

**MUĞLA İLİ ÇAM BALLARININ BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Övgü FEREK
Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2. Danışman: Yrd. Doç. Dr. Devrim OSKAY
2016

T.C.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MUĞLA İLİ ÇAM BALLARININ BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Övgü FEREK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2. DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Devrim OSKAY**

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU danışmanlığında, Övgü FERREK tarafından hazırlanan “Muğla İli Çam Ballarının Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Orhan DAĞLIOĞLU

İmza :

Üye: Prof. Dr. Murat TAŞAN

İmza :

Üye: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. Devrim OSKAY

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. Seap DURAKLI VELİOĞLU

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Harun URAN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MUĞLA İLİ ÇAM BALLARININ BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Övgü FERЕК

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2. Danışman: Yrd. Doç. Dr. Devrim OSKAY

Bu çalışmada, Muğla İlinde bulunan *Pinus brutia* Tenore üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* salgısından üretilen çam balı örneklerinin kalite özelliklerinin (fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikleri) belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Muğla ilinin 5 farklı lokasyonundaki (Köyceğiz, Bodrum, Datça, Menteşe, Yatağan ilçeleri) arı yetiştiricilerinden toplam 15 adet çam balı örneği temin edilmiştir. Bal örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri 0,892- 1,838 mS/cm, optik çevirme değerleri (-0,12)- (+3,51), L^* değerleri 44- 70, a^* değerleri 16- 30, b^* değerleri 76- 88, nem değerleri % 15,6- 18, prolin değerleri 388- 682 mg/kg, diastaz değerleri 9- 21, glukoz oranı % 22,1- 28,76, fruktoz oranı % 28,6- 35,6, sakkaroz oranı % 0- 2,1, trehaloz oranı, % 0- 0,23, maltoz oranı % 0,02- 0,65, melebioz oranı % 0- 0,36, toplam polifenol madde miktarları 27- 48 mgGAE/100g, toplam flavonoid madde miktarları 0,1- 1,5 mgQAE/100g, FRAP değerleri 1,1- 1,52 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ ve DPPH- SC_{50} radikal temizleme aktiviteleri 32 mg/mL- 55 mg/mL arasında bulunmuştur. Lokasyon farklılığı, çam balı örneklerinin elektriksel iletkenlik ve optik çevirme değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0.05$) etkilemiş ancak analiz edilen diğer kalite özellikleri üzerinde lokasyon farklılığının etkisi olmamıştır ($p > 0.05$). Bal örneklerinden hazırlanan polen preparatlarında en fazla polenin Compositae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae familyalarına ve *Erica* ve *Cistus* cinslerine ait olduğu belirlenmiştir. İncelenen bal örneklerinde ayrıca çam balını karakterize eden mantar sporları da saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Muğla, Çam Balı, Bal Kalitesi, Antioksidan, Polen

2016, 112 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF SOME QUALITY PROPERTIES OF MUĞLA PINE HONEYS

Övgü FERЕК

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2nd Supervisor: Assist. Prof. Dr. Devrim OSKAY

In this study, it was aimed to determine the quality properties (physical, chemical and antioxidant properties) of pine honey samples produced from secretion of *Marchalina hellenica* living on *Pinus brutia* Tenore in Muğla Province. For this purpose, 15 pine honey samples collected from the beekeepers who live in 5 different locations (Köyceğiz, Bodrum, Datça, Menteşe, Yatağan). Minimum and maximum values of pine honey samples are as follows; electrical conductivity 0,892- 1,838 mS/cm, optic rotation (-0.12)- (+3.51), L^* 44- 70, a^* 16- 30, b^* 76- 88, moisture content 15.6 %- 18, proline 388- 682 mg/kg, diastase 9- 21, glucose 22.1 %- 28.76, fructose 28.6 %- 35.6, saccarose 0 %- 2.1, trehalose, 0 %- 0.23, maltose 0.02 %- 0.65, melebiose 0 %- 0.36, total polyphenol content 27- 48 mgGAE/100g, total flavonoid content 0.1- 1.5 mgQAE/100g, FRAP (ferric reducing antioxidant power) 1.1- 1.52 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ ve DPPH- SC_{50} radical scavenging activity 32 mg/mL- 55 mg/mL. Different locations significantly affected the electrical conductivity and optic rotation values of the pine honey samples ($p < 0.05$). However, the effect of location differences on the other analyzed quality parameters were not statistically significant ($p > 0.05$). In pollen preparation made from pine honey samples, it was observed that the highest rate of pollen was seen in Compositae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae, *Erica* and *Cistus* types. Fungi spores which characterize pine honey were also observed in the samples.

Key words: Muğla, Pine Honey, Honey Quality, Antioxidant, Pollen

2016, 112 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vi
ŞEKİL DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMA DİZİNİ.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Dünyada ve Türkiye’de arıcılık ve bal üretimi.....	4
2.1.1. Dünyada arıcılık ve bal üretimi.....	4
2.1.2. Türkiye’de arıcılık ve bal üretimi.....	6
2.1.3. Muğla’da arıcılık ve bal üretimi.....	8
2.2. Çam balı.....	9
2.3. Balların sınıflandırılması.....	13
2.3.1. Arıların kullandığı kaynağa göre ballar.....	14
2.3.1.1. Çiçek balı.....	14
2.3.1.2. Salgı balı.....	14
2.3.2. Üretim ve/veya pazara sunuluş şekline göre ballar.....	14
2.4. Balın bileşimi.....	15
2.5. Balın kalite özellikleri.....	16
2.5.1. Balın fiziksel özellikleri.....	16
2.5.1.1. Renk.....	16
2.5.1.2. Kristalizasyon.....	17
2.5.1.3. Viskozite.....	18
2.5.1.4. Elektriksel iletkenlik.....	18

2.5.1.5. Optik aktivite (Optik rotasyon).....	19
2.5.2. Balın kimyasal özellikleri.....	20
2.5.2.1. Balın nem oranı.....	20
2.5.2.2. Şeker profili.....	22
2.5.2.3. Karbon izotop oranı.....	24
2.5.2.4. Balın C4 şeker oranı.....	27
2.5.2.5. Balın asitliği ve pH değeri.....	28
2.5.2.6. Balın mineral madde içeriği.....	30
2.5.2.7. Balın hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği.....	31
2.5.2.8. Diastaz aktivitesi ve diğer enzimler.....	33
2.5.2.9. Prolin değeri.....	35
2.5.3. Balın biyolojik özellikleri.....	36
2.5.3.1. Antioksidanlar.....	36
2.5.3.2. Balın antimikrobiyal özelliği ve sağlık üzerindeki etkileri.....	38
2.6. Balın kalitesini etkileyen diğer faktörler.....	42
2.6.1. Nektarlı bitki türleri.....	42
2.6.2. Depolama koşulları	43
2.6.3. Hasat edilme şekli ve zamanı.....	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
3.1. Materyal.....	45
3.2. Yöntem.....	47
3.2.1. Fiziksel analizler.....	49
3.2.1.1. Optik çevirme.....	49
3.2.1.2. Elektriksel iletkenlik.....	49
3.2.1.3. Renk.....	50
3.2.1.4. Polen analizi.....	50
3.2.2. Kimyasal analizler.....	51
3.2.2.1. Nem.....	51
3.2.2.2. Diastaz sayısı.....	52

3.2.2.3. Prolin miktarı.....	53
3.2.2.4. Şeker analizleri.....	53
3.2.3. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi.....	54
3.2.3.1. Bal ekstraktlarının hazırlanması.....	54
3.2.3.2. Toplam polifenol madde tayini.....	54
3.2.3.3. Toplam flavonoid madde tayini.....	55
3.2.3.4. FRAP metodu ile antioksidan aktivite tayini.....	56
3.2.3.5. DPPH (Radikal Temizleme) metodu ile antioksidan aktivite tayini.....	57
3.2.3.6. SC ₅₀ değerinin bulunması.....	58
3.2.4. İstatistiksel Analizler.....	58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	59
4.1. Fiziksel analiz değerleri.....	59
4.1.1. Elektriksel iletkenlik.....	59
4.1.2. Optik çevirme.....	62
4.1.3. Renk.....	64
4.1.4. Polen.....	66
4.2. Kimyasal analiz değerleri.....	83
4.2.1. Nem.....	85
4.2.2. Diastaz sayısı.....	87
4.2.3 Prolin miktarı.....	89
4.2.4. Şeker profili.....	90
4.3. Antioksidan Analiz Değerleri.....	95
4.3.1. Toplam polifenol madde miktarı (Toplam fenolik madde)	96
4.3.2. Toplam flavonoid madde miktarı	97
4.3.3. FRAP metodu ile antioksidan aktivite.....	98
4.3.4. Serbest radikal temizleme aktivitesi (DPPH)	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
6. KAYNAKLAR.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ÇİZELGE DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1.	2013 yılı koloni varlığı, bal üretimi ve ortalama bal üretiminin ülkeler bazında sıralaması	5
Çizelge 2.2.	Türkiye’de son 10 yılın arıcılık yapan köy ve işletme sayısı, koloni varlığı, balmumu üretimi ve bal üretimi ile koloni başına bal verimi	7
Çizelge 2.3.	Muğla ili’nde son 7 yılın işletme sayısı, koloni varlığı, bal üretimi ve koloni başına bal verimi	8
Çizelge 2.4.	Muğla’da orman işletme müdürlükleri bazında toplam basralı alan miktarı	11
Çizelge 2.5.	Çam balının fiziksel ve kimyasal özellikleri	12
Çizelge 2.6.	Arjantin’e ait yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri	19
Çizelge 2.7.	Farklı balların optik aktiviteleri	20
Çizelge 2.8.	Narenciye ve geven ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri	21
Çizelge 2.9.	Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (<i>Apis mellifera carnica</i>) kolonilerinden elde edilen balların şeker oranları	23
Çizelge 2.10.	Muğla ili çam ballarının serbest asitlik, lakton asitliği, toplam asitlik ve pH değerleri	29
Çizelge 2.11.	İspanya’nın kekik ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri	30
Çizelge 2.12.	Bolu yöresi çiçek ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri	31
Çizelge 2.13.	Romanya’nın çeşitli ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri	32
Çizelge 2.14.	Türkiye’nin kestane, ormangülü ve heterofloral (kekik+geven) ballarının kimyasal özellikleri	34
Çizelge 2.15.	Salgı balı çeşidi olan Söğüt balının fiziksel ve kimyasal özellikleri	37
Çizelge 3.1.	Muğla İli’nde çam balı örneklerinin toplandığı yöreler ve örneklerin kodları	45

Çizelge 3.2.	Çam balı örneklerine uygulanan analizler	47
Çizelge 3.3.	Çiçek ve salgı ballarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonununa göre biyokimyasal limitleri	48
Çizelge 3.4.	Atago Refratometresi ile % nem oranı tayini	51
Çizelge 3.5.	Diastaz aktivitesi için pipetlemeler	52
Çizelge 3.6.	Toplam polifenol (fenolik) madde tayini için deney şartları	54
Çizelge 3.7.	Toplam flavonoid tayininde yapılan pipetleme işlemi	55
Çizelge 3.8.	FRAP yöntemi için deney şartları	56
Çizelge 3.9.	DPPH yöntemi için deney şartları	57
Çizelge 4.1.	Bal örneklerinin fiziksel analiz sonuçları	59
Çizelge 4.2.	Bal örneklerinin elektriksel iletkenlik ve optik çevirme istatistik analiz sonuçları	63
Çizelge 4.3.	Bal örneklerinin kimyasal analiz sonuçları	84
Çizelge 4.4.	Bal örneklerinin Glukoz/ Nem, Fruktoz/ Glukoz ve Fruktoz+ Glukoz değerleri	93
Çizelge 4.5.	Bal örneklerinin antioksidan analiz sonuçları	95

ŞEKİL DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1.	Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>) ağacı üzerinde Çam Pamuklu Koşnili (<i>Marchalina hellenica</i>)	10
Şekil 2.2.	Muğla'da Basralı alanlar	11
Şekil 2.3.	Calvin-Benson (C3) döngüsü	25
Şekil 2.4.	Hatch- Slack (C4) döngüsü	26
Şekil 3.1.	Muğla İli kızılçam ormanlarında bal örneklerinin toplandığı yerler	46
Şekil 3.2.	Toplam polifenol kalibrasyon grafiği	55
Şekil 3.3.	FRAP testi için kalibrasyon grafiği	56
Şekil 3.4.	DPPH tayininde kullanılan Troloks standartının SC ₅₀ grafiği	58
Şekil 4.1.	K1 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri	67
Şekil 4.2.	K2 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri	68
Şekil 4.3.	K3 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri	69
Şekil 4.4.	B1 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri	70
Şekil 4.5.	B2 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri	71
Şekil 4.6.	B3 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri	72
Şekil 4.7.	D1 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri	73
Şekil 4.8.	D2 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri	74
Şekil 4.9.	D3 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri	75
Şekil 4.10.	M1 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri	76
Şekil 4.11.	M2 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri	77
Şekil 4.12.	M3 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri	78
Şekil 4.13.	Y1 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri	79
Şekil 4.14.	Y2 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri	80
Şekil 4.15.	Y3 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\delta^{13}\text{C}$: Karbon İzotop Oranı
AAE	: Askorbik Asit Eşdeğeri
C3	: Calvin- Benson Döngüsü
C4	: Hatch- Slack Döngüsü
CAM	: Crassulacean Asit Metabolizması
Ç.B.	: Çam Balı
DPPH	: 2,2- difenil-1- pikrilhidrazil
FRAP	: Fe (III) İndirgeme Gücü
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
HMF	: Hikroksimetil Furfural
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
M.Ö.	: Milattan Önce
N.D.	: Not Detected (Tespit Edilemeyecek Düzeyde)
TEAC	: Toroloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TPTZ	: 2,4,6-tris(2-pyridlyl)-S-triazin
TS	: Türk Standartları
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
S.B.	: Salgı Balı
SC ₅₀	: Radikal Miktarını Yarıya İndiren Numune Konsantrasyonu

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında desteğini esirgemeyen ve gerekli tüm kolaylıkları sağlayan tez danışmanlarım başta Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU'na ve Yrd. Doç. Dr. Devrim OSKAY'a,

Bal örneklerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve antioksidan analizlerinde yardımlarını esirgemeyip laboratuvarlarını açan ve misafirperverlik gösteren Karadeniz Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI'ya, Yrd. Doç. Dr. Fatma YAYLACI KARAHALİL'e ve Yrd. Doç. Dr. Zehra CAN'a,

Bal örneklerinin polen analizlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Nevin ŞAFAK ODABAŞI'na,

Çalışmalarım boyunca her türlü desteği sağlayan ve her konuda bana yardımcı olan annem Emekli Sosyal Bilgiler Öğretmeni Sibel FERЕК ve babam Emekli Tarım Öğretmeni Ramazan FERЕК'e teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Arıcılık, toprağa bağlı olmadan farklı tarım kolları ile birlikte uyumlu bir biçimde yürütülen bir yetiştiricilik koludur (Karadal ve Yıldırım 2012).

Arıcılığın tarihi insanlık tarihi kadar eskiye uzanmaktadır (Çapar 2010). Balın insanlar tarafından üretilmesi M.Ö. 4000 yıllarına ve tüketimi ise daha eskilere dayanmaktadır. Fransa, İspanya, Mısır ve Türkiye’de bulunan mağaralara çizilen resimler, hiyeroglifler, çok eski tarihlere ait arı fosilleri, taş levhalardaki arıcılığa ait yazılar gibi arkeolojik bulgular bu görüşü destekler niteliktedir (Turan 2012). Bal, tarih boyunca insan beslenmesi ve sağlığı açısından önem taşımıştır (Doğaroğlu 2009).

Arıcılık, insanların ağaç kovukları, kaya boşlukları ve yaşamını sürdürebilir yerler içinde bulunan bal arılarının ballarını kullanmalarıyla başlamıştır. Arıcılık ile ilgili bulgular dünyaya yayılmış olmakla birlikte, bal arılarının gen merkezinin Orta-Doğu olduğuna dair birçok kanıt mevcuttur. Çatalhöyük’te yapılan kazılarda, bal arılarının nektar toplarken ve peteklerin üzerinde gösteren resimler bulunmuştur (Ölmez 2009, Turan 2012).

Ağaç kütükleri, toprak veya kil sepet örerek yapılmış kaplar tarihsel süreç içinde insanlar tarafından kovan olarak kullanılmıştır. Günümüzdeki kovanlar teknolojik açıdan oldukça geliştirilmiştir. Bununla birlikte hala eski tip kovanlar da kullanılmaya devam etmektedir (Ölmez 2009). Bal arılarının değişik kaynaklardan elde ettikleri bal, insanlık tarihinin en eski gıda maddelerinden biridir (Çetin ve ark. 2011).

Bal, tatlı tadı, hafif aroması, çekici rengi, şeker yerine kullanılması ve kalori içeriği yanında, antioksidan özellikteki bileşenler açısından iyi bir kaynak olduğu için tüketiciler tarafından kabul görmüş bir gıdadır (Alves ve ark. 2013).

Türk Gıda Kodeksi’nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği’ne göre bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012).

Nektar kaynağı, balın olgunlaşması, üretim metodları, iklim, proses ve depolama koşulları balın kalitesine ve içeriğine etki eder (Güler ve ark. 2008). Bal, bal arılarının

çiçeklerin nektarlarını kullanarak yaptıkları doğal tatlı bir gıdadır. Çeşitli gıdalarda ve içeceklerde tatlandırıcı ve aroma verici olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca bal, eşsiz kompozisyonu ve kimyasal özelliklerinden dolayı uzun süre depolamaya uygundur (Castro-Vazquez ve ark. 2012).

Balın doğal tatlandırıcı olarak kullanılabilmesinin sebebi, sakkarozdan daha düşük bir glisemik indekse sahip olması ve bileşiminde basit ve kompleks şekerler ihtiva etmesidir. Balın insan vücuduna yararlı etkileri, bilinen bir gerçektir. Söz konusu yararlı etkilerin en önemlileri antioksidan kapasitesi, bağırsak hareketliliğinin geliştirilmesi, sitokin üretimi ve prebiyotik etkidir. Bunlara ilave olarak balın, gıdaların barsaktan emilimini kolaylaştırıcı özelliği de bulunmaktadır (Turan 2012).

Karbonhidratlar balın kuru maddesinin % 95'ini oluşturur. Bunların yanısıra bal, proteinler, enzimler (α - glukosidaz, β - glukosidaz, katalaz, fosfataz), aminoasitler, organik asitler (glukonik asit), lipitler, vitaminler, mineraller ile flavonoidler ve fenolik bileşikler gibi fitokimyasal maddeleri de içermektedir (Escuredo ve ark. 2013).

Bal, glukoz ve fruktozun karışımından oluşan konsantre bir sulu çözelti olmasının yanısıra en az 20 farklı kompleks karbonhidrat, çeşitli amino ve organik asitler, proteinler, enzimler, fenol antioksidanlar, vitaminler, mineraller, pigmentler, mum ve polen tanelerini de içermektedir (Solayman ve ark. 2016).

Bal, glukoz oksidaz, askorbik asit, katalaz, flavonoidler, fenolik asitler, karotenoid türevleri, organik asitler, Maillard reaksiyon ürünleri, aminoasitler ve proteinler gibi enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidantların kaynağıdır. Antioksidan aktivite, floral kaynağa, mevsimsel ve çevresel faktörlere bağlıdır. Balın işlenmesi de ayrıca balın kompozisyonuna ve antioksidan aktivitesine etki etmektedir. Genel olarak yüksek antioksidan aktivitenin koyu renkli ballarda ve ayrıca daha yüksek su içerikli ballarda bulunduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Wilczynka 2014).

Çam balı, bir salgı balı çeşididir. *Pinus brutia* Tenore (Kızılçam ağacı) üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* (Basra böceği)'nin yapmış olduğu balçığı ifrazatının bal arıları tarafından toplanarak kovanlarına taşınması sonucunda üretilmektedir (Sorkun ve ark. 2011). *Pinus brutia*; Türkiye, Yunanistan, Kıbrıs, Girit, Suriye ve Lübnan'da bulunmaktadır. Buna karşın bu böcek sadece Türkiye ve Yunanistan'da yaşamaktadır (Yeşil ve ark. 2005).

Marchalina hellenica Mart ayının ortalarından itibaren çam ağaçlarında görülmeye başlar ve her yıl bir nesil üretir. Ağaç kabuklarının altlarında ve küçük oyuklarda salgıladığı pamuk benzeri örtü ile korunur. Çamdaki ilk ana salgı Ağustos ayının ortalarından sonra ve ikinci salgı Eylül ayında başlar. Kasım ayının sonlarına kadar devam eder (Hatjina ve Bouga 2009).

Marchalina hellenica'nın *Pinus brutia* Tenore'de farklı olarak *Pinus halepensis* Mill. *Pinus silvestris* L. ve *Pinus pinea* L. ağaçlarında da yaşadığı saptanmıştır (Yeşil ve ark. 2005).

Tez kapsamında, 2014 çam balı hasat sezonunda Muğla İl sınırları içerisinde yer alan 5 farklı lokasyonda, *Pinus brutia* Ten. üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* salgısından üretilen çam ballarının kalite özellikleri incelenerek Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belirlenen standartlara uygunluğu ortaya koyulmuş, ülkemizin diğer balları ve dünya ballarının kalite özellikleri ile karşılaştırması yapılmıştır. 2015 çam balı hasat sezonunda da aynı çalışmaların tekrarlanması planlanmış, ancak bu sezonda kuraklıktan dolayı *Marchalina hellenica*'nın gelişimini geç tamamlaması ve tamamladığında da yörede bulunan çiçeklerin nektar verme dönemine girmesi nedeniyle Muğla İli'nde üreticiler saf çam balı hasadı yapamadığından 2. yıl çalışmaları gerçekleştirilememiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Dünyada ve Türkiye’de arıcılık ve bal üretimi

2.1.1. Dünyada arıcılık ve bal üretimi

Arıcılık tüm dünyada yapılan en yaygın tarımsal faaliyetlerden biridir. Günümüzde, dünyada yaklaşık 80986086 arı kovanı bulunmakta ve bunlardan yaklaşık 1663797,73 ton bal üretilmektedir (Çizelge 2.1). Dünyada en çok kovan varlığına (11600000 adet) sahip olan ülke Hindistan’dır. Dünyanın en çok bal üreten (466300 ton) ülkesi ise Çin’dir. Dünya’da arıcılıkta en çok göze çarpan ülkelerde kovan başına ortalama bal üretimi Kanada’da 54, Çin’de 51, Brezilya’da 39, Meksika’da 29, Arjantin’de 26, Amerika Birleşik Devletleri’nde 25 kg’dır. Türkiye’de kovan başına ortalama bal üretimi 14 kg dolayındadır (Anonim 2013).

En fazla bal ihracatı yapan ülkeler Arjantin ve Çin’dir. Dünyada en çok bal ithal eden ülkeler ise; Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Japonya, İngiltere, İtalya, Belçika, İspanya, Fransa, Avusturya ve diğer Avrupa ülkeleridir. Bu ülkelerden Almanya yalnız başına Türkiye’nin bal üretimi kadar bal ithal etmektedir (Anonim 2014a).

Çizelge 2.1. 2013 yılı koloni varlığı, bal üretimi ve ortalama bal üretiminin ülkeler bazında sıralaması (Anonim 2013)

Ülkeler	Koloni varlığı	Bal üretimi (ton)	Kovan başına üretim (kg)
Kanada	630017	34640	54,982
Çin	9020000	466300	51,696
Brezilya	900000	35365	39,294
Meksika	1933105	56907	29,438
Arjantin	2970000	80000	26,936
A.B.D.	2640000	67812	25,686
Almanya	700000	15000	21,428
Rusya	3284176	68446	20,841
Türkiye	6641348	94694	14,258
İspanya	2450000	30613	12,495
İran	3200000	36000	11,250
Yunanistan	1340000	15000	11,194
Etiyopya	5250000	44000	8,380
Hindistan	11600000	61000	5,258
DÜNYA	80986086	1663797,73	20,54

2.1.2. Türkiye’de arıcılık ve bal üretimi

Arıcılık, Türkiye’nin hemen hemen her bölgesinde yapılan geleneksel bir tarım faaliyetidir ve bugün ülkenin bütün illerinde arıcılık yapılmaktadır. Dört mevsimin yaşandığı ülkemiz, farklı ekolojik koşullara uyum sağlayabilen birçok arı ırk ve ekotipi ve yıl boyu nektar ve polen sağlayan oldukça zengin floral kaynaklara sahiptir. Türkiye’nin her bölgesinin ve yöresinin kendine özgü iklim ve çevre koşullarına sahip olması, bu bölgelerde çiçeklenme dönemlerinin farklı olması, arı ürünlerinden daha fazla üretimi amaçlayan arı yetiştiricileri için gezginci arıcılık yapma nedenidir (Anonim 2015a).

Türkiye, coğrafik konumundan ve buna bağlı iklimsel çeşitliliği ve avantajlarından kaynaklanan geniş olanakları nedeniyle zengin bir arıcılık varlığına sahiptir. Türkiye zengin floral kaynakları, arı ırkları ve iklimsel şartları ile arıcılık için en uygun şartların olduğu ülke konumundadır (Şahin ve ark. 2014).

Dünyada mevcut olan ballı bitki tür ve çeşitlerinin % 75’i Türkiye’de bulunmaktadır ve bu ülkemiz için büyük bir doğal zenginliktir (Duru ve ark. 2008). Ülkemiz uygun ekolojisi, zengin bitki örtüsü, farklı iklim kuşaklarına sahip olması ve koloni varlığı bakımından önemli bir arıcılık potansiyeline sahiptir.

Türkiye, bal verimi yüksek kır çiçekleri, endüstri bitkileri (pamuk, kanola, ayçiçeği), geven, narenciye, çok çeşitli meyveler, akasya, kestane, ıhlamur, kızılçam ormanları gibi nektar ve polen sağlayan doğal kaynaklar yönünden arıcılık için son derece şanslı bir coğrafyadadır (Anonim 2015b). Ayrıca dünya çam balının % 90’ı ülkemizde üretilmektedir (Bayraktar 2008).

Ülkemizde 2015 yılı koloni sayısı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 7709636 adet olup, 83467 arıcılık işletmesi bulunmaktadır (Çizelge 2.2). 2015 yılı bal üretimimiz 107665 tondur (Anonim 2014b).

Çizelge 2.2. Türkiye’de son 10 yılın arıcılık yapan köy ve işletme sayısı, koloni varlığı, balmumu ve bal üretimi ile koloni başına bal verimi (Anonim 2014b)

Yıl	Köy sayısı	İşletme sayısı	Yeni Kovan sayısı	Eski Kovan Sayısı	Toplam Kovan sayısı	Bal Üretimi (Ton)	Balmumu Üretimi (Ton)	Koloni başına bal verimi (kg)
2004	22133		4237065	162660	4399725	73929	3471	16,80
2005	22550		4432954	157059	4590013	82336	4178	17,93
2006	22305		4704733	146950	4851683	83842	3484	17,28
2007	21560		4690278	135318	4825596	73935	3837	15,32
2008	21093		4750998	137963	4888961	81364	4539	16,64
2009	21469		5210481	128743	5339224	82003	4385	15,35
2010	20845		5465669	137000	5602669	81115	4148	14,47
2011	21131		5862312	149020	6011332	94245	4235	15,67
2012	21307		6191232	156777	6348009	89162	4222	14,04
2013		79934*	6458083	183265	6641348	94694	4241	14,25
2014		81108*	6888907	193825	7082732	103525	4053	14.61
2015		83467*	7486621	223015	7709636	107665	4750	13.96

*Arıcılık yapan köy sayısı 2013 yılından itibaren arıcılık yapan işletme sayısı olarak değiştirilmiştir.

Türkiye'nin değişik bölgelerinde sahip oldukları flora ya bağlı olarak farklı ballar üretilmektedir. Muğla ve yöresinde çam, Akdeniz bölgesi ve civarında narenciye, Karadeniz bölgesinde kestane balı bilinen ballardır. Bu ve diğer bölgelerimizde ise çok farklı çiçek balları üretilmektedir (Ölmez 2009, Çapar 2010).

2.1.3. Muğla'da arıcılık ve bal üretimi

Muğla ilinde 348 köyde 4947 arıcılık işletmesi 995102 koloniyle arıcılık yapmaktadır (Anonim 2014b). Türkiye'de üretilen çam ballarının % 75-80'i Muğla ilinde üretilmektedir. Türkiye çam balı üretim sahasının % 80'ini Muğla'daki kızılçam ormanları oluşturmaktadır (Bayraktar 2008). Muğla ilinde 385 orman köyünün 260 adedi çam balı üretim sahası olup, Muğla çam balına yurtiçi ve yurtdışında talep oldukça yüksektir (Kıvrak ve ark. 2008).

Muğla ilinin 2015 yılı koloni başına bal verimi 15.28 kg'dir (Çizelge 2.3). Geçmiş yıllara baktığımız zaman 2010 yılında koloni başına bal verimi 10,06 kg'dir (Anonim 2014b). Verimdeki bu düşüklüğün 2010 yılında yaşanan kuraklıktan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şahin 2015).

Çizelge 2.3. Muğla İli'nde son 7 yılın işletme sayısı, koloni varlığı, bal üretimi ve koloni başına bal verimi (Anonim 2014b)

Yıl	Arıcılık yapan köy sayısı (adet)	Arıcılık yapan işletme sayısı (adet)	Kovan sayısı (adet)	Bal üretimi (Ton)	Koloni başına bal verimi (kg)
2015	-	4947	995102	15205,721	15,28
2014	-	4435	827540	15281,663	18,46
2013	-	4060	757542	10901,059	14,39
2012	348	-	710949	10765,257	15,14
2011	333	-	687185	11115,943	16,17
2010	350	-	644505	6488,073	10,06
2009	345	-	599814	11011,68	18,35

*Arıcılık yapan köy sayısı 2013 yılından itibaren arıcılık yapan işletme sayısı olarak değiştirilmiştir.

2.2. am balı

Bal arılarının, bitkiler üzerinde yaşayan sokucu- emici ağız yapısına sahip olan afid, koşnil ve bazı böceklerden topladığı tatlı usareleri kullanarak yaptıkları ballara salgı balı denir. Salgı balları elde edildiği kaynağa göre am balı veya yaprak balı olarak adlandırılır (Gündoğan 2009).

am balının üretimi için, am pamuklu koşnili (*Marchalina hellenica*) (Tananaki ve ark. 2007) veya halk arasında Basra böceği denilen böceğe gereksinim duyulmaktadır (Bayraktar 2008). *Marchalina hellenica*'nın Türkiye'de en çok tercih ettiği ağaç türü *Pinus brutia* Tenore'dir. Ayrıca *Pinus halepensis* Miller ve *Pinus pinea* L. ağaçlarında da bulunmaktadır (Tananaki ve ark. 2007, Ülgentürk ve ark. 2013). Böceğin Yunanistan'da tercih ettiği başka bir ağaç da *Pinus sylvestris* L.'dir (Erlinghagen 2001).

Kızılçam (*Pinus brutia*) ağaçları üzerinde yaşayan am Pamuklu Koşnili (*Marchalina hellenica*), mart ortalarından sonra am ağaçlarında görülmeye başlanmakta ve her yıl bir nesil üremektedir (şekil 2.1). Bu böcek ağaç kabuklarının altında ve kuk oyuklarda salgıladığı pamuk benzeri örtü ile kendini saklamaktadır (ınar 2010). Hortumlarını kızılçam ağacının iletim demetlerine sokarak beslenir. Kızılçam ağacının iletim demetlerindeki zsuyun % 80'i şekerdir ve az bir kısmı proteindir. Koşnil protein ihtiyacını karşılamak için daha fazla özsuyu emer ve fazla gelen karbonhidratı vücudundan dışarıya ifraz eder (Gürkan ve Boşgelmez, 1989). am balının kaynağı da, koşnilin vücudundan dışarı attığı pembe renkteki bu bal şebnemidir. Bal şebnemi, bal arıları tarafından toplanarak kovanlarına taşınır ve vücutlarında enzimlerle birleştirilerek am balı elde edilir.



Şekil 2.1. Kızılçam (*Pinus brutia*) ağacı üzerinde Çam Pamuklu Koşnili (*Marchalina hellenica*) (Anonim 2015a)

Kızılçam ağaçlarının dünyadaki yayılış alanı Türkiye, Yunanistan, Kıbrıs, Girit, Suriye ve Lübnan'dır (Yeşil ve ark. 2012). Çam balı, Türkiye'ye özgü, çiçek ballarının çoğundan daha koyu renkte ve farklı şekilde oluşan ve bal arılarının bir aracı böceğın salgısını kullanarak ürettikleri, kristalizasyona daha dayanıklı bir bal olup dünyada sadece Türkiye ve Yunanistan'da üretilmektedir ve üretim oranları sırasıyla % 90 ve % 10'dur (Tananaki ve ark. 2007, Bayraktar 2008).

Çam pamuklu koşnili (*Marchalina hellenica*) Muğla yöresi kızılçam (*Pinus brutia*) ormanlarında geniş bir yayılış göstermekte ve Türkiye'deki en fazla çam balı üretimi Muğla bölgesinde yapılmaktadır (Ülgentürk ve ark. 2012). Türkiye çam balı üretiminin % 75- 80'i Muğla'daki kızılçam ormanlarından karşılanmaktadır. Türkiye çam balı üretim alanlarının da % 80'i Muğla'dadır (Bayraktar 2008).

Muğla ilinin toplam alanı 1226516,6 hektar olup bunun 830854,8 hektarı orman alanıdır (Çizelge 2.4). Muğla'daki orman alanları içerisinde Basralı alanların toplam miktarı 66,305 hektardır (Avcı 2014).

Çizelge 2.4. Muğla’da orman işletme müdürlükleri bazında ve toplam basralı alan miktarı (Avcı 2014)

İşletmeler	Basralı			Genel Toplam
	Orman	Bozuk*	Toplam	
Kavaklıdere	176,2	10,7	186,9	47486,5
Köyceğiz	3786,6	4587,5	8374,1	118373,3
Muğla	16433,2	2388,2	18821,5	114772,9
Yatağan	3455,7	1110,6	4566,3	82701,8
Yılanlı	-	-	-	75753,1
Milas	10165,6	2708,6	12874,2	272638,5
Marmaris	7642,9	3511,4	11154,3	137950,4
Kemer	2316,6	513,8	2830,3	154789,5
Fethiye	2246,7	440,6	2687,3	133998,2
Dalaman	2381,4	2428,7	4810,1	88052,0
Toplam	48604,9	17700,1	66305,0	1226516,6

*Bozuk: Orman özelliği taşımayan basralı alanlar.



Şekil 2.2. Muğla’da Basralı alanlar (Avcı 2014)

Çam balı, koku ve lezzeti kendine özgü, koyu renkli, reçineli, yüksek viskoziteli, hafif bulanık görümlü ve geç kristalize olan bir salgı balı çeşididir (Yücel 2008).

