4 kodlu meşe balları antioksidan (DPPH) değerleri arasındaki fark istatistik açısından önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Akgün (2017) bal örneklerinin serbest radikal süpürücü aktivite (DPPH) değerlerini %5,98-15,81 arasında bulurken, multifloral çiçek balları üzerine yaptığı antioksidan aktivite analizi sonucunda antioksidan içeriğini 14,05-50,98 mgAAE/100g arasında (Durmaz, 2020), çiçek ballarında antioksidan aktivite içeriğini 5,97-45,45 mgAAE/100g ve salgı ballarında antioksidan aktivite içeriğini 20,94-35,87 mgAAE/100g arasında değiştiğini gözlemlemiştir (Haroun, 2006).

Çalışmamızda elde ettiğimiz antioksidan aktivite (DPPH) içeriği değerlerinin genel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.2.12. Antioksidan (ABTS) değerleri

Çalışmamızca incelediğimiz farklı bal çeşitlerinin ABTS yöntemine göre sahip olduğu antioksidan kapasite ortalamaları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bal örneklerinin ABTS değerlerinin 0,141-1,783 mg Trolox/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

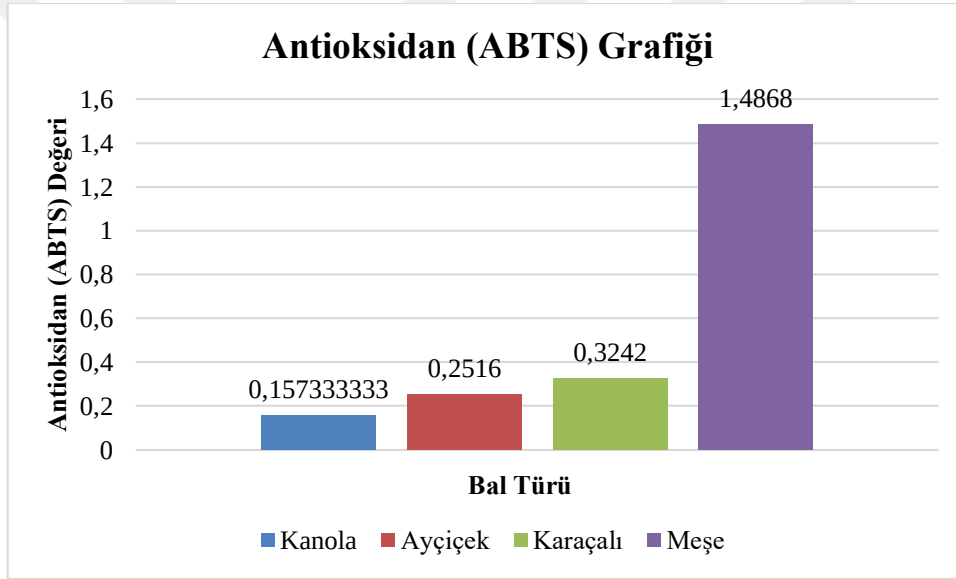
Çizelge 4. 15. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin antioksidan (ABTS) değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Antioksidan (ABTS) Değeri (mg Trolox/g)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	0,141±0,00 ^{b H}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	0,141±0,00 ^{b H}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	0,190±0,00 ^{a GH}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	0,220±0,02 ^{c FGH}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	0,232±0,02 ^{c FGH}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	0,283±0,00 ^{a FG}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	0,257±0,01 ^{b FG}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	0,266±0,01 ^{ab FG}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	0,240±0,12 ^{b FG}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	0,291±0,06 ^{b F}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	0,413±0,00 ^{a E}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	0,393±0,15 ^{a E}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	0,284±0,05 ^{b FG}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	1,783±0,07 ^{a A}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	1,519±0,01 ^{b B}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	1,364±0,91 ^{bc CD}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	1,333±0,16 ^{c D}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	1,435±0,02 ^{b BC}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.15 incelendiğinde, en yüksek antioksidan (ABTS) değeri M1 kodlu meşe balında (1,783) bulunurken, en düşük antioksidan (ABTS) değeri ise K1 ve K2 kodlu

kanola balında (0,141) bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek antioksidan (ABTS) değerine sahip M1 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Yine en düşük antioksidan (ABTS) değerine sahip K1 ve K2 kodlu kanola balları benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki bal örneğinin diğer ballar ile istatistiki açıdan farklı oldukları belirlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının antioksidan (ABTS) değerlerinin 0,141-0,190 arasında; ayçiçeği balının antioksidan (ABTS) değerinin 0,220-0,283 arasında; karaçalı balının antioksidan (ABTS) değerinin 0,240-0,413 arasında ve meşe balının antioksidan (ABTS) değerinin 1,333-1,783 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibarıyla en yüksek antioksidan (ABTS) değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük antioksidan (ABTS) değerinin kanola balında olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bal çeşitlerinin ortalama antioksidan (ABTS) değerleri

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde benzerlik ve farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kanola ballarından K1 ve K2 kodlu balların; ayçiçeği ballarından A1 ve A2 kodlu balların ve karaçalı ballarından KR3 ve KR4 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan Vize’den alınan kanola balı (K3), Çağlayık köyünden alınan meşe balı (M1) ve Karaabalar köyünden alınan meşe balı (M2) toplam antioksidan (ABTS) değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Kurtdede ve Sevin (2022) Ankara yöresi bal arısı kovanından örnekler alınmış ve antioksidan, toplam fenolik madde içerikleri incelenmiştir. Balların ABTS içeriğini 38,3 SC 50 mg/mL olarak bulmuşlardır. Çorum yöresi ballarının antioksidan kapasitesi ABTS yöntemi ile 0,782 mM TEAC olarak belirlenmiştir (Güzel ve Bahçeci, 2019).

Pentos, Luczycka, Oszmianski, Lachowicz ve Pasternak (2020) tarafından yapılan bir çalışmada manuka balı ile Polonya ballarının fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri belirlenmiştir. Manuka balının ABTS içerikleri 2680,62 µM TEAC/100g olduğu tespit edilmiştir.

Bal tozu üretimi için temin edilen çiçek balı örneğinin antioksidan aktivite içeriği 4,70 µmol TE/g olarak bulunmuştur (Mutlu ve Erbaş, 2018).

4.2.13. Toplam fenolik madde içerikleri

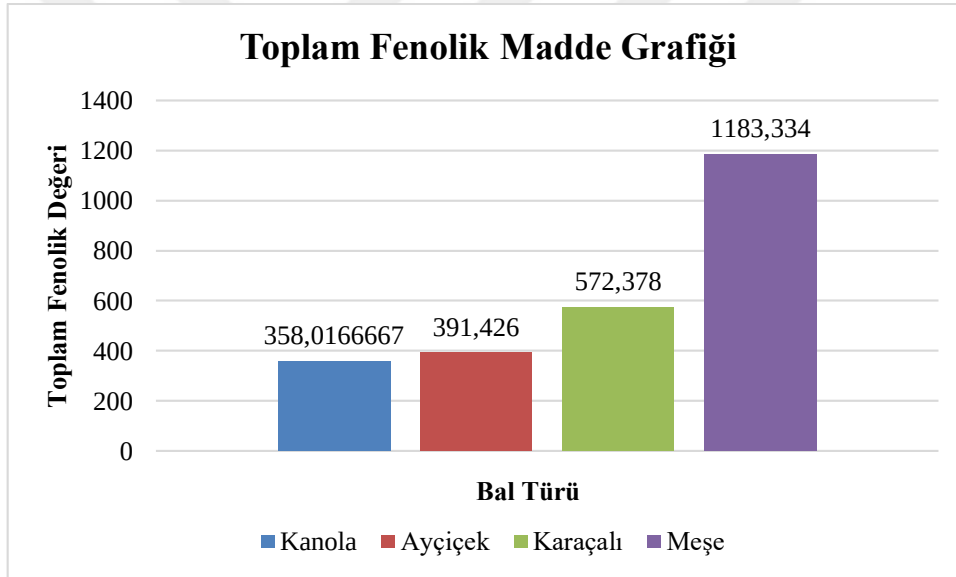
Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının toplam fenolik madde içeriklerinin ortalamaları çizelge 4.16’da verilmiştir. Bal örneklerinin toplam fenolik içeriklerinin 327,86 ile 1362,38 mg GAE/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin toplam fenolik değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Toplam Fenolik Değeri (mg GAE/kg)
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	358,82±19,66 ^{a NO}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	348,09±7,44 ^{a O}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	367,14±3,57 ^{a N}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	394,52±4,13 ^{c M}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	327,86±3,57 ^{e P}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	414,76±5,45 ^{b L}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	374,28±3,57 ^{d N}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	445,71±3,57 ^{a K}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	548,09±14,43 ^{c H}
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	527,86±3,58 ^{d I}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	623,09±4,13 ^{b G}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	670,71±9,45 ^{a F}
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	492,14±7,14 ^{e J}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	1362,38±30,37 ^{a A}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	1167,14±6,19 ^{c C}
Salgı	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	1102,86±0,00 ^{d D}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	1052,86±6,19 ^{e E}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	1231,43±3,57 ^{b B}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.16 incelendiğinde, en yüksek toplam fenolik değeri M1 kodlu meşe balında (1362,38) bulunurken, en düşük toplam fenolik değeri ise A2 kodlu ayçiçeği balında (327,86) bulunmuştur. Bal örneklerinin tamamı istatistiki açıdan incelendiğinde ise en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip M1 kodlu meşe balı ve en düşük toplam fenolik madde içeriğine sahip A2 kodlu ayçiçeği balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının toplam fenolik değerlerinin 348,09-367,14 arasında; ayçiçeği balının toplam fenolik değerinin 327,86-445,71 arasında; karaçalı balının toplam fenolik değerinin 492,14-670,71 arasında ve meşe balının toplam fenolik değerinin 1052,86-1362,38 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama değerlerden en yüksek toplam fenolik değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük toplam fenolik değerinin ise kanola balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Bal çeşitlerinin ortalama toplam fenolik madde içerikleri

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde hem fark hem de benzerlik olduğu tespit edilmiştir. Kanola ballarından K1, K2 ve K3 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan ayçiçeği ballarının tamamı; karaçalı ballarının tamamı ve meşe ballarının tamamı toplam fenolik madde değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplam 28 adet farklı bal toplanmıştır, bal numunelerinin toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri araştırılmıştır. Tekirdağ'dan

toplanan kanola balları toplam fenolik içeriği 96,35-151,73 mg GAE/kg arasında olduğu, Edirne'den toplanan ayçiçeği balları toplam fenolik içeriği 87,7-103,65 mg GAE/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Ozkok, Ozenirler, Canlı, Mayda ve Sorkun, 2018). Elde edilen değerlerin çalışmamızdaki toplam fenolik değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Ozkok ve Sorkun (2018) Türkiye'deki meşe ballarının karakteristik özelliklerini belirlemek amacıyla Kırklareli ilinden temin ettikleri meşe balı üzerinde çeşitli analizler gerçekleştirmiştir. Meşe balı toplam fenolik içeriğini 271,04-413,25 mg GAE/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir. Trakya Bölgesi'nde meşe balı ile ilgili başka bir çalışmada toplam fenolik içeriği değerlerini 40,60-98,56 mg GAE/100g arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Kolaylı vd., 2018). Kırklareli ilinden temin edilen meşe ballarının toplam fenolik içeriği 120,04 mg GAE/100g olarak (Can vd., 2015) bulunmuştur. Kırklareli ilinden elde edilen 9 adet meşe balı üzerine yapılan başka bir çalışmada toplam fenolik madde miktarları 42,00-72,63 mg GAE/100 g arasında bulunmuştur (Ucurum vd., 2024). Çalışmamızda elde edilen toplam fenolik madde içeriği değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tekirdağ ilinden toplanan ayçiçeği balının toplam fenolik içeriği 93,15 mg GAE/100g olarak (Özcan vd., 2017), 42,81 mg GAE/kg olarak (Chirsanova vd., 2021), 6,896-23,201 mg GAE/100g arasında olduğu (Sari ve Ayyildiz, 2012) belirlenmiştir.