Çam balı kristalizasyona dayanıklılık özelliği ile tıpta ve gıda sektöründe çeşitli ürünlerde doğal katkı maddesi olarak geniş bir kullanım alanına ve önemli ihracat potansiyeline sahip bir üründür (Bayraktar 2008, Duru ve ark. 2008). Çam balının kıvamı bozulmadan veya donmadan yıllarca saklanabilmesi nedeniyle pazarlaması da kolaydır. (Bayraktar 2008). Çam balı kendine has fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Çam balının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Çınar 2010)

Özellik	Ortalama değer	Değişim aralığı
Nem (%)	15,62	14,40- 16,80
Serbest asitlik (meq/kg)	24,97	16,98- 30,68
Glukoz (%)	27,36	18,97- 35,10
Fruktoz (%)	32,57	25,97- 36,38
Maltoz (%)	2,92	0- 6,19
Sakkaroz (%)	1,19	0- 2,79
Fruktoz/ Glukoz	1,20	1,01- 1,44
Fruktoz+ Glukoz (%)	59,93	44,94- 71,02
Glukoz/su	1,57	1,26 – 1,76
Elektriksel iletkenlik (mS/cm)	1,26	0,82- 1,82
Prolin (mg/ kg)	612	301- 977
Diastaz	19,43	8,30- 38,50
HMF (mg/ kg)	2,45	0,17- 6,64
$\delta^{13}\text{C}_{\text{protein}}$ (‰)	(-25,0)	(-26,6) - (-23,7)
$\delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$ (‰)	(-24,8)	(-27,4)- (-22,7)
$\delta^{13}\text{C}_{\text{protein}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$	(-0,2)	(-1,7) – 1,6
C4 (%)	2,3	0,0 – 11,6

Çiçek ve çam balları arasında, bal kalite kriterlerinden nem, HMF, diastaz bakımından önemli bir fark bulunmamaktadır. Farklılığın belirlenmesinde yararlanılan kriterlerden birisi elektriksel iletkenliktir. Elektriksel iletkenlik, balın üretildiği bitki kaynağının ve kül oranının belirlenmesinde yararlanılan bir kriterdir. Balda asit ve kül içeriğinin artması durumunda balın elektriksel iletkenliği artar. Fruktoz- glukoz oranı, aminoasit, pH, asitlik gibi kriterler de

tek başına çiçek ve çam ballarının ayırt edilmesinde yeterli değildir. Çam balında belirleyici diğer kriter de sadece salgı ballarında bulunan, afid, koşnil ve diğer böceklerin salgıladıkları enzimler tarafından bitki özsularından üretilen erloz ve melezitoz polisakkaritleridir. Çam ballarında mineral madde içeriği çiçek ballarından fazladır ve bu da çam ballarının daha koyu renkli olmasına neden olmaktadır. Koyu renkli ballarda flavonoid madde içeriği yüksektir ve bu bileşikler bala antioksidan özellik kazandırır. Çam balı yüksek flavonoid içermesi nedeniyle güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir (Yücel 2008).

Tananaki ve ark. (2007)'nin Türk ve Yunan çam ballarının uçucu bileşikleri üzerine yaptıkları çalışmada, Türk çam ballarının 3.5.5-Trimethyl-2-cyclopent-1-one, camphene, octanal, 3-carene, trans-linalool-oxide, 2.6-dimethyl-1.3.5.7-octatetraene, santene, bilinmeyen (m/z 55. 79. 91. 107. 123. 165), bilinmeyen (m/z 55. 82. 96. 138. 177) uçucu bileşiklerine sahip olduklarını; 3-carene ve bilinmeyen (m/z 55. 79. 91. 107. 123. 165) uçucu bileşiklerine de sadece Türk çam ballarında rastlandığını söylemişlerdir.

Silici (2011)'nin Muğla'nın Marmaris ilçesinden aldığı çam balı örnekleri ile uçucu bileşenlerin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, nonana1, benzen, 4-hekzen-3-ol, alfa-pinen, ve 2-heptanon gibi uçucu bileşiklerin Türk çam ballarının spesifik orijin belirteçleri olduğu belirtilmiştir.

2.3. Balların sınıflandırılması

Ballar Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (Sayı: 2012/58) göre iki şekilde sınıflandırılmaktadır (Anonim 2012).

(I) Arıların kullandığı kaynağa göre:

Çiçek balı
Salgı balı

(II) Üretim ve/veya pazara sunulmuş şekline göre:

Petekli bal
Süzme bal
Petekli süzme bal
Sızma bal
Pres balı
Filtre edilmiş bal

2.3.1. Arıların kullandığı kaynağa göre ballar

2.3.1.1. Çiçek balı

Çiçek balı, bal arılarının bitkilerin çiçeklerinden topladıkları nektarlardan yaptıkları bal olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012). Pamuk, narenciye, geven, üçgül, gökbak, akasya, fiğ, ayçiçeği vb. balları çiçek balı grubuna örnek olarak gösterilebilir (Çapar 2010).

2.3.1.2. Salgı balı

Salgı balı, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarından elde edilen bal olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012).

Bal şebnemi (bal çiği, bal özü), floem özsuğu ile beslenen böceklerin, yoğun şeker içeriğine sahip rektal salgıdır. Sokucu- emici ağız yapısına sahip olan bazı böcekler kendileri için gerekli besin maddelerini floem özsuğundaki yoğun şeker çözeltisinden karşılarlar ve vücutları için gerekli besin maddelerini aldıktan sonra, geri kalan şekerli maddeyi dışkı olarak dışarı atarlar (Yeşil ve ark. 2012, Özkök 2009). Dışarı atılan bu ifrazat içerisinde yüksek miktarda karbonhidrat bulunmaktadır (Yeşil ve ark. 2012). Bal arıları bu yoğun şekerli ifrazatı toplayarak kovana getirirler ve bal midelerinde bulunan çeşitli enzimlerle bala dönüştürürler. Böylece, meydana gelen bal salgı balı olarak adlandırılır (Özkök 2009).

Türkiye’de salgı balları içerisinde en çok bilinen bal çam balıdır (Çınar ve ark. 2014). Çam balları genellikle Ege ve Akdeniz kıyılarındaki kızılçam ormanlarının yaygın olduğu yörelerde elde edilmektedir (Çapar 2010).

2.3.2. Üretim ve/veya pazara sunuluş şekline göre ballar

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne (Sayı: 2012/58) göre Üretim ve/veya pazara sunuluş şekline göre sınıflandırılan ballar şöyledir (Anonim 2012):

Petekli bal: Kuluçka amaçlı kullanılmamış olan saf balmumundan hazırlanmış temel peteklerin veya arılar tarafından yapılmış peteklerin gözlerinde depolanmış ve tamamı veya büyük bölümü sırlanmış olarak satışa sunulan bal,

Süzme bal: Sırları alınan yavrusuz peteklerden santrifüj yolu ile elde edilen bal,

Petekli süzme bal: Petekli süzme bal: Süzme bal içerisinde petekli bal parçaları ile hazırlanmış bal,

Sızma bal: Sırları alınmış yavrusuz peteklerden sızdırılarak elde edilen bal,

Baskı balı: Yavrusuz peteklerin doğrudan veya 45 °C'yi aşmamak üzere ısıtılarak preslenmesi ile elde edilen bal,

Filtre edilmiş bal: Yabancı organik veya inorganik maddelerin filtrasyon yolu ile uzaklaştırılması sırasında polen içeriği önemli ölçüde azalmış baldır.

2.4. Balın bileşimi

Bal arıları, çiçeklerde bulunan nektarları veya böcekler tarafından bitkiler üzerinde oluşturulan tatlı salgıları toplayarak bal elde ederler. Nektar veya tatlı salgı, bal arısının sindirim sisteminin değişikliğe uğramış bir parçası olan bal midesinde nektarı bala dönüştüren çeşitli enzimler tarafından işlem görür. Daha sonra bal arıları tarafından petek gözlerine depolanır ve suyu uçurularak bala dönüştürülür (Karadal ve Yıldırım, 2012). Elde edildiği nektara göre bal, renk, lezzet, koku ve kimyasal kompozisyonu ile çeşitlilik göstermektedir. (Tosmur 2004, Karadal ve Yıldırım, 2012).

Bal, yapısında bulunan maddelerin çeşitliliği nedeniyle oldukça değişken bir içeriğe sahiptir ve öncelikli olarak elde edildiği floral kaynaklara bağlıdır (Alvarez-Suarez ve ark. 2010). Balın bileşimi, bal arılarının kullandığı bitki türüne yani nektarın özelliğine, iklime, bal arısının cinsi ve yaşına, elde edildiği yöreye ve hasat edilme zamanına göre de oldukça farklı yapılar gösterebilmektedir (Doğaroğlu 2009, Ölmez 2009).

Bal, şeker ve suyla iyice doymuş bir solüsyondur. Fruktoz (% 38) ve glukoz (% 31) şekerleri asıl bileşenlerini oluşturmaktadır. Fenolik bileşenler, mineraller, proteinler, serbest aminoasitler, vitaminler ve enzimler de minör bileşenleri oluşturur (Alvarez-Suarez ve ark. 2010, Gorjanovic ve ark. 2013) Bunlardan farklı olarak karotenoidler, Maillard reaksiyon ürünleri ve organik asitler de ihtiva etmektedir (Das ve ark. 2015). Balın yüksek viskozitesi ve kalitesi, yüksek konsantrasyondaki şeker miktarına bağlıdır (Özkök 2009).

Bal; şekerler, proteinler, vitaminler, mineraller, hidrosimetilfurfural (HMF), enzimler, flavanoidler, fenolik asitler, uçucu bileşikler gibi yaklaşık 181 madde içermektedir (Özkök 2009). Balın içeriğinde antioksidan özelliğe sahip bileşenler de bulunur. Bunlar;

fenolik asit ve flavonoidler, glukoz oksidaz ve katalaz, askorbik asit, protein ve karotenoidlerdir (Alvarez-Suarez ve ark. 2010)

2.5. Balın kalite özellikleri

2.5.1. Balın fiziksel özellikleri

2.5.1.1. Renk

Renk, balın sınıflandırılmasında önemli kalite kriterlerindedir (Çınar 2010). Balın renk skalasına bakıldığında rengi açık renkten koyu ambere, hatta siyah renge kadar değişmektedir (Sorkun ve ark. 2011).

Melanoidin gibi Maillard reaksiyonu ürünleri balın rengine katkıda bulunmaktadır. Maillard reaksiyonu ya da enzimatik olmayan esmerleşme, amino asitlerin amino grupları ile indirgen şekerler arasında oluşur ve balın muhafazasında sıklıkla karşılaşılan bir yan etkisidir. Muhafaza boyunca balın renginin koyulaşması, tüketici tercihini olumsuz etkileyen bir faktördür. Uzun süre ve özellikle yüksek sıcaklıkta muhafaza, balın daha koyu renkli olmasına neden olur (Karadal ve Yıldırım 2012).

Bunun dışında balın rengi, yapıda bulunan minerallere ve polifenollere bağlıdır. Balın rengi ile içeriğindeki kül miktarı arasında doğru orantı bulunmaktadır. Genel olarak koyu renkli ballar bünyesinde daha fazla, açık renkli ballar daha az mineral bulundurmaktadır (Ulusoy 2010).

Ayrıca, balın ısı işlem görmesi ve uzun süre ağzı açık kaplarda bekletilmesiyle balın rengi değişmektedir (Gündoğan 2009). Koyu renkli ballar mineral madde yönünden daha zengindir (Özkök 2009).

Balda renk Hunter sistemi ile ölçülür (Can ve ark. 2015). Bu sistemde balın rengi Hunter Lab değerleri ile ifade edilir (Üren 1999). L aydınlık/ karanlık (0 siyah, 100 beyaz), a kırmızı ve yeşillik değeri ($-a$ yeşil, $+a$ kırmızı), b ise sarı ve mavilik ($-b$ mavi, $+b$ sarı) değeridir (Üren 1999, Wilczynka 2014, Can ve ark. 2015).

Can ve ark. (2015)'nın Türkiye'de üretilen farklı bal çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmaya göre; akasya balı en açık renkli (L^* değeri 88); orman gülü, karışık çiçek, lavanta, geven, ıhlamur balları (L^* değerleri sırasıyla 79, 78, 62, 74, 78) açık renkli; meşe, püren ve kestane balları (L^* değerleri sırasıyla 42, 46, 47) da koyu renkli ballar olarak bulunmuştur.

İspanya ballarının (multifloral, salgı, püren, yonca, lavanta ve korunga balları) renk değerleri ve antioksidan aktiveleri üzerine yapılan bir çalışmada, L^* değerleri 26,07 ve 71,01 arasında olup ortalama değer 48,24, a^* değerleri 0,17 ve 15,64 arasında olup ortalama değer 8,94, b^* değerleri 23,80 ve 43,46 arasında olup ortalama değer 33,82 olarak bulunmuştur. Lavanta balının L^* değeri 43,16 ile 71,01 arasında olup en yüksek L^* değerine sahip olduğu saptanmıştır. Püren balının L değeri 29,8 ile 57,36 arasında olup en düşük L^* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Yine püren balında a^* değeri (kırmızılık) 7,19 ile 15,64 arasında olduğu tespit edilmiştir. b^* değerlerinin ise bütün ballar için pozitif skalada yani hepsinin sarı alanda olduğu bulunmuştur (Sancho ve ark. 2016).

2.5.1.2. Kristalizasyon

Çözelti halinde bulunan bir karışımda, çözünen maddenin konsantrasyonu artarsa karışım öncelikle doygun çözeltiye dönüşür, daha sonra çözünen madde sıvıdan ayrılır ve sonuç olarak da kristalleşir. Baldaki kristalizasyon uygulanan ısı işleme, balın su içeriğine ve glukoz/ fruktoz oranı ile glukoz/ su oranına bağlıdır (Doğaroğlu 2009, Çınar 2010).

Balın yapısında bulunan glukoz moleküllerinin sudan ayrılması ve bu moleküllerin baldaki diğer partikülleri de aralarına alarak küçük kristaller halinde çökmesi durumunda kristalizasyon meydana gelir (Karadal ve Yıldırım 2012).

Balın kristalizasyonu, çoğu tüketiciye göre önemli bir kalite kriteridir ve hileli olduğu anlamına gelmektedir. Fakat bu yanlış bir düşüncedir. Pek çok doğal ve kaliteli bal çok çabuk hatta süzme aşamasından hemen sonra bile kristalize olmaya (şekerlenmeye) başlayabilir (Gündoğan 2009).

Balın fruktoz oranı düşerken glukoz oranının artması kristalizasyonun artması anlamına gelmektedir. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalara göre balın şekerlenme eğiliminin belirlenmesinde daha çok glukoz/su oranı üzerinde durulmaktadır. Glukoz/su oranı 1,7' den daha düşük balların kristalize olmadığı, bu oranın 2,1' den daha yüksek olduğu balların ise kısa sürede kristalize olduğu bildirilmektedir (Gündoğan 2009).

Genellikle balın petek yüzeylerinin bal arıları tarafından 1/2-2/3'ünün sırlanmasından sonra, yani balın yeterince olgunlaşmadan erken hasat edilmesi sonucunda bal içermesi gerekenden fazla su içerir. Bu durum balın erken kristalleşmesine ve depolama esnasında fermantasyona uğramasına yol açar (Çınar 2010).

Kristalleşme eğilimini azaltmak ya da geciktirmek amacıyla balda ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Isıtma işleminin bir diğer amacı da bala bulaşan mikroorganizmaları yok etmektir (Tosi ve ark. 2002).

2.5.1.3. Viskozite

Viskozite, sıvı bir maddenin akmaya karşı direncidir. Akıcılığı az olan ballarda viskozite yüksek, akıcılığı fazla olan ballarda ise viskozite düşüktür (Çapar 2010). Viskozite, balın kompozisyonuna, nem içeriğine ve yüksek şeker konsantrasyonuna bağlı olup disakkaritler daha fazla viskozite kazandırır (Karadal ve Yıldırım 2010, Çınar 2010). Balın, şeker konsantrasyonu bakımından yüksek bir çözelti olması, yüksek viskoziteye sahip olmasına sebep olmaktadır (Çınar 2010). Balın viskozitesi, içeriğindeki su miktarı arttıkça azalmaktadır (Sorkun ve ark. 2011). Balın viskozitesine sıcaklık, nem ve ayrıca kristal ve kolloid içeriği de etki eder (Yanniotis ve ark. 2006).

Balın viskozitesi, bal işlemede kullanılan ekipmanların tasarlanmasında ve kullanılmasında göz önünde bulundurulması gereken önemli fiziksel ve duyuşal karakteristiklerinden birisidir (Yanniotis ve ark. 2006, Karadal ve Yıldırım 2012). Bala yüksek ısı işlem uygulamaları viskoziteyi azaltmaktadır. Ancak yüksek ısı işlemi uygulanmış ballar tekrar oda sıcaklığına getirilip bekletildiğinde viskoziteleri artmaktadır (Karadal ve Yıldırım 2012).

2.5.1.4. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik bir materyalin taşıyabildiği elektrik akımının miktarıdır ve baldaki mineral ve asit içeriğini belirlemek için ölçülür. Yüksek mineral konsantrasyonuna sahip balların elektriksel iletkenliği de yüksektir (Solayman ve ark. 2016).

Fiziksel özelliklerden elektriksel iletkenlik, balın mineral madde içeriğine, organik asitlere, proteinlere göre değişir ve salgı balları ile çiçek ballarının ayrımında kullanılır (Özkök 2009, Çınar 2010, Karadal ve Yıldırım 2012). Elektriksel iletkenlik ile kül içeriği arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Genelde, salgı ballarının elektriksel iletkenliği, çiçek ballarından daha yüksektir (Çınar 2010).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre; salgı ballarının elektriksel iletkenliği en az 0.8 mS/cm, çiçek ballarının ise en fazla 0.8 mS/cm olmalıdır (Anonim 2012).

Karabagias ve ark. (2014a) Yunanistan’da üretilen çam ballarında yaptıkları çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerini 0,414 mS/cm ile 1.748 mS/cm arasında bulmuşlardır. Elektriksel iletkenlikleri 0.8 mS/cm’den düşük çıkan çam ballarına çiçek balı karışmış olma ihtimali yüksektir. Ciappini ve ark. (2016), yonca balının elektriksel iletkenliğini 270 μ S/cm, okaliptüs balının elektriksel iletkenliğini de 420 μ S/cm olarak bulmuşlardır (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Arjantin’e ait yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri (Ciappini ve ark. 2016)

Özellik	Yonca balı	Okaliptüs balı
Nem (%)	17,1	17,3
Serbest asitlik (meq/kg)	19,5	22,3
Diastaz	21,9	21,7
Fruktoz (%)	40,5	41,2
Glukoz (%)	34,3	34,5
Sakkaroz (%)	1,0	0,9
Maltoz (%)	1,7	1,8
Optik rotasyon	-6,40	-7,23
Elektriksel iletkenlik (μ S/cm)	270	420
HMF (mg/kg)	6,7	7,2
Toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/100g)	51,5	133,6
Toplam flavonoid madde miktarı (mgQE/100g)	3,3	4,5

2.5.1.5. Optik aktivite (Optik rotasyon)

Optikçe aktif maddelerin çözeltilerinin optik çevirmesi polarimetreyle ölçülür. Polarimetrede optik izomerlerin polarize ışık düzleminde oluşturduğu çevirme açısı belirlenir. Bu açı optikçe aktifliğin bir ölçüsüdür. Polarize ışık düzlemindeki çevirme saat yönünde ise pozitif (+), saat yönünün aksine ise negatif (-) olarak nitelendirilir (Köksel 2005).

Mono ve oligosakkaritler asimetrik karbon atomu içerdikleri için optikçe aktiftirler. Yani polarize ışığı sağa (+) veya sola (-) doğru çevirirler. Balın içeriğinde bulunan monosakkaritlerden β - D fruktozun spesifik çevirme derecesi $-133,5$, α - D glukozun $+52,7$ ve sakarozun ise $+66,5$ ’tir. Balların polarize ışığı çevirmesinin tiplerine göre değiştiği bildirilmiştir (Çınar 2010). Çiçek balları polarize ışığı sola (negatif optik rotasyon), salgı balları ise polarize ışığı sağa (pozitif optik rotasyon) çevirmektedirler (Kartal 2012).

Çizelge 2.7. Farklı balların optik aktiviteleri (Can ve ark. 2015)

Bal çeşitleri	Optik Aktivite $[\alpha]_{20}$
Kestane	-2,73
Meşe	0,74
Püren	-2,63
Çam	1,38
İhlamur	-1,58
Akasya	-3,46
Multifloral	-2,12

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada optik rotasyon çam ve meşe ballarında dekstrorotator (+), çiçek ballarında ise levorotator (-) olarak bulunmuştur (Çizelge 2.7).

2.5.2. Balın kimyasal özellikleri

2.5.2.1. Balın nem oranı

Balın olgunluğunu ve raf ömrünü değerlendirmede, balın nem oranı önemli bir parametredir. Süzme balın petek gözlerinin sırla tamamen kapatılmamış peteklerden elde edilmesi, hasat sırasındaki iklim koşulları ve olumsuz muhafaza şartları, su içeriğini artmasına neden olur (Karadal ve Yıldırım 2012).

Balın nem oranının yüksek olması, bazı ballarda kristalleşmeyi hızlandırabilir (Sorkun ve ark. 2011). Nem, balın kristalizasyonu ve viskozitesi gibi fiziksel özelliklerini etkilediği gibi rengini, lezzetini, tadını, özgül ağırlığını, çözünübilirliğini de etkilemektedir. Yüksek nem içeriği, depolama esnasında osmotolerant mayaların fruktoz ve glukozu kullanarak etil alkol ve karbondioksit elde etmeleri sonucunda oluşan istenmeyen fermentasyona neden olabilir. Açığa çıkan alkol oksijen varlığında asetik asit ve suya dönüşebilir ve sonuç olarak fermente olan bal ekşi bir tada sahip olabilir (Escuredo ve ark. 2013).

Bal yapı itibarı ile higroskopik özelliğe sahiptir. Bu özellik, içeriğindeki higroskopik özellik gösteren fruktoz miktarının glikoz miktarından fazla olmasıyla alakalıdır (Kahraman 2012). Bu nedenle balın nem miktarı; hasat zamanındaki havanın nemi, saklandığı kapların nem geçirgenliği, depolandığı yerin bağıl nemi gibi faktörlere de bağlıdır (Çınar 2010). Ayrıca balın nem miktarına; bitki kaynağı, sıcaklık, yağış, peteğin sırlanma durumu, süzme ve pazarlama sırasındaki işlemler, balın olgunlaşma derecesi de etki etmektedir (Tosmur 2004).

Uçkun (2011), narenciye ve geven balları üzerine yaptığı çalışmada nem oranlarını narenciye balında % 15,6±0,57, geven balında ise % 13,1±0,93 olarak bulmuştur (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Narenciye ve geven ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Uçkun 2011)

Özellik	Narenciye balı	Geven balı
Nem (%)	15,6±0,57	13,1±0,93
pH	3,10±0,00	3,11±0,00
Toplam asitlik (meq/kg)	29,9±0,14	20,9±0,16
İnvert şeker (%)	79,6±0,10	77,6±0,57
Toplam şeker (%)	83,6±0,85	84,4±0,50
HMF (mg/kg)	1,33±0,01	10,7±0,57
<i>L</i> *	63,16±0,09	57,49±0,06
<i>a</i> *	-1,40±0,13	-3,00±0,03
<i>b</i> *	20,93±0,27	12,57±0,04

TGK Bal Tebliğine göre baldaki nem oranı % 20'den, püren balında ise % 23'ten az olmalıdır (Anonim 2012). Çınar (2010), Türkiye'de çam balı üretilen bölgelerden toplanan çam balı örneklerinde nem miktarını ortalama % 15,62 olarak bulmuştur. Karabagias ve ark. (2014a) Yunanistan'da üretilen çam ballarında yaptıkları çalışmada, balların nem oranlarını % 10,50 ile % 20,50 arasında bulmuşlar ve buna neden olarak balın hasat zamanını ve petek gözündeki olgunluk seviyesini göstermişlerdir.

Küçük ve ark. (2007)'nin Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen ballarda yaptıkları çalışmada karışık çiçek balının nem oranı % 17, kestane balının nem oranı % 19,7, orman gülü balının nem oranı ise % 19 bulunmuştur. Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'de üretilen farklı bal çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek nem oranı akasya (% 20,80) ve püren (% 20,86) ballarında bulunmuştur.

Yine Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan pamuk, kestane, ayçiçek, narenciye, yayla, karışık çiçek, çam ve meşe ballarıyla yapılan bir çalışmada nem değerleri % 13,70 (meşe balı) ile % 20,80 (kestane balı) arasında değişmiştir (Haroun 2006).

2.5.2.2. Şeker profili

Balın karbonhidratlı bir madde olmasından dolayı kuru maddesinin % 95- 99'unu şekerler oluşturur (Tosmur 2004). Bunun % 85- 95'ini fruktoz ve glukoz şekerleri meydana getirir. Sakkaroz, maltoz, izomaltoz, erloz, kestoz, melezitoz, refinoz, ve dektroz bal içerisinde tespit edilen diğer şekerlerden bazılarıdır (Tosmur 2004, Özkök 2009).

Balda en fazla fruktoz ve glukoz bulunur. Bala tadını veren bu iki monosakarit, bitkilerin nektarlarında veya bitkiler üzerinde yaşayan böceklerin salgılarında bulunan sakkarozun invertaz enzimi ile inversiyona uğraması sonucu meydana gelmektedir (Gündoğan 2009, Turan 2012, Bayrambaş 2012). Balın tatlılık, higroskopik özelliği, viskozite, granülasyon, enerji değeri (304 kcal/100g) gibi özellikleri fruktoz ve glukoz monosakkaritlerinden kaynaklanmaktadır (Bayrambaş 2012).

Genel olarak bütün ballarda fruktoz miktarı glukoz miktarından fazladır. Fakat kolza (*Braspicanapus*) ve karahindiba çiçeği (*Taraxacum officinale*) gibi bitkilerden elde edilen ballarda glukoz oranı daha yüksek olabilmektedir (Bayrambaş 2012).

Şekerler balın genel olarak viskozite, nem çekme özelliği, enerji değeri, kristalizasyon gibi fiziksel özelliklerini belirlediği için bal, çeşitli gıdalarda bileşen olarak kullanılmaktadır. Balların şeker profilleri, glukoz veya fruktoz miktarının hangi ballarda ne kadar bulunduğunu ortaya koyar. Diğer taraftan şeker profili analizi ile belirlenen melezitoz ve erloz gibi oligosakkaritlerin miktarı salgı balını çiçek balından ayırt etmek amacıyla kullanılmaktadır. (Turan 2012).

Turan (2012), Kırklareli İzole bölgesinden temin ettiği ballarda ortalama fruktoz, glukoz, sakkaroz, turanoz, maltoz, izomaltoz, erloz ve maltotrioz miktarlarını sırasıyla; % 35,5, % 28,2, % 0,12, % 2,47, % 2,9, % 1,1, % 1,28 ve % 0,13 olarak bulmuştur (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9. Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların şeker oranları (Turan 2012)

Şeker (%)	Ortalama değer	Değişim aralığı
Fruktoz	35,5	31,9- 38,2
Glukoz	28,2	24,4- 33,0
Sakkaroz	0,12	0,1- 0,7
Turanoz	2,47	1,2- 3,3
Maltoz	2,9	1,5- 3,6
İzomaltoz	1,1	0,1- 1,8
Erloz	1,28	0,1- 2,7
Maltotrioz	0,13	0,1- 0,5

Bal aslında, fruktoz, glukoz, maltoz, sakkaroz ve diğer oligo ve polisakkaritler gibi çeşitli karbonhidratların sulu çözeltisidir. İspanya’da çeşitli ballar üzerine yapılan bir çalışmada; püren, böğürtlen, okaliptüs ve polifloral ballarda karbonhidratların en fazla, salgı ve kestane ballarında ise karbonhidratların en az olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada salgı balının fruktoz içeriğinin püren balına göre az bulunduğu ve böğürtlen balının glukoz içeriğinin ise kestane balına oranla daha fazla bulunduğu rapor edilmiştir. Salgı balının melezitoz oranının böğürtlen ve okaliptüs balından fazla olduğu belirlenmiştir (Escuredo ve ark. 2013).

Türk Gıda Kodeksi’nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği’ne göre çiçek ve salgı ballarında sakkaroz en fazla 5 g/ 100 g, Yalancı akasya (*Robina pseudoacacia*), Adi yonca (*Medicago sativa*), Menzies Banksia (*Banksia meziesii*), Tatlı yonca (*Hedy sarum*), Kırmızı okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*), Meşin ağacı (*Eucryphia lucida*, *Eucryphia milliganii*) ve Narenciye ballarında 10 g/ 100 g, Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Fıstık çamlarından (*Pinus pinea*) elde edilen salgı ballarında 10 g/ 100 g olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Çavrar ve ark. (2013), farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada karışık çiçek balının fruktoz oranını % 39,5, glukoz oranını % 29,95, sakkaroz oranını % 0,13, maltoz oranını % 1,66, riboz oranını % 0,21, arabinoz oranını % 0,06; kestane balının fruktoz oranını % 40,81, glukoz oranını % 25,30, sakkaroz oranını % 0,05, maltoz oranını % 0,07, riboz oranını % 0,68; çam balının fruktoz oranını % 38,99, glukoz oranını % 27,66, sakkaroz oranını % 0,45, maltoz oranını % 2,40, riboz oranını % 0,23; ormangülü balının fruktoz oranını % 40,05,

glukoz oranını % 29,60, sakkaroz oranını % 0,38, maltoz oranını % 0,51, riboz oranını % 1,00; sakkaroz şurubu ile yapılmış sahte balın fruktoz oranını % 35,79, glukoz oranını % 31,01, sakkaroz oranını % 1,23, maltoz oranını % 1,89, riboz oranını % 0,18 olarak bulmuşlardır. Arabinoz şekerine kestane, çam, ormangülü ve sakkaroz şurubu ile yapılmış sahte balda rastlanmamıştır.

Yine Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda fruktoz+ glukoz miktarı çiçek balı için 100 g' da 60 g, salgı ballarında ise 100 g'da 45 g olarak; fruktoz/ glukoz oranı ise çiçek ballarında 0,9 - 1,4, kestane balında 1,0-1,85, akasya balında 1,2-1,85, kekik balında 1,0-1,65, salgı ballarında ise 1,0-1,4 olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Küçük ve ark. (2007)'nin Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen ballarda yaptıkları çalışmaya göre karışık çiçek balının sakkaroz oranı 1,47 g/100 g , kestane balının sakkaroz oranı 2,87 g/100 g, orman gülü balının sakkaroz oranı ise 3,34 g/100g bulunmuştur.

2.5.2.3. Karbon izotop oranı

Bal, yüksek besleyici özelliği ve beraberinde antibakteriyal, prebiyotik, antioksidan ve antimutajenik özelliklere sahip olmasıyla nitelendirilir. Bu özelliklerinden dolayı balın fiyatı diğer tatlandırıcılara göre yüksektir ve tağşişe açık bir gıdadır (Cengiz ve ark. 2014).

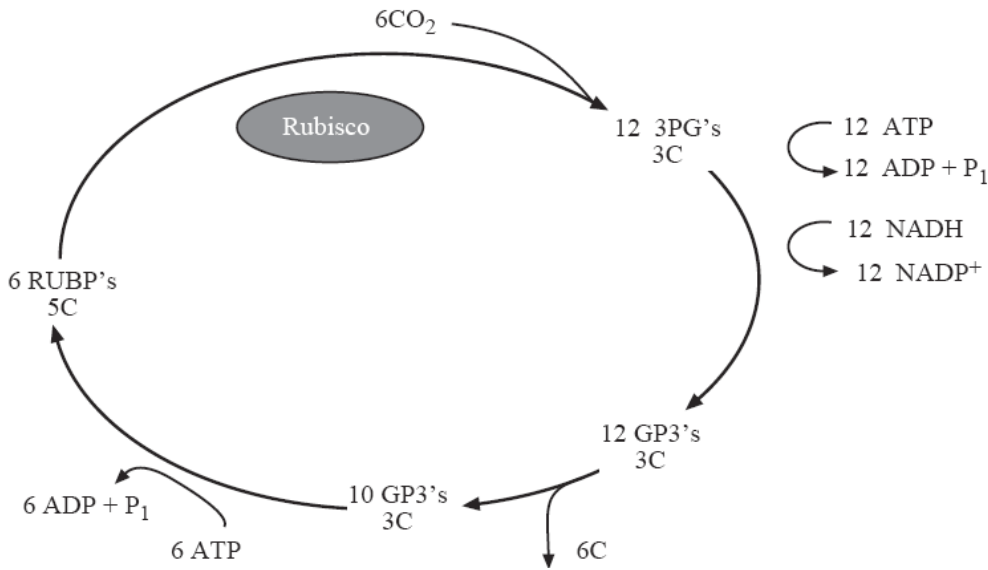
$\delta_{13}C$ analizi, balda kamış şekeri veya mısır bazlı şeker katkısının ispat edilmesi için kullanılan en yaygın yöntemdir (Çınar 2010, Cengiz ve ark. 2014). Bu yöntem, bitkilerin farklı fotosentez döngüsü tarafından üretilen farklı karbon izotop oranlarına sahip olması temeline dayanmaktadır (Cengiz ve ark. 2014). Bu amaçla bal ve balın protein fraksiyonu arasında karbon izotop farkı balın saflığının, tağşiş yapıp yapılmadığının nitel ve nicel bir göstergesidir (Çınar 2010).