Topa (2023) Macaristan'daki yerli bal üreticilerinden ayçiçeği ve kanola balları temin etmiştir. Bu balları farklı bitki, baharat ve meyveler ile zenginleştirerek ballarda bulunan antioksidan madde ve minerallerin içeriğini arttırmayı amaçlamıştır. Bal örneklerinin toplam fenolik madde miktarı; ayçiçeği balında 44,8 mg GAE/100g ve kanola balında 26,5 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur.

Güney Romanya'dan 5 farklı bal temin edilerek, balın en değerli bitki kaynağı olduğunu vurgulamak için botanik kökeni ile balın fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayçiçeği ve kanola ballarındaki toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla, 167,59 mg GAE/100g ve 102,53 mg GAE/100g olarak verilmiştir (Vijan, Mazilu, Enache, Enache ve Topala, 2023).

Alpat (2018) çam balı üzerine yaptığı çalışmada, salgı balı olarak bilinen çam ballarının toplam fenolik madde içeriklerini 65,8 mg GAE/100g olarak tespit etmiştir.

Çalışmamızdaki bal örneklerinden salgı balı olan meşe ballarının toplam fenolik madde içeriklerinin verilen çam balı değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Doğu-Karadeniz Bölgesi'nde Rize ilinin İkizdere ilçesine bağlı olan, oldukça zengin bitki çeşitliliği ile tanınan anzer yaylasında üretimi gerçekleştirilen anzer balı ile ilgili yapılan bir çalışmada toplam fenolik madde değerlerini 19,50-34,10 mg GAE/100g arasında değiştiği tespit edilmiştir (Malkoç, Çakır, Kara, Can ve Kolaylı, 2019). Çalışmamızda elde edilen toplam fenolik madde değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Pentos vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada manuka balının toplam fenolik madde içeriği 492,65 mg GAE/100g olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen toplam fenolik madde değerlerinden genel olarak yüksek olduğu görülmüştür.

4.2.14. Renk değerleri

Araştırmamızda elde edilen verilere göre farklı bal gruplarının renk değerlerinin ortalamaları çizelge 4.17'de verilmiştir. Bal örneklerinin L* değerlerinin 33,65-76,77 arasında, a* değerlerinin (-6,74)-(-24,01) arasında ve b* değerlerinin de 16,13-59,92 değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

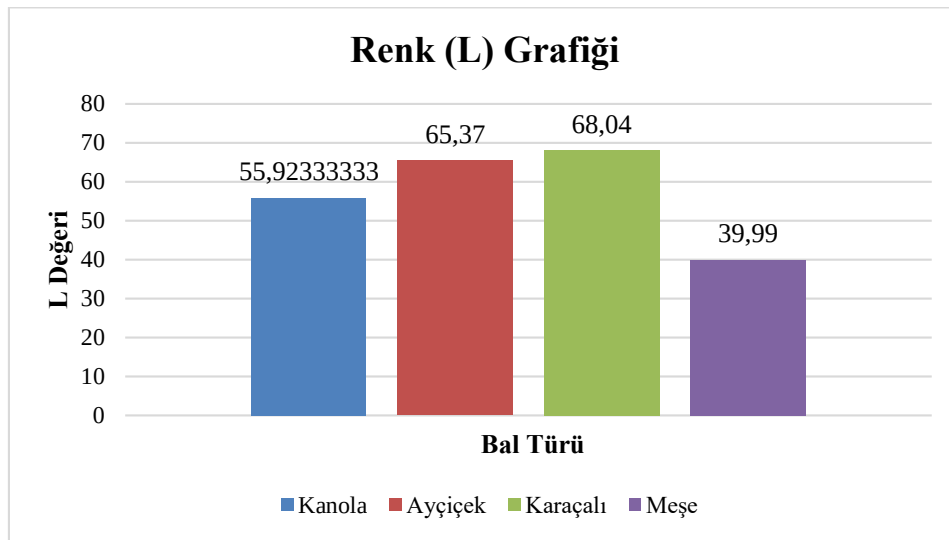
Çizelge 4.17. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin renk değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Renk Değeri		
			L*	a*	b*
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	63,01±5,42 ^{a FG}	-3,61±0,75 ^{b EF}	16,13±0,80 ^{b I}
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	59,33±5,69 ^{a G}	-2,91±1,10 ^{b E}	22,66±1,52 ^{a H}
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	45,43±2,38 ^{b I}	-0,64±0,52 ^{a D}	16,83±0,89 ^{b I}
	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	64,95±1,01 ^{b CDEF}	-3,33±0,58 ^{b E}	58,61±1,05 ^{ab A}
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	54,46±2,69 ^{c H}	-0,45±1,44 ^{a D}	48,91±3,00 ^{d CD}
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	67,99±2,11 ^{ab BCDE}	-5,13±0,83 ^{c FGH}	57,18±0,81 ^{b AB}
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü	69,17±2,81 ^{a BC}	-6,74±1,09 ^{d H}	53,39±1,63 ^{c BC}
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	70,27±2,53 ^{a B}	-5,37±1,19 ^{cd GH}	59,92±0,91 ^{a A}
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	68,53±1,79 ^{b BCD}	-4,37±0,48 ^{bc EFG}	41,35±10,27 ^{c E}
	Karaçalı (KR2)	Koçfaz/Elmacık Köyü	66,78±3,68 ^{bc BCDEF}	-3,67±1,32 ^{b EF}	39,94±1,72 ^{c E}
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	64,49±3,28 ^{bc DEF}	+0,49±2,16 ^{a D}	59,13±0,95 ^{a A}
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	63,63±3,23 ^{c EF}	-0,50±1,66 ^{a D}	48,78±0,65 ^{b CD}

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Renk Değeri		
			L*	a*	b*
Salgı	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	76,77±3,47 ^{a A}	-5,98±0,62 ^{c GH}	27,67±3,71 ^{d FG}
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	37,76±3,41 ^{b JK}	24,01±0,92 ^{a A}	28,53±5,65 ^{b F}
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	38,60±3,32 ^{b J}	20,90±0,96 ^{b B}	27,39±6,12 ^{b FGH}
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	53,20±3,27 ^{a H}	13,60±2,24 ^{c C}	47,41±3,30 ^{a D}
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	35,97±1,10 ^{bc JK}	22,64±0,42 ^{a A}	26,07±1,68 ^{b FGH}
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	33,65±2,86 ^{c K}	19,86±1,23 ^{b B}	22,90±0,77 ^{b GH}

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

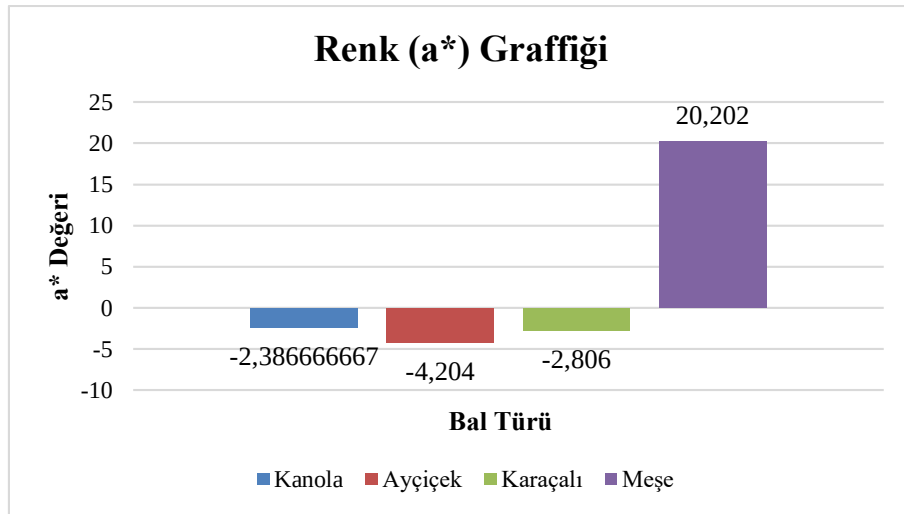
Çizelge 4.17 incelendiğinde, en yüksek L* değeri KR5 kodlu karaçalı balında (76,77) bulunurken, en düşük L* değeri ise M5 kodlu meşe balında (33,65) bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek L* değerine sahip KR5 kodlu karaçalı balı ile en düşük L* değerine sahip M5 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Diğer taraftan örnek bazında bakıldığında kanola balının L* değerlerinin 45,43-63,01 arasında; ayçiçeği balının L* değerinin 54,46-70,27 arasında; karaçalı balının L* değerinin 63,63-76,77 arasında ve meşe balının L* değerinin 33,65-53,20 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama değerlerden en yüksek L* değerine sahip balın karaçalı balı olduğu, en düşük L* değerine sahip balın meşe balı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Bal çeşitlerinin ortalama L* değerleri

Elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bal örneğinin kendi içerisinde hem benzerlik hem de farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kanola ballarından K3 kodlu balın; karaçalı ballarının KR4 ve KR5 kodlu balın ve meşe ballarından M3 ve M5 kodlu balların L* değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Üsküpdere’den alınan A4 kodlu ayçiçeği balı ve Üsküp’ten alınan A5 kodlu ayçiçeği ballarının benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

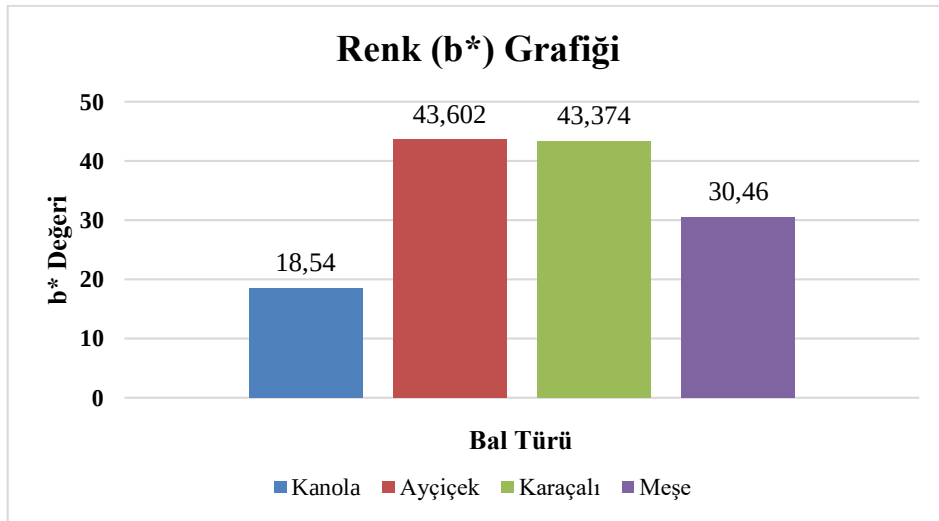
Bal örneklerinin a* değerleri incelendiğinde, en yüksek a* değeri M1 kodlu meşe balında (24,01) bulunurken, en düşük a* değeri ise A4 kodlu ayçiçeği balında (-6,74) bulunmuştur (Çizelge 4.17). Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek a* değerine sahip M1 kodlu meşe balı ile en düşük a* değerine sahip A4 kodlu ayçiçeği balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Örnek bazında bakıldığında kanola balının a* değerlerinin (-3,61)-(-0,64) arasında; ayçiçeği balının a* değerinin (-6,74)-(-0,45) arasında; karaçalı balının a* değerinin (-5,98)-(+0,49) arasında ve meşe balının a* değerinin 13,60-24,01 arasında olduğu görülmektedir. Genel ortalama itibarıyla en yüksek a* değerine sahip balın meşe balı olduğu, en düşük a* değerine sahip balın ise ayçiçeği balı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Bal çeşitlerinin ortalama a* değerleri