İzotop atomlar proton ve elektron sayıları aynı nötron sayıları farklı olan atomlardır. Karbonun ^{13}C ve ^{12}C olmak üzere iki adet izotopu bulunmaktadır. Bitkilerde ve gıdalarda C izotop dağılımını belirleyen en önemli faktör bitkinin dahil olduğu fotosentez grubudur. Şeker pancarı, buğdağ, arpa, pamuk, yonca, korunga, elma ve üzüm C3; şeker kamışı, mısır, sorgum, sudan otu ve darı C4, kaktüs ve ananas da CAM (Crassulacean Asit Metabolizması) bitkilerinin tipik temsilcileridir. (Çınar 2010, Yeşilören ve Ekşi 2014)

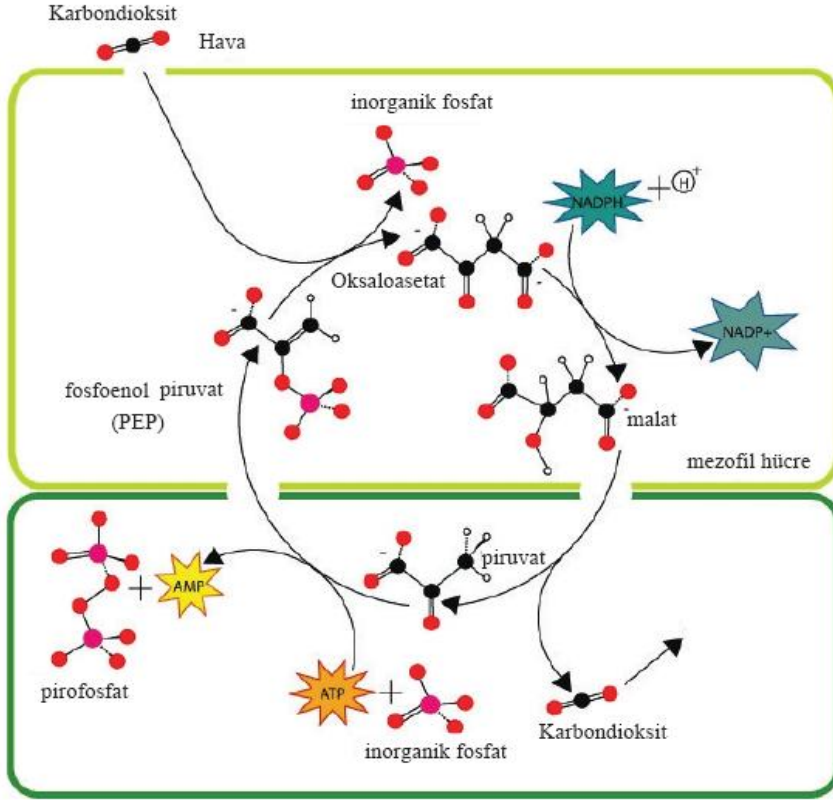
Stabil karbon izotop analizi, karbon izotoplarının miktarını ve doğada daha fazla bulunan (% 99) ^{12}C izotopu ile düşük miktarda bulunan (% 1) ^{13}C izotopu arasındaki oranın

belirlenmesi sağlamaktadır. Bu oran farklı bitkiler tarafından CO₂'nin tutulması ve fotosentez sırasında kullanılması ile ilgili döngüyü yansıtmaktadır (Çınar 2010).

¹³C/¹²C izotopik oranı, bitkilerin CO₂'yi bağlama ve kullanma yollarını gösterir. Bal arıları tarafından asıl olarak kullanılan nektar kaynağı olan C3 bitkileri Calvin-Benson döngüsünü kullanırken invert şeker şuruplarının üretildiği C4 bitkileri hem Calvin-Benson hem de Hatch-Slack döngüsünü kullanırlar (Güler ve ark. 2014). C4 bitkilerinin C3 bitkilerinden daha fazla CO₂ harcadığı bilinmektedir. C3 ve C4 bitkilerinin δ¹³C değerleri sırasıyla ‰-23 ile ‰-28 ve ‰-9 ile ‰-15 arasında değişmektedir (Çınar 2010, Şimşek ve ark. 2012, Cengiz ve ark. 2014, Güler ve ark. 2014). Crassulacean Asit Metabolizması (CAM) bitkileri için CO₂'in tutulması her iki döngüye göre gerçekleşebilmekte ve ¹³C/¹²C oranı δ‰ -11 ile δ‰ -13,5 arasında değişmektedir (Çınar 2010, Güler ve ark. 2014). Şekil 2.3.'te Calvin-Benson (C3) Döngüsü ve Şekil 2.4.'te Hatch- Slack (C4) Döngüsü görülmektedir.



Şekil 2.3. Calvin-Benson (C3) döngüsü (Çınar 2010)



Şekil 2.4. Hatch- Slack (C4) döngüsü (Çınar 2010)

Bal, en çok tağşişi yapılan gıdalardan birisidir. En yaygın tağşiş de bala şeker eklenmesidir. Fruktöz ve glukoz bala bu amaçla eklenen şekerlerin en başında gelir. Karbon izotop oranı çam balını ayırt etmede ve özellikle bala C4 şekerinin eklenip eklenmediğini belirlemede kullanılan önemli kriterlerdendir (Çınar ve ark. 2014).

Karbon izotop oranının belirlenmesi yönteminde saf baldan ekstrakte edilen proteinin $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta_{13}\text{C}$) değeri standart olarak alınır ve test edilen balın $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ değeri bu standartla karşılaştırılır. Saf bala mısır ve şeker kamışı şurubu katılması durumunda balın karbon izotop oranı değişir, fakat proteinin karbon izotop oranı değişmeden kalır. Bal arıları, nektar ve enzimler arasındaki reaksiyonla bal proteinini oluşturduğu için saf balın izotop oranı ile proteinlerinin izotop oranı sabit kalır. Bu yüzden de balın karbon izotop oranı ve ekstrakte edilen proteinin karbon izotop oranı, minimum düzeydeki tağşişin bile kanıtlanmasını sağlar (Çınar 2010).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda protein ve ham bal $\delta_{13}C$ değerleri arasındaki fark tüm bal tipleri için ‰ -1 veya daha pozitif olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Çınar ve ark. (2014)'nin yaptıkları çalışmaya göre Muğla bölgesinde üretilen çam ballarının % 90'ının $\delta_{13}C$ değerleri -1.0 ve 1.0 arasında, % 10'unun da -1.0 ve -1,3 arasında çıkmıştır.

Bontempo ve ark. (2015), İtalya'nın çeşitli ballarının karbon izotop oranıyla ilgili yaptıkları çalışmada $\delta^{13}C_{bal}$ değerleri akasya balında ‰ (-24,1), kestane balında ‰ (-25,2), narenciye balında ‰ (-24,3), okaliptüs balında ‰ (-24,4), salgı balında ‰ (-25,3), ormangülü balında ‰ (-24,5), polifloral balda ‰ (-25,3); $\delta_{13}C_{protein}$ değerleri akasya balında ‰ (-23,9), kestane balında ‰ (-24,8), narenciye balında ‰ (-24,7), okaliptüs balında ‰ (-24,2), salgı balında ‰ (-24,6), ormangülü balında ‰ (-23,8), polifloral balda ‰ (-24,7) olarak belirlenmiştir.

Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan temin edilen 100 adet çam balının çeşitli özelliklerini belirlendiği bir çalışmada, $\delta_{13}C_{protein}$ değerleri ‰ (-26.6) - (-23.7) arasında ; $\delta^{13}C_{bal}$ değerleri ‰ (-27.4) - (-22.7) arasında ve $\delta^{13}C_{protein} - \delta^{13}C_{bal}$ ‰ (-1.7) - 1.6 arasında bulunmuştur (Çınar 2010).

2.5.2.4. Balın C4 şeker oranı

C4 şeker oranı, balda protein ve ham bal $\delta_{13}C$ değerlerinden hesaplanır. Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre C4 şeker oranı % 7 olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

C4 şeker oranı bala kamış şekeri veya yüksek fruktozlu mısır şurubunun eklendiğinin kanıtı olarak ele alınmaktadır (Çınar ve ark. 2014).

Protein ve balda $\delta_{13}C$ değeri arasındaki farkın ‰ 1'den büyük olmaması gerektiği genel bir yargıdır. C4 oranının hesaplanmasında da bu değer % 7'ye karşılık gelir. Buna ek olarak bir balın saf olarak nitelendirilebilmesi için $\delta_{13}C$ değerinin ‰ -23,5'ten daha düşük olması gerekmektedir (Şimşek ve ark. 2012, Cengiz ve ark. 2014, Güler ve ark. 2014).

Bal arıları, bal yapmak için genellikle C3 döngüsüne ait bitkilerden nektar toplarlar (Çınar 2010, Cengiz ve ark. 2014), C4 ve CAM bitkilerine ise daha az uğrarlar. Eğer bal arıları şeker kamışı gibi C4 bitkisinden ya da CAM bitkilerinden daha fazla nektar toplarsa

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ değeri ‰ -23,5'ten fazla çıkar. Ancak bu balın tađıŒe uğradığı anlamına gelmez. Stabil karbon izotop oranının, balın ve protein ekstraktının $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ değerinin ölçölerek hesaplanması gerekir. Bu yöntemde saf baldan ekstrakte edilen proteinin $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) değeri standart olarak alınır ve test edilen balın $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ değeri bu standartla karşılaştırılır. Saf bala mısır ve Œeker kamıŒı Œurubu katılması durumunda balın karbon izotop oranı deđiŒtirecek, fakat proteininki deđiŒmeden kalacaktır (Çınar 2010).

Çınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeŒitli özelliklerini belirlenmesi üzerine yaptığı çalıŒmada, C4 değerlerinin (%) 0 ile 11,6 aralığında olduğu saptanmıŒtır.

2.5.2.5. Balın asitliği ve pH değeri

Balın asitliği, glukonik asidin laktonları ve esterleri, fosfat ve klorid gibi organik asit ve organik iyonların varlığına bağlıdır. Asit ölçölümünün, bal fermentasyonunun değerlendirilmesinde, unifloral balların belgelenmesinde ve salgı ballarının ayırt edilmesinde kullanıŒlı olduğu bilinmektedir (Bettar ve ark. 2015).

Organik asitler ve mineral maddeler, ayrıca aminoasitler, peptidler ve karbonhidratlar balın asitliğini belirleyen baŒlıca bileŒenlerdir (Çınar 2010). Balın asitliği % 0.1 ile % 0.4 arasında deđiŒir (Tosmur 2004). Balın pH değeri ise iyonize asitlere ve mineral maddelere bağlıdır (Karadal ve Yıldırım 2012). Balın pH'ı 3.29 ile 4.87 arasında deđiŒmektedir (Tosmur 2004).

Bal, yapısında bulunan farklı organik asitlerin ve asidik tuzların etkisiyle, zayıf asidik özellik gösterirler. Balda bulunan asitler; glukonik asit, formik asit, asetik asit, bütirik asit, sitrik asit, kaproik asit, laktik asit ve tartarik asitlerdir (Ulusoy 2010).

Balın tatlılığı, asitliğin fark edilmesini güçleŒtirir. Balda bulunan asitler yalnızca balın tat ve lezzetine katkıda bulunmazlar, ayrıca balda mikroorganizma geliŒmesini de önlerler. Balın olgunlaŒması sırasında bal arıları balın asitliğini artırırlar (Tosmur 2004).

Çam ballarının asitliği çiçek ballarına göre daha düŒüktür. Ayrıca balın uzun süre galvanizli kaplarda depolanması asitliği yükseltir ve pH'ı düŒürür. Buna ilaveten, balda mineral maddenin artması da asitliği azaltır ve pH'ı yükseltir (Tosmur 2004).

Özkök (2009), Muğla ili çam ballarının pH miktarını 3,98- 6,32 aralığında bulmuŒtur (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10. Muğla ili çam ballarının serbest asitlik, lakton asitliği, toplam asitlik ve pH değerleri (Özkök 2009)

Özellik	Ortalama değer	Değişim aralığı
pH	4,93	3,98- 6,32
Serbest asitlik (meq/kg)	11,44	1,84- 20,24
Lakton asitliği (meq/kg)	17,94	7,8- 26
Toplam asitlik (meq/kg)	29,38	11,48- 46,24

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda serbest asitlik çiçek ve salgı balları için en fazla 50 meq/kg olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Karabagias ve ark. (2014a) Yunanistan'da üretilen çam ballarında yaptıkları çalışmada serbest asitlik değerleri 18,08 ile 41,54 meq/kg; pH değerleri de 4,42 ile 5,20 arasında bulunmuştur. Yunanistan'da çeşitli ballar üzerine yapılan başka bir çalışmaya göre de serbest asitlik çam ballarında ortalama 30,09 meq/kg, köknar ballarında 27,69 meq/kg, portakal çiçeği ballarında 36,12 meq/kg, kekik ballarında ise 27,86 meq/kg olarak kaydedilmiştir (Karabagias ve ark. 2014b).

Haroun (2006)'nun Türkiye'nin çeşitli ballarıyla ilgili yaptığı çalışmada serbest asitlik değerleri 8,20 meq/kg (yapay bal) ile 43,50 meq/kg (kestane balı) arasında ve çam balının serbest asitlik değerleri de 20,50 meq/kg ile 32,20 meq/kg değerleri arasında bulunmuştur. Yine aynı çalışmada çam balının pH değerleri 3,95 ile 4,95 arasında saptanmıştır.

Çınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeşitli özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, serbest asitlik değerleri 16,98 meq/kg ile 30,68 meq/kg aralığında bulunduğu kaydedilmiştir.

Tornuk ve ark. (2013)'nin Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balıyla ilgili yaptıkları bir çalışmada, toplam asitlik değerlerinin 6,23 meq/kg ile 34,93 meq/kg arasında; serbest asitlik değerlerinin 3,86 meq/kg ile 30,42 meq/kg arasında; pH değerlerinin de 3,68 ile 6,42 arasında olduğu saptanmıştır.

Terrab ve ark. (2004), İspanya'nın kekik ballarında serbest asitliği 17,59- 39,81 meq/kg aralığında saptamıştır (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. İspanya'nın kekik ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Terrab ve ark. 2004)

Özellik	Ortalama değer	Değişim aralığı
pH	4,2	3,56- 4,79
Nem (%)	16,3	14,2- 19,8
Kül (%)	0,32	0,16- 0,60
Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	395	288- 559
Serbest asitlik (meq/kg)	27,2	17,59- 39,81
Lakton asitliği (meq/kg)	7,22	4,3- 11,3
Toplam asitlik (meq/kg)	34,5	25,6- 48,6

2.5.2.6. Balın mineral madde içeriği

Bal kurutulduğunda veya yakıldığında, mineral içeren az miktarda kül bırakır. Çam balları çiçek ballarına göre mineralce daha zengindir (Özkök 2009). Balda bulunan mineraller potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, manganez, klor, fosfor, kükürt ve silistir.

Mineral içerik % 0,04 (çok açık renkli bal) ile % 0,20 (koyu renkli bal) oranları arasında değişiklik gösterir. Mineraller asıl olarak toprak ve nektardan, ve ayrıca çevresel kirlenme gibi antropojenik kaynaklardan da gelmektedir (Solayman ve ark. 2016)

Balda mineral maddelerin artmasıyla balın asitliği azalır ve pH'ı yükselir (Gündoğan 2009). Çam balı mineral içeriğinden dolayı da yüksek besleyici değere sahiptir (Karabagias ve ark. 2014a). Ayrıca balda bulunan mineral maddeler ve iz elementler balın coğrafik orijini hakkında bilgi verir (Özcan ve ark. 2006).

Mineraller ve diğer iz elementler bal ile ilgili biyomedikal aktivitelerde rol oynarlar. Bu elementler, hücre içi oksidatif dengenin devamlılığı gibi biyolojik fonksiyonlarıyla bilinir (Escuredo ve ark. 2013).

Koyu ve amber renkli ballar (avokado, kestane, salgı ve püren balları gibi) soluk renkli ballara oranla yüksek miktarlarda alüminyum, kalsiyum, kadmiyum, bakır, demir, potasyum, mangan, magnezyum, sodyum, nikel ve çinko gibi majör, minör ve iz elementleri içermektedirler (Solayman ve ark. 2016).

Kartal (2012), Bolu yöresine ait çiçek ballarında yaptığı çalışmada kül miktarının % 0,10 ile % 0,60 aralığında olduğunu kaydetmiştir (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12. Bolu yöresi çiçek ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kartal 2012)

Özellik	Ortalama değer	Değişim aralığı
HMF (mg/kg)	12,13	1,40- 50,39
Diastaz	18,03	6,5- 38,5
Sakkaroz (%)	1,95	0- 7,10
Serbest asitlik (meq/kg)	24,87	15,42- 32,89
pH	3,89	3,59- 4,74
Elektriksel iletkenlik (mS/cm)	0,39	0,16- 0,80
Nem (%)	17,11	14,8- 22,2
İnvert şeker (%)	71,19	67,32- 79,29
Kül	0,27	0,10- 0,60
Suda çözünmeyen madde	0,032	0,010- 0,090

Kaygusuz ve ark. (2016)'nın çeşitli balların mineral madde içeriğinin saptanmasıyla ilgili yaptıkları bir çalışmada kestane, çam ve meşe ballarının yüksek miktarda potasyuma, meşe ve lavanta ballarının yüksek miktarda kalsiyuma, püren balının yüksek miktarda demire, meşe ve kestane ballarının yüksek miktarda mangana sahip olduklarını belirlemişlerdir. Bakır miktarının genel olarak diğer minerallere oranla tüm ballarda düşük olduğunu fakat en yüksek meşe, kestane, püren ve çam ballarında bulunduğunu saptamışlardır.

2.5.2.7. Balın hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği

Baldaki hidroksimetilfurfural (HMF), balın ısı işlem veya uzun süre bekletilmesi sonucunda, yapısında bulunan indirgen şekerlerin karbonil grupları ile aminoasitlerin ve proteinlerin amin gruplarının kondenzasyonu sonucu oluşmaktadır (Yıldız ve ark. 2010). HMF içeriği balın tazeliğinin bir indikatörüdür (Bettar ve ark. 2015).

HMF balda ısı işlem sonucu ortaya çıkmaktadır. Pastörizasyon ve kristalizasyonun önlenmesi gibi teknolojik amaçlar için yapılan ısı uygulaması, balda HMF içeriğini yükseltir (Tosi ve ark. 2002). Sıcaklık ve süreye bağlı olarak uygulanan ısı işlem, vitamin, besin öğeleri ve diastaz aktivitesini azaltırken, HMF içeriğini de arttırmaktadır (Çınar 2010). Bu yüzden, diastaz ve HMF içeriğinin, bala uygulanan ısı işlem hakkında bilgi verdiği söylenebilir.

HMF taze ballarda çok az miktarda bulunur ve balda yüksek miktarlarda bulunması istenen bir kalite kriteri değildir (Yıldız ve ark. 2010). Balda HMF miktarının artmasına, hasat sonrası ısıtma işleminin uygulanmasının yanısıra hasat işleminden sonra balın depolanma süresi, depo ortamının sıcaklığı ve balın pH'ı etki etmektedir (Ulusoy 2010). Bu yüzden HMF balın kalitesini belirlemede kullanılan en önemli kriterlerden biridir (Yıldız ve ark. 2010).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda HMF, en fazla 40 mg/kg olmalıdır (Anonim 2012).

İspanya'da püren ballarının farklı sıcaklıklarda uzun sürelerle bekletilmesi sonucunda balın kalite kriterlerinin değişimleriyle ilgili yapılan bir çalışmada, HMF miktarları taze balda, 10 °C'de 12 ay bekletilmiş balda, 20 °C'de 12 ay bekletilmiş balda ve 40 °C'de 12 ay bekletilmiş balda sırasıyla 0,46 mg/kg, 5,33 mg/kg, 7,73 mg/kg ve 82,69 mg/kg olarak belirlenmiştir (Castro- Vazquez ve ark. 2012).

Popescu ve ark. (2016), Romanya'da üretilen farklı ballar üzerinde yaptıkları çalışmada HMF oranlarını akasya balında 1,3 mg/kg, ayçiçek balında 1,7 mg/kg, kolza balında 0,9 mg/kg, ıhlamur balında 1,5 mg/kg ve polifloral balda 2,2 mg/kg olarak belirlemişlerdir (Çizelge 2.13).

Küçük ve ark. (2007)'nin Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen ballarda yaptıkları çalışmaya göre karışık çiçek balının HMF oranı 19,2 mg/kg, kestane balının 28,6 mg/kg, orman gülü balının ise 24,1 mg/kg bulunmuştur.

Çizelge 2.13. Romanya'nın çeşitli ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Popescu ve ark. 2016)

Özellik	Akasya balı	Ayçiçek balı	Kolza balı	Ihlamur balı	Polifloral bal
pH	3,9	3,5	3,7	4,1	3,9
Elektriksel iletkenlik (µs/cm)	160	410	200	560	417
Nem (%)	5,1	5,8	5,5	5,7	5,6
Fruktoz/glukoz	1,23	0,86	0,88	0,91	1,02
HMF (mg/kg)	1,3	1,7	0,9	1,5	2,2

Özcan ve ark. (2006)'nın doğal bal, sakkaroz şurupla beslenmiş bal arılarından alınan bal ve invert edilmiş sakkaroz şurupla beslenmiş bal arılarından alınan bal kullanarak yaptıkları bir çalışmada, HMF değerleri sırasıyla 1,75 mg/kg, 1,347 mg/kg ve 28,22 mg/kg olarak bulunmuştur.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada HMF değerleri 1,1 mg/kg ile 9,7 mg/kg arasında belirlenmiştir (Turan 2012).

Doğu Anadolu bölgesi ballarının kaliteleri üzerine yapılan bir çalışmada HMF değerleri 0,14 mg/kg ile 24,39 mg/kg arasında bulunmuş olup ortalama HMF değerinin 5,50 mg/kg olduğu saptanmıştır (Batu ve ark. 2013).

Muğla'dan elde edilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada HMF miktarı 0,14 mg/kg ile 44,54 mg/kg arasında olduğu kaydedilmiştir (Özkök 2009).

2.5.2.8. Diastaz aktivitesi ve diğer enzimler

Enzimler, balın önemli bileşenlerindedir. Isıya karşı duyarlı oldukları için beslenme yönünden de balın kalitesini belirlemektedirler (Tosmur 2004, Çınar 2010). Balın biyolojik ve besleyici kalitesi yapısında bulunan enzimlerin yapılarının bozulup bozulmamasıyla ilgilidir (Tosmur 2004).

Balda en fazla bulunan enzimlerden biri diastaz, diğer adıyla amilaz enzimidir. Diğer enzimler de invertaz, katalaz, glukoz oksidaz ve fosfatazdır. Bu enzimlerin bir kısmı bitkiden bir kısmı da bal arısının midesinden bala salgılanmaktadır. Nişastayı parçalayan diastaz enzimi nektara olgunlaşma esnasında bal arısı tarafından ilave edilir (Ulusoy 2010).

Diastaz enzimi diğer enzimler gibi ısı ile inaktive olur. Ancak ısıya invertaz enziminden daha duyarlı olduğu için bala ısı işlem uygulanıp uygulanmadığı, diastazın miktarındaki azalmadan tespit edilebilir (Tosmur 2004, Çınar 2010, Ulusoy 2010). Diastaz enzimi nişastayı parçalar ve olgunlaşma esnasında bal arıları tarafından nektara ilave edilir. Fakat diastaz enzimin bir kısmının bitki kaynaklı olduğu bilinmektedir. (Bayrambaş 2012).

İnvertaz, glukoz oksidaz ve amilaz (diastaz) enzimlerinin kaynağı işçi arıların salgılarıdır. İnvertaz, nektarda bulunan sakkarozu invert şekere (glukoz ve fruktoz) çeviren bir enzimdir. Balın olgunlaşması esnasında bal arıları tarafından nektara eklenir (Özkök 2009, Ulusoy 2010). Glukoz oksidaz, glukozu okside ederek glukonolaktone ve glukonik aside çevirmek suretiyle asitliği artırır. Böylece balın fermentasyona karşı daha iyi korunması

sağlanır (Ulusoy 2010). Ayrıca, bu reaksiyon sonucunda oluşan hidrojen peroksit (H₂O₂) bala antibakteriyel özellik kazandırmaktadır (Bayrambaş 2012).

Katalaz ve asit fosfataz enzimleri ise tamamen bitki kaynaklıdır. Katalaz enzimi hidrojen peroksitin kararlılığını sağlayan glikoz oksidazın aktivitesini düzenler. Asit fosfataz enzimi de polen, nektar ve balda bulunur. Sakkarozla beslenen bal arıları tarafından oluşturulan balda az miktarda bulunur (Özkök 2009, Ulusoy 2010).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre baldaki diastaz sayısı en az 8, narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda en az 3 olması gerekmektedir (Anonim 2012).

Küçük ve ark. (2007)'nin Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen ballarda yaptıkları çalışmaya göre karışık çiçek balının diastaz sayısı 17,9, kestane balının 17,7, orman gülü balının ise 23 bulunmuştur (Çizelge 2.14).

Çizelge 2.14. Türkiye'nin kestane, ormangülü ve heterofloral (kekik+geven) ballarının kimyasal özellikleri (Küçük ve ark. 2007)

Özellik	Heterofloral bal	Kestane balı	Ormangülü balı
Nem (%)	17	19,7	19,0
Kül (%)	0,20	0,50	0,24
Toplam asitlik (meq/kg)	29,4	36,7	22,6
Sakkaroz (%)	1,47	2,87	3,34
İnvert şeker (%)	65,8	66,8	65,9
HMF (mg/kg)	19,2	28,6	24,1
Diastaz	17,9	17,7	23,0
Suda çözünmeyen madde (%)	0,085	0,05	0,07

İspanya'da püren ballarının farklı sıcaklıklarda uzun sürelerle bekletilmesi sonucunda balın kalite kriterlerinin değişimleriyle ilgili yapılan bir çalışmada, diastaz miktarları taze balda, 10 °C'de 12 ay bekletilmiş balda, 20 °C'de 12 ay bekletilmiş balda ve 40 °C'de 12 ay bekletilmiş balda sırasıyla 24,04, 20,91, 17,91 ve 3,32 olarak belirlenmiştir (Castro- Vazquez ve ark. 2012).

2.5.2.9. Prolin değeri

Doğada bulunan 20 farklı aminoasitten 18 tanesi balda bulunmaktadır. Bunlar; lizin, histidin, arginin, aspartik asit, treonin, sistin, valin, metiyonin, lösin, izolösin, serin, glutamik asit, prolin, glisin, alanin, tirozin, fenilalanin ve triptolindir. Nektar ve polenler bu aminoasitlerin kaynağını oluşturmaktadır (Tosmur 2004). Prolin aminoasidi bunlar içerisinde yaygın olanıdır (Özkök 2009, Kıvrak 2015) ve toplam aminoasit seviyesinin bir ölçütüdür (Truzzi ve ark. 2014).

Prolin, nektarın bala dönüşmesi esnasında bal arıları tarafından balın yapısına katılan tek aminoasittir. Baldaki aminoasitlerin % 50- 85'ini prolin oluşturduğu için balın protein içeriği genelde prolin miktarı olarak belirtilmektedir (Çınar 2010, Bayrambaş 2012). Prolin miktarı balda saflığın bir kriteridir ve tağşiş yapılmış ballarda bu değer daha düşük çıkmaktadır (Can ve ark. 2015).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre prolin miktarı çiçek ve salgı ballarında 300 mg/kg, kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında 180 mg/kg, biberiye ve akasya ballarında ise 120 mg/kg olmalıdır (Anonim 2012).

Truzzi ve ark. (2014)'nın İtalya'nın farklı ballarının prolin miktarları üzerine yaptıkları bir çalışmada prolin miktarlarını akasya balında 229 mg/kg, kestane balında 619 mg/kg, Kişniş balında 531 mg/kg, ıhlamur balında 388 mg/kg, ayçiçeği balında 665 mg/kg ve salgı balında 614 mg/kg olarak bulmuşlardır.

Türkiye'de üretilen farklı bal çeşitlerinde yapılan bir çalışmada; püren (845 mg/kg), kestane (800 mg/kg) ve geven (755 mg/kg) ballarında prolin değeri yüksek, akasya balının (282 mg/kg) ise prolin değeri diğerlerine oranla daha düşük bulunmuştur. Çam balının prolin değeri de 437 mg/kg olarak blirlenmiştir (Can ve ark. 2015).

2.5.3. Balın biyolojik özellikleri

2.5.3.1. Antioksidanlar

Antioksidanlar, serbest radikallerin oluşumunu önleyerek veya mevcut radikalleri süpürerek hücrenin zarar görmesini engelleyen fenolik fonksiyona sahip moleküllerdir. (Gündoğan 2009).

Oksidatif reaksiyonlar yiyeceklerde toksik olabilmekte ve kronik hastalıklar sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Antioksidan aktivite, yiyecek sistemlerindeki ve insan sağlığındaki oksidatif reaksiyonları azaltabilmektedir. Fakat antioksidanlı yiyeceklerin tüketimi sayesinde bu toksik etki azalmakta ve bu hastalıkların önlenmesi sağlanmaktadır (Özkök 2009).

Balın antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde içeriği arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Başka bir ifadeyle, antioksidan aktivite içerikteki fenolik bileşenlere bağlıdır (Çınar 2010). Balın antioksidan kapasitesi, bileşimine ve floral kaynaklardan toplanan nektarlara bağlıdır. Bunun yanında mevsimsel, çevresel faktörler ve proses koşulları da balın bileşimini ve antioksidan aktivitesini etkiler (Ölmez 2009, Çapar 2010, Karadal ve Yıldırım 2012).

Balın enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlarca zengin olduğu bilinmektedir. Balın bileşiminde bulunan flavonoidler (krisin, pinokembrin, pinobanksin, kuersetin, kamferol, luteolin, galangin, apigenin, hesperetin, mirisetin), fenolik asitler (kafeik, kumarik, ferulik, ellajik, klorogenik), askorbik asit, katalaz, peroksidaz, karotenoidler ve maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünler balın antioksidan etkisinden sorumludurlar (Turan 2012).

Taze bal, birçok meyve ve sebzelere benzer önemli antioksidan aktivite gösterir (Escuredo ve ark. 2013). Balda antioksidan etkiye sahip bileşikler; fenolikler, flavanoidler, tokoferoller, alkaloidler, askorbik asit, karotenoid benzeri maddeler, glikoz oksidaz, katalaz gibi enzimler, aminoasitler ve proteinlerdir (Ölmez 2009, Özkök 2009, Çapar 2010). Balın kaynağı olan nektar, antioksidan özelliğe sahip bileşikler ile flavonoidlerin büyük bir kısmını içermektedir (Çapar 2010).

Balın rengi genel olarak içeriğinde bulunan karotenoid ve flavonoidlere bağlıdır. Koyu renkli balların antioksidan madde içeriği fazladır (Ölmez 2009). Yapay balda ise antioksidan aktivite doğal ballara oranla çok daha düşüktür (Karadal ve Yıldırım 2012).

Polonya’da çeşitli ballardaki antioksidan kapasiteleri üzerine yapılan bir çalışmada akasya balının antioksidan kapasitesinin en az, salğı balı, püren ve karabuğday balının antioksidan kapasitesinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir (Wilczynska 2014).

Escuredo ve ark. (2013)’nın İspanya’da üretilen çeşitli balların antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları bir çalışmada en yüksek fenolik bileşen içeriğine sahip olan bal püren balı, en yüksek flavonoid madde miktarına sahip olan bal salğı ve kestane balı olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca, Polat (2011)’ın Güney Marmara bölgesinde üretilen çeşitli ballar üzerine yaptığı bir çalışmada, *Pinus brutia* Ten. üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* Gennadius (çam pamuklu koşnili)’nin salgısından üretilen çam balının, davulga ve püren ballarına göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır.

Jerkovic ve ark. (2014), Polonya’da üretilen söğüt balında yaptığı çalışmada toplam fenolik madde miktarını 288 mgGAE/kg olarak bulmuşlardır (Çizelge 2.15).

Çizelge 2.15. Salğı balı çeşidi olan Söğüt balının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Jerkovic ve ark. 2014)

Özellik	Ortalama Değer
Toplam fenolik madde (mgGAE/kg)	288
L*	71,9
a*	2,9
b*	53,5
Nem (%)	17,8
FRAP (mmol Fe ⁺² /kg)	0,5
DPPH (mmol TAEC/kg)	2,1

Fenolik bileşikler balda bulunan fitokimyasal antioksidantlardır. Flavanoidler ve fenolik asitler gibi basit fenolik türevleri bitki polifenollerinin büyük çoğunluğunu oluştururlar. Bunlar, balın antioksidant özelliklerini oluşturan önemli bileşiklerdir (Özkök 2009).

Balda bulunan fenolik bileşenler; serbest fenoller, fenolik asitler, polifenoller (genellikle flavanoid şeklinde), antosiyaninler, prosiyanidinler ve pigmentlerdir. Baldaki toplam fenolik bileşen miktarı, bal arısının nektar topladığı bitki türüne, mevsimsel ve

çevresel faktörlere, coğrafi orijine ve depolama koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Açık renkli balların fenolik içeriği koyu renkli ballara oranla daha düşüktür (Boyacıoğlu ve ark. 2014).

Can ve ark. (2015) yapmış olduğu çalışmada çam balında toplam fenolik madde miktarını 61,42 mgGAE/100g olarak bulmuştur. En yüksek toplam fenolik madde ise püren balında (105,46 mgGAE/100g) belirlenmiştir.

Bertoncelj ve ark. (2007)'nin Slovenya'nın çeşitli ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarı 44,8 mgGAE/100g (akasya balı) ile 241,4 mgGAE/100g (köknar balı) arasında saptanmıştır.

İspanya ballarının (multifloral, salgi, püren, yonca, lavanta ve korunga balları) renk değerleri ve antioksidan aktiveleri üzerine yapılan bir çalışmada, toplam fenolik madde miktarı 29,10 mgGAE/100g ile 183,35 mgGAE/100g değerleri arasında olup ortalama toplam fenolik madde miktarı 119,24 mgGAE/100g olarak tespit edilmiştir. Püren balının toplam fenolik madde miktarı 112,32 mgGAE/100g ile 183,35 mgGAE/100g değerleri arasında bulunmuş olup en yüksek toplam fenolik madde miktarı püren balında olduğu saptanmıştır. Lavanta balının toplam fenolik madde miktarı 51,52 mgGAE/100g ile 101,48 mgGAE/100g arasında belirlenmiş ve en az toplam fenolik madde miktarının lavanta balında olduğu tespit edilmiştir (Sancho ve ark. 2016).

2.5.3.2. Balın antimikrobiyal özelliği ve sağlık üzerindeki etkileri

Bal antimikrobiyal özelliğe sahip olması nedeniyle ağız, boğaz ve bronş enfeksiyonları için kullanılmaktadır (Ölmez 2009, Özkök 2009). Ayrıca balın içeriğinde polifenoller, flavanoidler ve fenolik asitler gibi doğal antioksidanlar bulunmaktadır (Ölmez 2009). Balın antibakteriyel aktivitesi; asitlik, ozmolarite, hidrojen peroksit ve fenolik bileşenler (Das ve ark. 2015), lizozim, methylglyoxal ve arı peptitleri gibi bakteriostatik ve bakterisidal faktörlere bağlıdır (Kus ve ark. 2015). Bal mikroorganizmalar tarafından bozulmaya karşı direnç sağlayacak şekilde yüksek ozmotik basınca sahiptir (Al- Mamary ve ark. 2002).

Baldaki en önemli antibakteriyel bileşik olan glukoz oksidaz enzimi bal arılarının hipofarengial bezlerinde üretilir ve bu enzim baldaki glukozu okside ederek hidrojen peroksiti oluşturur (Karadal ve Yıldırım 2012). Balın antibakteriyel özellikleri, hidrojen peroksit düzeyine ve lizozim, fenolik asitler ve flavonoidler gibi peroksit olmayan faktörlere bağlı

olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ileri sürülmüştür (Basualdo ve ark. 2007, Alvarez-Suarez ve ark. 2010, Yıldırım 2013).