Bal örneklerinden elde edilen veriler istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde farklılık ve benzerlik oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Meşe ballarından Çağlayık köyünden alınan M1 kodlu meşe balı ile Demirköy'den alınan M4 kodlu meşe balı ve Karaabalar köyünden alınan M2 kodlu meşe balı ile Vize'den alınan M5 kodlu meşe ballarının benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan kanola ballarından K3 kodlu balın; ayçiçeği ballarından A1, A2, A3 ve A4 kodlu balların ve karaçalı ballarından KR2, KR3 ve KR5 kodlu balların a^* değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.17 incelendiğinde, en yüksek b^* değeri A5 kodlu ayçiçeği balında (59,92) bulunurken, en düşük b^* değeri ise K1 kodlu kanola balında (16,13) bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde ise en düşük b^* değerine sahip K1 kodlu kanola balı ile K3 kodlu kanola balı benzerlik gösterirken, bu iki balın diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Yine en yüksek değere sahip A5 kodlu ayçiçeği balı, A1 kodlu ayçiçeği balı ve KR3 kodlu karaçalı balı ile benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu bal örnekleri diğer ballar ile arasında istatistiki farklılıklar olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Örnek bazında bakıldığında kanola balının b^* değerlerinin 16,13-22,66 arasında; ayçiçeği balının b^* değerinin 48,91-59,92 arasında; karaçalı balının b^* değerinin 27,67-59,13 arasında ve meşe balının b^* değerinin 22,90-47,41 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek b^* değerine sahip balın ayçiçeği balı olduğu, en düşük b^* değerinin ise kanola balında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Bal çeşitlerinin ortalama b^* değerleri

Bal örneklerinden elde edilen b* değerleri istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde hem fark hem de benzer olduğu belirlenmiştir. Kanola ballarından K2 kodlu; ayçiçeği ballarından A2, A3 ve A4 kodlu balların ve meşe ballarından M3 kodlu balın b* değerleri açısından önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan karaçalı ballarından KR1 ve KR2 kodlu ballar ile KR4 ve KR5 kodlu balların benzer olduğu gözlemlenmiştir ($p>0,05$).

Karaçalı balı L* değerinin 17,91-62,38 arasında, a* değerlerinin 14,92-39,20 arasında ve b* değerlerinin 24,07-92,02 arasında olduğu verilmiştir (Malkoç vd., 2019). Elde edilen bu değerler çalışmamızdaki karaçalı ballarının L* ve b* değerleri ile benzer a* değerlerinin ise daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Meşe balı L* değerleri 15,11-42,13 arasında, a* değerleri 27,94-37,38 ve b* değerleri 25,73-70,20 olarak (Kolaylı vd., 2018), başka bir çalışmada meşe balı ortalama L* değerleri 25,07, a* değeri 5,02 ve b* değeri -0,10 olarak tespit etmişlerdir (Yalazi ve Zorba, 2022).

Kırklareli ilinden toplanan meşe balları ortalama L* değerleri 42,85, a* değerleri 34,59 ve b* değerleri 71,65 olarak verilmiştir (Can vd., 2015). Çalışmamızda elde edilen meşe balı renk değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.15. Şeker içeriği sonuçları

Bu çalışmada elde edilen verilere göre farklı bal örneklerinin şeker içeriği ortalamaları çizelge 4.18’de verilmiştir. Bal örneklerinin Fruktoz içeriklerinin %29,80-38,47 arasında; Glukoz içeriklerinin %26,94-40,20 arasında; Fruktoz+Glukoz (F+G) değerlerinin 57,95-76,48 arasında ve Fruktoz/Glukoz (F/G) oranının 0,90-1,24 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı bölgelerden toplanan bal çeşitlerinin şeker değerleri¹

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Şeker İçeriği			
			Fruktoz (%)	Glukoz (%)	F+G	F/G
Çiçek	Kanola (K1)	Babaeski/Karamesutlu Köyü	36,59±0,22 ^a ABC	38,98±0,03 ^b AB	75,57±0,18 ab AB	0,94±0,00 a FGH
	Kanola (K2)	Lüleburgaz/Umurca Köyü	35,27±2,20 ^a BCD	38,02±0,07 ^b B	73,29±2,28 b AB	0,93±0,05 a GH
	Kanola (K3)	Vize/Düzova Köyü	36,28±1,11 ^a ABC	40,20±0,97 ^a A	76,48±1,08 a A	0,90±0,02 a H

Bal Çeşidi	Türü	Alındığı Bölge	Şeker İçeriği			
			Fruktoz (%)	Glukoz (%)	F+G	F/G
Ayçiçek	Ayçiçek (A1)	Merkez/Karakoç Köyü	37,15±3,16 ^a ABC	31,93±2,54 ^{c D}	69,08±5,70 b CD	1,16±0,00 a ABCD
	Ayçiçek (A2)	Merkez/Kocahıdır Köyü	36,45±2,46 ^a ABC	38,18±0,54 ^{a B}	74,63±1,92 ab AB	0,95±0,07 cd FGH
	Ayçiçek (A3)	Merkez/Kavakdere Köyü	35,56±1,52 ^a ABCD	39,58±1,13 ^{a AB}	75,15±2,65 ab AB	0,90±0,01 d H
	Ayçiçek (A4)	Üsküpdere Köyü Merası	38,47±1,10 ^a A	37,91±1,12 ^{a B}	76,38±2,21 a A	1,01±0,00 bc EFG
	Ayçiçek (A5)	Üsküp	37,21±0,42 ^a ABC	35,01±0,99 ^{b C}	72,22±1,41 ab BC	1,06±0,02 b DE
	Karaçalı (KR1)	Merkez/Kadıköy Köyü	37,31±1,67 ^a AB	31,79±0,65 ^{a D}	69,11±1,02 a CD	1,17±0,07 a ABC
	Karaçalı (KR2)	Koçaz/Elmacık Köyü	35,82±0,33 ^a ABC	28,89±1,04 ^{c EFG}	64,71±0,70 b EF	1,24±0,07 a A
	Karaçalı (KR3)	Üsküp	36,69±1,58 ^a ABC	30,32±0,33 ^{b DEF}	67,01±1,25 a DE	1,21±0,06 a AB
	Karaçalı (KR4)	Merkez/Demircihalil Köyü	34,28±1,73 ^a CD	28,27±0,82 ^{c GH}	62,55±0,91 b FG	1,24±0,07 a A
	Karaçalı (KR5)	Koçaz/Malkoçlar Köyü	35,07±1,86 ^a BCD	28,15±0,21 ^{c GH}	63,22±1,65 b FG	1,23±0,11 a A
	Meşe (M1)	Merkez/Çağlayık Köyü	30,99±1,68 ^{ab} FG	26,95±1,21 ^{c H}	57,95±0,46 c H	1,15±0,11 ^a b ABCD
	Meşe (M2)	Koçaz/Karaabalar Köyü	32,80±0,77 ^a DEF	30,52±0,52 ^{a DE}	63,32±1,29 a FG	1,07±0,00 b CDE
	Meşe (M3)	Merkez/Düzorman Köyü	32,81±0,62 ^a DEF	26,94±1,08 ^{c H}	59,76±0,46 bc GH	1,22±0,05 a A
	Meşe (M4)	Demirköy/Avcılar Köyü	29,80±0,65 ^b G	28,75±0,77 ^{b FGH}	58,55±1,42 bc H	1,04±0,00 b EF
	Meşe (M5)	Vize/Kıyıköy	31,72±0,41 ^a EFG	28,52±0,64 ^{bc GH}	60,24±1,05 b GH	1,11±0,01 ab BCDE

¹Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir. Küçük harfle belirtilen değerler örneklerin kendi içerisindeki, büyük harfle belirtilen değerler bütün örnekler arasındaki istatistiksel değerlendirmeyi ifade etmektedir. Aynı bal türü arasında aynı sütunda aynı harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p>0,05).

Çizelge 4.18 incelendiğinde, en yüksek fruktoz miktarının Üsküpdere köyünden alınan A4 kodlu ayçiçeği balında (%38,47) bulunurken, en düşük fruktoz miktarının Demirköy'den alınan M4 kodlu meşe balında (%29,80) olduğu belirlenmiştir. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek fruktoz değerine sahip A4 kodlu ayçiçeği balı ile en düşük fruktoz değerine sahip M4 kodlu meşe balının diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,05).

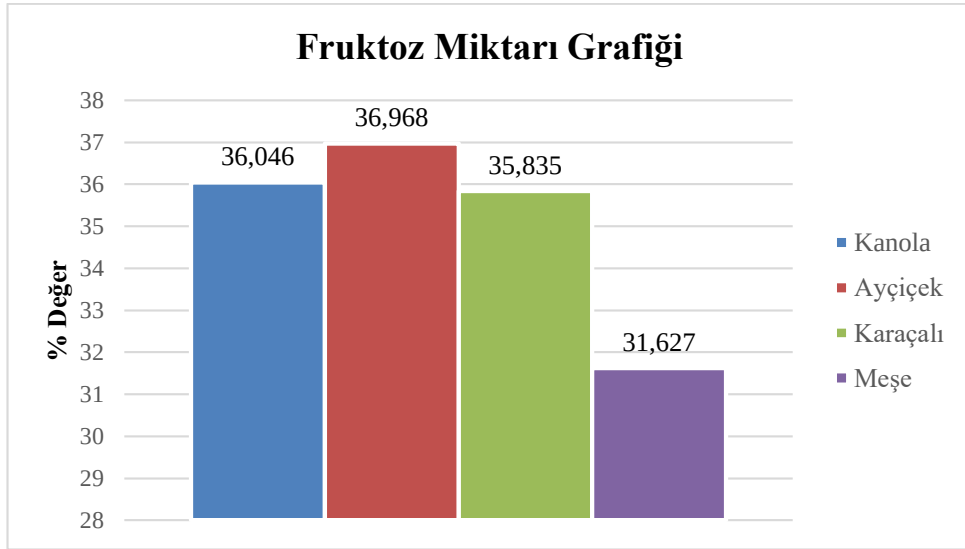
Bal örneklerinin glukoz miktarına bakıldığında en yüksek değerin Vize'den alınan K3 kodlu kanola balında (%40,20), en düşük glukoz miktarının Düzorman Köyü'nden alınan M3 kodlu meşe balında (%26,94) olduğu belirlenmiştir. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek glukoz değerine sahip K3 kodlu kanola balı diğer bal örneklerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Yine en düşük glukoz değerine sahip M3

kodlu meşe balı ile M1 kodlu meşe balı benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki balın diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).

Diğer bir parametre olan F+G değerlerinden en yüksek değere sahip balın Vize'den alınan K3 kodlu kanola balında (76,48), en düşük F+G değerinin Çağlayan Köyü'nden alınan M1 kodlu meşe balında (57,95) olduğu belirlenmiştir. Bal örneklerinin tamamı istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek F+G değerine sahip K3 kodlu kanola balı ile A1 kodlu ayçiçeği balı benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki balın diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Yine en düşük F+G değerine sahip M1 kodlu meşe balı ile M4 kodlu meşe balı benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki balın diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).

Bal örneklerinden en yüksek F/G oranının Vize'den alınan K3 kodlu kanola balı ile Kavakdere Köyü'nden alınan A3 kodlu ayçiçeği balında (1,11), en düşük F/G oranının Malkoçlar Köyü'nden alınan KR5 kodlu karaçalı balında (0,80) olduğu bulunmuştur. Bütün bal çeşitleri istatistiki olarak incelendiğinde en yüksek F/G değerine sahip K3 kodlu kanola ile A3 kodlu ayçiçeği balı benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki balın diğer bal örneklerinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yine en düşük F/G değerine sahip KR5 kodlu karaçalı balı ile KR2 kodlu KR5 kodlu karaçalı balları ve M3 kodlu meşe balı benzerlik gösterirken ($p>0,05$), bu iki balın diğer örneklerden önemli düzeyde farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).

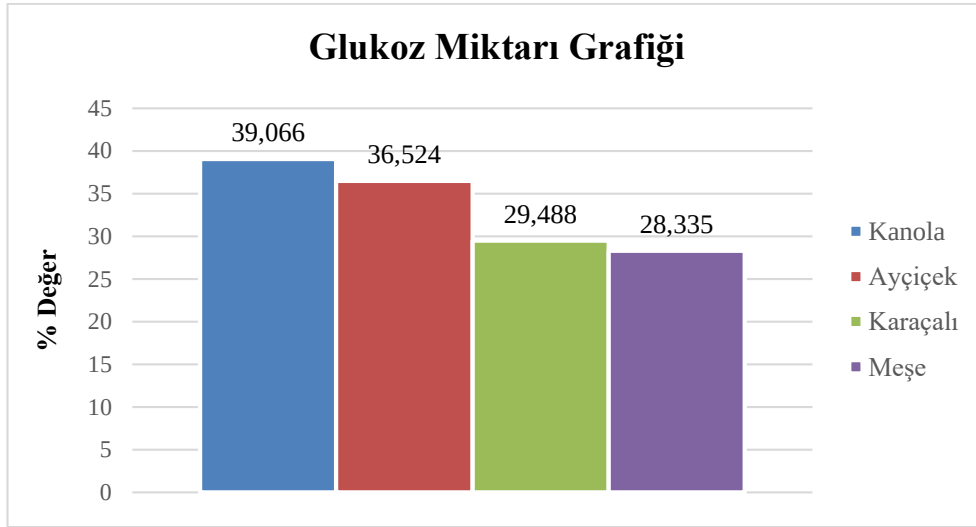
Örnek bazında bakıldığında kanola balının fruktoz değerlerinin %35,27-36,59 arasında; ayçiçeği balının fruktoz değerlerinin %35,56-38,47 arasında; karaçalı balının fruktoz değerlerinin %34,28-37,31 arasında ve meşe balının fruktoz değerlerinin %29,80-32,81 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek fruktoz değerine sahip balın ayçiçeği balı olduğu, en düşük fruktoz değerinin meşe balında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17. Bal örneklerinin ortalama fruktoz içerikleri

Bal örneklerinden elde edilen fruktoz verileri istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi arasında farklılık ve benzerlikler olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kanola ballarının tamamının; ayçiçeği ballarının tamamının ve karaçalı ballarının tamamının fruktoz miktarı açısından benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan Demirköy'den alınan M4 kodlu meşe balının diğer meşe ballarından önemli derecede farklı olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

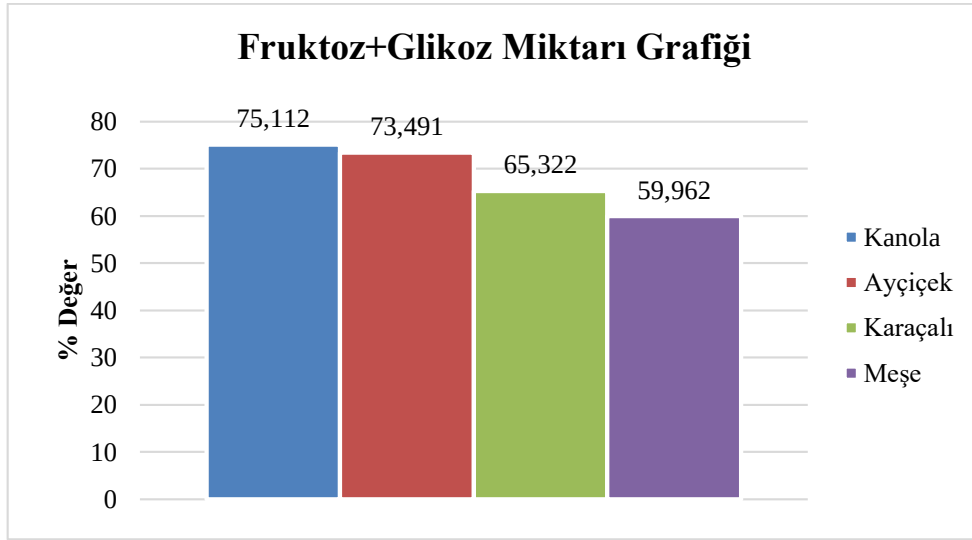
Glukoz içerikleri örnek bazında değerlendirildiğinde, kanola balının glukoz değerlerinin %38,02-40,20 arasında; ayçiçeği balının glukoz değerlerinin %31,93-39,58 arasında; karaçalı balının glukoz değerlerinin %28,15-31,79 arasında ve meşe balının glukoz değerlerinin %26,94-30,52 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek glukoz değerine sahip balın kanola balı olduğu, en düşük glukoz değerinin meşe balında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4. 18. Bal çeşitlerinin ortalama glukoz içerikleri

Elde edilen glukoz miktarları istatistiki olarak incelendiğinde her bal örneğinin kendi içerisinde hem benzerlik hem de farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kanola ballarından Vize’den alınan K3 kodlu balın; ayçiçeği ballarından Karakoç Köyü’nden alınan A1 ve Üsküp’ten alınan A5 kodlu balların; karaçalı ballarından Kadıköy Köyü’nden alınan KR1 kodlu bal ile Üsküp’ten alınan KR3 kodlu balın ve meşe ballarından da Karaabalar Köyü’nden alınan M2 kodlu balların glukoz miktarları açısından diğer bal örneklerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Kanola ballarından K1 ve K2 kodlu, ayçiçeği ballarından A2, A3 ve A4 kodlu, karaçalı ballarından KR2, KR4 ve KR5 kodlu ve meşe ballarından M1 ve M3 kodlu balların kendi içerisinde benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$).

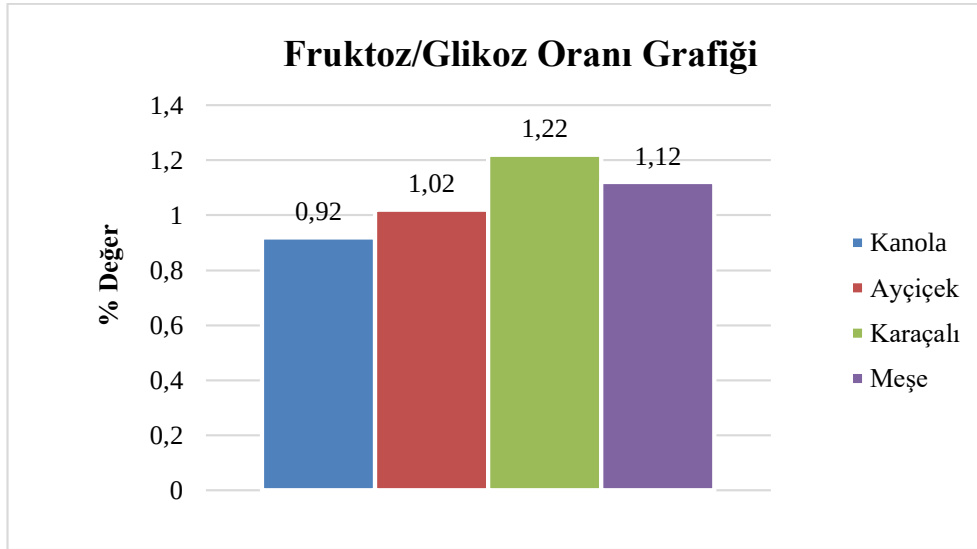
Bal örnekleri F+G değerleri örnek bazında incelendiğinde, kanola balının F+G değerlerinin 73,29-76,48 arasında; ayçiçeği balının F+G değerlerinin 69,08-76,38 arasında; karaçalı balının F+G değerlerinin 62,55-69,11 arasında ve meşe balının F+G değerlerinin 57,95-63,32 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek F+G değerine sahip balın kanola balı olduğu, en düşük F+G değerinin meşe balında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Bal örneklerinin ortalama Fruktoz+Glukoz miktarları

Bal örneklerinden elde edilen F+G verileri istatistiki olarak incelendiğinde her bir örneğin kendi içerisinde hem farklı hem de benzer olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayçiçeği ballarından A2, A3 ve A5 kodlu balların; karaçalı ballarından KR2, KR4 ve KR5 kodlu balların ve meşe ballarından M3 ve M4 kodlu balların benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan kanola ballarından Lüleburgaz'dan alınan K2 kodlu bal ile Vize'den alınan K3 kodlu balın; ayçiçeği ballarından Karakoç Köyü'nden alınan A1 kodlu bal ve Üsküpdere Köyü'nden alınan A4 kodlu balların; karaçalı ballarından Kadıköy Köyü'nden alınan KR1 kodlu bal ile Elmacık Köyü'nden alınan KR2 kodlu balların ve meşe ballarından Çağlayık Köyü'nden alınan M1 kodlu bal, Karaabalar Köyü'nden alınan M2 kodlu bal ve Vize'den alınan M5 kodlu balların F+G değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Fruktoz/Glukoz oranları açısından örnekler incelendiğinde, kanola balının F/G oranının 0,93-0,94 arasında; ayçiçeği balının F/G oranının 0,90-1,16 arasında; karaçalı balının F/G oranının 1,17-1,24 arasında ve meşe balının F/G değerlerinin 1,04-1,22 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek F/G değerine sahip balın karaçalı balı olduğu, en düşük F/G değerinin kanola balında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Bal örneklerinin ortalama Fruktoz/Glukoz oranları

Bal örneklerinden elde edilen F/G oranları istatistiki olarak incelendiğinde bal örneklerinin kendi içerisinde fark ve benzerlik olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bazı örnekler arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Kanola ballarının tamamının ve karaçalı ballarının tamamının kendi içerisinde F/G oranı açısından benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Diğer taraftan ayçiçeği ballarından Kadıköy Köyü'nden alınan A1 kodlu balın ve meşe ballarından Düzorman Köyü'nden alınan M3 kodlu balların F/G değerleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklı oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7)'ne göre ballardaki şeker içerikleri ile ilgili verilen limit değerler; Fruktoz+ Glukoz miktarı çiçek ballarında 100 g'da en az 60 g, salgı ballarında ise 100 g'da en az 45 g olarak belirlenmiştir. Yine ilgili tebliğde Fruktoz/Glukoz oranı çiçek ballarında 0,9-1,4 arasında salgı ballarında ise 1,0-1,4 arasında olması gerektiği bildirilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen F+G verilerinin ve F/G oranlarına bakıldığında kodeks ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kanola balının özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, balın fruktoz miktarı 283,56 g/kg ve glukoz miktarı ise 225,73 g/kg olarak belirlenmiştir (Mortaş, 2016). Başka bir çalışmada Szczesna vd. (2011), Polonya'da üretilen kanola ballarının F+G miktarını % 74,9 ve F/G oranını 1,01 olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen

kanola balına ait ilgili sonuçlarının yukarıda geçen çalışmalarda verilen değerlerden düşük olduğu görülmektedir.