Balların asitliği üzerine yapılan bir çalışmada bazı bakteri türlerinin büyümesi için optimum pH'nın 7,2 – 7,4 arasında, ayrıca minimum düzeyde *Escherichia coli*'nin gelişmesi için pH'nın 4,3; *Salmonella* sp'nin, 4; *Streptococcus pyogenes*'in 4,5 olması gerektiğini tespit etmiş ve sulandırılmamış balın asitliğinin önemli bir antibakteriyel faktör olduğunu ortaya koymuştur (Gündoğan 2009).

Küçük ve ark. (2007)'nin Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen kestane, orman gülü ve karışık çiçek ballarında yaptıkları çalışmaya göre en yüksek antimikrobiyal aktivite kestane balında saptanmıştır. Ayrıca Das ve ark. (2015)'nin susam ballarının antimikrobiyal etkileri üzerine yaptığı çalışmada susam balının *S. typhi*, *S. typhimurium* ve *E. coli* enteropatojenlerini inhibe ettiğini tespit etmişlerdir.

Balda bulunan şekerlerin sebep olduğu yüksek ozmotik basınç ve baldaki düşük su miktarı mikrobiyal gelişmeyi inhibe etmektedir. Ayrıca seyreltilmemiş balın düşük pH değeri çoğu bakteri için gerekli olan optimum pH (yaklaşık 7) değerinden oldukça düşüktür (Polat 2011).

Temelde besin maddesi ve enerji kaynağı olarak kullanılan bal aynı zamanda insan sağlığı bakımından da öneme sahiptir (Gündoğan 2009). Balın, gastrointestinal bozukluklar, yara ve yanık iyileştirme, antimikrobiyal ajan olarak akut ve kronik gastrik lezyonların korunmasının sağlanmasında etkili olduğu bilinmektedir (Al- Mamary ve ark. 2002). Ayrıca bal, kalp hastalıkları, kanser ve birçok inflamatuvar hastalıkların uygulamasında potansiyel iyileştirici değere sahiptir (Karabagias ve ark. 2014b).

Bal; polenler, bal arılarının sindirim sistemi, toz, hava, toprak ve nektar gibi değişik kaynaklarla mikroorganizmalar tarafından kontamine olmasına rağmen balın düşük pH ve su aktivitesi ve yüksek şeker konsantrasyonu gibi özgün nitelikleri birçok mikroorganizmanın gelişimine engel olmaktadır. Bununla birlikte bazı sporlu bakteriler bal içinde canlı kalabilirler. Genellikle bal içinde yüksek veya limit değerlerde var olan mikroorganizmaların kaynağı üretim, hasat ve/ veya balın işlenmesi sırasındaki hijyenik olmayan durumlardır (Tornuk ve ark. 2013).

Çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı bal iyileştirici bir ürün olarak tavsiye edilmektedir. Bal, bazı solunum rahatsızlıklarının tedavisinde ve deri yaralarının iyileştirilmesinde eski zamanlardan bu yana kullanılmaktadır (Basualdo ve ark. 2007).

Bal, yapısındaki çeşitli kimyasal bileşenler dolayısıyla besleyici, iyileştirici ve koruyucu özelliklere sahiptir. Bununla beraber bal iyileştirici etkilerini gerçekleştirebilmek için herhangi bir bulaşan içermemelidir (Solayman ve ark. 2016).

Balın şeker içeriği yüksek gıda olmasına rağmen, kontrollü tüketilmek şartıyla şeker hastaları için uygun olduğu bilinmektedir. Bal ve eşit kaloriye sahip diğer gıdalar şeker içeriğinin insan vücuduna etkileri bakımından karşılaştırıldığında balın daha az insülin salgılanmasına sebep olduğu ve tüketildikten bir miktar süre sonra kandaki şeker oranının çok az yükseldiği bildirilmiştir. Aynı miktardaki sakkaroz ile bal tüketimi karşılaştırıldığında; bal tüketildikten sonraki kan şekeri oranının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Turan 2012).

Balın fiziksel ve zihinsel performansı artırdığı ve yorgunluğa karşı belirli bir direnç sağladığı bilinmektedir. Bu olumlu etkide, balın içeriğinde bulunan fruktozun sakinleştirici ve gevşetici etkisinin rol oynadığı ileri sürülmektedir (Özkök 2009).

Bal yiyecek emilimini geliştirir ve kabızlık, onikiparmak bağırsağı ülseri, karaciğer rahatsızlıkları için yararlıdır (Özkök 2009). Peptik ülser ve hazımsızlığa, duodenal ülsere çocuklarda ise bakteriyel gastroenteritise karşı tedaviye yardım amacıyla kullanılmaktadır (Gündoğan 2009, Turan 2012). Bal ayrıca staz ülseri, arteriyal yetmezlik nedeniyle oluşan ülser, basınç ülseri, diyabetik ülser gibi ülser çeşitlerinde de yara boyutunun küçültülmesine destek sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Vandamme ve ark. 2013).

Mesane kanserinde balın antitümör ve antimetastatik özellik gösterdiği çalışmalar sonucu belirlenmiştir (Turan 2012). Bulut (2013), kemoterapi alan çocuklarda balın ve ağız bakımının, mukozitin (ağız mukozasının iltihaplanması ve doku kaybı) önlenmesi ve iyileşmesi üzerine etkisi konusunda yaptığı çalışmada; balın tüketiminde alerjik reaksiyon oluşmaması durumunda rutin standart tıbbi ağız bakım ürününe ek olarak güvenli bir şekilde kullanılabileceğini söylemiştir.

Değişik bakteriler, yara kontaminasyonu, yara üzerinde kümelenme ve klinik enfeksiyondan sorumludurlar. *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Streptococcus uberis*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae* insanlarda ve hayvanlarda deri yaralarından

sıklıkla izole edilen mikroorganizmalardır. *Staphylococcus epidermis* enfeksiyonlarına cerrahi müdahalelerin kontaminasyonu sonucu hastanelerde çoğunlukla rastlanır. *Pseudomonas aeruginosa* enfeksiyonlarına ise yanık yaralarının ciddi komplikasyonlarında rastlanır ve bunu *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* enfeksiyonları izler (Basualdo ve ark. 2007).

Balın bütün fiziksel ve kimyasal faktörleri, yara üzerine sürülmesi durumunda bala enfeksiyonları erken iyileştirme, yaraları erken temizleme, iltihapları yok etme, yara izini azaltma, damar gelişimini uyarma ve ayrıca doku granülasyonu ve epitel dokunun gelişimi gibi özellikler sağlamaktadır (Basualdo ve ark. 2007). Bu özelliklerin yanısıra bal, yaranın kötü kokusunun giderilmesinde de etkili olmaktadır (Molan 2001, Vandamme ve ark. 2013).

Basualdo ve ark. (2007)'nin Arjantin'de bulunan arıcılardan ve bal paketleyicilerinden temin ettikleri ballarda yaptıkları bir çalışmada, seyreltilmemiş balların çoğu *Staphylococcus aureus* ve *Staphylococcus epidermidis*'in gelişimini, arıcılardan temin edilen bazı balların % 50 dilüsyonunun da benzer bir şekilde *Staphylococcus aureus*'un gelişimini inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca seyreltilmemiş bal örnekleri *Staphylococcus uberis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae*'nin de gelişimlerini inhibe ettiğini bildirmişlerdir.

Balın yaraya uygulanması sonucu oluşan antimikrobiyal etkisi birçok mekanizmaya dayanmaktadır. Bunlardan ilki, balın hyara sıvısıyla temasıyla oluşan glukoz oksidaz enzimi tarafından üretilen hidrojen peroksittir. İkincisi, flavonoidler olarak da adlandırılan fitokimyasallardır. Antioksidanlar, süperoksit serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek doku hasarını önlerler. Üçüncü etki ise balın su aktivitesinin çok düşük olmasıdır. Yüksek şeker konsantrasyonu ozmoz ile yaradaki sıvıyı çeker ve bu da bakteri gelişiminin inhibe olmasıyla sonuçlanır. Son olarak balın asitliği de bakterilerin gelişimini inhibe etmektedir (Vandamme ve ark. 2013).

2.6. Balın kalitesini etkileyen diğer faktörler

2.6.1. Nektarlı bitki türleri

Dünya'daki ballı bitkilerin % 75'i Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye'de kış aylarında da nektar kaynakları bulabilmek mümkündür. Akdeniz sahilinde sonbahar sonundan ilkbahara kadar püren (*Erica spp.*), yenedünya (*Eriobatrya japonica L.*), badem (*Prunus amygdalus L.*) ve narenciye gibi bitki türleri; ilkbaharda dağlar ve yaylalarda üçgül (*Trifolium spp.*), kekik (*Thymus spp.*), geven (*Astragalus spp.*) ve adaçayı (*Salvia officinalis L.*) nektar ve polen kaynakları olarak göze çarpmaktadır (Bayrambaş 2012).

Bal arılarının sıkça uğradığı çiçekli bitkiler kekik (*Thymus spp.*), adaçayı (*Salvia spp.*), taç yoncası (*Melilotus spp.*), hindibaba (*Cichorium intybus*), ballıbaba (*Lamium spp.*), korunga (*Onobrychis spp.*), lavanta (*Lavandula angustifolia*), muhabbet çiçeği (*Reseda spp.*), nane (*Mentha spp.*), fiğ (*Vicia sativa*), yonca (*Medicago spp.*), kolza (*Brassica napus*), pamuk (*Gossypium spp.*), tütün (*Nicotiana tabacum*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), akasya (*Acacia spp.*), portakal (*Citrus sinensis*), ıhlamur (*Tilia spp.*), funda (*Erica spp.*), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), akçaağaç (*Acer spp.*), böğürtlen (*Rubus spp.*), muz (*Musa spp.*), at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve kocayemiş (*Arbutus unedo*) olarak bilinmektedir (Turan 2012).

Arbutus andrachne (kocayemiş), *Astragalus spp.* (geven), *Brassica napus* (kolza), *Brassica oleracea* (lahana), *Calluna vulgaris* (püren), *Castanea sativa* (kestane), *Ceratonia siliqua* (keçiboynuzu), *Cirsium arvense* (devedikeni), *Citrus spp.* (portakalgiller), *Diospyros kaki* (Trabzon hurması), *Eucalyptus camaldulensis* (ökaliptus), *Gossypium spp.* (pamuk), *Helianthus annuus* (ayçiçeği), *Robinia pseudoacacia* (Akasya), *Salvia spp.* (adaçayı), *Thymus spp.* (kekik) ve *Tilia spp.* (ıhlamur) Türkiye'nin en önemli nektar bitkilerindendir (Kahraman 2012).

Türkiye'de Karadeniz bölgesinde kestane, ıhlamur ve ormangülü balları; Batı Anadolu bölgesinde kestane ve ıhlamur balları, Ege, Çukurova, Güneydoğu bölgesinde pamuk balı, Muğla ve Aydın illerinde çam balı, Akdeniz bölgesinde narenciye balı, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yayla balı, Trakya bölgesinde ayçiçeği balları çoğunlukla üretilmektedir (Bayrambaş 2012).

2.6.2. Depolama koşulları

Bal, genel olarak çabuk bozulmayan ve kolay saklanan bir maddedir. Balların depolanacağı yerlerin serin ve temiz olması önemlidir. Ortam sıcaklığı ve nem miktarı yüksek ve kokulu yerlerde ballar depolanmamalıdır. Süzme ballar, cam kavanozlarda ve laklı tenekelerde saklanmalı ve kapakları da ortamdaki havayı almayacak şekilde sıkıca kapanmalıdır (Gündoğan 2009)

Baldaki en önemli ikinci bileşen olan suyun balın depolanması açısından etkisi önemlidir. Sadece su oranı düşük olan ballar fermentasyon riski taşımadan depolanabilirler. Son su içeriği üretim sırasındaki, hava koşulları, kovadaki nem miktarı, nektar koşulları, balın hasat edilmesi ve depolanması sırasındaki işlemler gibi çevresel faktörlere bağlıdır (Özkök 2009).

Nem miktarı yüksek, bünyesinde yabancı maddeler barındıran balların saklanması önemli sorunlar yaratır ve bu durumda ballar çabuk bozulur. Bal arıları tarafından iyi olgunlaştırılmış, uygun koşullarda hasat edilmiş ve su oranı uygun düzeyde olan saf ballar çabuk bozulmaz ve saklanmaları daha kolaydır (Gündoğan 2009).

2.6.3. Hasat edilme şekli ve zamanı

Üreticiler kışlatma faaliyetlerinden sonra Nisan ve Mayıs aylarında arı kolonilerini geliştirmek ve çiçek balı üretmek için ülkemizin yüksek rakımlı yerlerine, yaylalara göç ederler. Ağustos ayının ortalarına kadar ülkemizin değişik bölgelerinde konaklarlar. Ağustos ayında çam balı üretimi için Muğla'da bulunan Basralı kızılçam sahalarına yerleşirler. Çam balı üretim döneminde hava şartları ve kolonilerinin gücüne göre 2- 3 kez çam balı hasadı yapılabilmektedir. İlk çam balı hasadı Eylül ayında, ikincisi Ekim ayında ve üçüncüsü de Kasım ayında yapılmaktadır. Yapılan ilk çam balı hasadı, kovan içerisinde peteklerde az da olsa yayla dönemine ait çiçek balı bulunduğu için yaklaşık % 20 oranında çiçek balı ile karışık olabilmektedir. İkinci ve üçüncü hasatlarda daha yüksek oranlarda çam balı elde edilmektedir (Kıvrak ve ark. 2008).

Bir çerçeve balda petek gözlerinin $\frac{3}{4}$ 'ü veya daha fazlası kapalı olan olgunlaşmış ballar hasat edilmelidir. Ortalama atmosferik nem % 60 civarında olduğu zaman balda istenen nem miktarı % 18'in altındadır. (Özkök 2009).

Hasat sırasında balda glukoz kristalleri, toz parçaları veya polen tanecikleri kristallenmeye neden olurlar. Bu yüzden hasattan sonra bal çok iyi süzölmeli, yabancı maddelerden arındırılmalı ve dinlendirilmelidir. Süzme ve dinlendirme şekerlenmeyi ve fermentasyonu geciktirir ve kaliteyi artırır (Bayrambaş 2012).

Yunanistan'da hasat işleminden sonra filtre edilen ve edilmeyen ballar arasındaki farkları ortaya koymak için yapılan bir çalışmada, filtrasyon işleminden sonra bal içerisindeki polenlerin % 90'ının kaybolduğu belirlenmiştir (Wilczynka 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

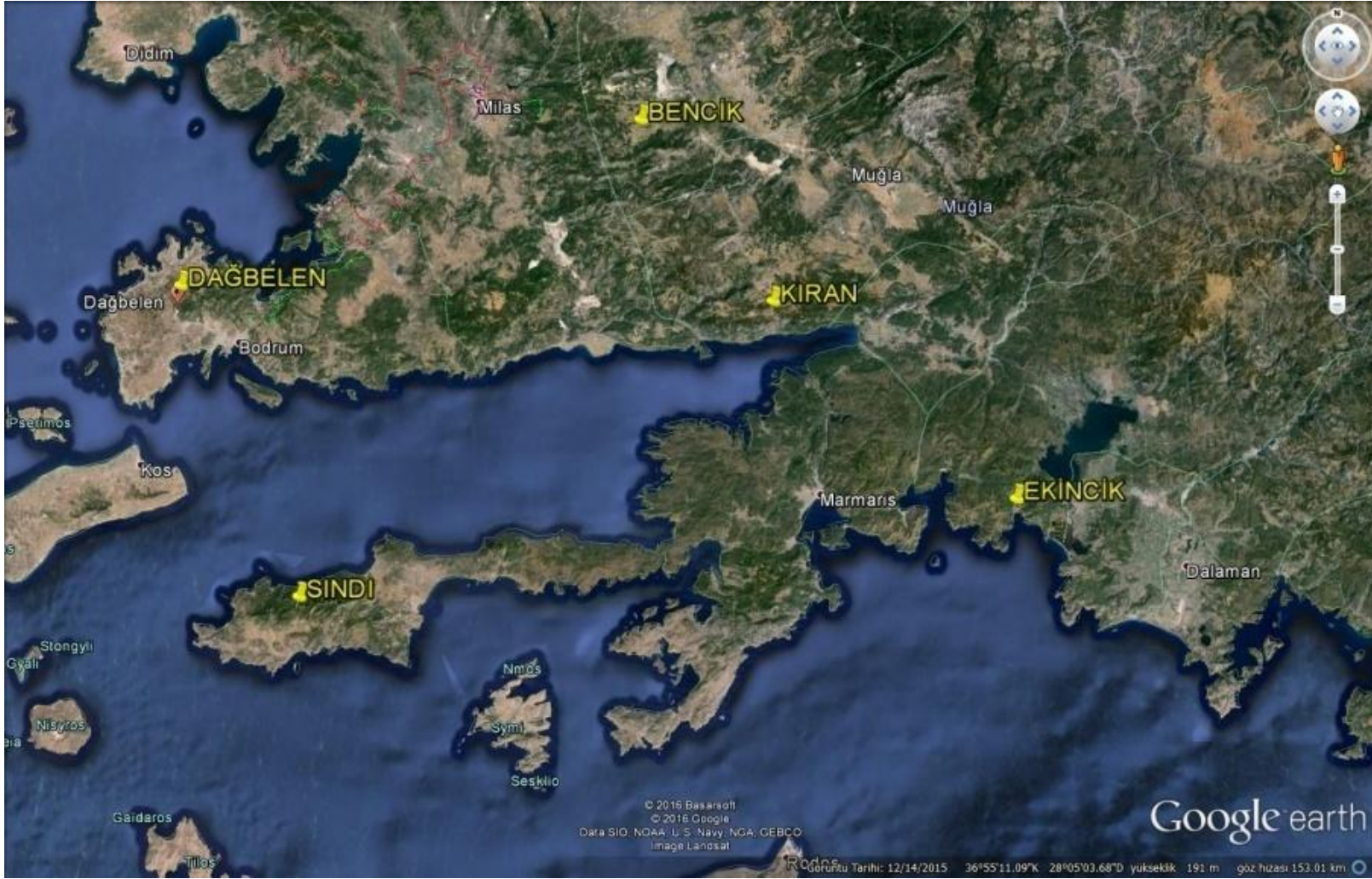
3.1. Materyal

Bu çalışmada, 2014 yılı çam balı hasat sezonunda Muğla İli Basralı Kızılçam Ormanlarındaki 5 farklı lokasyondan elde edilen çam balları kullanılmıştır. Muğla İli'nde çam balı üretiminin yoğun olarak yapıldığı Köyceğiz- Ekincik, Yatağan- Bencik, Bodrum- Dağbelen, Datça- Sındı ve Menteşe- Kıran lokasyonlarındaki farklı üreticilerden temin edilmiştir. Temin edilen ballar, üreticilerin kovandan bal süzme makineleri aracılığıyla kendilerinin hasat ettiği süzme çam balı örnekleridir. Hasat edilen çam ballarına ulaşıncaya kadar üreticiler ballarını laklı tenekelerde kendi depolarında muhafaza etmişlerdir. Her bir lokasyondan işlem görmemiş üçer adet çam balı olmak üzere toplam 15 adet bal örneği toplanmıştır. Bal örnekleri analiz edilinceye kadar sıkıca kapatılmış metal kapaklı cam kavanozlarda karanlık ortamda ve oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Lokasyonların seçilmesinde, birbirine yakın olmamasına ve Muğla İli'ni temsil etmesine dikkat edilmiştir. Çam balı örneklerinin toplandığı lokasyonlar ve örnek kodları Çizelge 3.1.'de, lokasyonların Muğla İl sınırları içerisindeki yerleri de Şekil 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Muğla İli'nde çam balı örneklerinin toplandığı yöreler ve örneklerin kodları

Örnek Kodu	Örnek Toplanan Yer	Örnek Kodu	Örnek Toplanan Yer
K1	Köyceğiz- Ekincik	M1	Menteşe- Kıran
K2	Köyceğiz- Ekincik	M2	Menteşe- Kıran
K3	Köyceğiz- Ekincik	M3	Menteşe- Kıran
B1	Bodrum- Dağbelen	Y1	Yatağan- Bencik
B2	Bodrum- Dağbelen	Y2	Yatağan- Bencik
B3	Bodrum- Dağbelen	Y3	Yatağan- Bencik
D1	Datça- Sındı		
D2	Datça- Sındı		
D3	Datça- Sındı		



Şekil 3.1. Muğla İli kızılçam ormanlarında bal örneklerinin toplandığı yerler

3.2. Yöntem

Araştırma kapsamında toplanan bal örneklerine Çizelge 3.2’de verilmiş olan fiziksel, kimyasal ve antioksidan analizler uygulanmıştır.

Çizelge 3.2. Çam balı örneklerine uygulanan analizler

Fiziksel analizler	Kimyasal analizler	Antioksidan analizler
Optik çevirme	Nem oranı (%)	Toplam Fenolik Madde (mgGAE/100g)
Elektriksel İletkenlik (mS.cm ⁻¹)	Prolin miktarı (mg.kg ⁻¹)	Toplam Flavonoid (mgQAE/100g)
Renk analizi	Diastaz sayısı	Antioksidan Aktivite;
Polen Analizi	Şeker profili	FRAP (µmol FeSO ₄ .7H ₂ O/g)
		DPPH- SC ₅₀ değeri (mg.ml ⁻¹)

Muğla İli Basralı Kızılcım Ormanlarında 5 farklı lokasyondan toplanan bal örneklerinin; Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonuna göre karşılaştırmaları yapılmıştır ve bu standartların biyokimyasal limitleri Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çiçek ve salgı ballarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunun göre biyokimyasal limitleri (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012)

Kalite Kriterleri	Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği	CODEX Alimentarius	Avrupa Birliği Komisyonu
Nem içeriği (%)	≤ % 20 ≤ % 23 Püren (<i>Calluna</i>) ballarında	≤ % 20 ≤ % 23 Püren (<i>Calluna</i>) ballarında	≤ % 20 ≤ % 23 Püren (<i>Calluna</i>) ballarında
Sakkaroz (%)	≤ 5 g/100g	≤ 5 g/100g	≤ 5 g/100g
	≤ 10 g/100g (Yalancı akasya, adi yonca, <i>menzies banksia</i> , tatlı yonca, kırmızı okaliptüs, meşe ağacı, narenciye çiçek ballarında ve kızılçam ile fıstık çamlarından elde edilen salgı ballarında)	≤ 10 g/100g (Yalancı akasya, adi yonca, <i>menzies banksia</i> , tatlı yonca, kırmızı okaliptüs, meşe ağacı, narenciye çiçek ballarında ve kızılçam ile fıstık çamlarından elde edilen salgı ballarında)	≤ 10 g/100g (Yalancı akasya, adi yonca, <i>menzies banksia</i> , tatlı yonca, kırmızı okaliptüs, meşe ağacı, narenciye çiçek ballarında ve kızılçam ile fıstık çamlarından elde edilen salgı ballarında)
	≤ 15 g/100g (Lavanta çiçeği ballarında)	≤ 15 g/100g (Lavanta çiçeği ballarında)	≤ 15 g/100g (Lavanta çiçeği ballarında)
Serbest Asitlik (meq/kg)	≤ 50 meq/kg	≤ 50 meq/kg	≤ 50 meq/kg
HMF (mg/kg)	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg
Diastaz Sayısı	≥ 8	≥ 8	≥ 8
Suda Çözünmeyen Madde	≤ 0.1 g/100g	≤ 0.1 g/100g	≤ 0.1 g/100g
Prolin Miktarı	≥ 300 mg/kg ≥ 180 mg/kg (Kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında) ≥ 120 mg kg ⁻¹ (Biberiye, akasya ballarında)	≥ 180 mg/kg	≥ 180 mg/kg
Naftalin Miktarı	10 ppb	-	-
Fruktoz + Glukoz	≥ 60 (Ç.B.) ≥ 45 (S.B.)	≥ 60 (Ç.B.) ≥ 45 (S.B.)	≥ 60 (Ç.B.) ≥ 45 (S.B.)
Fruktoz / Glukoz	0,9-1,4 (Ç.B.) 1,0-1,85 Kestane 1,2-1,85 Akasya 1,0-1,65 Kekik 1,0-1,4 (S.B.)	-	-
Elektrik iletkenliği (mS/cm)	≤ 0,8 (Ç.B.) ≥ 0,8 (S.B. ve kestane)	≤ 0,8 (Ç.B.) ≥ 0,8 (S.B. ve kestane)	≤ 0,8 (Ç.B.) ≥ 0,8 (S.B. ve kestane)
Balda protein ve ham balda delta C13 değerleri arasındaki fark	-1,0 veya daha pozitif	-	-
C4 şekerleri oranı	%7	-	-

Ç.B.:Çiçek Balı, S.B.: Salgı Balı

3.2.1. Fiziksel analizler

3.2.1.1. Optik çevirme

Balların optik çevirme açısı polimetre (beta PPP7 Optical Activity, England) kullanılarak tayin edilmiştir.

12 g bal tartılıp saf suda çözülmüş ve 100 mL' lik balon jöjeye aktarılmıştır. Üzerine 10 mL Carrez I ve Carrez II çözeltisi ilave edilerek 30 dk boyunca çalkalanmıştır. Hacmi saf su ile 100 mL tamamlandıktan sonra 24 saat süre sonunda süzölmüş elde edilen süzöntü polarimetrede ölçölerek balların optik çevirme açıları belirlenmiştir (Güney 2014).

3.2.1.2. Elektriksel iletkenlik

Ballarda elektrik iletkenliği tayini, TS 13366'ya (2008a) göre yapılmıştır. Analize başlamadan önce; 20 g kuru bala eşdeğer olan bal kütlesi saf suda çözümlü, çözelti 100 mL' ye saf su ile tamamlanmıştır.

Hazırlanan bu çözeltiden 40 mL alınarak bir erlene aktarılmış ve referans sıcaklık olan 20°C' ye getirilip su banyosuna konmuştur. Geri kalan analiz numunesi bal çözeltisi iletkenliğinin ölçölmesinde kullanılan iletkenlik hüccresinin yıkanması için kullanılmıştır. Elektrot iletkenlik ölçere bağlanarak, çözelti içine daldırılıp kararlı hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra çözeltinin iletkenliği (mS) cinsinden okunmuştur.

20 g kuru bal ihtiva eden bal çözeltisinin öz iletkenliği, γ_B , (mS.cm⁻¹ olarak) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır:

$$\gamma_B = K.G$$

K= Hücre sabiti

G= Numune çözeltisinin elektrik iletkenliği, mS

Sonuçlar iki ondalıklı olarak mS.cm⁻¹ cinsinden verilmiştir.

3.2.1.3. Renk

Bal numunelerinin rengi, Hunter (L, a, b) renk ölçüm sisteminde Konica Minolta cihazı ile ölçülmüştür. Bal numunesi küvete konulmadan önce, 50 °C sıcaklıktaki su banyosunda 30-45 dk ısıtılmıştır (Anupama ve ark. 2003). Bu işlemin amacı şeker kristallerini çözündürmek ve balın viskozitesini düşürmektir. Üç okuma değerinin ortalaması alınarak renk değerleri belirlenmiştir (Güney 2014).

3.2.1.4. Polen analizi

Polen analizinin yapılmasındaki amaç, bal arıların çam balı üretimi süresince nektar ve polen aldığı diğer bitkileri saptamaktır.

Homojen hale getirilmiş bal numunelerinden 10 g tartılmıştır. Üzerine 20 ml distile su ilave edilmiştir. Balın su içerisinde çözülmesini sağlamak amacıyla karışımlar 45 °C'lik su banyosunda 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Tüp içerisindeki çözeltiler 3500 rpm'de 45 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Daha sonra tüplerin süpernatant kısmı dökülmüş ve iğne ucuna alınan bir miktar bazik fuksinli gliserin- jelatinin dipteki çözeltilere bulaştırılarak alınan örnekler lam üzerine aktarılmıştır. Lam ısıtma tablasında 30 °C'de ısıtılmış ve bazik fuksinli gliserin- jelatinin erimesi sağlanmıştır. İğne ile eriyen gliserin- jelatin karıştırılarak polen tanelerinin homojen dağılması sağlanmış ve lam üzerine 18x18 mm'lik lamel hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapatılmıştır. Mikroskopta polen tanelerine bakılmak üzere 12 saat boyunca ters şekilde bekletilmiştir. X40'lık objektifle polenler incelenmiştir (Sorkun 2008). Polen preparatlarının incelenmesinde ve fotoğraflanmasında Olympus BX 41 trinoküler mikroskop, Olympus SC30 kamera ve Cell* yazılımı kullanılmıştır.

3.2.2. Kimyasal analizler

3.2.2.1. Nem

Balın nem içeriği, refraktometre ile 20 °C' de elde edilen kırılma indisi kullanılarak ve nem hesaplama çizelgesinden yararlanılarak belirlenmiştir (TS 13365, 2008c). Bunun için her numuneden bir miktar alınıp refraktometrenin prizması üzerine konularak, hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapağı kapatılmış ve 20 °C' de okuma yapılmıştır. Okunan kırılma indisinin karşılığı % nem miktarı çizelgeden okunmuştur.

Kullanılan refraktometrede tam olarak 20 °C'de okuma yapmanın mümkün olmadığı durumlarda, okuma yapılan sıcaklık ölçülmüştür. 20 °C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta ölçme yapılmışsa, okunan kırılma indisi değerine her 1 °C için 0,0002 eklenirken, 20 °C'nin altındaki her 1 °C için 0,0002 çıkarılmıştır. Böylece, 20 °C'de ki kırılma indisi değeri bulunmuştur. Çizelge 3.4.'te refraktometrede okunan değere karşı % nem miktarına ait değerler gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Atago Refraktometresi ile % nem oranı tayini (Güney 2014)

Refraktometrik Değer	Nem İçeriği g/100g	Refraktometrik Değer	Nem İçeriği g/100g	Refraktometrik Değer	Nem İçeriği g/100g
1,5044	13,0	1,4935	17,2	1,4830	21,4
1,5038	13,2	1,4930	17,4	1,4825	21,6
1,5033	13,4	1,4925	17,6	1,4820	21,8
1,5028	13,6	1,4920	17,8	1,4815	22,0
1,5023	13,8	1,4915	18,0	1,4810	22,2
1,5018	14,0	1,4910	18,2	1,4805	22,4
1,5012	14,2	1,4905	18,4	1,4800	22,6
1,5007	14,4	1,4900	18,6	1,4795	22,8
1,5002	14,6	1,4895	18,8	1,4790	23,0
1,4997	14,8	1,4890	19,0	1,4785	23,2
1,4992	15,0	1,4885	19,2	1,4780	23,4
1,4987	15,2	1,4880	19,4	1,4775	23,6
1,4982	15,4	1,4875	19,6	1,4770	23,8
1,4976	15,6	1,4870	19,8	1,4765	24,0
1,4971	15,8	1,4865	20,0	1,4760	24,2
1,4966	16,0	1,4860	20,2	1,4755	24,4
1,4961	16,2	1,4855	20,4	1,4750	24,6
1,4956	16,4	1,4850	20,6	1,4745	24,8
1,4951	16,6	1,4845	20,8	1,4740	25,0
1,4946	16,8	1,4840	21,0		
1,4940	17,0	1,4835	21,2		

3.2.2.2. Diastaz sayısı

Diastaz sayısı belirlemek amacıyla kullanılan reaktifler:

Stok iyot çözeltisi: 2,2 g iyot ve 4,4 g KI 40 mL saf suda çözülür (24 saat karanlıkta bekletilir) daha sonra saf suyla 100 mL tamamlanır.

Seyreltik iyot çözeltisi: 2 g KI ve 300 µL stok çözeltisi saf su ile 50 mL tamamlanır.

Nişasta çözeltisi: Kaynamış olan 90 mL saf suya 2 g nişasta ilave edilir. Soğutulduktan sonra üzerine 2,5 mL pH:5,3 Asetat tamponu eklenerek saf suyla 100 mL' ye tamamlanır.

Sodyum Klorür (0,5M): 14,5 g NaCl saf su ile 500 mL'ye tamamlanır.

pH: 5,3 Asetat tamponu: 87 g sodyum asetat 400 mL saf suda çözülür. Üzerine 10,5 mL glasiyel asetik asit ilave edilerek saf su ile 500 mL'ye tamamlanır.

Numunelerden 1 g bal alınmış ve 2 mL saf suda çözülmüştür. Üzerine 0,5 mL asetat tamponu ve 0,3 mL NaCl eklenerek saf suyla 5 mL'ye tamamlanmıştır.

40 °C'de su banyosuna ayrı ayrı tüplerde 2 mL bal ve 1 mL nişasta çözeltisi konularak 15 dk bekletilmiştir. Çözeltilerden 1 mL bal, 0,5 mL nişasta çözeltisi alınarak bir karışım elde edilmiştir. Çizelge 3.5'te zamana karşı pipetlemeler gösterilmektedir (Güney 2014).

Çizelge 3.5. Diastaz aktivitesi için pipetlemeler (Güney 2014)

Zaman(dakika)	Karışım(µL)	Seyreltik iyot çözeltisi	Saf su(mL)
0	50	0,5	2
3	50	0,5	2
5	50	0,5	2
10	50	0,5	2
15	50	0,5	2

Her bir numune için yukarıdaki işlem ayrı ayrı yapılmış ve 660 nm'de ki absorbansları spektrofotometrede ölçülmüştür. Ölçümü yapılan dakikalar ile bulunan absorbans değerleri arasında bir grafik oluşturulmuştur. Bu grafik üzerinde absorbansın 0,235'e denk geldiği dakika işaretlenmiş ve hesaplamada kullanılmıştır.

$$\text{Diastaz sayısı} = \frac{300}{t_x} \quad t_x = \text{Analiz sonucunda 0,235 absorbansa denk gelen dakika}$$

3.2.2.3. Prolin miktarı

Prolin tayini spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Yöntem prolinin ninhidrin ile 510 nm de absorbands veren renkli kompleks oluşturmaya dayanmaktadır (Ough 1960).

Kurutulmuş prolinin 40 mg'ı saf su ile çözülüp balon jode 50 mL'ye tamamlanmıştır. Standart prolin çözeltilerinin hazırlanması için stok prolin çözeltisinden 0,5 mL, 1 mL ve 2 mL balon jolere alınıp 25 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Bu çözeltilerden 0,5'er mL alınarak cam tüplere konulmuştur. Üzerlerine 1 mL formik asit ve 1 mL % 3'lük ninhidrin çözeltisi ilave edilip tüpler 15 dk çalkalanmıştır. Çalkalama bitiminde kaynayan su banyosunda 15 dk tutulmuştur. Sonra 70 °C'lik su banyosunda 10 dk tutulmuştur. Sürenin hemen bitiminde tüplere 5 mL % 50'lik 2-propanol çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler alt üst edilerek spektrofotometrede 510 nm'de okunmuştur (TS 13357, 2008b).