Yine Polonya’da üretilen balların kimyasal bileşimi ve antimikrobiyal aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada kanola balı fruktoz miktarı %38,53, glukoz miktarı %39,05 ve F/G oranı 0,99 olarak; ayçiçeği balı fruktoz miktarı %42,61, glukoz miktarı %37,27 ve F/G oranı 1,14 olarak bulunmuştur (Kunat-Budzyńska vd., 2023). Bu çalışmada elde edilen fruktoz ve glukoz içeriklerinin çalışmamızda elde edilen kanola balı ve ayçiçeği ballarının şeker miktarları ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Avrupa’nın 21 farklı ülkesinden toplanan toplam 6719 adet balın çeşitli özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada kanola balı fruktoz miktarı %38,3, glukoz miktarı %40,5, F+G miktarı 78,7 ve F/G oranı 0,95 olarak; ayçiçeği balı balı fruktoz miktarı %39,2, glukoz miktarı %37,4, F+G miktarı 76,7 ve F/G oranı 1,05 olarak tespit edilmiştir (Oddo vd., 2004). Bu değerlerin çalışmamızda elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Türkiye’nin çeşitli bölgelerinden toplanan farklı bal çeşitlerinin kalite özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, Trakya Bölgesi’nden toplanan ayçiçeği ballarının fruktoz+glukoz miktarının ortalama %72,69 ve F/G oranının ise 1,13 olduğu belirlenmiştir (Yıldız vd., 2016). Yine bu değerlerin de çalışmamızdaki ayçiçeği ballarının ilgili değerlerine yakın olduğu görülmektedir.

Yardibi (2008) yapmış olduğu çalışmada ayçiçeği balı ortalama F/G oranlarını 1,15, 1,12, 1,18 ve 1,10 olarak vermiştir. Bu değerlerin çalışmamızdaki ayçiçeği ballarının ortalama F/G oranı değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Başka bir çalışmada, Sırbistan’dan 24 adet ayçiçeği balı temin edilmiş ve 18 ay boyunca oda sıcaklığında depolanmıştır. Depolamanın ayçiçeği balı üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlayan çalışmada, çeşitli fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Yapılan şeker analizi sonuçlarına göre; ortalama fruktoz miktarı %40,24, ortalama glukoz miktarı %37,07, ortalama F+G miktarı 77,31 ve ortalama F/G oranı 1,09 olarak bulunmuştur (Zivkov vd., 2023). Bu değerler de çalışmamızda analiz ettiğimiz ayçiçeği ballarına ait ilgili değerlere benzer olduğu tespit edilmiştir.

Malkoç vd. (2019) yaptıkları çalışmada karaçalı balı fruktoz miktarını %30,32-38,70 arasında, glukoz miktarını %23,17-30,50 arasında ve F/G oranını 1,18-1,46 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Verilen değerler ile çalışmamızda elde edilen karaçalı balı

değerleri kıyaslandığında; fruktoz miktarlarının benzerlik gösterdiği, glukoz miktarlarının daha yüksek olduğu ve F/G oranının ise yakın olduğu belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada Kırklareli ilinden 9 adet meşe balı temin edilmiş, balların glukoz ve fruktoz değerleri belirlenmiştir. Glukoz değerleri %21,29-33,49 arasında, fruktoz değerleri %29,34-41,86 arasında, F+G değerleri 64,77-77,70 arasında ve F/G oranları ise 1,23-1,85 arasında verilmiştir (Ucurum vd., 2024). Verilen değerler ile çalışmamızda meşe ballarından elde edilen fruktoz, glukoz ve F+G miktarlarının benzerlik gösterdiği, bununla birlikte çalışmamızda elde edilen F/G oranlarının daha düşük olduğu görülmektedir.

Meşe balı üzerine yapılan başka bir çalışmada glukoz değerlerinin %9,58-39,98 arasında ve fruktoz değerlerinin de %19,84-35,02 arasında bulunduğu bildirilmiştir (Yalazi ve Zorba, 2022). Çalışmamızda incelediğimiz meşe ballarından elde edilen fruktoz miktarları bu çalışmadan elde edilen değerlerden daha yüksektir.

Bala farklı oranlarda mısır şurubu ekleyerek ballardaki tağşişi spektroskopik yöntemle tespit etmeyi amaçlayan çalışmada, Bursa ilinden alınan meşe balının fruktoz miktarı %36,30, glukoz miktarı %26,62, F+G miktarı 62,92 ve F/G oranı 1,36 olarak belirlenmiştir (Çimen, 2021). Bu çalışmada incelenen meşe balının fruktoz içeriği, bizim çalışmamızda incelenen meşe ballarının ortalama içeriklerinden yüksek; glukoz içeriği ise düşüktür.

4.3. Analiz Sonuçları Arasındaki Korelasyonlar

Araştırmamızda elde edilen bal örneklerinin analiz sonuçları korelasyon testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar çizelge 4.19'da verilmiştir. Briks değerleri ile asitlik değerleri ($r=-0,975$) arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli derecede negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur. İletkenlik değerleri ile diastaz sayısı değerleri ($r=0,915$), ABTS değerleri ($r=0,906$) ve toplam fenolik madde içeriği değerleri ($r=0,942$) arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülürken; bu değer ile glukoz değerleri ($r=-0,918$) arasında yine 0,05 anlamlılık düzeyinde negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde iletkenlik değerleri ile kül değerleri ($r=0,992$) arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde pozitif yönde ilişki bulunurken, viskozite değerleri ($r=-0,984$, $p<0,01$) ile negatif yönde yüksek bir korelasyon olduğu bulunmuştur. pH değerleri ile optik rotasyon değerleri ($r=0,902$, $p<0,05$) arasında pozitif bir ilişki bulunurken, pH

değerleri ile glukoz değerleri ($r=-0,969$, $p<0,05$) arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Optik rotasyon ile glukoz değerleri ($r=-0,915$) arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde negatif yönde ilişki olduğu belirlenmiştir. HMF miktarı ile diastaz sayısı değerleri ($r=-0,970$) arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. Diastaz sayısı değerlerine bakıldığında ise kül değerleri ($r=0,917$, $p<0,05$) ile pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenirken, diastaz sayısı değerlerinin viskozite değerleri ($r=-0,945$) ve glukoz değerleri ($r=-0,903$) arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde negatif yönlü yüksek bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Kül değerleri ile toplam fenolik madde içeriği değerleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde ($r=0,923$) pozitif yönde yüksek bir korelasyon olduğu bulunurken, kül değerleri ile viskozite değerleri ($r=-0,961$, $p<0,05$) ve glukoz değerleri ($r=-0,961$, $p<0,05$) arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

ABTS değerleri incelendiğinde toplam fenolik madde içeriği değerleri ($r=0,988$, $p<0,01$) ve a^* değerleri ($r=0,990$, $p<0,01$) arasında pozitif yönde önemli derecede yüksek bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. ABTS değerleri ile fruktoz değerleri ($r=-0,975$, $p<0,05$) arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. DPPH değerleri ile L^* değerleri ($r=0,981$, $p<0,05$) arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği değerlerine bakıldığında ise a^* değerleri ($r=0,970$, $p<0,05$) ile pozitif yönlü bir ilişki olduğu bulunurken, fruktoz değerleri ($r=-0,975$, $p<0,05$) ile arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Fruktoz değerleri ile L^* değerleri arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiş ($r=0,903$, $p<0,05$) ve fruktoz değerleri ile a^* değerleri ($r=-0,989$, $p<0,01$) arasında negatif yönlü yüksek bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Renk değerlerinden L^* değerleri ile a^* değerleri ($r=-0,924$, $p<0,05$) arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde içerikleri değerlerinin kendi arasında ve bu değerlerinde renk değerleri ile arasında doğrusal yönde yüksek korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Bal örneklerinin korelasyon analizi sonuçları

	Briks	İletkenlik	pH	Optik Rot.	Asitlik	HMF	Diastaz	Prolin	Kül	ABTS	DPPH	Toplam Fenolik	Viskozite	Glukoz	Fruktoz	L*	a*	b*
Briks	1	-0,651	0,071	-0,341	-0,975*	0,292	-0,412	-0,628	-0,557	-0,866	0,845	-0,777	0,675	0,306	0,793	0,873	-0,875	0,216
İletkenlik	-0,651	1	0,792	0,836	0,757	-0,795	0,915*	0,707	0,992**	0,906*	-0,408	0,942*	-0,984**	-0,918*	-0,845	-0,571	0,842	0,295
pH	0,071	0,792	1	0,902*	0,201	-0,712	0,810	0,315	0,863	0,542	0,038	0,664	-0,723	-0,969*	-0,555	-0,150	0,470	0,412
Optik R.	-0,341	0,836	0,902*	1	0,388	-0,491	0,674	0,210	0,887	0,764	-0,377	0,853	-0,727	-0,915*	-0,825	-0,534	0,744	0,012
Asitlik	-0,975*	0,757	0,201	0,388	1	-0,495	0,589	0,779	0,668	0,883	-0,715	0,810	-0,800	-0,437	-0,777	-0,776	0,860	0,004
HMF	0,292	-0,795	-0,712	-0,491	-0,495	1	-0,970*	-0,852	-0,794	-0,499	-0,167	-0,548	0,860	0,795	0,350	0,000	-0,369	-0,812
Diastaz	-0,412	0,915*	0,810	0,674	0,589	-0,970*	1	0,811	0,917*	0,671	-0,026	0,726	-0,945*	-0,903*	-0,557	-0,205	0,561	0,655
Prolin	-0,628	0,707	0,315	0,210	0,779	-0,852	0,811	1	0,638	0,576	-0,120	0,540	-0,822	-0,502	-0,381	-0,222	0,472	0,621
Kül	-0,557	0,992**	0,863	0,887	0,668	-0,794	0,917*	0,638	1	0,868	-0,343	0,923*	-0,961*	-0,961*	-0,824	-0,516	0,803	0,311
ABTS	-0,866	0,906*	0,542	0,764	0,883	-0,499	0,671	0,576	0,868	1	-0,755	0,988**	-0,871	-0,713	-0,975*	-0,863	0,990*	-0,099
DPPH	0,845	-0,408	0,038	-0,377	-0,715	-0,167	-0,026	-0,120	-0,343	-0,755	1	-0,678	0,349	0,128	0,804	0,981*	-0,835	0,686
Toplam Fenolik	-0,777	0,942*	0,664	0,853	0,810	-0,548	0,726	0,540	0,923*	0,988**	-0,678	1	-0,892	-0,806	-0,975*	-0,806	0,970*	-0,042
Viskozite	0,675	-0,984**	-0,723	-0,727	-0,800	0,860	-0,945*	-0,822	-0,961*	-0,871	0,349	-0,892	1	0,870	0,772	0,508	-0,791	-0,402
Glukoz	0,306	-0,918*	-0,969*	-0,915*	-0,437	0,795	-0,903*	-0,502	-0,961*	-0,713	0,128	-0,806	0,870	1	0,692	0,316	-0,638	-0,404
Fruktoz	0,793	-0,845	-0,555	-0,825	-0,777	0,350	-0,557	-0,381	-0,824	-0,975*	0,804	-0,975*	0,772	0,692	1	0,903*	-0,989*	0,262
L*	0,873	-0,571	-0,150	-0,534	-0,776	0,000	-0,205	-0,222	-0,516	-0,863	0,981*	-0,806	0,508	0,316	0,903*	1	-0,924*	0,572
a*	-0,875	0,842	0,470	0,744	0,860	-0,369	0,561	0,472	0,803	0,990**	-0,835	0,970*	-0,791	-0,638	-0,989**	-0,924*	1	-0,240
b*	0,216	0,295	0,412	0,012	0,004	-0,812	0,655	0,621	0,311	-0,099	0,686	-0,042	-0,402	-0,404	0,262	0,572	-0,240	1

*Korelasyon, 0.05 seviyesinde önemli (tek yönlü).

** Korelasyon, 0.01 seviyesinde önemli (tek yönlü).Bu sonuçlar aynı çeşide ait bal örneklerinin kendi gruplarına ait analiz değerlerinin ortalamalarının birbiri ile korelasyonuna ait Pearson Korelasyonu



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kırklareli ilinin çeşitli bölgelerinden temin edilen 3 adet kanola balı, 5 adet ayçiçeği balı, 5 adet karaçalı balı ve 5 adet meşe balı olmak üzere toplamda 18 adet bal örneğinin çeşitli kalite özellikleri bakımından incelenmesi amaçlanmış ve elde edilen veriler dikkate alınarak bal örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne uygunluğu ve birbirleri arasındaki farklılıklar saptanmıştır. Brix analiz sonuçlarına göre kanola ballarının brix değerinin %82,20-86,00 arasında, ayçiçeği ballarının brix değerinin %82,73-84,07 arasında, karaçalı ballarının brix değerinin %82,67-85,07 arasında ve meşe ballarının brix değerinin ise %81,20-84,13 arasında olduğu saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik analizi değerlerinin; kanola ballarında $0,174-0,203 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında; ayçiçeği ballarında $0,387-0,454 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında; karaçalı ballarında $0,446-0,745 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında ve meşe ballarında $0,833-1,089 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında değiştiği gözlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değeri ile çiçek ve salgı kaynaklı ballar birbirinden ayrılabilir. Çalışmada elde edilen elektriksel iletkenlik değerlerinin çiçek ve salgı ballarında tebliğde belirtilen limit değerle uyumlu olduğu saptanmıştır. Bal örneklerinin pH değerlerinin, kanola ballarında 3,47-3,56 arasında; ayçiçeği ballarında 3,41-3,77 arasında; karaçalı ballarında 4,33-5,39 arasında ve meşe ballarında 4,44-4,59 arasında olduğu tespit edilmiştir. Optik rotasyon değerleri, kanola ballarında -1,17 ile -0,96 arasında; ayçiçeği ballarında -1,42 ile -1,13 arasında; karaçalı ballarında -0,62 ile +0,02 arasında ve meşe ballarında -0,44 ile +0,14 arasında bulunmuştur. Optik rotasyon değeri balların çiçek balı veya salgı olduğu hakkında bilgi vermektedir. Çiçek balları optik rotasyon açısı negatif değer verirken, salgı balları pozitif değer vermektedir. Elde edilen verilere bakıldığında, çiçek balı olarak bilinen karaçalı ballarından KR4 kodlu balın pozitif değer verdiği, salgı balı olarak bilinen meşe ballarından M2 ve M3 kodlu balların ise negatif değer verdikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında serbest asitlik değerleri incelendiğinde, kanola ballarının asitlik değerlerinin 22,39-27,36 meq/kg arasında; ayçiçeği ballarının asitlik değerinin 27,88-48,17 meq/kg arasında; karaçalı ballarının asitlik değerinin 17,88-26,15 meq/kg arasında ve meşe ballarının 41,34-49,15 meq/kg arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Ballardaki asitlik değerinin yüksek olması mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek baldaki bozulmayı engellemektedir.

Çalışmada en yüksek asitlik değerlerine sahip bal çeşidinin meşe balı olduğu tespit edilmiştir. Bal örneklerinin kül değerlerinin ise kanola ballarında %0,02-0,06 arasında; ayçiçeği ballarında %0,11-0,22 arasında; karaçalı ballarında %0,29-0,38 arasında ve meşe ballarında %0,37-0,61 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Bal örneklerinde viskozite değerlerinin; kanola ballarında 25,22-41,75 Pa.s arasında; ayçiçeği ballarında 17,10-30,71 Pa.s arasında; karaçalı ballarında 9,10-32,45 Pa.s arasında ve meşe ballarında 5,59-27,22 Pa.s arasında değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Balın viskozite değeri içerdiği nem miktarına, analiz sıcaklığına ve bitki kökenine göre değişim göstermektedir. Elde edilen viskozite sonuçları her bal örneğinde farklı aralıklarda değişim göstermiştir. Bunun sebebinin bal örneklerinin farklı nem ve şeker içeriklerine sahip olmalarından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

HMF değerlerinin; kanola ballarında 4,37-6,43 mg/kg arasında; ayçiçeği ballarında 1,39-4,51 mg/kg arasında; karaçalı ballarında 1,30-3,41 mg/kg arasında ve meşe ballarında 0,77-4,22 mg/kg arasında olduğu saptanmıştır. HMF değerinin ballara uygulanan ısı işlem veya uzun süreli depolama ile birlikte artabileceği bilinmektedir. Çalışmamızda incelenen bal örneklerinin tebliğde verilen limit değerin (40 mg/kg) çok altında olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında yapılan diastaz analizi sonuçlarının, kanola ballarında 9,26-11,93 arasında; ayçiçeği ballarında 12,26-18,72 arasında; karaçalı ballarında 14,00-23,95 arasında ve meşe ballarında 13,53-24,58 arasında olduğu belirlenmiştir. Balın tazeliğinin ve kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli parametrelerden biri baldaki diastaz sayısıdır. Balın depolama süresi arttıkça diastaz sayısının azaldığı yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmiştir. Ayrıca balların uygun saklama sıcaklıklarında muhafaza edilmediği durumlarda diastaz sayısının azaldığı ve HMF oluşumunun arttığı ifade edilmektedir.

Bal örneklerinin prolin miktarlarının, kanola ballarında 538,94-577,89 mg/kg arasında; ayçiçeği ballarında 598,40-790,40 mg/kg arasında; karaçalı ballarında 624,72-715,50 mg/kg arasında ve meşe ballarında ise 698,72-884,25 mg/kg arasında olduğu saptanmıştır. Ballardaki prolin miktarı balın kalitesi ve baldaki hilelerin belirlenmesi açısından önemli bir kriterdir. Prolin miktarının baldaki protein miktarını belirlemede rol aldığı bilinmekte, prolin miktarının yüksek olmasının da balı daha değerli yaptığı söylenmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre merkeze bağlı Düzorman

köyünden alınan M3 kodlu balın en yüksek prolin değerine sahip olduğu ve en yüksek prolin miktarlarının meşe ballarında olduğu görülmektedir.

Ballar DPPH antioksidan aktivite analizi kapsamında incelendiğinde sonuçların kanola ballarında 25,85-42,18 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ arasında; ayçiçeği ballarında 50,34-61,43 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ arasında; karaçalı ballarında 36,59-86,43 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ arasında ve meşe ballarında 144,74-192,18 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ arasında olduğu görülmektedir. Diğer bir antioksidan aktivite yöntemi olan ABTS analiz sonuçlarının ise kanola ballarında 0,141-0,190 mg Trolox/g arasında; ayçiçeği ballarında 0,220-0,283 mg Trolox/g arasında; karaçalı ballarında 0,240-0,413 mg Trolox/g arasında ve meşe ballarında 1,333-1,783 mg Trolox/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre her iki antioksidan kapasite metodu verilerinin de meşe ballarında en yüksek düzeyde olduğu, dolayısıyla meşe balının antioksidan aktivitesinin diğer bal çeşitlerinden önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bal örneklerinin toplam fenolik madde içeriği değerlerinin, kanola ballarında 348,09-367,14 mg GAE/kg arasında; ayçiçeği ballarında 327,86-445,71 mg GAE/kg arasında; karaçalı ballarında 492,14-670,71 mg GAE/kg arasında ve meşe ballarında 1052,86-1362,38 mg GAE/kg arasında olduğu saptanmıştır. Meşe ballarının diğer bal çeşitlerine göre oldukça yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı ilçelerden temin edilen bal örneklerinin fenolik madde içeriği arasındaki farklılık göstermesinin, yörenin iklim koşullarından, bitki örtüsünden, yükseltiden ve ürünün üretildiği sezondan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen renk analizi verilerine göre L* değerlerinin, kanola ballarında 45,43-63,01 arasında; ayçiçeği ballarında 54,46-70,27 arasında; karaçalı ballarında 63,63-76,77 arasında ve meşe ballarında 33,65-53,20 arasında olduğu bulunmuştur. Diğer bir parametre olan a* değerlerinin, kanola ballarında (-3,61)-(-0,64) arasında; ayçiçeği ballarında (-6,74)-(-0,45) arasında; karaçalı ballarında (-5,98)-(+0,49) arasında ve meşe ballarında 13,60-24,01 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak b* değerlerinin ise, kanola ballarında 16,13-22,66 arasında; ayçiçeği ballarında 48,91-59,92 arasında; karaçalı ballarında 27,67-59,13 arasında ve meşe ballarında 22,90-47,41 arasında olduğu saptanmıştır. Renk sonuçlarına göre kanola ve ayçiçeği ballarının daha parlak ve sarı renkte olduğu, karaçalı ve meşe ballarının da daha koyu renk karakterine sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda elde edilen verilere göre şeker içerikleri örnek bazında incelendiğinde fruktoz değerlerinin kanola ballarında %35,27-36,59 arasında; ayçiçeği ballarında %35,56-38,47 arasında; karaçalı ballarında %34,28-37,3 arasında ve meşe ballarında %29,80-32,81 arasında olduğu görülmüştür. Glukoz değerlerinin ise kanola ballarında %38,02-40,20 arasında; ayçiçeği ballarında %31,93-39,58 arasında; karaçalı ballarında %28,15-31,79 arasında ve meşe ballarında % 26,94-30,52 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bal Tebliği'nde fruktoz ve glukoz değerlerinin toplamaları ve oranları da önemli birer kriter olarak ifade edilmektedir. F+G değerlerinin kanola ballarında %73,29-76,48 arasında; ayçiçeği ballarında %69,08-76,38 arasında; karaçalı ballarında %62,55-69,11 arasında ve meşe ballarında %57,95-63,32 arasında olduğu hesaplanmıştır. F/G oranlarının ise kanola ballarında 0,93-0,94 arasında; ayçiçeği ballarında 0,90-1,16 arasında; karaçalı ballarında 1,17-1,24 arasında ve meşe ballarında 1,04-1,22 arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda incelenen bal örneklerinin şeker analizi sonuçları irdelendiğinde, F+G verilerinin tebliğ ile uyumlu olduğu (çiçek ballarında 60 g ve üzeri; salgı ballarında 45 g ve üzeri olmalı); F/G oranları açısından da (çiçek ballarında 0,9-1,4 arası; salgı ballarında 1-1,4 arası olmalı) bal çeşitlerinin tamamının tebliğ ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda glukoz içeriği bakımından en yüksek değere sahip balların sırası ile kanola ve ayçiçek balları olduğu belirlenmiştir. Balda glukoz miktarının yüksek olması durumunda kristalleşme görüldüğü ifade edilmektedir. Doğal bir olay olan kristalleşme düşük sıcaklıklarda meydana gelmekte ve oda sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda eski görünümüne kavuşmaktadır. Bu anlamda kanola ve ayçiçeği ballarının çok kolay kristallendiği glukoz içeriklerinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Nitekim çalışmamızda da analizlerinin tamamlanmasının hemen ardından öncelikle kanola ballarının sonrasında da ayçiçeği ballarının kristallenmeye başladığı gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda bal örneklerinin toplam fenolik içeriği ve toplam antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde, ballar arasında en yüksek değerlere sahip olan balların meşe balları olduğu; çiçek balları arasında en yüksek değerlere sahip olan balların ise karaçalı balları olduğu saptanmıştır. Koyu renkli ve kolay kristalize olmayan karakteristik özellikleri ile öne çıkan meşe balının, düşük HMF miktarı, yüksek prolin içeriği ve yine yüksek antioksidan kapasitesi ile önemli bir bal çeşidi olduğu tespit edilmiş, çalışmamızda incelenen diğer ballara nazaran çok daha değerli olduğu belirlenmiştir.