5 g bal tartılıp 50 mL saf su ile çözülüp balon joyeye aktarılmıştır ve 100 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Tüp alt üst edilerek çalkalanmıştır. Bal çözeltisinden 0,5 mL alınıp deney tüpüne konulmuştur. Bir de kör numune için 0,5 mL saf su deney tüpüne konmuştur. Üzerlerine 1mL formik asit ve 1mL % 3'lük ninhidrin çözeltisi ilave edilip tüpler 15 dk çalkalanmıştır. Çalkalama bitiminde kaynayan su banyosunda 15 dk sonrasında 70 °C'lik su banyosunda 10 dk tutulmuştur. Sürenin bitiminde tüplere 5 mL 2-propanol çözeltisi ilave edilmiş ve tüpler alt üst edilerek 510 nm'de konsantrasyonları (mg/kg) okunmuştur.

3.2.2.4. Şeker analizleri

Bu metot ile ballarda 7 farklı şeker parametresi (fruktoz, glukoz, sakkaroz, maltoz, arabinoz, trehaloz, melebioz) tayin edilmiştir. Bu yöntemin esası, filtre edilmiş bal çözeltisinin şeker içeriğinin RI-detektör ile HPLC'de tayinine dayanmakta ve geliş zamanlarına göre pikler belirlenmektedir (Bogdanov ve ark. 2004).

Öncelikle cihazın kalibrasyonu için bu şekerlerin standart çözeltileri hazırlanmıştır. Standart çözeltiler 0,45 µm filtreden geçirilip viallere alınmıştır. Hazırlanan standart çözeltiler HPLC cihazının RI- detektöründe okutulurken geliş zamanlarına göre kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur. Ballardan 1 g tartılarak 10 mL ultra saf suda çözülme işleminden sonra 0,45 µm filtreden geçirelerek viallere alınmıştır. Analiz için Elite LaChrom, Hitachi HPLC cihazı kullanılmıştır. Analizler ters faz -NH₂ kolonunda (200/ 4,6 Nucleosil 100-5 NH₂) % 79 asteinitril ve % 21 saf su izokratik program uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Numune ve

standartların enjeksiyon hacmi 25 µL'ye, mobil faz akış hızı 1,5 mL.dk⁻¹'ya ve kolon sıcaklığı kolon fırınında 80 °C'ye ayarlanarak çalışma optimizasyonu sağlanmıştır.

3.2.3. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

3.2.3.1. Bal ekstraktlarının hazırlanması

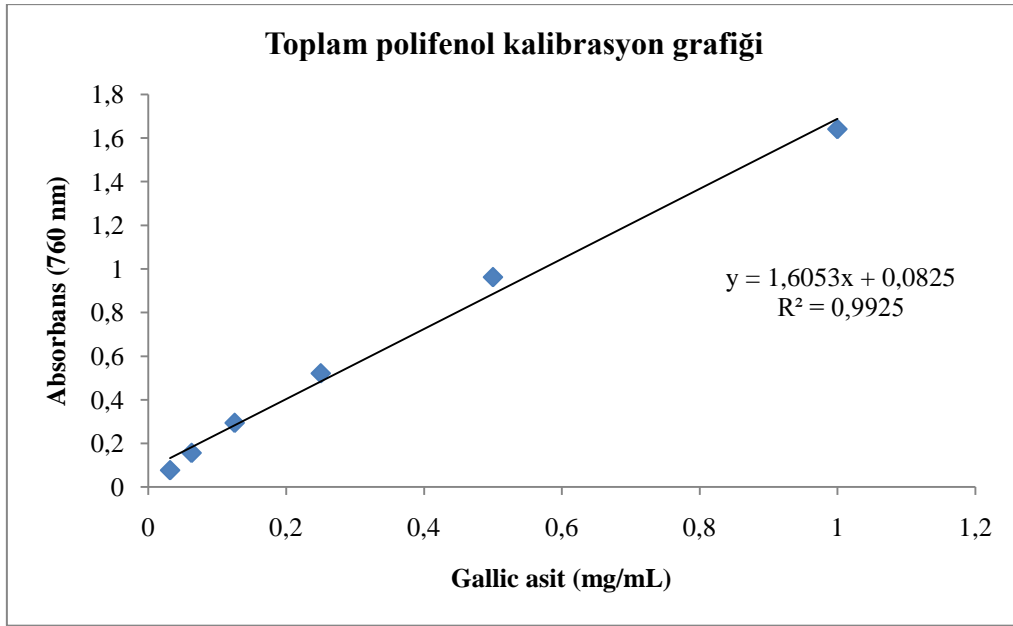
Her bir bal numunesinden 5 g alınmış ve üzerine 100 mL metanol ilave edilerek 24 saat çalkalanmıştır. Elde edilen çözelti süzölmüş ve süzöntü evaporatörde kurutulmuştur (Güney 2014).

3.2.3.2. Toplam polifenol madde tayini

Metot, suda ve diğer organik çözücülerde çözünmüş olan fenolik yapıya sahip bileşiklerin folin reaktifi ile alkali ortamda renkli kompleks oluşturması esasına dayanır (Slinkard ve Singleton 1977). Yönteme göre numunedeki toplam çözünebilir fenolik madde Folin-Ciocalteu reaktifi ile 760 nm'de maksimum absorbands veren renkli bir kompleks oluşturur. Gallik asit ile standart çalışma grafiği hazırlanarak tayin yapılmıştır. Cihaza verilen standarta karşı kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Analiz için gerekli olan pipetleme işlemleri Çizelge 3.6.'da, elde edilen standart çalışma grafiği ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Toplam polifenol (fenolik) madde tayini için deney şartları (Güney 2014)

	Reaktif Kör	Standart	Deney
Standart (değişik konsantrasyonlarda)	-	20 µL	-
Numune	-	-	20 µL
Destile su	700 µL	480 µL	680 µL
0,5 N Folin reaktifi	400 µL	400 µL	400 µL
Tüpler vorteks ile karıştırılır.			
% 10 Na ₂ CO ₃	400 µL	400 µL	400 µL
760 nm'de tanık deneye karşı absorbands okunur.			



Şekil 3.2. Toplam polifenol kalibrasyon grafiği (Güney 2014)

3.2.3.3. Toplam flavonoid madde tayini

Fenolik bileşiklerden flavonollerin tayini Fukumoto ve Mazza (2000)'ya göre yapılmıştır. Metanolik olarak hazırlanan bal ekstraktları çalışmada kullanılmıştır. Aynı zamanda standart olarak Kuarsetinin 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125; 0,015625 mg/mL'lik farklı konsantrasyonları hazırlanıp absorbans değerleri okunmuştur. Konsantrasyona karşılık bulunan absorbans değerleri ile grafik çizilmiştir. Çizilen grafiğe göre bal ekstraktlarının toplam flavonoid madde miktarı bulunup, seyreltme faktörleri de dikkate alınarak asıl numunenin mg QAE (Kuarsetin eşdeğeri)/ 100g bal olarak flavonoid madde miktarı bulunmuştur. Pipetleme işlemi Çizelge 3.7.'deki gibi yapılmıştır.

Çizelge 3.7. Toplam flavonoid tayininde yapılan pipetleme işlemi (Güney 2014)

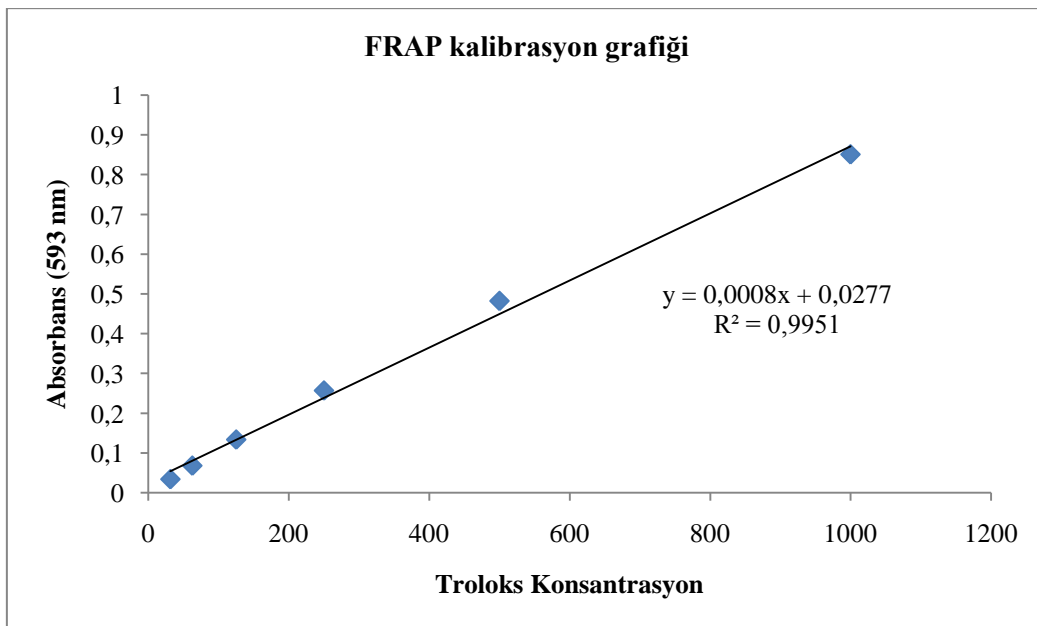
	Kör	Renk Körü	Standart	Numune
Numune Değişen konsantrasyonlarda	-	0,5 mL	-	0,5 mL
Standart Değişen Konsantrasyonlarda (0,5-0,25-0,125-0,0625-0,03125-0,015625 mg/mL)	-	-	0,5 mL	-
Mutlak Metanol	4,8 mL	4,5	4,3	4,3
% 10 Al(NO ₃) ₃	0,1 mL	-	0,1	0,1
1 M NH ₄ .CH ₃ COO	0,1 mL	-	0,1	0,1
Oda Sıcaklığında İnkübe edilir ve 415 nm'de absorbans okunur.				

3.2.3.4. FRAP metodu ile antioksidan aktivite tayini

FRAP (Fe (III) indirgeme gücü (Ferric reducing antioxidant power)) metodu (Fe(III)-TPTZ-2,4,6-tris(2-pyridly)-S-triazin) kompleksinin antioksidanlar varlığında indirgenerek mavi renkli kompleks Fe(II)-TPTZ oluşması ve bu kompleksin 593 nm’de maksimum absorbans vermesi esasına dayanır (Benzie ve Strain 1999). Bu amaçla 3 mL FRAP reaktifi [300 mM pH 3,6 asetat tamponu: 10 mM TPTZ: 20 mM FeCl₃ (10: 1: 1)] ile 100 µL numune karıştırılmıştır ve 4 dk sonra 593 nm’de absorbans okunmuştur. Sonuçlar standart antioksidan FeSO₄ ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çözücüden ve numuneden gelen renklilik absorbansını belirleme ve bunları numune absorbansından çıkarma amacıyla tanık deneyler yapılmıştır. Tayin için yapılan pipetmeler Çizelge 3.8.’de ve standart FRAP değerleri Şekil 3.3’te özetlenmiştir.

Çizelge 3.8. FRAP yöntemi için deney şartları (Güney 2014)

	Reaktif Kör	Standart	Numune
FRAP reaktifi	3 mL	3 mL	3 mL
Numune	-	-	100 µL
FeSO ₄ .7H ₂ O	-	100 µL	-
Metanol	100 µL	-	-



Şekil 3.3. FRAP testi için kalibrasyon grafiği (Güney 2014)

3.2.3.5. DPPH (Radikal Temizleme) metodu ile antioksidan aktivite tayini

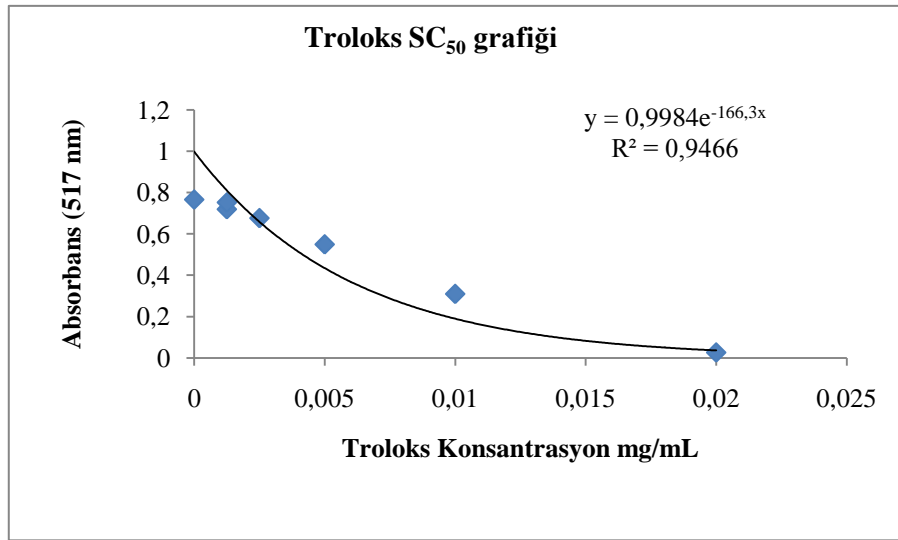
Analizlerde DPPH' radikali (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)'nin 100 µM'lık metanolik çözeltisi kullanılmıştır. Elde edilen özütler değişik konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Eşit hacimde (750 µL) DPPH' çözeltisi ve numune çözeltileri karıştırılıp oda sıcaklığında 50 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda DPPH'ın maksimum absorbans verdiği 517 nm'de absorbanslar okunmuştur. Kör olarak DPPH' çözeltisi ve numunenin çözüldüğü çözücü kullanılmıştır. Bulunan absorbanslara karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğe geçirilerek SC₅₀ değerleri mg/ml cinsinden hesaplanmıştır (Potterat ve ark. 1997). Çizelge 3.9.'da DPPH yöntemi için gerekli pipetlemeler gösterilmektedir.

Çizelge 3.9. DPPH yöntemi için deney şartları (Güney 2014)

	Reaktif Kör	Numune
Standant ve Numune (Değişen konsantrasyonlarda)	-	750 µL
DPPH	750 µL	750 µL
Çözücü	750 µL	-

3.2.3.6. SC₅₀ değerinin bulunması

SC₅₀ radikalini (DPPH') % 50 sini temizleyen numune miktarı olup SC₅₀ değerinin bulunması için en az 3 farklı konsantrasyonlarda çalışmak gerekmektedir. Bu nedenle çalışmalarda 5 farklı konsantrasyonda ölçüm yapılmıştır. Numunelerin yeterli miktarda farklı konsantrasyonu hazırlanıp absorbands ölçümleri yapılmış ve absorbandslar konsantrasyona karşı grafiğe geçirilmiştir. Maksimum absorbandsın yarısına karşılık gelen konsantrasyon miktarı SC₅₀ değerini vermektedir. SC₅₀ değeri mg/mL veya mM gibi birimlerde ifade edilmektedir (Güney 2014).



Şekil 3.4. DPPH tayininde kullanılan Troloks standardının SC₅₀ grafiği (Güney 2014)

3.2.4. İstatistiksel Analizler

Her bir lokasyondan 3 adet olmak üzere, Muğla İli sınırlarında 5 farklı lokasyondaki bal üreticilerinden temin edilen çam balı örneklerinin bazı kalite özellikleri üzerine lokasyon farklılıklarının etkilerini belirlemek amacıyla elde edilen veriler istatistiksel analiz tabi tutulmuştur. Bu kapsamda ANOVA analizi yapılmış ve Tukey-Duncan testi uygulanmıştır. Farklılıklar p=0.05 düzeyinde analiz edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel analiz değerleri

Çam balı örnekleri, fiziksel analizlerden elektriksel iletkenlik, optik çevirme, renk ve polen analizlerine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.1’de analizlerin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bal örneklerinin fiziksel analiz sonuçları

Örnekler	Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	Optik Çevirme	Renk		
			L^*	a^*	b^*
K1	1,38	2,89	52	24	88
K2	1,61	3,9	58	24	80
K3	1,11	2,14	65	22	84
B1	1,06	0,7	52	26	78
B2	0,99	-0,12	44	28	84
B3	1,20	1,56	64	16	83
D1	1,53	2,69	48	22	80
D2	1,83	3,51	62	30	86
D3	1,50	2,55	64	18	76
M1	1,10	1,47	70	24	79
M2	1,04	1,45	68	26	76
M3	1,06	1,74	63	23	86
Y1	0,89	0,85	55	20	78
Y2	1,20	2,95	57	21	82
Y3	1,25	3,35	62	18	78
En düşük	0,89	-0,12	44	16	76
En yüksek	1,83	3,51	70	30	88
Ortalama	1,25	2,10	58,8	22,80	81,20

4.1.1. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik, elektron hareketliliğinin bir özelliğidir ve çoğunlukla balların mineral tuzu, organik asit ve protein seviyesiyle ilgilidir (Can ve ark. 2015, Bettar ve ark. 2015). Elektriksel iletkenlik salgı balları için önemli bir ayırt edici özelliktir. Salgı ballarının iletkenliği floral ballardan yüksektir (Can ve ark. 2015). Ayrıca elektriksel iletkenlik balların botanik orijininin saptanmasında kullanılan önemli bir kriterdir (Yalçın 2015, Bettar ve ark. 2015).

Elektriksel iletkenlik değerinin yüksek olması mineral içeriğinin yüksek olmasından veya yüksek asitlikten kaynaklanabilir. İletkenlik lm kl, proteinler ve bazı kompleks Őekerlere dayanır ve bu maddelerin miktarı arttıķa iletkenlik de artar (Kaçaroğlu 2011).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre; salęı ballarının elektriksel iletkenliği en az 0,8 mS/cm, iek ballarının ise en fazla 0,8 mS/cm olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Muğla ilinden toplanan am balı örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri, 0,89 mS/cm (Y1- Yatağan- Bencik) ile 1,83 mS/cm (D2- Datça- Sındı) arasında bulunmuş ve ortalama değer 1,25 mS/cm olarak saptanmıştır (izelge 4.1). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunda elektriksel iletkenlik değeri salęı balları için en az 0,8 mS/cm olarak belirlenmiştir (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012). Muğla ilinden toplanan am ballarının elektriksel iletkenlik değerlerinin her üç standarda da uygunluk sağladığı görülmektedir.

Yunanistan'ın çeşitli ballarıyla ilgili yapılan bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri am ve köknar ballarında ortalama 1,10 mS/cm ve 1,50 mS/cm, portakal çiçeği ve kekik ballarında ise ortalama 0,61 mS/cm ve 0,39 mS/cm olarak bulunmuştur (Karabagias ve ark. 2014b).

ınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet am balının çeşitli özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, elektriksel iletkenlik değerlerinin 0,82 mS/cm ile 1,82 mS/cm arasında olduğunu saptamıştır.

Muğla'dan elde edilen am ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri 0,89 mS/cm ile 2,26 mS/cm arasında saptanmış olup ortalama değerin 1,41 mS/cm olduğu kaydedilmiştir (zkk 2009).

Arjantin'in yonca ve okalıptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada yonca balının elektriksel iletkenliği 270 μ S/cm, okalıptüs balının elektriksel iletkenliği ise 420 μ S/cm olarak belirlenmiştir (Ciappini ve ark. 2016)

Doğu Anadolu bölgesi ballarının kaliteleri üzerine yapılan bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri 0,18 mS/cm ile 0,47 mS/cm arasında olup ortalama elektriksel iletkenlik değeri 0,265 mS/cm olarak bulunmuştur (Batu ve ark. 2013).

Türkiye’de üretilmiş, marketlerde satılan çiçek ballarının kalitelerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, elektriksel iletkenlik değerleri en az 0,14 mS/cm, en çok 0,95 mS/cm olarak kaydedilmiştir (Çetin ve ark. 2011).

İspanya’nın kekik ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada elektriksel iletkenlik değeri 288 μ S/cm ile 559 μ S/cm arasında bulunmuş olup ortalama değer 395 μ S/cm olarak saptanmıştır (Terrab ve ark. 2004).

Popescu ve ark. (2016)’nın Romanya’da çeşitli balların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri akasya balında 160 μ S/cm, ayçiçek balında 410 μ S/cm, kolza balında 200 μ S/cm, ıhlamur balında 560 μ S/cm ve polifloral balda 417 μ S/cm olarak kaydedilmiştir.

Fas ballarının kalite özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada sütleğen bitkisinin iki farklı türünden (*Euphorbia regis-jubae* ve *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus*) elde edilen ballar analiz edilmiştir. *Euphorbia regis-jubae* bitkisinden elde edilen balın elektriksel iletkenliği 332 μ S/cm ile 690 μ S/cm arasında, *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus* bitkisinden elde edilen balın elektriksel iletkenliği ise 227 μ S/cm ile 874 μ S/cm arasında olduğu saptanmıştır (Bettar ve ark. 2015).

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri 0,39 mS/cm ile 1,20 mS/cm arasında bulunmuştur (Turan 2012). Elektriksel iletkenliği 0,8 mS/cm’den yüksek çıkan balların salgı ballarıyla karışık ya da salgı balı olabileceği ileri sürülmüştür.

Kaçaroğlu (2011), Antalya ve çevresinden elde ettiği turunçgil ballarında yaptığı çalışmada elektriksel iletkenlik değeri ortalama 0,15 \pm 0,01 mS/cm olarak saptanmıştır.

Tez kapsamında Muğla ilinin 5 farklı lokasyonundan toplanan 15 adet çam balı örneğinin elektriksel iletkenlik değerleri, diğer araştırmacıların çam balları üzerinde yaptıkları çalışmalarda belirlenen elektriksel iletkenlik değerlerine benzerlik göstermektedir. Elektriksel iletkenlik değeri, salgı ballarını çiçek ballarından ayırt etmede kullanılan bir parametredir. Çalışmamızda belirlenen elektriksel iletkenlik değerlerinin diğer araştırmacıların çeşitli çiçek balları üzerine yaptıkları çalışmalardaki elektriksel iletkenlik değerlerinden yüksek çıkması ise beklenen bir durumdur.

Tez kapsamında analiz edilen çam balı örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri üzerine lokasyon farklılığının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2). Elektriksel iletkenlik ortalama değerleri en düşük Menteşe-Kıran lokasyonuna ait çam balı örneklerinde saptanmış, en yüksek ortalama değer ise Datça-Sındı lokasyonundan elde edilmiştir. Ancak, istatistiksel olarak Datça-Sındı lokasyonundan alınan bal örneklerinin elektriksel iletkenlik ortalama değeri diğer lokasyonların ortalama değerlerinden farklılık göstermiş ($p<0.05$) ve daha büyük elektriksel iletkenlik değerleri elde edilmiştir.

4.1.2. Optik çevirme

Optik çevirme ile polarimetrede optik izomerlerin polarize ışık düzleminde oluşturduğu çevirme açısı belirlenir (Köksel 2005). Balın polarize ışığı çevirme yönü ve miktarı, balın türüne ve içeriğindeki fruktoz ve glukoz miktarına bağlıdır. Çiçek balları polarize ışığı sola (-), salgı balları ise sağa (+) çevirmektedir. Bunun nedeni negatif spesifik rotasyona sahip monosakkarit olan fruktozun daha fazla bulunmasıdır (Kahraman 2012).

Tez kapsamında, Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin optik çevirme değerleri, -0,12 (B2- Bodrum - Dağbelen) ve +3,51 (D2- Datça- Sındı) değerleri arasında bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Ciappini ve ark. (2016)'nın Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada yonca balının optik çevirmesi -6,40, okaliptüs balının optik çevirmesi -7,23 olarak belirlenmiştir.

Çavrar ve ark. (2013)'nın, farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları bir çalışmada optik çevirme değerleri çam balında 2,42, karışık çiçek balında -1,79, kestane balında -2,09, ormangülü balında -1,13 ve sakkaroz şurupla elde edilen balda -0,97 bulmuşlardır.

Türkiye'de üretilen farklı bal çeşitleri üzerinde yapılan bir çalışmada optik çevirme değerleri çam balında 1,38, meşe balında 0,74, kestane balında -2,73, püren balında -2,63, ıhlamur balında -1,58, akasya balında -3,46 ve multifloral balda -2,12 olarak tespit edilmiştir (Can ve ark. 2015).

Tez kapsamında Muğla ilinin 5 farklı lokasyonundan toplanan 15 adet çam balı örneğinin B2 (Bodrum- Dağbelen) örneği hariç tümünün optik çevirme değerleri, diğer araştırmacıların çam balları üzerinde yaptıkları çalışmalarda belirlenen optik çevirme

değerlerine benzerlik göstermektedir. Optik çevirme değeri, salgı ballarını çiçek ballarından ayırt etmede kullanılan bir diğer parametredir. Çalışmamızda belirlenen optik çevirme değerlerinin, diğer araştırmacıların çeşitli çiçek balları üzerine yaptıkları çalışmalardaki optik çevirme değerlerinden farklılık göstermesi beklenen bir durumdur. B2 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin optik çevirme değerinin negatif (-) olması, çam balı elde etme döneminde bal arılarının çiçeklerden daha fazla nektar aldıklarının veya yayla sezonundan sonra çam balı üretim dönemine geçiş sürecinde kovan içerisinde çiçek balının kalmış olup çam balıyla karıştığının bir göstergesi olabilir.

Muğla İli çam balı örneklerinin optik çevirme değerleri üzerine lokasyon farklılığının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.2). Optik çevirme ortalama değerleri en düşük Bodrum-Dağbelen lokasyonuna ait çam balı örneklerinde belirlenmiş, en yüksek ortalama değer ise Köyceğiz-Ekincik lokasyonunda elde edilmiştir. İstatistiksel olarak Bodrum-Dağbelenlokasyonundan alınan örneklerin optik çevirme ortalama değeri diğer lokasyonlardan farklılık göstermiştir ($p<0.05$) ve daha büyük optik çevirme değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Bal örneklerinin elektriksel iletkenlik ve optik çevirme istatistik analiz sonuçları

Örnekler	Elektriksel İletkenlik (mS/cm)*	Optik Çevirme*
K	1,36±0,25 ^{ab}	2,97±0,88 ^b
B	1,08±0,11 ^a	0,71±0,84 ^a
D	1,62±0,18 ^b	2,91±0,51 ^b
M	1,06±0,03 ^a	1,55±0,16 ^{ab}
Y	1,11±0,19 ^a	2,38±1,34 ^b

* Lokasyon ortalaması

Her sütünde farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Çam balı örneklerinin, elektriksel iletkenlik ve optik çevirme değerleri hariç analizedilen diğer tüm kalite parametreleri üzerinde lokasyon farklılığının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Elektriksel iletkenlik ve optik çevirme değerlerindeki bu farklılığın Datça- Sındı ve Bodrum- Dağbelen lokasyonlarındaki mineral madde yoğunluğundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. Renk

Balın rengi genellikle saydamdan başlayıp koyu kırmızıya kadar değişmekte ve bu aralıkta sarı, kehribar, kahverengi yeşilimsi ve kırmızımsı renklerinde olabilmektedir. Klorofil, karoten, ksantofil ve bileşimi bilinmeyen sarı ve yeşil rengi meydana getiren bitki pigmentleri balın rengini oluştururlar (Çapar 2010).

Balın rengi görsel açıdan önemli bir faktördür ve çoğunlukla nektar kaynağına ve polen içeriğine bağlıdır (Can ve ark. 2015). L^* aydınlık ve karanlık (0 siyah, 100 beyaz), a^* kırmızı ve yeşillik değeri (-a yeşil, +a kırmızı), b^* ise sarı ve mavilik (-b mavi, +b sarı) değeridir (Üren 1999, Wilczynka 2014, Can ve ark. 2015).

Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin L^* değerleri, 44 (B2- Bodrum- Dağbelen) ile 70 (M1- Menteşe- Kıran) arasında, a^* değerleri 16 (B3- Bodrum- Dağbelen) ile 30 (D2- Datça- Sındı) arasında ve b^* değerleri de 76 (D3- Datça- Sındı, M2- Menteşe- Kıran) ile 88 (K1- Köyceğiz- Ekincik) arasında bulunmuştur. Ortalama L^* değeri 58,8, ortalama a^* değeri 22,8 ve ortalama b^* değeri de 81,20 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Karabagias ve ark. (2014b)'nın Yunanistan ballarıyla ilgili yaptığı çalışmada L^* a^* b^* değerleri sırasıyla çam balında 69,49, -3,69, 18,76, köknar balında 71,06, -4,49, 18,76, portakal çiçeği balında 75,82, -2,77, 7,32 ve kekik balında 74,05, -3,44, 11,38 olarak bulunmuştur.

Tornuk ve ark. (2013)'nin Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balıyla ilgili yaptıkları bir çalışmada, L^* değerlerinin 8,88 ile 18,54 arasında; a^* değerlerinin 2,64 ile 8,04 arasında; b^* değerlerinin 11,50 ile 23,56 arasında olduğu kaydedilmiştir.

Türkiye'nin çeşitli balları üzerine yapılan bir çalışmada L^* değerleri 22,27 ile 36,16 arasında; a^* değerleri -1,9 ile 3,78 arasında; b^* değerleri 2,86 ile 15,6 arasında bulunmuştur (Bayrambaş 2012).

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada L^* değerleri 23,89 ile 31,28 arasında; a^* değerleri 0,56 ile 2,65 arasında; b^* değerleri -0,31 ile 5,89 arasında tespit edilmiştir (Turan 2012).

Kaçaroğlu (2011), Antalya ve çevresinden elde ettiği turunçgil balları üzerinde yaptığı çalışmada L^* değeri ortalama $22,33 \pm 0,19$, a^* değeri ortalama $-0,006 \pm 0,07$, b^* değeri de ortalama $4,30 \pm 0,23$ olarak bulmuştur.

Uçkun (2011), Türkiye'nin narenciye ve geven ballarıyla ilgili yaptığı çalışmada narenciye balının L^* değerini $63,16 \pm 0,09$, a^* değerini $-1,40 \pm 0,13$, b^* değerini $20,93 \pm 0,27$; geven balının L^* değerini $57,49 \pm 0,06$, a^* değerini $-3,00 \pm 0,03$, b^* değerini de $12,57 \pm 0,04$ olarak saptamıştır.

Fas ballarının kalite özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada sütleğen bitkisinin iki farklı türünden (*Euphorbia regis-jubae* ve *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus*) elde edilen ballar incelenmiştir. *Euphorbia regis-jubae* bitkisinden elde edilen balın L^* değerlerinin 45,92 ile 83,46, a^* değerlerinin 6,58 ile 32,53, b^* değerlerinin 37,75 ile 83,59 arasında, *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus* bitkisinden elde edilen balın L^* değerlerinin 38,55 ile 50,68, a^* değerlerinin 26,04 ile 31,92, b^* değerlerinin de 24,80 ile 44,39 arasında olduğu saptanmıştır (Bettar ve ark. 2015).

Tez kapsamında, Muğla ilinin 5 farklı lokasyonundan toplanan 15 adet çam balı örneğinin L^* değerleri, Karabagias ve ark.'nın (2014b) çam ballarında, Uçkun'un (2011) narenciye ve geven ballarında, Bettar ve ark.'nın (2015) sütleğen ballarında buldukları L^* değerlerine benzerlik göstermektedir. Çalışmamızdaki çam ballarının a^* değerleri Bettar ve ark.'nın (2015) sütleğen ballarında buldukları a^* değerlerine benzerlik göstermektedir.

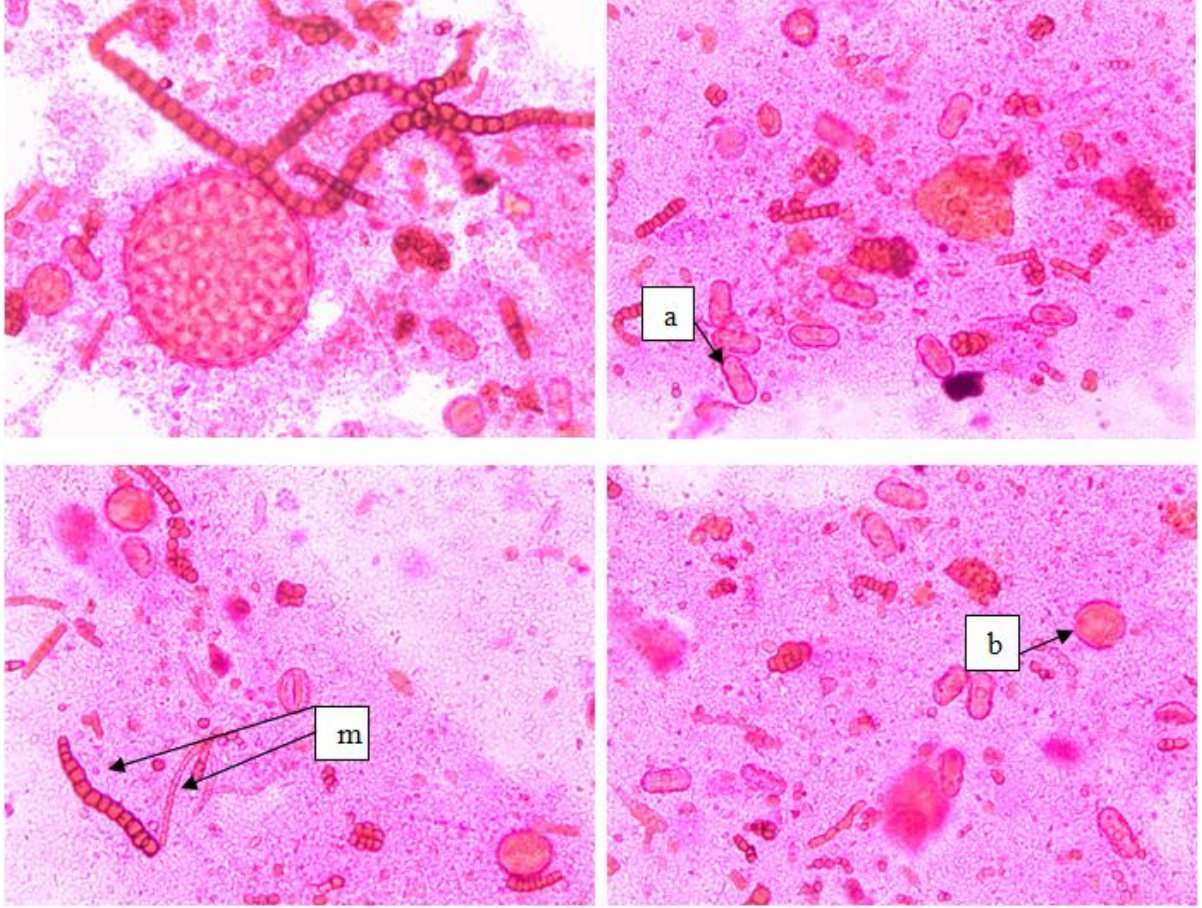
4.1.4. Polen

Balın botanik ve coğrafik orijini balda polen analizi yapılarak saptanmaktadır. Balın ne balı olduğunu söyleyebilmek için içerisinde hangi bitkinin poleninin en fazla olduğunun bulunması gerekir. Balda aynı taksona ait polen oranının % 45'ten fazla olması halinde balın ünifloral olduğu söylenebilir. Ancak arı kovanlarının yerleştirildiği bölgede tek tür bitki bulunmuyorsa bal arıları çeşitli taksonların çiçeklerinden nektar ve polen toplarlar ve bu durum balın polen içeriğine yansır. Bu şekilde oluşan balların multifloral olduğu söylenebilir. Salgı ballarının kaynağını oluşturan balçığı elementleri ise genellikle mikroskobik olarak mikroalgler, fungus miselleri ve sporlarından oluşur (Kahraman 2012).