Araştırmamızda bal örnekleri bir çok özellik açısından incelenmiş olup, ayrıca araştırmada elde edilen değerler arasındaki ilişki durumunu belirlemek amacıyla korelasyon testi de uygulanmıştır. Buna göre korelasyon testi neticesinde gözlemlenen değerler incelendiğinde, iletkenlik değerleri ile diastaz sayısı değerleri arasında, ABTS değerleri ile iletkenlik değerleri arasında, toplam fenolik madde içeriği ile iletkenlik değerleri arasında, toplam fenolik madde içeriği ile kül değerleri arasında, diastaz sayısı ile kül değerleri arasında, optik rotasyon değerleri ile pH değerleri arasında, DPPH değerleri ile L* değerleri arasında ve fruktoz değerleri ile L* değerleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli derecede pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan iletkenlik değerleri ile kül değerleri arasında, ABTS değerleri ile a* değerleri arasında ve toplam fenolik madde içeriği ile ABTS değerleri arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde önemli derecede pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilere göre Kırklareli'nin farklı bölgelerinden topladığımız toplamda 18 adet kanola, ayçiçeği, karaçalı ve meşe balının TGK Bal Tebliği'nde belirtilen balların sahip olması gereken özelliklere uygun oldukları görülmüştür. Bu anlamda bal örneklerinin temininde katkıları olan Kırklareli ilinin yerel arı üreticilerinin, arı ürünleri ve bal üretimi hakkında yeterli bilgiye sahip olduklarını, aynı zamanda bu alanda kendilerini geliştirmeye açık oldukları söylenebilir. Diğer bal çeşitlerinden farklı olarak bir salgı balı olan meşe balı ile ilgili literatürde fazla kaynak bulunmamasına rağmen, yapılan çalışmaların sonucunda önemli antioksidan özelliklere sahip olduğu ve sağlık açısından çok faydalı olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte meşe balının, antioksidan ve antimikrobiyal açıdan yüksek değerli bir salgı balı olduğu, bu nedenle çeşitli hastalıkların tedavisinde dahi kullanılabilen bir bal çeşidi olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda, meşe balı 2021 yılında Kırklareli'nin coğrafi işaretli balı olarak tescillenmiş ve bu sayede bilinirliği artmıştır. Bununla birlikte meşe balının daha detaylı olarak incelemesinin yapılacağı çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Ayrıca karaçalı balının da beslenme açısından önemli değerlere sahip olduğu ve üzerinde daha fazla durularak araştırmaların yapılmasının gerekli olduğu ifade edilebilir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz G., Şahin S., Yılmaz Ö., Karataş Ü., Karmaz E., Kabakçı D., Yaşar N.,** (2013). Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ballarının mikroskobik yapısı ve biyokimyasal özelliklerinin karşılaştırılması. Arıcılık Araştırma Dergisi 5(9): 22-25.
- Akgün N.** (2017). *Ordu ilinde üretilen kestane balı, akasya balı, orman gülü ve yayla ballarının fiziksel ve kimyasal aktiviteleri ile antioksidan aktivitelerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Alpat U.** (2018). *Çam balının fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerinin ülkemizde üretilen diğer önemli ballarla karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aksakal, V., ve Erdoğan, Y.** (2020). Arıcılık Üzerine Bilimsel Araştırmalar, Ankara: İksad Yayınevi.
- Anonim,** (2022). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasali> (Erişim tarihi; 28.07.2023).
- Anonim,** (2023). [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF/Raporlar/Ürün Raporu/Arıcılık/2023](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF/Raporlar/Ürün-Raporu/Arıcılık/2023) (Erişim tarihi; 15.03.2024).
- Anupama, D., Bhat, K. K., & Sapna, V. K.,** (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food research international, 36(2), 183-191.
- Apaydın, D.,** (2022). Trakya yöresi ballarının mineral içeriği ve bazı tipik kalite parametreleri açısından değerlendirilmesi. GIDA (2022) 47 (5) 804-819 doi: 10.15237/gida. GD22057
- Bayram, E. N., Yüzer, M. O. & Bayram, S.,** (2019). Melissopalynology Analysis, Physicochemical Properties, Multi-Element Content and Antimicrobial Activity of Honey Samples Collected From Bayburt, Turkey. Uludağ Arıcılık Dergisi, 19(2), 161-176.
- Bayrambaş K.** (2012). *Türkiye’de üretilen balların bazı fizikokimyasal özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Belay, A., Haki, G. D., Birringer, M., Borck, H., Lee, Y. C., Kim, K. T., ... & Melaku, S.** (2017). Enzyme activity, amino acid profiles and hydroxymethylfurfural content in Ethiopian monofloral honey. Journal of food science and technology, 54, 2769-2778.
- Bengü, A. Ş.,** (2022). Balın kimyası, özellikleri ve sağlığımız. Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi, 2(2), 93-98.
- Bogdanov, S.,** (1997). Antibacterial substances in honey. Swiss Bee Res. Center, 17, 74-76.

- Bogdanov, S., Martin, P., & Lullmann, C.,** (2002). Harmonised methods of the international honey commission. Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, 5(1).
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P.,** (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4-S17.
- Brantner AH., & Males Z.,** (1999) Quality assessment of *Paliurus spina-christi* extracts. *Journal of ethnopharmacology* 66(2): 175-179.
- Can Z.** (2014). *Biyoaktiviteleri yönünden türkiye florasına ait baskın ballar ile manuka ballarının karşılaştırılması*, (Doktora tezi) Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Can, Z., Yıldız, O., Sahin, H., Turumtay A, E., Silici, S. & Kolaylı, S.** (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133-141.
- Cemeroğlu, B.,** (2013). *Gıda Analizleri*. Bizim Grup Basımevi, 3. Baskı, 480s, Ankara. (Kül analizi 18s)
- Chirsanova, A., Capcanari, T., Boistean, A., & 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.
- Cınbirtoğlu, Ş., Konak, F. & Akdeniz, G.,** (2015). Bal Arıları (*Apis mellifera* L.) İçin Fındık Bitkisi (*Corylus* sp.) Poleninin Önemi, *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 7(13), 14-16.
- Çınar, S. B., & Ekşi, A.,** (2012). Türkiye’de üretilen çam balının kimyasal profili. *Gıda*, 37(3), 149-156.
- Çimen S.** (2021). *Bala farklı oranlarda mısır şurubu katılarak yapılan tağşişin FTIR-ATR spektroskopisi ile belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Devillers, J., Morlot, M., Pham-Delegue, M. H., & Dore, J. C.,** (2004). Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food chemistry*, 86(2), 305-312.
- Durmaz A E.** (2020). *Çiçek ballarının fenolik bileşik ve aroma bileşenleri üzerine araştırma* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ekmekci, N.,** (2010). *Türkiye’deki Bazı Yöresel Bal Çeşitlerinin Antimutajenik Etkilerinin Salmonella/Mikrozom (Ames) Test Sistemi İle Araştırılması* (Yüksek Lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Elenany, Y. E.,** (2019). Research Article Physiochemical Parameters and Rheological Properties of Citrus, Clover and Marjoram Egyptian Bee Honeys.
- Gül, A.,** (2016). Türkiye’de üretilen bazı monofloral bal örneklerinin biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(12): 1123-1126.
- Güler, A. & Kaftanoğlu, O.,** (1999). Türkiye’deki Önemli Balarısı (*Apis mellifera* L.) Irk ve Ekotiplerinin Göçer Arıcılık Koşullarında Performanslarının Karşılaştırılması, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 3, 577-581.

- Güngör, E ve Ayhan, B. A.,** (2016). Bartın Yöresi Orman Kaynaklarının Bal Üretim Potansiyeli ve Ekonomik Değeri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 108-116.
- Güzel, N., ve Bahçeci, K. S.,** (2019). Çorum Yöresi Ballarının Fenolik Madde İçerikleri İle Renk ve Antioksidan Kapasiteleri Arasındaki İlişki. *Gıda*, 44(6), 1148-1160.
- Güzel, N., ve Bahçeci, K.S.,** (2020). Çorum yöresi ballarının bazı kimyasal kalite parametrelerinin değerlendirilmesi. *GIDA* (2020) 45 (2): 230-241 doi: 10.15237/gida.GD19129
- Haroun I M.** (2006). *Türkiye’de üretilen bazı çiçek ve salgı ballarının fenolik asit ve flavonoid profilinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hepsağ, F.,** (2019). Determination of Total Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Anzer Honey Produced in Rize, Turkey. *The Journal Of Food*, 44(4), 641-653.
- International Honey Commission.** (2009). Harmonised methods of the international honey commission. URL< <http://www.bee-hexagon.net/en/network.htm>> Accessed, 23, 16.
- İşler, N.,** (2015). Kolza (Kanola) tarımı Mustafa Kemal Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü ders notları.
- Kahraman, T., Buyukunal, S. K., Vural A. & Altunatmaz, S. S.,** (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey, *Food Chemistry*, 123, 41-44.
- Kekeçoğlu M., Gürcan E. K. & Soysal M. İ.,** (2007). Türkiye Arı Yetiştiriciliğinin Bal Üretimi Bakımından Durumu, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 227-236.
- Kesic, A., Crnkic, A., Hodzic, Z., Ibrisimovic, N., & Sestan, A.,** (2014). Effects of botanical origin and ageing on HMF content in bee honey. *Journal of Scientific Research and Reports*, 3(8), 1057-1066.
- Khan, F. R., Abadin, Z. U., & Rauf, N.,** (2007). Honey: Nutritional and Medicinal Value. *International Journal of Clinical Practice*, 61(10), 1705-1707.
- Koday, Z. Karadağ, H.,** (2020). Türkiye’deki Arıcılık Faaliyetleri ve Bal Üretiminin Bölgesel Dağılımı (2007-2018). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24 (1), 495-510.
- Kolayli, S., Can Z., Çakir HE., Okan OT., & Yildiz O.,** (2018). An investigation on Trakya Region Oak (*Quercus spp.*) Honeys of Turkey: Their Physico-Chemical, Antioxidant and Phenolic Compounds Properties. *Turkish Journal of Biochemistry* 43(4): 362-374.
- Korkmaz, A.,** (2015). Haydi arıcılığa. Samsun: Yolcu Yayınevi.
- Kul Kalafat, M.,** (2020). *Gümüşhane Yöresi Çiçek Ballarının Kalite Özellikleri ve Antioksidan Aktiviteleri* (Yüksek lisans tezi). Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Kunat-Budzyńska, M., Rysiak, A., Wiater, A., Graż, M., Andrejko, M., Budzyński, M., ... & Ptaszyńska, A. A.** (2023). Chemical composition and antimicrobial activity of new honey varieties. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2458.

- Kurtdede, E., & Sevín, S.,** (2022). Evaluation of Antioxidant Properties and Total Phenolic and Flavonoid Contents of Honey Bee Hive Products Collected from the Ankara Region. *Kocatepe Veterinary Journal*, 15(3), 342-347.
- Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A.,** (2018). Composition and Properties of Apis Mellifera Honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5-37.
- Malkoç, M., Çakır, H., Kara, Y., Can, Z., & Kolaylı, S.** (2019). Phenolic composition and antioxidant properties of Anzer honey from black sea region of Turkey. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19(2), 143-151.
- Malkoç M., Kara Y., Özkök A., Ertürk Ö., Kolaylı S.,** (2019). Karaçalı (*Paliurus Spina-Christi* Mill.) balının karakteristik özellikleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 19(1): 69-81.
- McGuire, R.G.,** (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Mesele, T. L.,** (2021). Review on Physico-chemical Properties of Honey in Eastern Africa. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 33-45.
- Mortaş M.** (2016). *Krem bal üretim parametrelerinin optimizasyonu* (Doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Mutlu, C., Erbaş, M. & Tontul S. A.,** (2017). Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Bazı Özellikler ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, *Akademik Gıda*, 15(1), 75-83.
- Mutlu, C., Erbaş, M.,** (2018). Vakum Kurutma Yöntemi Kullanılarak Üretilen Sade Ve Meyveli Bal Tozlarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *GIDA* (2018) 43 (3) 432-445 doi: 10.15237/gida.GD17113
- Nagai, T., Nagashima, T., Myoda, T., & Inoue, R.** (2004). Preparation and Functional Properties of Extracts from Bee Bread. *Food/nahrung*, 48(3), 226-229.
- Oddo, L. P., Piro, R., Bruneau, E., Guyot-Declerck, C., Ivanov, T., Piskulova, J., & Ruoff, K.,** (2004). Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S38-S81.
- Ough, C. S.,** (1969). Rapid Determination of Proline in Grapes and Wines. *Journal of Food Science*, 34(3), 228-230.
- Ozkok A., Ipek, A. & Sorkun, K.,** (2019). The Origin of the Oak Honey Produced from *Quercus Frainetto* Ten. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(4):2650-2655.
- Öz, M.,** (2004). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.). *Uludağ Arıcılık Dergisi* 106-108.
- Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Uslu, N., Ghafour, K., & Babiker, E. F.** (2017). A traditional food: Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and heather [*Calluna vulgaris* (L.) hull] honeys. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16(1), 78-82.
- Ozkok, A., Sorkun K.,** (2018) Characteristic Features Of Oak (*Quercus frainetto* Ten.) Honey from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(12):8359-8366.
- Ozkok, A., Ozenirler, Ç., Canlı, D., Mayda, N., & Sorkun, K.,** (2018). Monofloral Features of Turkish Honeys According To Mellissopalynologic, Total Phenolic Acid and Total Flavonoid Content. *Gazi University Journal of Science*, 31(3), 713-723.

- Özkök, D., & Silici, S.,** (2018). Effects of Crystallization on Antioxidant Property of Honey. *Journal of Apitherapy*, 3(2), 24-30.
- Pascual-Mate, A., Osés, S. M., Fernandez-Muino, M. A., & Sancho, M. T.,** (2018). Methods of Analysis of Honey. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 38-74.
- Pentos, K., Luczycka, D., Oszmianski, J., Lachowicz, S., & Pasternak, G.** (2020). Polish honey as a source of antioxidants—a comparison with Manuka honey. *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 939-945.
- Pereira, T. C., Cruz, A. G., Guimaraes, J. T., Cravotto, G., & Flores, E. M.,** (2023). Ultrasonication for Honey Processing and Preservation: A Brief Overview. *Food Research International*, 113579.
- Polatçı, H., & Tarhan, S.,** (2009). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine ve Kalitesine Etkisi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2009(1), 61-70.
- Re, R. N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. RiceEvans,** (1999). “Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay,” *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 26 (9–10), pp. 1231–1237, [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Sağlam F.** (2015). *Muğla yöresi çam ballarının depolamaya bağlı olarak bazı kinetik parametrelerinin belirlenmesi ve raf ömrünün tahmini* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sahinler, N., Sahinler, S., & Gul, A.,** (2004). Biochemical Composition of Honeys Produced in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 43(2), 53-56.
- Sak-Bosnar, M., Sakac, N.,** (2012). Direct Potentiometric Determination of Diastase Dctivity in Honey. *Food Chemistry*, 135(2):827-831.
- Sari, E., & Ayyildiz, N.,** (2012). Biological Activities and Some Physicochemical Properties of Sunflower Honeys Collected From The Thrace Region of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 15(23), 1102-1110.
- Saroğlu Ö.** (2018). *Detection of some quality properties and antioxidant activity of bee products like; honey, pollen and propolis obtained from Bayburt and different regions of Turkey* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Saygılı M.** (2017). *Kırklareli ilinde arıcılık faaliyeti yapan üreticilerden toplanan peteklerde antibiyotik ve pestisit kalıntısı aranması* (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Seyhan, M. F., Yılmaz, E., Timirci Kahraman, Ö., Saygılı, N., Kısakesen, H. İ., Eronat, A. P., ... & Öztürk, O.** (2017). Anatolian Honey Is Not Only Sweet but Can Also Protect From Breast Cancer: Elixir for Women From Artemis to Present. *IUBMB life*, 69(9), 677-688.
- Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P., & Andrade, P. B.,** (2009). Honey From Luso Region (Portugal): Physicochemical Characteristics and Mineral Contents. *Microchemical Journal*, 93(1), 73-77.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A.** (1965). “Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents”, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

- Sunay AE** (2006). *Balda orijin tespiti* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Süzer, S.** (2008). Kanola (kolza) tarımı. Hasad Yayıncılık, ISBN No: 9789758377619, 295 s.
- Szczesna, T., Rybak-Chmielewska, H., Was, E., Kachaniuk, K., & Teper, D.** (2011). Characteristics of Polish unifloral honeys. I. Rape honey (*Brassica napus* L. Var. oleifera Metzger). J. Apic. Sci, 55(1), 111-119.
- Şahin G.** (2019). *Bazı balların kimyasal bileşimi üzerine araştırma* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahinler, N. & Toy N. Ö.** (2022). Evaluation of Turkish Beekeeping from 2000 Years to the Present, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(1), 86-91.
- Şeker A.** (2015). *Trakya Bölgesi'ndeki kanola (Brassica Napus L.) tarlalarında görülen abiyotik sorunlar ve beet western yellows virus (bwyv), turnip mosaic virus (tvmv)'lerinin das-elisa ile saptanması* (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Şen, A.,** (2018). Antioxidant and Anti-inflammatory Activity of Fruit, Leaf and Branch Extracts of *Paliurus spina-christi* P. Mill. Marmara Pharmaceutical Journal; 22(2): 328-333.
- Şen K.** (2019). *Trakya yöresi ayçiçeği balı, meşe balı ve karaçalı balı' nın çeşitli kalite özellikleri üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Thakur, M., Gupta, N., Devi, D., Bajiya, M. R., Sharma, R., & Sharma, D.** (2022). Variations in Physicochemical Characteristics of Honey: A Review. The Pharma Innovation Journal, 11(7), 337-348.
- Topa E. A.** (2023). *Analysis of monofloral honeys enriched with dried herbs, spices and lyophilized fruits* (Doktora tezi), University of Debrecen, Kerpely Kalman Doctoral Scholl, Debrecen.
- Tosmur B.** (2004). *Muğla yöresi çam ballarındaki eser element içeriğinin iki farklı spektroskopik yöntem ile analizi* (Yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Tosunoğlu H.** (2020). *Marmara Bölgesi ballarının polen analizi* (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tucak, Z., Periskic, M., Skrivanko, M., & Konjarevic, A.** (2007). The Influence of the Botanic Origin of Honey Plants on the Quality of Honey. Poljoprivreda, 13(1), 234-236.
- Türk Gıda Kodeksi (TGK),** (2020). Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7). Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Türk Patent ve Marka Kurumu (TPK),** (2021). Kırklareli Meşe Balı (Tescil No: 674/2021). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Türk Standardları Enstitüsü (TSE),** (2010). Bal (TS 3036). Ankara, Türkiye.
- Türkiye İstatistik Kurumu,** (2022). Bitkisel Üretim 2.Tahmini (Erişim tarihi; 14.02.2023)

- Türkiye İstatistik Kurumu**, (2023). Hayvansal Üretim İstatistikleri-Arıcılık ve ipek böcekçiliği (Erişim tarihi; 14.03.2024)
- Truzzi, C., Annibaldi, A., Illuminati, S., Finale, C., & Scarponi, G.**, (2014). Determination of Proline in Honey: Comparison Between Official Methods, Optimization and Validation of the Analytical Methodology. *Food Chemistry*, 150, 477-481.
- Ucurum, O., Tosunoglu, H., Takma, Ç., Birlik, P. M., Berber, M., & Kolaylı, S.** (2024). Distinctive properties of the pine, oak, chestnut and multifloral blossom and honeydew honeys. *European Food Research and Technology*, 250(6), 1765-1774.
- Url-1** <<https://ravnaciftlik.com/urun/mese-bali/>>, erişim tarihi 29.05.2024.
- Url-2** <<https://cografiurun.com/urun/kirklareli-mese-bali/>> erişim tarihi 29.05.2024.
- Ülgentürk, S., Cosic, B., Özdemir, I., İpek, A. and Sorkun, K.** (2020). Honeydew producing insects in some forests of Turkey and their potential to produce of honeydew honey. *Baltic Forestry* 26(1): article id 397.
- Winkler, O.**, (1955). Beitrag zum Nachweis und zur Bestimmung von Oxymethylfurfurol in Honig und Kunsthonig. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 102, 161-167.
- Velioğlu, S., ve Köse, G.**, (1988). Ülkemizde Üretilen Ayçiçeği Ballarının Standarda (TS 3036) Uygunluğu Üzerinde Bir Araştırma, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 17: 285-293.
- Vijan, L. E., Mazilu, I. C., Enache, C., Enache, S., & Topală, C. M.** (2023). Botanical Origin Influence on Some Honey Physicochemical Characteristics and Antioxidant Properties. *Foods*, 12(11), 2134.
- Yalazi, E., & Zorba, M.**, (2022). Kaz Dağlarında Üretilen Salgı Ballarının Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 199-209.
- Yanniotis, S., Skaltsi, S., & Karaburnioti, S.**, (2006). Effect of Moisture Content on the Viscosity of Honey at Different Temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 372-377.
- Yardibi, F.M., Gumus, T.**, (2010). Some physico-chemical characteristics of honeys produced from sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). *International Journal Of Food Science & Technology*; 45(4): 707-712.
- Yardibi FM.** (2008). *Tekirdağ yöresinde üretilen ayçiçeği ballarının bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yıldız, İ., Rasgele Göç, P., & Kekeçoğlu, M.**, (2016). Çam, Pamuk, Yayla ve Ayçiçeği Ballarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 16(1), 12-19.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., & Verzera, A.**, (2005). Methods for the Determination of HMF in Honey: a Comparison. *Food Control*, 16(3), 273-277.
- Zivkov Balos, M., Popov, N., Jaksic, S., Mihaljev, Z., Pelic, M., Ratajac, R., & Ljubojević Pelić, D.** (2023). Sunflower honey—evaluation of quality and stability during storage. *Foods*, 12(13), 2585.

Zor, M., Aydın S., Güner ND., Başaran N., Başaran A.A., (2017). Antigenotoxic Properties of *Paliurus spina-christi* Mill fruits and Their Active Compounds. BMC Complementary and Alternative Medicine; 17(1): 1-10.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı		
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruğu		
Telefon		
E-Posta Adresi		

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	
Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Eğitim Dönemi	

Makale ve Bildiriler
Uran, H., Kopuk, B., Özkan, A., & Özyar, Ö. (2022). The effects of different herbs on the quality characteristics of Sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Food and Health, 8(3): 229-240. (TR-Dizin).