Muğla ilinin 5 farklı bölgesinden toplanan çam balı örneklerinde polen analizi yapılmasının sebebi, çam balı elde etme döneminde bulunan diğer nektar kaynaklarının saptanmasıdır.

Bal örneklerinden hazırlanan polen preparatlarında en fazla polenin Compositae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae familyalarına ve *Erica* ve *Cistus* cinslerine ait olduğu gözlenmiştir. İncelenen bal örneklerinde ayrıca çam balını karakterize eden mantar sporları da gözlenmiştir.

Dünyada ve Türkiye'de bal arılarının nektar toplamak için en çok uğradığı bitkiler Lamiaceae, Fabaceae, Boraginaceae, Asteraceae ve Rosaceae familyalarına aittir. Bunun nedeninin, sözkonusu bitkilerin nektarlarında bulunan ve % 16-55 arasında değişen yüksek düzeydeki şeker konsantrasyonunun varlığı olduğu söylenebilir (Sarısu 2011). Şekil 4.1- 4.15'te çam balı örneklerinin X40 objektif ile mikroskoptan elde edilen görüntüleri verilmiştir.



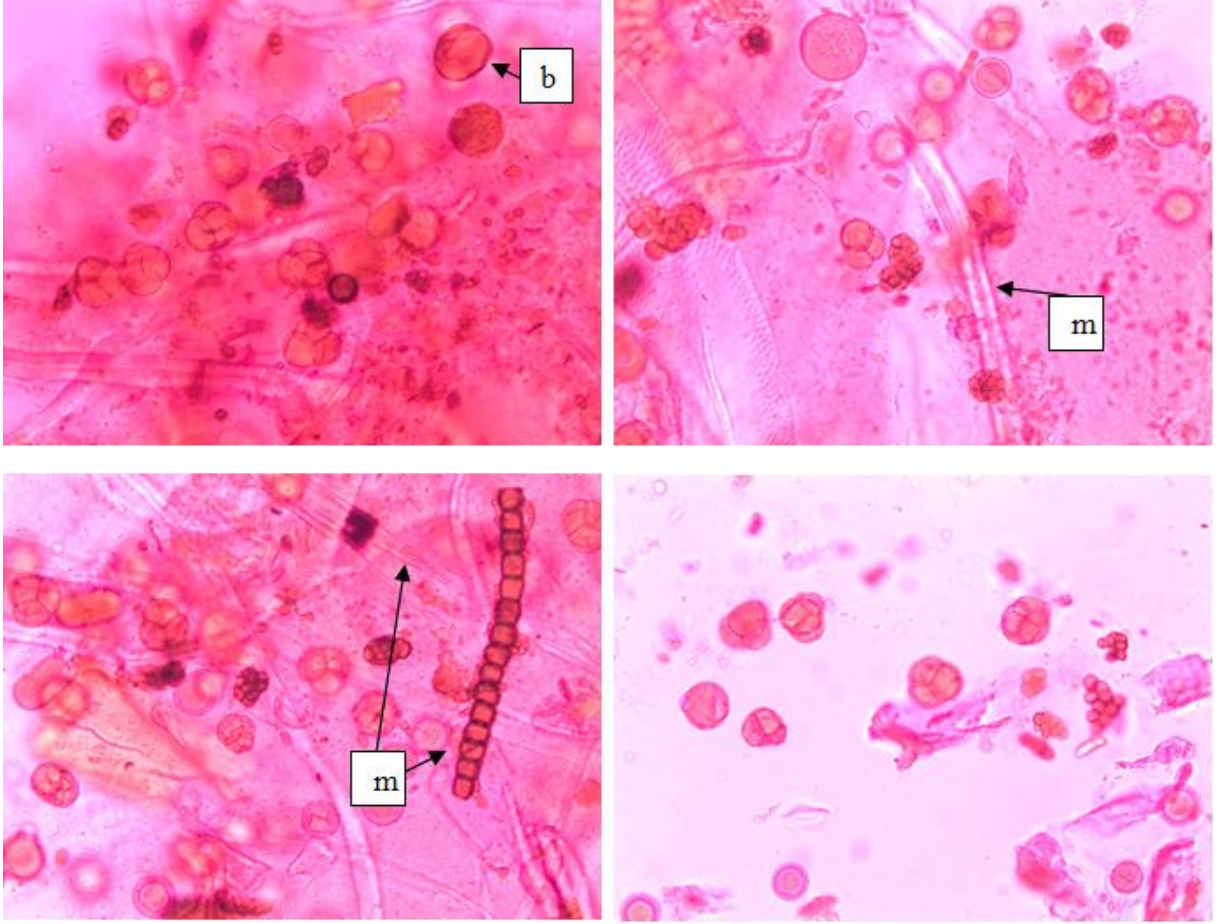
Şekil 4.1. K1 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri

a: Apiaceae familyasına ait polen tanesi

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

m: Mantar sporu

Köyceğiz'in Ekincik köyünden alınan K1 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Compositae ve Apiaceae familyalarından ve *Cistus* spp., *Alcea* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporunun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

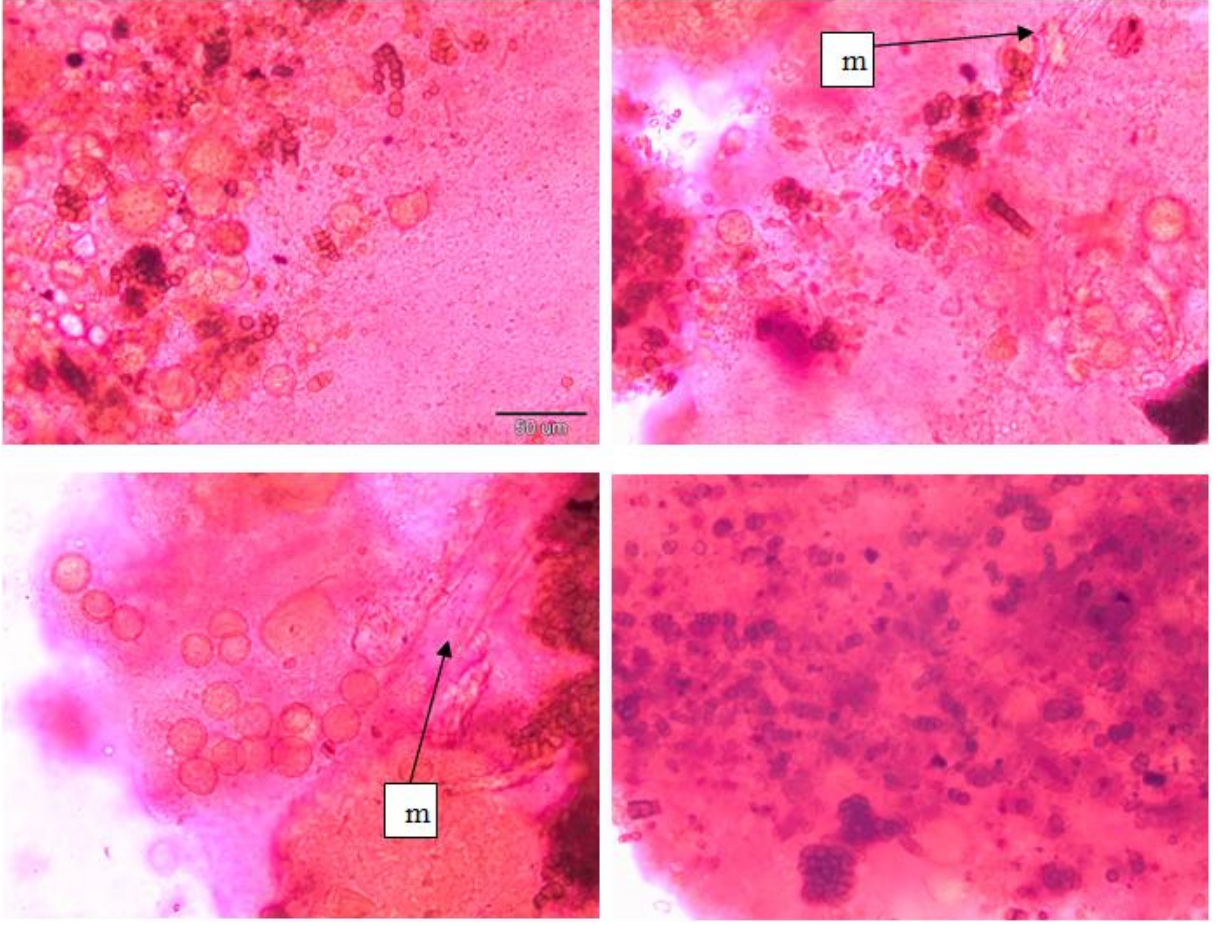


Şekil 4.2. K2 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

m: Mantar sporu

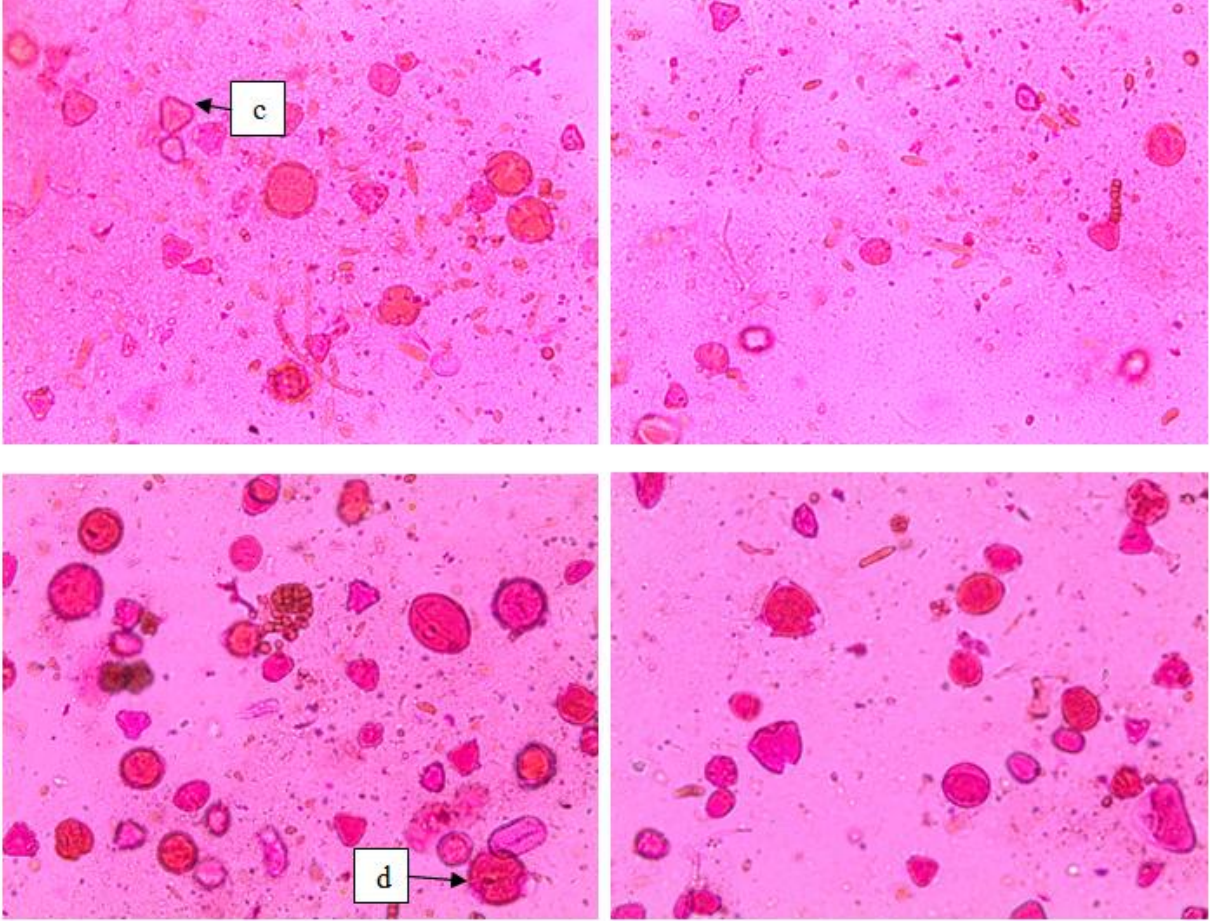
Köyceğiz'in Ekincik köyünden alınan K2 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Boraginaceae familyalarından ve *Erica* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.3. K3 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin mikroskop görüntüleri

m: Mantar sporu

Köyceğiz'in Ekincik köyünden alınan K3 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Compositae, Caryophyllaceae familyalarından polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.3).

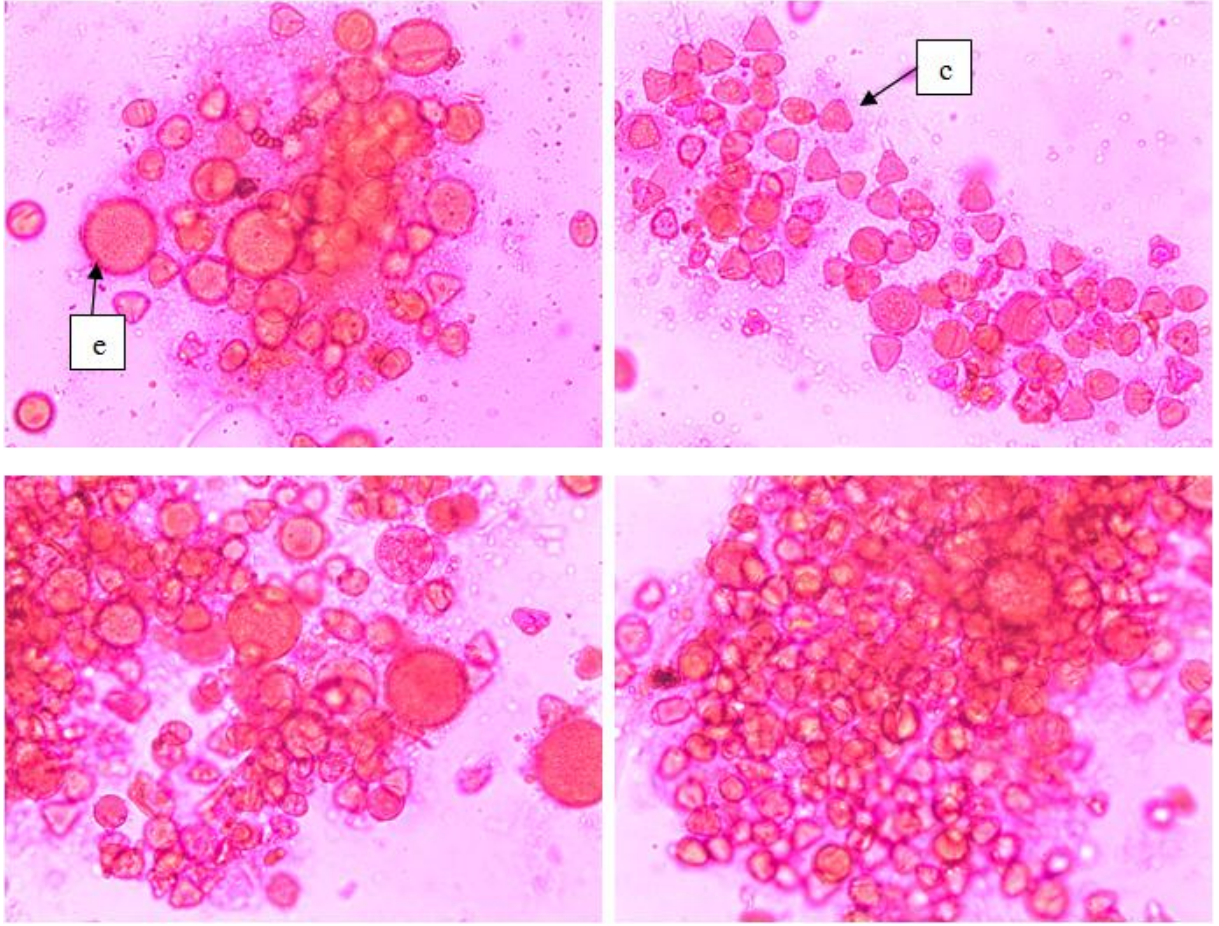


Şekil 4.4. B1 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri

c: Rosaceae familyasına ait polen tanesi

d: *Centaurea* spp. cinsine ait polen tanesi

Bodrum'un Dağbelen köyünden alınan B1 kodlu çam balı örneğinde Compositae, Rosaceae, Myrtaceae familyalarından ve *Centaurea* spp. cinsinden polenler ve az miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.4).

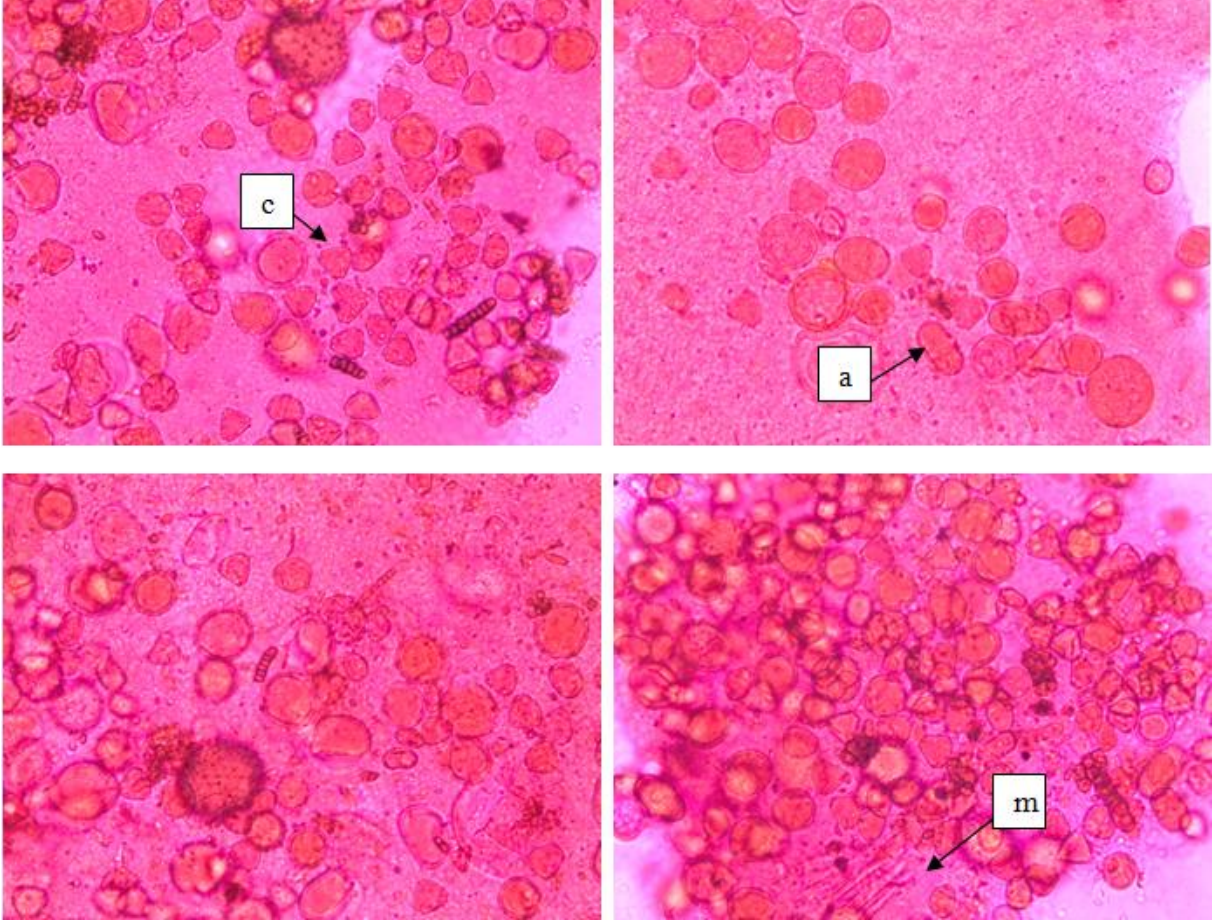


Şekil 4.5. B2 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri

c: Rosaceae familyasına ait polen tanesi

e: Brassicaceae familyasına ait polen tanesi

Bodrum'un Dağbelen köyünden alınan B2 kodlu çam balı örneğinde Rosaceae, Brassicaceae, Myrtaceae familyalarından polenler ve az miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.5).



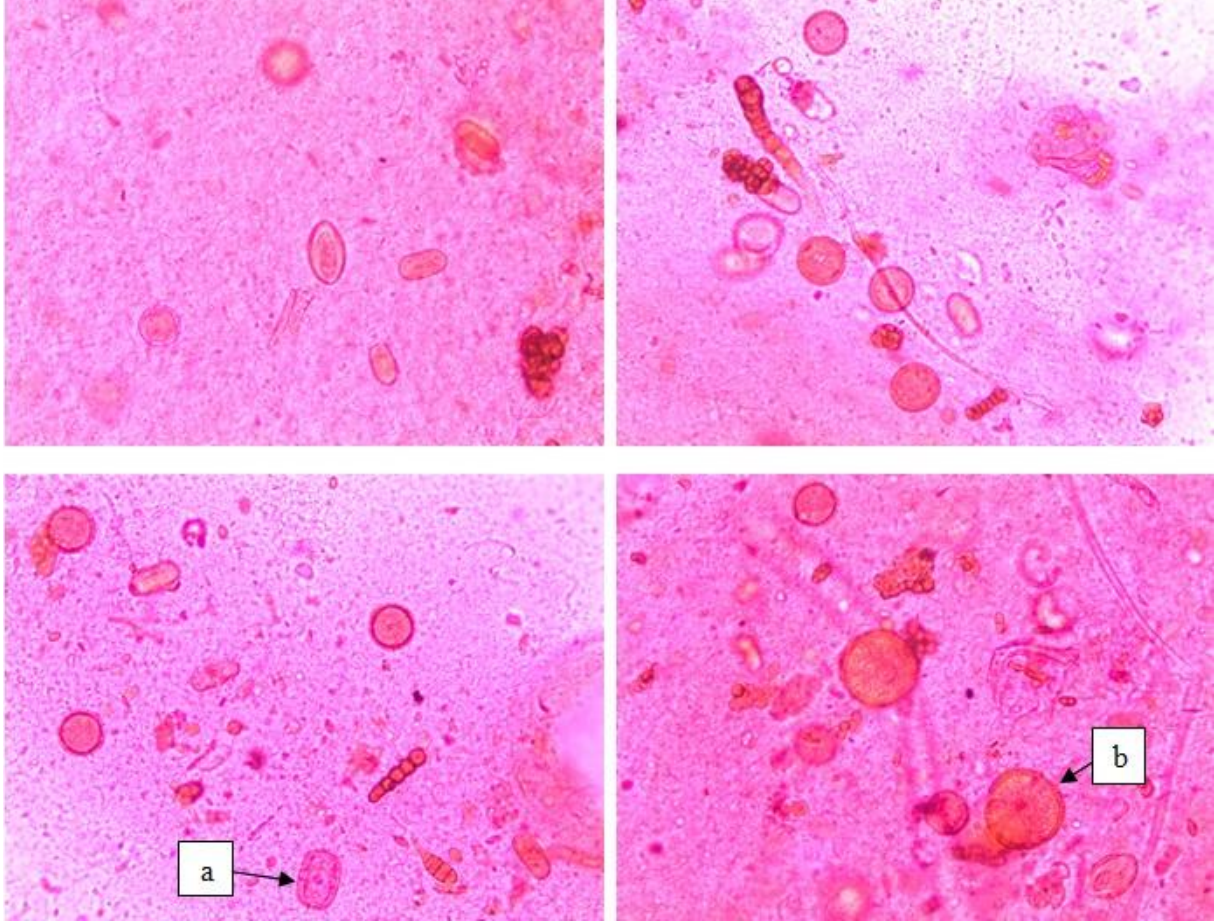
Şekil 4.6. B3 (Bodrum- Dağbelen) örneğinin mikroskop görüntüleri

a: Apiaceae familyasına ait polen tanesi

c: Rosaceae familyasına ait polen tanesi

m: Mantar sporu

Bodrum'un Dağbelen köyünden alınan B3 kodlu çam balı örneğinde Compositae, Rosaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Apiaceae familyalarından ve *Erica* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.6).

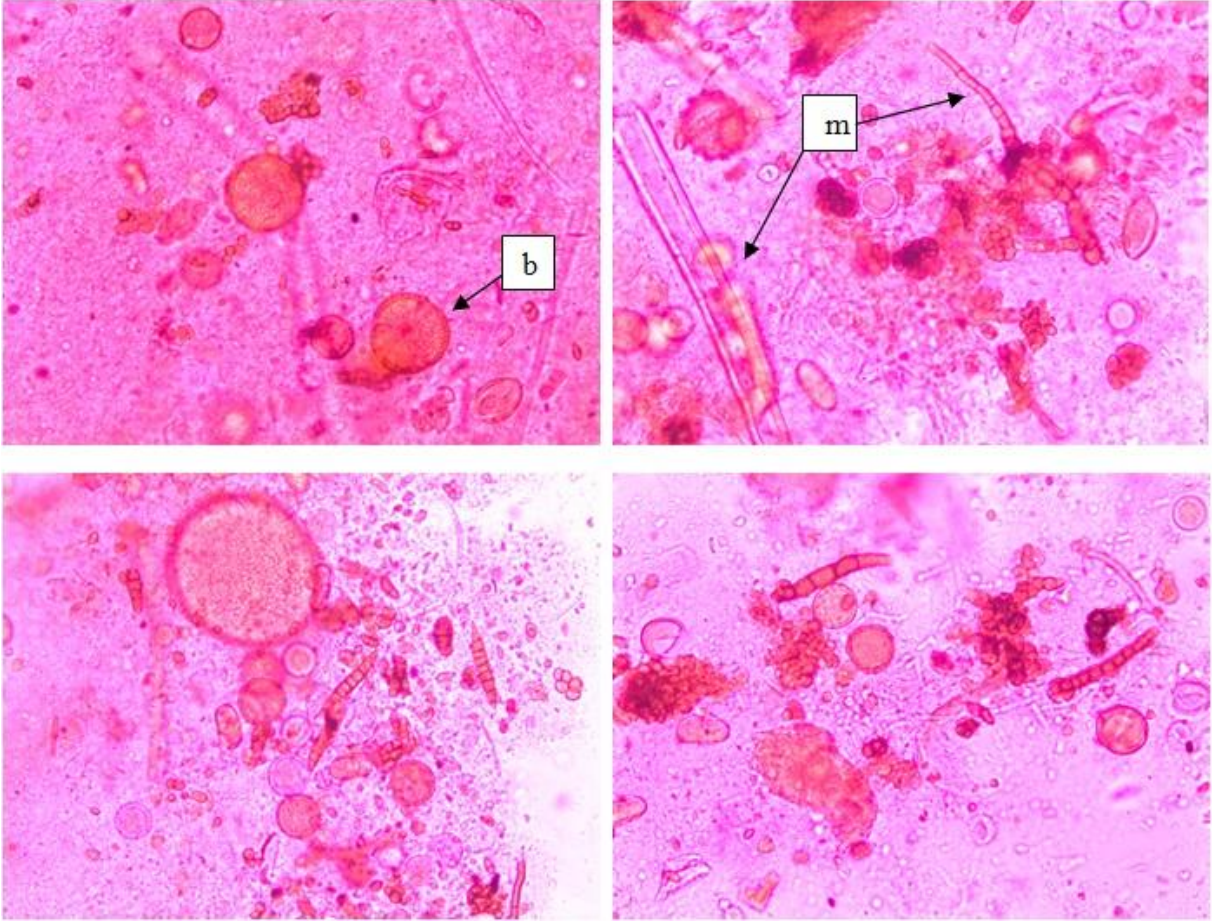


Şekil 4.7. D1 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri

a: Apiaceae familyasına ait polen tanesi

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

Datça'nın Sındı köyünden alınan D1 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Compositae, Apiaceae familyalarından ve *Convolvulus* spp. cinslerinden polenler görüntülenmiştir (Şekil 4.7).

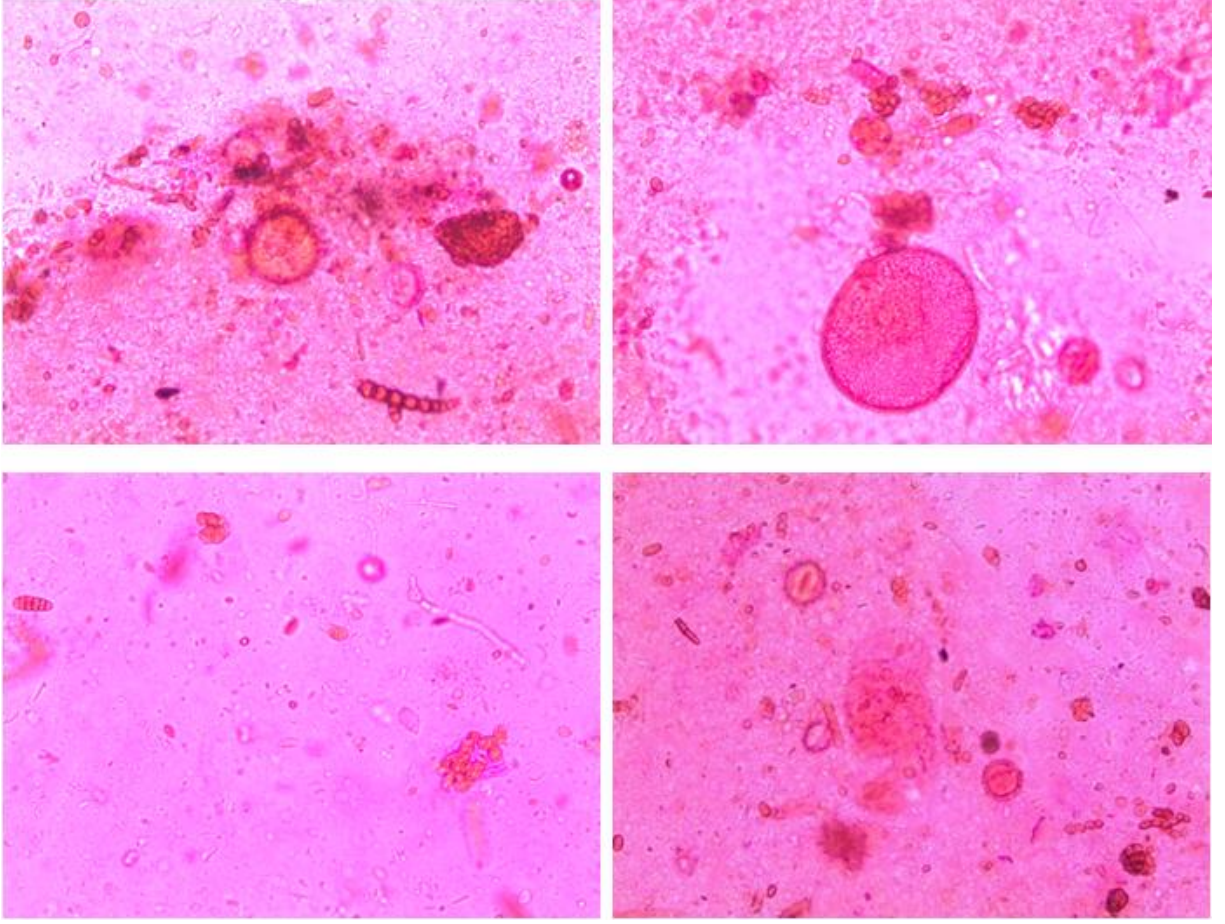


Şekil 4.8. D2 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

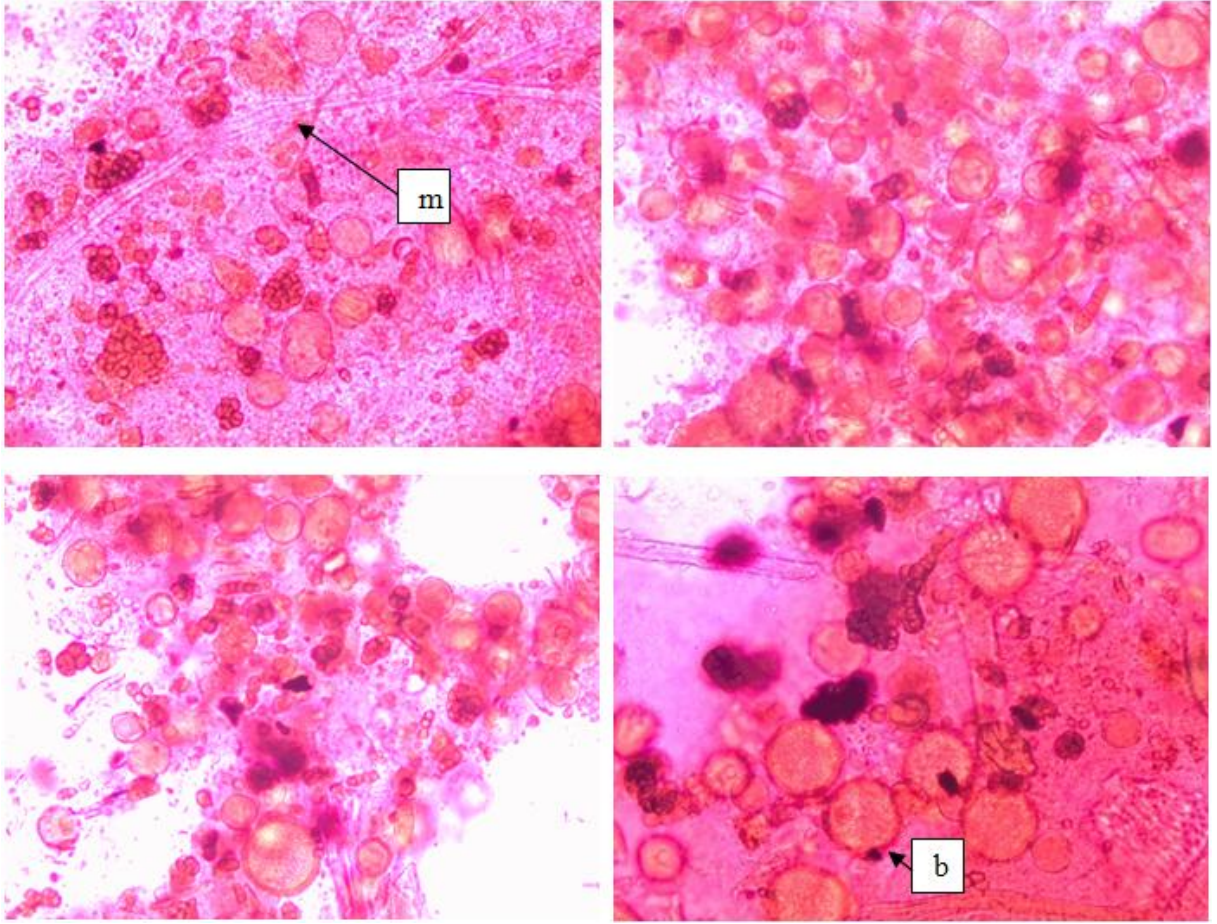
m: Mantar sporu

Datça'nın Sındı köyünden alınan D2 kodlu çam balı örneğinde Compositae, Fabaceae familyalarından ve *Cistus* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.9. D3 (Datça- Sındı) örneğinin mikroskop görüntüleri

Datça'nın Sındı köyünden alınan D3 kodlu çam balı örneğinde Compositae, Boraginaceae, Rosaceae familyalarından ve *Cistus* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.9).

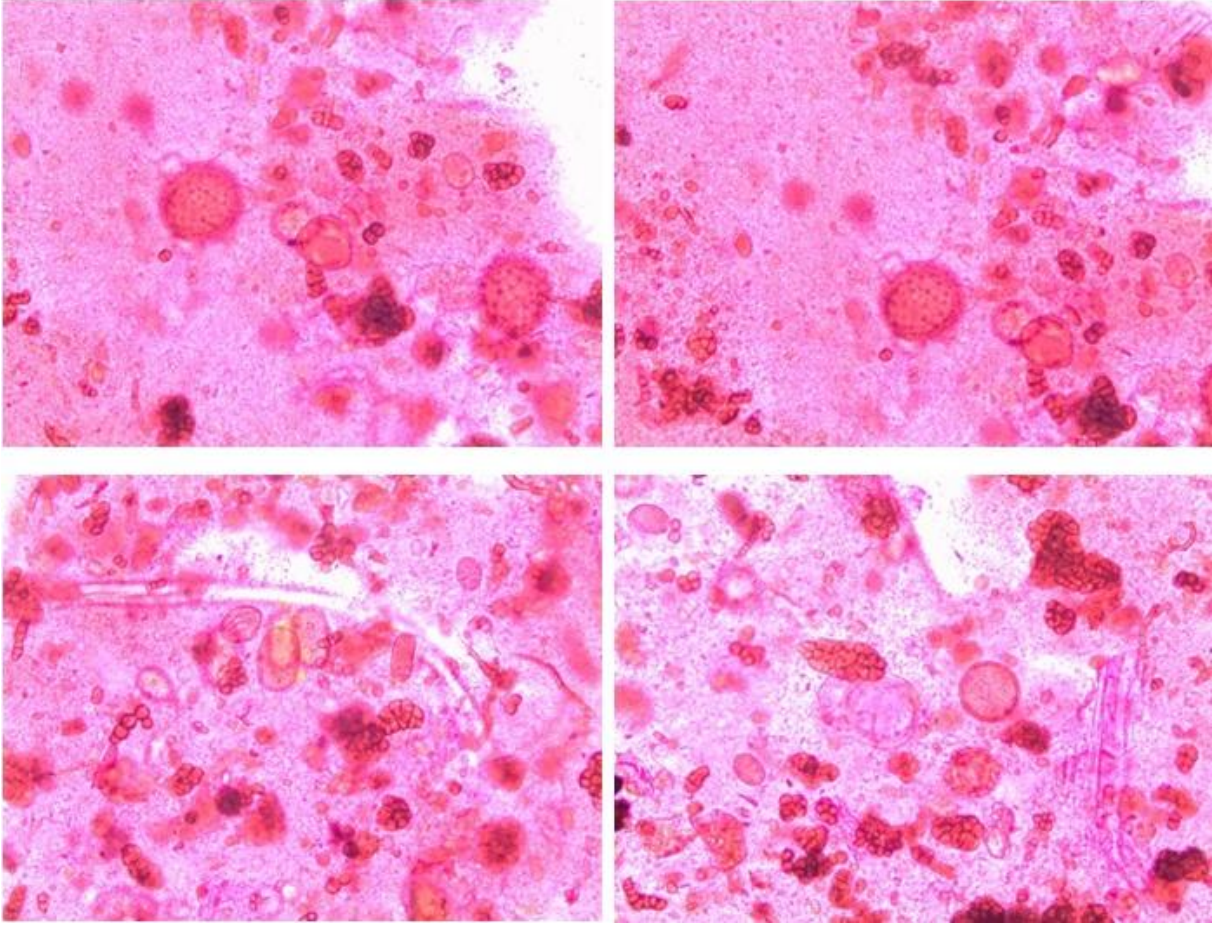


Şekil 4.10. M1 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

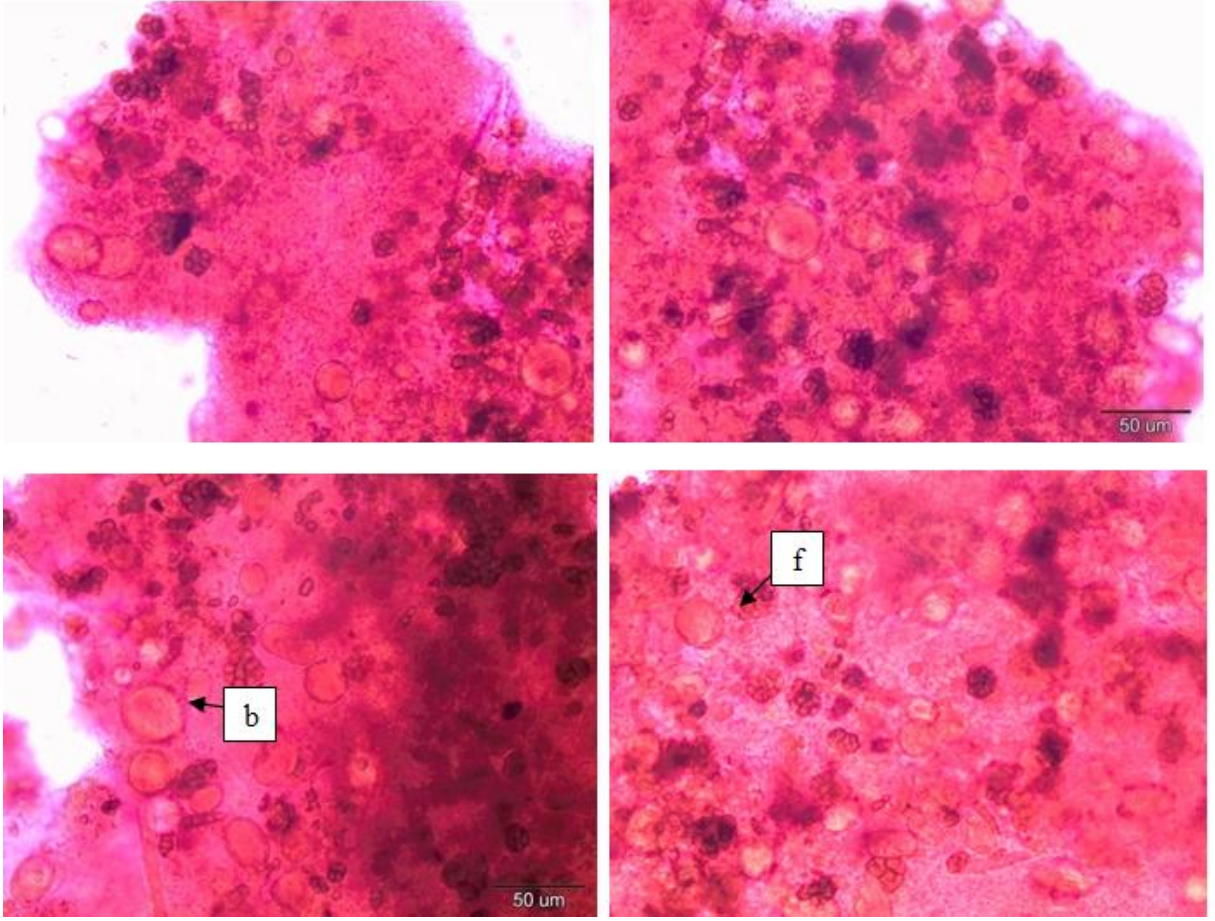
m: Mantar sporu

Menteşe'nin Kıran köyünden alınan M1 kodlu çam balı örneğinde Rosaceae, Fabaceae, Lamiaceae familyalarından ve *Cistus* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.11. M2 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri

Menteşe'nin Kıran köyünden alınan M2 kodlu çam balı örneğinde Compositae, Fabaceae, Lamiaceae familyalarından polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.11).

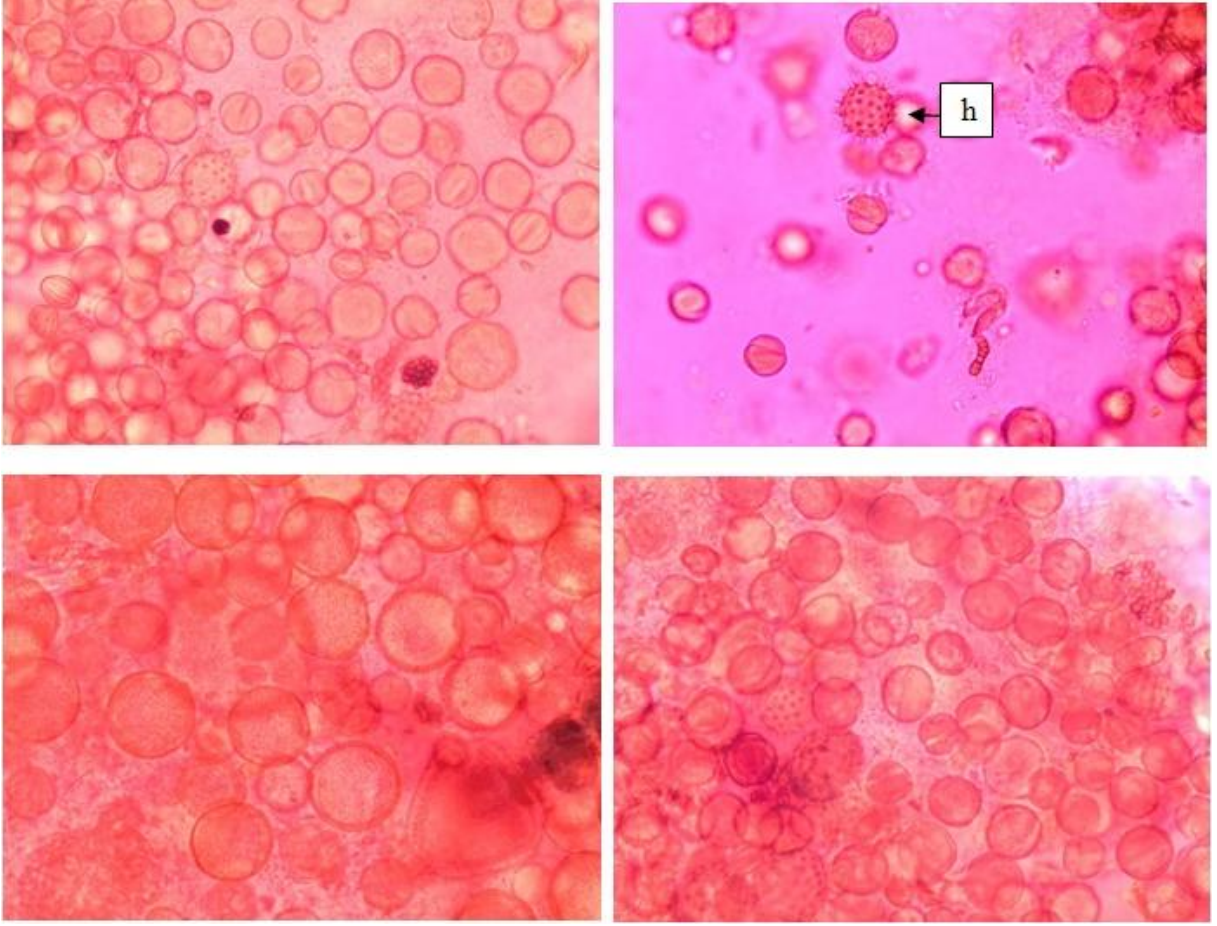


Şekil 4.12. M3 (Menteşe- Kıran) örneğinin mikroskop görüntüleri

b: Fabaceae familyasına ait polen tanesi

f: *Cistus* spp. cinsine ait polen tanesi

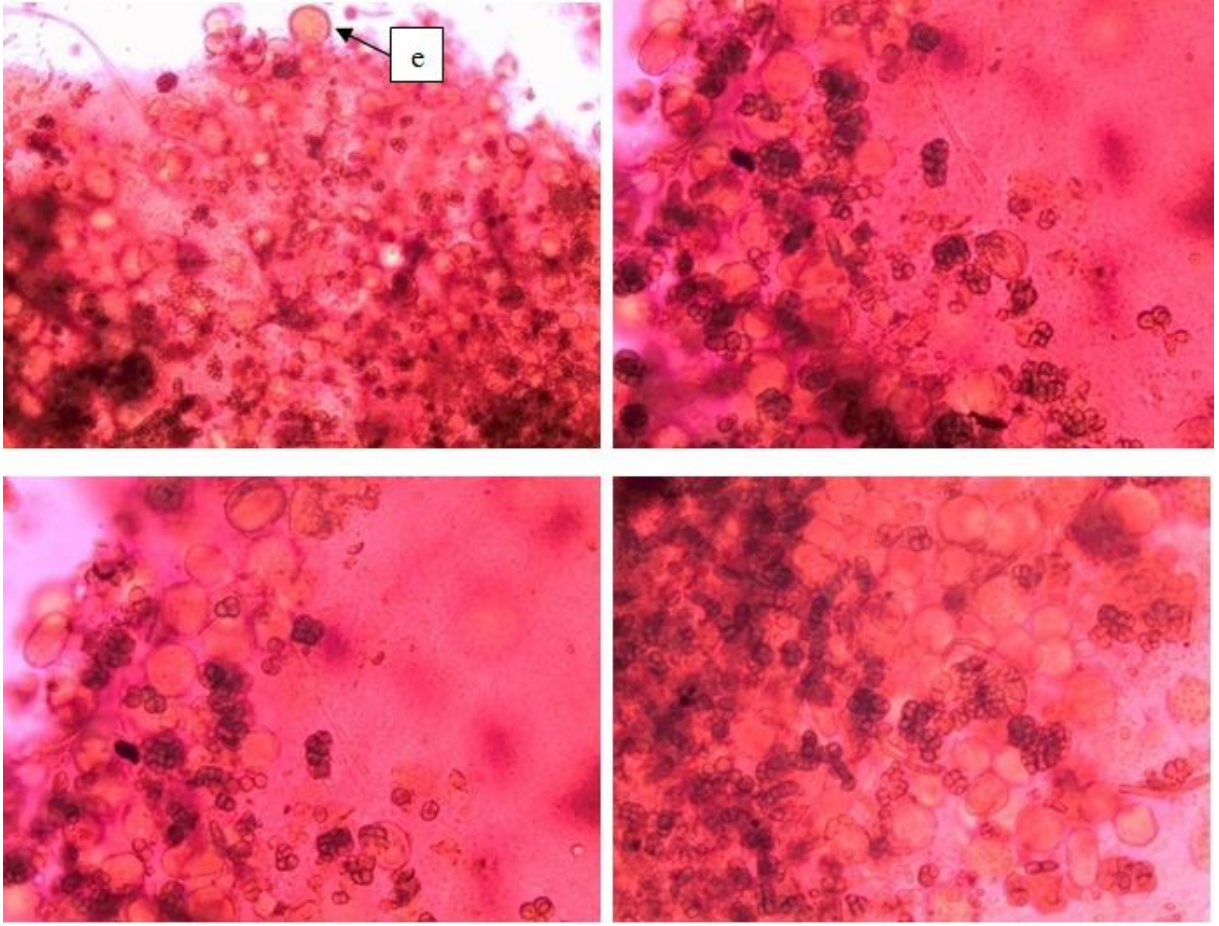
Menteşe'nin Kıran köyünden alınan M3 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Rosaceae familyalarından ve *Cistus* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.13. Y1 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri

h: *Helianthus annuus* bitkisine ait polen tanesi

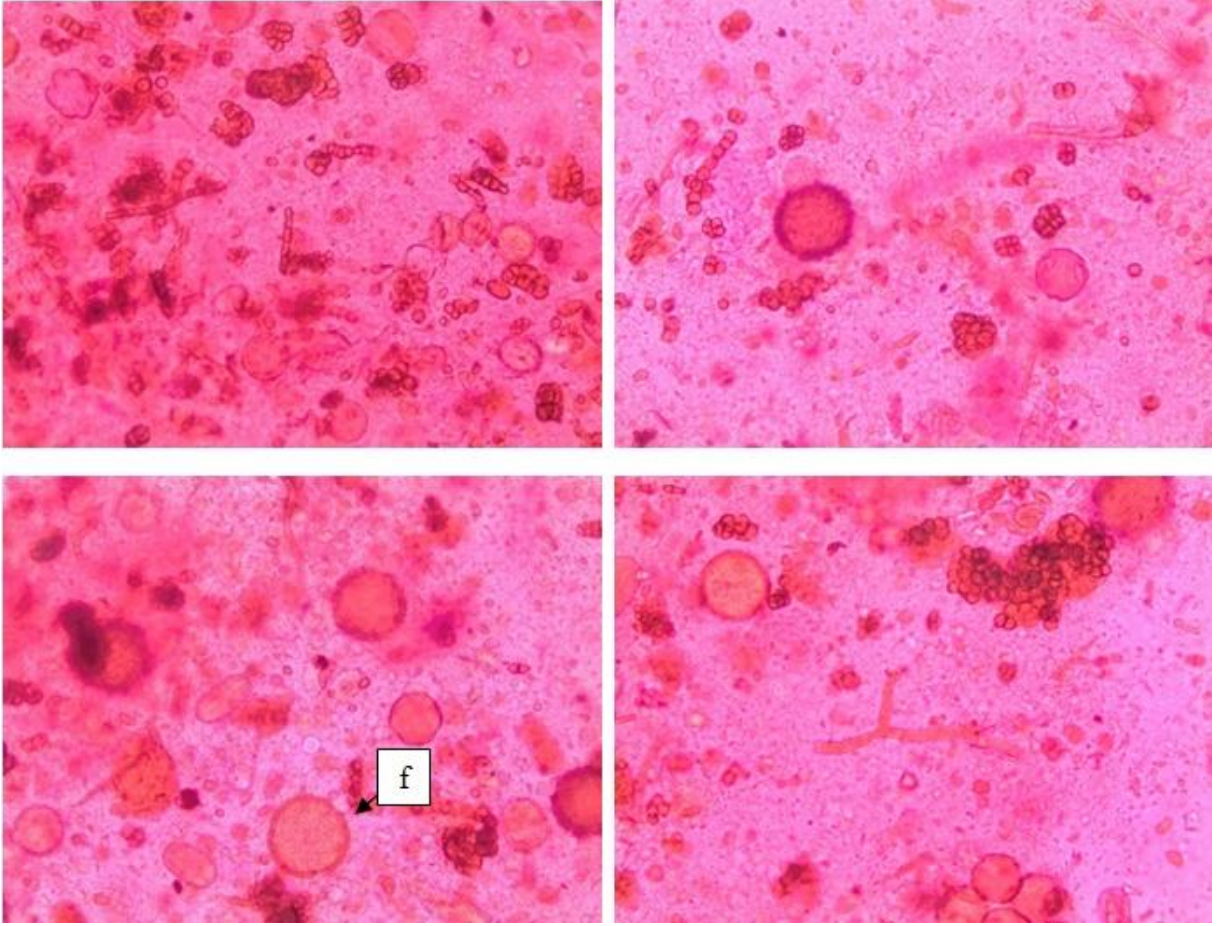
Yatağan'ın Bencik köyünden alınan Y1 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Compositae familyalarından ve *Cistus* spp. cinsinden ve *Helianthus annuus* bitkisinden polenler ve az miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. Y2 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri

e: Brassicaceae familyasına ait polen tanesi

Yatağan'ın Bencik köyünden alınan Y2 kodlu çam balı örneğinde Brassicaceae, Fabaceae, Rosaceae, Myrtaceae familyalarından polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.15. Y3 (Yatağan- Bencik) örneğinin mikroskop görüntüleri

f: *Cistus* spp. Cinsine ait polen tanesi

Yatağan'ın Bencik köyünden alınan Y3 kodlu çam balı örneğinde Fabaceae, Lamiaceae, Compositae familyalarından ve *Cistus* spp. cinslerinden polenler ve fazla miktarda mantar sporu görüntülenmiştir (Şekil 4.15).

Yunanistan'ın çeşitli ballarının palinolojik özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada çam balında bulunan baskın polenler *Castanea sativa*, *Heliotropium europaeum* ve *Smilax aspera* olarak belirlenmiş, ayrıca çok yaygın olmamakla birlikte mantar sporlarına da rastlandığı rapor edilmiştir (Tsigouri ve ark. 2004).

Taşkın (2006) Burdur yöresi ballarında yaptığı polen analizinde, Apiaceae, *Pimpinella anisum*, *Anthriscus* sp., *Cardamine* sp., Compositae, *Centaurea* spp., Ericaceae ve *Dianthus* sp. taksonlarına ait polenleri dominant olarak bulmuştur. Bal örneklerinde poleni en çok görülen taksonlar ise *Centaurea* spp., Compositae, Brassicaceae, Rosaceae, *Pimpinella anisum* ve *Anthriscus* spp. olarak kaydedilmiştir.

Erdoğan (2007) Adapazarı ballarının polenleriyle ilgili yapmış olduğu çalışmada, en fazla *Castanea sativa*'ya ait polenlerin bulunduğunu ve Fabaceae ve Rosaceae familyaların da polenlerine en çok rastlanılan diğer taksonlar olduğunu belirlemiştir. Bunların dışında da Apiaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Brassicaceae ve Lamiaceae taksonlarına ait polenler de tespit edilmiştir.

Kaynağı itibariyle, salgı ballarının içerisinde elde edildiği bitkiye ait polenlerin görülmesi beklenmemektedir. Çalışmamızda tespit edilen polenlerin ait olduğu bitki familyaları ve cinsleri Türkiye'nin hemen hemen her yöresinde bulunan bitkilerin polenleridir. Tespit edilen polenlerin, bal arılarının yayla sezonunda elde ettikleri ballardan veya çam balı üretim sezonunda nektar ya da polen kaynağı oluşturan diğer bitkilerden gelmiş olduğu düşünülmektedir. Söz konusu polenlerin, bal arılarının polen ihtiyacından dolayı çiçekleri ziyaret etmesi ya da bal arılarının isteği dışında rüzgar gibi doğa olayları sebebiyle bal arısına dolayısıyla balın içeriğine dahil olduğu tahmin edilmektedir.

4.2. Kimyasal analiz değerleri

Çam balı örneklerinin nem, prolin, diastaz ve şeker profili analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Bal örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Örnekler	Nem (%)	Diastaz	Prolin (mg/kg)	ŞEKERLER (%)						
				Glukoz	Fruktoz	Sakkaroz	Trehaloz	Maltoz	Melebioz	Arabinoz
K1	18,0	14,4	560	26,10	31,66	0	0,18	0,65	0,36	ND
K2	15,6	21	498	27,80	35,10	1,2	0,14	0,02	0,23	ND
K3	16,4	9	388	22,10	32,01	0,5	0,10	0,22	0	ND
B1	16,4	16	488	24,12	32,13	1,1	0,20	0,20	0,20	ND
B2	17,6	16	550	24,56	33,88	0,2	0,15	0,05	0,32	ND
B3	15,6	13	533	27,00	32,10	0	0,05	0,30	0	ND
D1	16,8	13	682	27,20	33,20	0,5	0,10	0,32	0,15	ND
D2	16,8	14	489	25,60	32,40	0	0,23	0,50	0,18	ND
D3	16,4	12	612	23,20	34,18	0	0,05	0,52	0	ND
M1	17,0	13	472	26,10	35,06	0	0,04	0,20	0,20	ND
M2	16,6	17	410	23,00	28,60	1,2	0,12	0,12	0,32	ND
M3	16,4	12	493	28,40	35,60	0,2	0,04	0,18	0	ND
Y1	16,8	18	505	28,76	32,10	0	0,08	0,05	0	ND
Y2	17,2	17	542	25,20	33,87	2,1	0,2	0,32	0	ND
Y3	16,6	16	621	26,01	32,40	0	0	0,41	0,10	ND
En düşük	15,6	9	388	22,10	28,60	0	0	0,02	0	-
En yüksek	18,0	21	682	28,70	35,60	2,1	0,23	0,65	0,36	-
Ortalama	16,7	14,76	522,87	25,68	32,95	0,47	0,11	0,27	0,14	-

ND: Not Detected (Tespit edilemeyecek düzeyde)

4.2.1. Nem

Balın nem içeriği büyük ölçüde hasat sezonuna ve kovan içindeki balın olgunluk seviyesine bağlıdır (Karabagias ve ark. 2014b). Balın süzülmeden önceki yani petek içerisindeki nemi, bal arısı tarafından nektarın olgunlaştırılmasından sonraki miktarıdır (Çınar 2010). Ayrıca nem içeriği, balın depolanması süresince fermentasyonun önlenmesi ve balın dayanıklılığı açısından önem taşımaktadır. Osmofilik mayalar yüksek oranda neme sahip ballarda canlılığını sürdürebilmekte ve sonuç olarak balın bozulmasına sebep olmaktadır. Diğer yandan olgunlaşmış bal nem içeriği düşük olduğu için mikroorganizmaların gelişimine uygun bir ortam oluşturmamaktadır (Haroun 2006).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre baldaki nem oranı en fazla % 20, püren balında ise en fazla % 23 olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin nem değerleri % 15,6 (K2- Köyceğiz-Ekincik, B2- Bodrum- Dağbelen) ile % 18,0 (K1- Köyceğiz- Ekincik) arasında değişmektedir. Ortalama değer % 16,7 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.3). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunda nem değeri salgı balları için en fazla % 20 olarak belirlenmiştir (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012). Tez kapsamında analiz edilen çam ballarının nem değerlerinin her üç standarda da uygunluk sağladığı görülmektedir.

Özkök (2009), Muğla'dan elde edilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada nem oranlarını % 12 ile % 21,5 arasında saptamış ve ortalama nem değerini % 16,2 olarak tespit etmiştir.

Yalçın (2015)'in Osmaniye yöresine ait çiçek ballarında yaptığı çalışmada nem değerleri % 15,26 ile % 20 arasında bulunmuştur.

Doğu Anadolu bölgesi ballarının kaliteleri üzerine yapılan bir çalışmada nem değerleri % 14,01 ile % 17,12 arasında değişmiş ortalama nem değeri % 15,34 olarak saptanmıştır (Batu ve ark. 2013).

Haroun (2006)'nın Türkiye'nin çeşitli ballarıyla ilgili yaptığı bir çalışmada, çam balının nem değerleri % 14,90 ile % 16,90 arasında bulunmuştur.

Escuredo ve ark. (2013)'nin Kuzeybatı İspanya'nın çeşitli ballar üzerine yaptığı bir çalışmada nem değerleri % 16,9 ile % 18 arasında bulunmuş olup analiz edilen ballar arasında salgı balının nem değeri en düşük (% 16,9) çıkmıştır.

Antalya ve çevresinden elde edilen turunçgil ballarında yaptıkları çalışmada nem oranları ortalama % 18,30±0,37 olarak bulunmuştur (Kaçaroğlu 2011).

Yunanistan'ın çeşitli ballarıyla ilgili yapılan bir çalışmada nem değerleri çam ballarında ortalama % 14,73, köknar ballarında % 17,30, portakal çiçeği ballarında % 12,76 ve kekik ballarında % 15,25 olarak saptanmıştır (Karabagias ve ark. 2014b).

Çınar (2010), Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeşitli özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, nem değerleri % 14,40 ile % 16,80 aralığında belirlemiştir.

Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada yonca balının nem içeriğinin % 17,1 ve okaliptüs balının nem içeriğinin % 17,3 olduğu belirlenmiştir (Ciappini ve ark. 2016)

Türkiye'de üretilmiş, marketlerde satılan çiçek ballarının kalitelerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, nem değerleri % 14,80 ile % 21,60 arasında bulunmuştur (Çetin ve ark. 2011).

Tornuk ve ark. (2013)'nin Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balında yaptıkları bir çalışmada, nem miktarının % 7,99 ile % 17,40 arasında değiştiği saptanmıştır.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada nem oranları % 14,2 ile % 17,6 arasında bulunmuştur (Turan 2012).

Terrab ve ark. (2004), İspanya'nın kekik balları üzerine yaptıkları çalışmada 25 adet kekik balı örneğinin nem oranlarını % 14,2 ile % 19,8 arasında belirlemiş olup ortalama değeri % 16,3 olarak tespit etmişlerdir.

Romanya'da çeşitli balların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada nem oranları akasya balında % 5,1, ayçiçek balında % 5,8, kolza balında % 5,5, ihlamur balında % 5,7 ve polifloral balda % 5,6 olarak belirlenmiştir (Popescu ve ark. 2016).

Küçük ve ark. (2007), Türkiye'nin kestane, ormangülü ve heterofloral (kekik+geven) ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları çalışmada kestane balının nem oranını % 19,7, ormangülü balının nem oranını % 19,0 ve heterofloral balın nem oranını % 17 olarak bulmuşlardır.

Fas ballarının kalite özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada sütleğen bitkisinin iki farklı türünden (*Euphorbia regis-jubae* ve *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus*) elde edilen bal örnekleri analiz edilmiştir. *Euphorbia regis-jubae* bitkisinden elde edilen balın nem oranları % 15,80 ile % 21,0; *Euphorbia officinarum* subsp. *echinus* bitkisinden elde edilen balın nem oranları ise % 16,0 ile % 21,70 arasında olduğu saptanmıştır (Bettar ve ark. 2015).

Uçkun (2011), Türkiye'deki narenciye ve geven ballarıyla ilgili yaptığı çalışmada narenciye balının nem değerini % 15,6±0,57; geven balının nem değerini de % 13,1±0,03 olarak belirlemiştir.

Tez kapsamında Muğla ilinin 5 farklı bölgesinden toplanan 15 adet çam balı örneğinin nem oranları, diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda belirlenen nem oranlarına benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda tespit etmiş olduğumuz en yüksek nem değeri %18 (K1- Köyceğiz Ekincik)'dir. K1 örneğinin nem değerinin diğer ballara göre daha yüksek olması, erken hasat edilmesi ya da hasat edildiği ortamın neminin yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Ancak, K1 örneğine ait nem değeri standartlarda belirtilen değerlere uygunluk göstermektedir.

4.2.2. Diastaz sayısı

Bal endüstrisinde, balın kalitesi genel olarak diastaz sayısı ve HMF içeriğine göre değerlendirilir. Bu iki parametre, bal taşımasının, uygulanan ısı işlemin yoğunluğunun ve depolama sıcaklığının tahmin edilmesinde kullanılan en kritik parametrelerdir (Al-Habsi ve Niranjan 2012). Diastaz sayısı depolama koşullarına ve ısıtma işlemine bağlıdır ve ballar için önemli bir kalite kriteridir. Balda hem diastaz kaybı hem de yüksek diastaz miktarı istenmeyen bir durumdur. Diastaz sayısının yüksek olması balda asitliği arttıracığı için daha hızlı fermantasyon meydana gelebilmektedir (Çetin ve ark. 2011).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre baldaki diastaz sayısı en az 8, Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda ise en az 3 olması gerekmektedir (Anonim 2012).

Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin diastaz değerleri, 9 (K3- Köyceğiz-Ekincik) ile 21 (K2- Köyceğiz- Ekincik) arasında değişmiş ve ortalama değer 14,76 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.3). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunda diastaz değeri çiçek ve salgı balları için en az 8 olarak belirlenmiştir. Muğla ilinden toplanan çam ballarının diastaz değerlerinin her üç standarda da uygunluk sağladığı görülmektedir (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012).

Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada yonca balının diastaz sayısı 21,9, okaliptüs balının diastaz sayısı 21,7 olarak belirlenmiştir (Ciappini ve ark. 2016)

Çınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeşitli özelliklerini belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, diastaz değerlerinin 8,3 ile 38,5 aralığında olduğu saptanmıştır.

Doğu Anadolu bölgesi ballarının kaliteleri üzerine yapılan bir çalışmada diastaz değerleri 8,3 ile 17,9 arasında belirlenmiş olup ortalama değer 13,9 olduğu kaydedilmiştir (Batu ve ark. 2013).

Haroun (2006)'nın Türkiye'nin çeşitli ballarıyla ilgili yaptığı bir çalışmada, çam balının diastaz değerleri 8,50 ile 21,40 arasında bulunmuştur.

Antalya ve çevresinden elde edilen turunçgil ballarıyla ilgili yapılan bir çalışmada diastaz sayısı ortalama $1,55 \pm 0,45$ olarak bulunmuştur (Kaçaroğlu 2011).

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada diastaz miktarlarının 10,9 ile 38,5 arasında olduğu saptanmıştır (Turan 2012).

Küçük ve ark. (2007), Türkiye'nin kestane, ormangülü ve heterofloral (kekik+geven) ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları çalışmada diastaz sayılarını kestane balında 17,7, ormangülü balında 23,0 ve heterofloral balda da 17,9 olarak bulmuşlardır.

Türkiye'de üretilmiş, marketlerde satılan çiçek ballarının kalitelerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, diastaz değerleri 1 ile 20 arasında olup ortalama değer 8,93 olarak kaydedilmiştir (Çetin ve ark. 2011).

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 farklı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin diastaz sayıları, Haroun (2006), Çınar (2010), Batu ve ark.'nın (2013) yaptıkları çalışmalarda belirlenen diastaz sayılarına benzerlik göstermektedir. K3 (Köyceğiz- Ekincik) örneğinin diastaz değeri sınır değere yakın bulunmuştur. Bunun nedenleri arasında bala hasat işleminden sonra ısıtma işleminin yapılmış olması ve/veya depolama sıcaklığının yüksek olması gösterilebilir.

4.2.3. Prolin miktarı

Prolin, nektarın bala dönüşmesi esnasında bal arıları tarafından balın yapısına katılan tek aminoasittir (Çınar 2010, Bayrambaş 2012). Prolin miktarı balda saflığın bir kriteridir ve tağşiş yapılmış ballarda bu değer daha düşük çıkmaktadır (Can ve ark. 2015).

Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin prolin değerleri, 388 mg/kg (K3- Köyceğiz- Ekincik) ile 682 mg/kg (D1- Datça- Sındı) arasında değişmekte olup ortalama değer 522,87 mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunda prolin değeri salgı balları için en az 300 mg/kg olarak belirlenmiştir (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012). Tez kapsamında analiz edilen çam balı örneklerinin prolin değerlerinin her üç standarda da uygunluk sağladığı görülmektedir.

Ayrıca, Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre prolin miktarı çiçek ve salgı ballarında 300 mg/kg, kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında 180 mg/kg, biberiye ve akasya ballarında ise 120 mg/kg olmalıdır (Anonim 2012).

Türkiye'de üretilen farklı bal çeşitlerine yapılan bir çalışmada; püren (845 mg/kg), kestane (800 mg/kg) ve geven (755 mg/kg) ballarında prolin değeri yüksek, akasya balında (282 mg/kg) ise prolin değeri diğerlerine oranla daha düşük bulunmuştur. Çam balının prolin değeri de 437 mg/kg olarak belirlenmiştir (Can ve ark. 2015).

Çınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeşitli özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı bir çalışmada, prolin değerleri 301 mg/kg ile 977 mg/kg arasında değiştiğini saptanmıştır.

Çavrar ve ark. (2013), farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları bir çalışmada prolin miktarlarını çam balında 439 mg/kg, karışık

çiçek balında 696 mg/kg, kestane balında 704 mg/kg, ormangülü balında 526 mg/kg ve sakkaroz şurupla elde edilen balda 258 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada prolin miktarları 385 mg/kg ile 890 mg/kg arasında bulunmuştur (Turan 2012).

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 farklı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin prolin değerleri, Can ve ark. (2015), Çınar (2010) ve Çavrar ve ark. (2013)'ün çam balları üzerine yaptıkları çalışmalarda belirlenen prolin değerlerine benzerlik göstermektedir. Çam balı örneklerinin prolin değerlerinin yüksek çıkması ballarda tağşiş yapılmadığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

4.2.4. Şeker profili

Nektar içindeki sakkaroz bal arısının bal midesinde invertaz enzimiyle glukoz ve fruktoz monosakkaritlerine dönüşür (Özcan ve ark. 2006). Balın içeriğindeki sakkaroz miktarı olgunlaşma derecesine göre değişmektedir ve zamanından önce hasat edilen ballar fazla miktarda sakkaroz içerirler (Çetin ve ark. 2011).

Tez kapsamında, Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinde glukoz, fruktoz, sakkaroz, trehaloz, maltoz, melebios ve arabinoz şekerleri % olarak aranmıştır. Glukoz değerleri, % 22,10 (K3- Köyceğiz- Ekincik) ve % 28,76 (Y1- Yatağan- Bencik) arasında ve ortalama %25,68; fruktoz değerleri, % 28,60 (M2- Menteşe- Kıran) ve % 35,60 (M3- Menteşe- Kıran) arasında ve ortalama % 32,95; sakkaroz değerleri, % 0 (K1- Köyceğiz- Ekincik, M1- Menteşe- Kıran, Y1- Yatağan- Bencik, Y3- Yatağan- Bencik, B3- Bodrum- Dağbelen, D2- Datça- Sındı, D3- Datça- Sındı) ve % 2,1 (Y2- Yatağan- Bencik) arasında ve ortalama % 0,47; trehaloz değerleri, % 0 (Y3- Yatağan- Bencik) ve % 0,23 (D2- Datça- Sındı) arasında ve ortalama % 0,11; maltoz değerleri, % 0,02 (K2- Köyceğiz- Ekincik) ve % 0,65 (K1- Köyceğiz- Ekincik) arasında ve ortalama % 0,27; melebios değerleri, % 0 (Y1- Yatağan- Bencik, Y2- Yatağan- Bencik, D3- Datça- Sındı, K3- Köyceğiz- Ekincik, B3- Bodrum- Dağbelen, M3- Menteşe- Kıran) ve % 0,36 (K1- Köyceğiz- Ekincik) arasında ve ortalama değer % 0,14 olarak saptanmıştır. Arabinoza hiçbir bal örneğinde rastlanmamıştır (Çizelge 4.3).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre çiçek ve salgı ballarında sakkaroz en fazla 5 g/ 100 g, Yalancı akasya (*Robina pseudoacacia*), Adi yonca (*Medicago sativa*) Menzies Banksia (*Banksia meziesii*) Tatlı yonca (*Hedy sarum*) Kırmızı okalıptüs (*Eucalyptus camadulensis*) Meşin ağacı (*Eucryhia lucida*, *Eucyrphia milliganii*) ve Narenciye ballarında 10g/ 100 g, Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Fıstık çamlarından (*Pinus pinea*) elde edilen salgı ballarında 10 g/ 100 g olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Yine Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda fruktoz+ glukoz miktarı çiçek balı için en az 100 g' da 60 g, salgı ballarında ise en az 100 g'da 45 g olarak; fruktoz/ glukoz oranı ise çiçek ballarında 0,9 - 1,4, kestane balında 1,0-1,85, akasya balında 1,2-1,85, kekik balında 1,0-1,65, salgı ballarında ise 1,0-1,4 olarak belirlenmiştir (Anonim 2012).

Muğla ilinden toplanan çam ballarının sakkaroz miktarı, fruktoz+glukoz miktarı ve fruktoz/glukoz oranları açısından Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunun standartlarına uygunluk sağladığı görülmektedir (Anonim 2001a, Anonim 2001b, Anonim 2012).

Türkiye'nin çeşitli balları üzerinde yapılan bir çalışmada, çam ballarının glukoz oranları % 19,98 ile % 28,10; fruktoz oranları % 27,40 ile % 35,06; sakkaroz oranları da % 1,59 ile % 4,76 arasında değişmiştir (Haroun 2006).

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarıyla ilgili yaptıkları çalışmada, fruktoz oranları % 28,30 (akasya balı) ile % 45,11 (püren balı); glukoz oranları % 17,40 (yonca balı) ile % 25,90 (hayıt balı); sakkaroz oranları % 0,91 (geven balı) ile % 3,39 (akasya balı); maltoz oranları % 0,12 (akasya balı) ile % 1,05 (multifloral bal); trehaloz oranları % 0,02 (ormangülü balı) ile % 0,42 (meşe balı); melebiyoz oranları % 0,35 (çam balı) ile % 0,86 (akasya balı); melezitoz oranları % 0,43 (ıhlamur balı) ile % 0,94 (meşe balı) arasında saptanmış ve riboz, arabinoz ve galaktoza örneklerin hiçbirisinde ratlanmadığı kaydedilmiştir. Çam balının ise fruktoz oranı % 39,80, glukoz oranı % 23,67, maltoz oranı % 0,54, trehaloz oranı % 0,23, melebiyoz oranı % 0,35, melezitoz oranı % 0,62 olarak tespit edilmiş, sakkarozu rastlanmadığı bildirilmiştir.

Muğla iline ait çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada fruktoz oranı ortalama % 36,04, glukoz oranı % 26,35, sakkaroz oranı da % 6,95 olarak kaydedilmiştir (Özkök 2009).

Tezcan ve ark. (2011)'nin çeşitli balların antioksidan özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada çam balının fruktoz miktarı 310,20 g/kg (% 31,02) ve glukoz miktarı 223,50 g/kg (% 22,35) olarak saptanmıştır.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada fruktoz oranı % 35,5, glukoz oranı % 28,2, sakkaroz oranı % 0,12 ve maltoz oranı da % 2,9 olarak belirlenmiştir (Turan 2012).

Türkiye'de üretilmiş, marketlerde satılan çiçek ballarının kalitelerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, glukoz oranları % 19,08 ile % 33,87 arasında belirlenmiş olup ortalama glukoz değeri % 27,61; fruktoz oranları ise % 23,36 ile % 45,05 arasında değişmiş olup ortalama fruktoz değeri % 33,43 olarak tespit edilmiştir (Çetin ve ark. 2011).

Doğu Anadolu bölgesi ballarının kaliteleri üzerine yapılan bir çalışmada glukoz oranları % 28,38 ile % 37,47 arasında ve ortalama % 32,11; fruktoz oranları % 34 ile % 43,13 arasında ve ortalama % 38,90; sakkaroz oranları % 2,70 ile % 4,92 arasında ve ortalama % 3,75 olarak kaydedilmiştir (Batu ve ark. 2013).

Ciappini ve ark. (2016), Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada yonca balının fruktoz oranını % 40,50, glukoz oranını % 34,30, sakkaroz oranını % 1,00, maltoz oranını % 1,70; okaliptüs balının fruktoz oranını % 41,20, glukoz oranını % 34,50, sakkaroz oranını % 0,90 ve maltoz oranını % 1,80 olarak belirlemişlerdir.

Çavrar ve ark. (2103), farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada çam balının fruktoz oranını % 38,99, glukoz oranını % 27,66, sakkaroz oranını % 0,45, maltoz oranını % 2,40, riboz oranını % 0,23 olarak bulmuşlardır. Arabinoz şekerine ise çam balında rastlanmamıştır.

Küçük ve ark. (2007), Türkiye'nin kestane, ormangülü ve heterofloral (kekik+geven) ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları çalışmada kestane balının sakkaroz oranını % 2,87, ormangülü balının sakkaroz oranını % 3,34 ve heterofloral balın sakkaroz oranını % 1,47 olarak belirlemişlerdir. İvert şeker (fruktoz+glukoz) oranları ise kestane balında % 66,80, ormangülü balında % 65,90, heterofloral balda ise % 65,80 olarak kaydedilmiştir.

Tornuk ve ark. (2013)'nın Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada, glukoz oranlarının % 25,93 ile % 35,98 arasında; fruktoz oranlarının % 29,80 ile % 44,49 arasında; sakkaroz oranlarının % 2,85 ile % 8,44 arasında; glukoz+ fruktoz miktarının ise % 65,93 ile % 80,47 arasında olduğu saptanmıştır.

Çınar (2010)'ın Muğla ilinin farklı yörelerinden ve Aydın'dan elde ettiği 100 adet çam balının çeşitli özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, glukoz oranları % 18,97 ile % 35,10 arasında; fruktoz oranları % 25,97 ile % 36,38 arasında; sakkaroz oranları % 0 ile % 2,77 arasında, maltoz oranları % 0 ile % 6,19 arasında saptanmış olup fruktoz+glukoz miktarı % 44,94 ile % 71,02 arasında bulunmuştur. Ayrıca fruktoz/glukoz oranlarının 1,01 ile 1,44 aralığında, glukoz/nem oranlarının da 1,26 ile 1,76 aralığında bulunduğunu ve bu değerlerle örtüşecek şekilde bazı çam ballarının depolama esnasında kristalleştiği de kaydedilmiştir (Çınar 2010).

Çizelge 4.4. Bal örneklerinin Glukoz/ Nem, Fruktoz/ Glukoz ve Fruktoz+ Glukoz değerleri

Örnekler	Glukoz/ Nem	Fruktoz/ Glukoz	Fruktoz+ Glukoz
K1	1,45	1,21	57,76
K2	1,78	1,26	62,90
K3	1,34	1,44	54,11
B1	1,47	1,33	56,25
B2	1,39	1,37	58,44
B3	1,73	1,18	59,10
D1	1,61	1,22	60,40
D2	1,52	1,26	58,00
D3	1,41	1,47	57,38
M1	1,53	1,34	61,16
M2	1,38	1,24	51,60
M3	1,73	1,25	64,00
Y1	1,71	1,11	60,86
Y2	1,46	1,34	59,07
Y3	1,56	1,24	58,41
En düşük	1,34	1,11	51,60
En yüksek	1,78	1,47	64,00
Ortalama	1,53	1,28	58,62

Glukoz/nem oranı balların kristalleşme eğiliminin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu oran düşük ise kristalleşme zordur (Çınar 2010). Glukoz/nem oranı 1,7 den küçük balların daha geç kristallendiği bilinmektedir. Glukoz/nem oranı 2,1 den büyük, olan ballar ise çabuk kristallenmektedir (Bayrambaş 2012).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde fruktoz/ glukoz oranı salgı balları için 1,0 ile 1,4 arasında belirlenmiştir. Yine tebliğde fruktoz+ glukoz değer salgı balları için en az 100 gramda 45 gram olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda kullanılan çam balı örneklerinin glukoz/ nem oranları 1,34 (K3- Köyceğiz- Ekincik) ile 1,78 (K2- Köyceğiz- Ekincik); fruktoz/ glukoz oranları ise 1,11 (Y1- Yatağan- Bencik) ile 1,47 (D3- Datça- Sındı) arasında bulunmuştur (Çizelge 4.4). D3 (Datça- Sındı) ve K3 (Köyceğiz- Ekincik) kodlu örneklerin fruktoz/ glukoz oranları sırasıyla 1,47 ve 1,44 olarak bulunmuş ve tebliğde belirtilen değerden (1,0- 1,4) az da olsa yüksek çıkmıştır. Diğer bal örneklerinin fruktoz/ glukoz oranları tebliğdeki değere uygunluk göstermiştir. Fruktoz+ glukoz değerleri de % 51,60 (M2- Menteşe- Kıran) ile % 64,00 (M3- Menteşe- Kıran) arasında olup tebliğde belirtilen değere uygunluk göstermektedir.

Kırlareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada fruktoz+ glukoz değeri ortalama % 63,70 olup % 58,20 ile % 71,20 arasında; fruktoz/glukoz oranı ortalama 1,26 olup 1,15 ile 1,48 arasında; glukoz/nem oranı ortalama 1,75 olup 1,40 ile 2,06 arasında belirlenmiştir (Turan 2012).

Muğla'dan elde edilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada fruktoz+ glukoz değerinin ortalama % 62,39 olup % 44,19 ile % 73,94 arasında değiştiği kaydedilmiştir (Özkök 2009).

Romanya'da çeşitli balların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada fruktoz/glukoz oranları akasya balında 1,23, ayçiçek balında 0,86, kolza balında 0,88, ıhlamur balında 0,91 ve polifloral balda 1,02 olarak bulunmuştur (Popescu ve ark. 2016).

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 farklı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin şeker oranları, diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda belirlenen şeker oranlarına benzerlik göstermektedir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi çalışmamızda da fruktoz baskın şeker ve glukoz ikinci baskın şeker olarak göze çarpmaktadır. Bal içerisinde sakkarozun istenilen miktardan yüksek bulunması şeker şurubu ile besleme yapılarak bal elde edildiğinin bir göstergesi olabilir. Çalışmamızdaki sakkaroz oranları standartlarda belirtilen değerlere uygunluk gösterdiğinden dolayı çam ballarının şeker şurubuyla besleme yapılmadan elde edildiği söylenebilir.

4.3. Antioksidan analiz değerleri

Bal örnekleri, antioksidan özelliklerini belirlemek üzere toplam flavonoid, toplam polifenol, FRAP (Demir III indirgeme gücü) ve DPPH (serbest radikal temizleme aktivitesi) analizlerine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.5'te bu analizlerin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Bal örneklerinin antioksidan analiz sonuçları

Örnekler	Toplam Polifenol (mgGAE/100g)	Toplam Flavonoid (mgQAE/100g)	FRAP ($\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$)	DPPH (mg/mL)
K1	42	1,50	1,52	32
K2	28	0,20	1,20	52
K3	30	0,80	1,23	39
B1	38	0,80	1,40	38
B2	35	0,80	1,52	35
B3	32	0,66	1,20	32
D1	48	1,10	1,45	33
D2	32	0,71	1,30	52
D3	44	1,40	1,34	32
M1	29	0,45	1,19	41
M2	28	0,50	1,10	45
M3	37	1,20	1,30	36
Y1	31	0,10	1,25	47
Y2	27	0,30	1,18	55
Y3	34	0,72	1,34	35
En düşük	27	0,10	1,10	32
En yüksek	48	1,50	1,52	55
Ortalama	34,3	0,75	1,30	40,27

Antioksidanlar, düşük konsantrasyonlardaki çok sayıda organik bileşimin serbest radikal mekanizmalı oksidasyonunu inhibe eden veya önleyen bileşiklerdir. Doğal antioksidanların çoğunun kaynağı bitkiselidir ve genellikle polifenoller ve flavonoidler halinde bulunurlar (Sarıkaya 2009).

Balın antioksidan aktivitesini fenolik bileşikler, peptitler, organik asitler, enzimler, Maillard reaksiyon ürünleri ve düşük miktarda bulunan diğer bileşikler belirlemektedir (Polat 2011). Balların antioksidan aktivitesi, fenolik bileşenleri ve toplam fenolik içeriği arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır (Das ve ark. 2015). Bununla birlikte balın antioksidan aktivitesi genellikle fenolik bileşiklerle ilgilidir (Polat 2011).

Salgı balları genel olarak çiçek ballarına göre daha koyu renklidir. Koyu renkli ballar açık renkli ballara göre daha fazla fenolik madde içermektedir. Bu yüzden salgı balları, çiçek ballarına göre daha yüksek toplam fenolik madde içermektedir (Polat 2011). Wilczynka (2014)'nın çeşitli ballar üzerinde yaptığı çalışmada düşük L* değerine sahip balların, yani koyu renkli balların yüksek antioksidan aktivite ve yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu rapor edilmiştir.

4.3.1. Toplam polifenol madde miktarı (Toplam fenolik madde)

Bal örneklerinin toplam polifenol madde miktarları, 27 mgGAE/100g (Y2- Yatağan-Bencik) ve 48 mgGAE/100g (D1- Datça- Sındı) değerleri arasında değişmiş ve ortalama 34,3 mgGAE/100g olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5).

Muğla'dan elde edilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir çalışmada toplam fenolik madde miktarının 35,36 mgGAE/kg ile 365,94 mgGAE/kg arasında olduğu kaydedilmiştir (Özkök 2009).

Hindistan'da susam ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada, toplam polifenol madde miktarı $28,9 \pm 0,6$ mgGAE/100g olarak bulunmuştur (Das ve ark. 2015).

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarları 23,55 mgGAE/100g (ormangülü balı) ile 105,46 mgGAE/100g (püren balı) arasında bulunmuş olup çam balının toplam fenolik madde miktarı 61,42 mgGAE/100g olarak saptanmıştır.

Tezcan ve ark. (2011)'nin çeşitli balların antioksidan özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada en zengin toplam fenolik içerik kestane ve çam balında bulunmuştur. Balın rengi koyulaştıkça toplam fenolik madde miktarının da arttığı tespit edilmiştir.

Ciappini ve ark. (2016), Arjantin'in yonca ve okalıptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada yonca balının toplam fenolik madde miktarını 51,5 mgGAE/100g ve okalıptüs balının toplam fenolik madde miktarını 133,6 mgGAE/100g olarak belirlemişlerdir.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada toplam fenolik madde miktarının 34 mgGAE/kg ile 640 mgGAE/kg arasında olduğu saptanmıştır (Turan 2012).

Çavrar ve ark. (2013), farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları bir çalışmada toplam fenolik madde miktarını çam balında 496 mgGAE/kg; karışık çiçek balında 466 mgGAE/kg, kestane balında 1074 mgGAE/kg, ormangülü balında 580 mgGAE/kg ve sakkaroz şurupla elde edilen balda 118 mgGAE/kg olarak tespit etmişlerdir.

Tornuk ve ark. (2013)'nın Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada, toplam fenolik madde miktarının 35,3 mgGAE/100g ile 1961,5 mgGAE/100g arasında olduğu saptanmıştır.

Brezilya ballarının biyolojik değerlerinin belirlenmesiyle ilgili Bueno- Costa ve ark. (2016)'nın yapmış oldukları bir çalışmada ise toplam fenolik madde miktarı 61,16 mgGAE/100g ile 111,37 mgGAE/100g arasında belirlenmiştir.

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 ayrı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin toplam fenolik madde miktarları, diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda çam ballarında belirlenen toplam fenolik madde miktarlarına benzerlik göstermektedir. Bunun haricinde Bueno- Costa ve ark.'nın (2016) Brezilya ballarında, Tornuk ve ark. 'nın (2013), Ciappini ve ark.'nın (2016) yonca balında, Das ve ark.'nın (2015) susam ballarında buldukları değerlerle de tez kapsamında bulunan değerler yakınlık göstermektedir.

4.3.2. Toplam flavonoid madde miktarı

Flavonoidler, bal arıları tarafından bitkilerin nektarlarından ya da böceklerin salgılarından toplanan en yaygın fenolik maddelerdir (Das ve ark. 2015). Balda bulunan fenolik bileşikler, özellikle de flavanoidler antioksidan, antibakteriyal, antikanserojenik ve antialerjik fonksiyonlara sahiptirler (Haroun 2006).

Bal örneklerinin toplam flavonoid madde miktarları, 0,10 mgQAE/100g (Y1- Yatağan- Bencik) ve 1,50 mgQAE/100g (K1- Köyceğiz- Ekincik) arasında değişmişve ortalama değer 0,75 mgQAE/100g olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5).

Muğla'dan elde edilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleriyle ilgili yapılan bir başka çalışmada toplam flavonoid madde miktarının 4,80 mgQAE/kg ile 54,78 mgQAE/kg arasında olduğu kaydedilmiştir (Özkök 2009).

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada toplam flavonoid madde miktarları 0,85 mgQAE/100g (devedikeni balı) ile 8,10 mgQAE/100g (kestane balı) arasında bulunmuş olup çam balının toplam flavonoid madde miktarı 1,58 mgQAE/100g olarak belirlenmiştir.

Tornuk ve ark. (2013)'nin Türkiye'nin farklı üreticilerinden temin ettikleri 10 farklı çiçek balı ve marketlerden aldıkları 10 farklı markadaki çiçek balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada, toplam flavonoid madde miktarının 5,38 mgQAE/100g ile 26,75 mgQAE/100g arasında olduğu saptanmıştır.

Brezilya ballarının biyolojik değerlerinin belirlenmesiyle ilgili Bueno- Costa ve ark. (2016)'nin yapmış oldukları bir çalışmada toplam flavonoid madde miktarı 2,98 mgQAE/100g ile 10,46 mgQAE/100g arasında belirlenmiştir.

Ciappini ve ark. (2016), Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada yonca balının toplam flavonoid madde miktarını 3,3 mgQAE/100g ve okaliptüs balının toplam flavonoid madde miktarını 4,5 mgQAE/100g olarak belirlemişlerdir.

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 ayrı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin toplam flavonoid madde miktarları, diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda belirlenen toplam flavonoid madde miktarlarına benzerlik göstermektedir.

4.3.3. FRAP metodu ile antioksidan aktivite

Bal örneklerinin FRAP değerleri, 1,10 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ (M2- Menteşe- Kıran) ve 1,52 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ (K1- Köyceğiz- Ekincik, B2- Bodrum- Dağbelen) arasında değişmiş ve ortalama 1,30 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5).

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada FRAP değerleri 0,59 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ (yonca balı) ile 4,30 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ (kestane balı) arasında bulunmuş olup çam balının FRAP değeri 1,48 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ olarak saptanmıştır.

Tezcan ve ark. (2011)'nin çeşitli balların antioksidan özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada en yüksek FRAP değerleri kestane, çam ve anzer ballarında bulunmuştur.

Çavrar ve ark. (2013), farklı kalitedeki Türk ballarının fiziksel ve biyokimyasal özellikleriyle ilgili yaptıkları bir çalışmada FRAP değerleri çam balında 311 $\mu\text{M}/\text{Fe(II)}/\text{kg}$, karışık çiçek balında 270 $\mu\text{M}/\text{Fe(II)}/\text{kg}$, kestane balında 513 $\mu\text{M}/\text{Fe(II)}/\text{kg}$, ormangülü balında 435 $\mu\text{M}/\text{Fe(II)}/\text{kg}$ ve sakkaroz şurupla elde edilen balda 165 $\mu\text{M}/\text{Fe(II)}/\text{kg}$ olarak tespit etmişlerdir.

Ulusoy (2010), anzer balının antioksidan özellikleriyle ilgili yaptığı çalışmada FRAP değerlerini 0,635 $\mu\text{mol}/\text{g}$ ile 2,358 $\mu\text{mol}/\text{g}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Alvarez-Suarez ve ark. (2010), Küba ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapmış oldukları çalışmada FRAP değerlerini 54,6 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile 196,7 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ arasında saptamışlardır.

Bertoncelj ve ark. (2007)'nin Slovenya ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapmış olduğu çalışmada en düşük FRAP değeri 71,0 $\mu\text{molFe(II)}$ ile akasya balında, en yüksek FRAP değeri ise 478 $\mu\text{molFe(II)}$ ile köknar balında bulmuştur.

Zonguldak yöresi kestane ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada, FRAP değerleri 75,41 $\mu\text{mol}_{\text{Toroloks}}/\text{g}$ ile 85,57 $\mu\text{mol}_{\text{Toroloks}}/\text{g}$ arasında tespit edilmiştir (Sarıkaya 2009).

Ciappini ve ark. (2016), Arjantin'in yonca ve okaliptüs ballarının antioksidan aktivitelerinin belirlendiği bir çalışmada FRAP değerleri yonca balında 25 mgAAE/100g, okaliptüs balında ise 36 mgAAE/100g olarak kaydedilmiştir.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada FRAP değerlerinin 803 $\mu\text{mol}_{\text{Toroloks}}/\text{kg}$ ile 4027 $\mu\text{mol}_{\text{Toroloks}}/\text{kg}$ arasında olduğu saptanmıştır (Turan 2012).

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 ayrı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin FRAP değerleri, Alvarez-Suarez ve ark.'nın (2010) ile Can ve ark.'nın (2015) yaptıkları çalışmalarda belirlenen FRAP değerlerine yakınlık göstermektedir. Bertoncelj ve ark.'nın (2007) Slovenya ballarında, Sarıkaya (2009)'nın kestane ballarında, Turan (2012)'nin Trakya bölgesi ballarında, Ciappini ve ark.'nın (2016) yonca ve okaliptüs ballarında yaptığı çalışmalarda değerler molar olarak, askorbik asit ve toroloks eşdeğeri cinsinden ifade edildiği için belirgin bir karşılaştırma yapılamamıştır.

4.3.4. Serbest radikal temizleme aktivitesi (DPPH)

Balların serbest radikal temizleme kapasiteleri DPPH' radikali üzerinden test edilmiş ve bulunan değerler SC₅₀ değeri cinsiden verilmiştir. SC₅₀ değeri radikalin % 50'sini temizleyen bal miktarı olarak tanımlanırken düşük SC₅₀ değeri yüksek DPPH' radikali temizleme aktivitesini yansıtır.

Tez çalışması kapsamında analiz edilen çam balı örneklerinin DPPH- SC₅₀ radikal temizleme aktiviteleri, 32 mg/mL (K1- Köyceğiz- Ekincik, B3- Bodrum- Dağbelen, D3- Datça- Sındı) ve 55 mg/mL (Y2- Yatağan- Bencik) değerleri arasında değişmiş ve ortalama değer 40,27 mg/mL olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5).

Yunanistan'da filtre edilen ve edilmeyen balların renk, antioksidan ve fenolik içeriğinin karşılaştırılmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada, koyu renkli balların DPPH radikal süpürme aktivitelerinin daha yüksek olduğu, ayrıca filtre işleminin fenolik bileşenlerin miktarını değiştirmedeği fakat radikal süpürme kapasitesinden sorumlu olan melanoidinlerin miktarını değiştirebileceği rapor edilmiştir (Wilczynka 2014).

Anzer balının antioksidan özelliklerini belirlemek için yapılan bir çalışmada balların DPPH- SC₅₀ radikal temizleme aktiviteleri 28,7 mg/mL ile 77,8 mg/mL arasında bulunmuştur (Ulusoy 2010).

Hindistan'da susam ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise DPPH- SC₅₀ radikal temizleme aktiviteleri 39,5 ± 0,4 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Das ve ark. 2015).

Can ve ark. (2015)'nin Türkiye'nin çeşitli ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada DPPH- SC₅₀ değerleri 12,56 mg/mL (meşe balı) ile 152,40 mg/mL (akasya balı) arasında bulunmuş, çam balının DPPH- SC₅₀ değeri ise 44,30 mg/mL olarak saptanmıştır.

Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada DPPH- SC₅₀ değerlerinin 5,769 mg/mL ile 93,609 mg/mL arasında değiştiği saptanmıştır (Turan 2012).

Zonguldak yöresi kestane ballarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada, DPPH- SC₅₀ değerleri 8,99 mg/mL ile 10,6 mg/mL arasında tespit edilmiştir (Sarıkaya 2009).

Tezcan ve ark. (2011)'nin çeşitli balların antioksidan özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada çam ballarının ortalama DPPH- SC₅₀ değeri 70,63mg/mL olarak bulunmuştur.

Tez kapsamında Muğla ilindeki 5 ayrı lokasyondan toplanan 15 adet çam balı örneğinin DPPH- SC₅₀ radikal temizleme aktiviteleri, Ulusoy (2010)'nun, Turan (2012)'nin, Das ve ark.'nın (2015), Can ve ark.'nın (2015) yaptıkları çalışmalarda belirlenen DPPH- SC₅₀ radikal temizleme aktivitelerine benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, çam ballarının kalite özelliklerinin ortaya konulmasına ışık tutmak üzere, Muğla ilindeki 5 ayrı lokasyondan arı yetiştiriciliği yapan üreticilerden toplanan 15 adet çam balı örneğinin, fiziksel, kimyasal ve antioksidan analizleri yapılmıştır.

Elde edilen verilere göre çam balı örneklerinin tamamında nem, sakkaroz, fruktoz+glukoz, elektriksel iletkenlik, diastaz sayısı ve prolin değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunun ballar için belirlediği limit değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Fruktoz/glukoz değerleri iki örnekte standartlarda verilen üst sınır değere yakın olmakla birlikte standart değer üzerinde bulunmuştur.

Salgı ballarının optik aktiviteleri, içeriğinde fruktoz oranının fazla olması nedeniyle pozitif (+) olarak bulunur. Tez kapsamında analiz edilen çam balı örneklerinin biri hariç hepsinin optik aktiviteleri pozitif (+) çıkmıştır. Sonucu negatif bulunan çam balı örneğinin ise çiçek balı ile karışık halde olduğu düşünülmektedir. Yine bu örneğin, polen analizinde de salgı balını karakterize eden mantar sporlarına az rastlanması bunu doğrulamaktadır.

Mikroskop analizlerinde tespit edilen polenlerin; bal arılarının yayla sezonunda elde ettikleri ballardan, çam balı üretim sezonunda nektar ya da polen kaynağı oluşturan diğer bitkilerden ve/ veya bal arılarının polen ihtiyacından dolayı çiçekleri ziyaret etmesinden kaynaklanmış olabileceği ya da bal arılarının isteği dışında rüzgar gibi doğa olayları sebebiyle bal arısına dolayısıyla balın içeriğine katılmış olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızdaki renk değerlerine bakıldığında çam ballarının koyuluk dereceleri orta düzeydedir. Antioksidan değerlerini de renk değerleriyle ilişkilendirmek mümkündür. Çalışmamızda belirlenen antioksidan değerleri diğer araştırmacıların daha açık renkli ballarda belirledikleri antioksidan değerlerine göre daha yüksektir.

Lokasyon farklılığı, Muğla İli çam balı örneklerinin elektriksel iletkenlik ve optik çevirme değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0.05$) etkilemiş ancak analiz edilen diğer tüm kalite parametreleri üzerinde lokasyon farklılığının etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Çalışmamızda kullanmak üzere temin ettiğimiz çam ballarında yapılan fiziksel, kimyasal ve antioksidan analizler sonucunda verilere bakıldığında tağşiş yapılmadığı ve besleyici değere sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Dünyada birçok salgı balı çeşidi bulunmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, CODEX Alimentarius ve Avrupa Birliği Komisyonunda salgı balları için kriterler getirmiştir. Ülkemiz, Dünya'da çam balının en büyük üreticisi konumundadır. Ülkemizdeki çam balı üretiminin de yaklaşık % 80'ini Muğla ilinin Kızılçam (*Pinus brutia*) ağaçları üzerinde yaşayan Çam Pamuklu Koşnili (*Marchalina hellenica*) tarafından üretilen salgı balı (çam balı) oluşturmaktadır. Bu nedenle çam balını diğer salgı ballarından ayırarak kalite özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde yer alması, çam balı üretiminin standardizasyonu ve kalite kontrolü bakımından önem taşımaktadır. Böylece, çam balının yurtiçinde ve yurtdışında daha iyi tanınmasına ve ihracatın artırılmasına katkı sağlanmış olunacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim (2001a). Official journal of the European Communities. Council Directive 2001/110/EC. 20 December 2001 (relating to honey).
- Anonim (2001b). Revised codex standard for honey. Codex Stan. 12-1981, Rev.1(1987), Rev.2 (2001).
- Anonim (2012). Bal Tebliği. Türk Gıda Kodeksi. 27.07.2012/58, Resmi Gazete.
- Anonim (2013). FAO, Statistical Databases / Agriculture. <http://www.fao.org> (erişim tarihi, 25.04.2015)
- Anonim (2014a). Arıcılık ve Bal Raporu. <http://www.unyetb.org.tr> (erişim tarihi, 21.04.2015).
- Anonim (2014b). TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> (erişim tarihi, 25.04.2015)
- Anonim (2015a). Türkiye’de Arıcılık. <http://www.marmarisbalevi.com.tr> (erişim tarihi, 21.04.2015).
- Anonim (2015b). Ülkemizdeki Polen ve Nektar Veren Önemli Ballı Bitkilerin Çiçeklenme Dönemi, Polen veya Nektar Kapasiteleri ile Bulunduğu İller <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Dokumanlar/> (erişim tarihi, 22.04.2015).
- Al-Habsi NA, Niranjan K (2012). Effect of high hydrostatic pressure on antimicrobial activity and quality of Manuka honey. Food Chemistry, 135:1448–1454.
- Al-Mamary M, Ali Al-Meerı A, Molham Al-Haborı M (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. Nutrition Research, 22: 1041–1047.
- Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Diaz D, Estevez Y, Romandini S, Giampieri F, Damiani E, Astolfi P, Bompadre S, Battino M (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. Food and Chemical Toxicology, 48:2490–2499.
- Alves A, Ramos A, Goncalves MM, Bernardo M, Mendes B (2013). Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. Journal of Food Composition and Analysis, 30: 130–138.
- Anupama D, Bhat KK, Sapna VK (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food Research International, 36: 183-191.
- Avcı M (2014). Muğla Yöresi Kızılçam Ormanlarında Çam Balı Üretimının Sürdürülebilirliği ve Karşılaşılan Sorunların Giderilmesi. Proje Sonuç Kitapçığı.
- Basualdo C, Sgroy V, Finola MS, Marioli JM (2007). Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds Veterinary Microbiology, 124: 375–381.

- Batu A, Küçük E, Çimen M (2013). Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri Çiçek Ballarının Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değerlerinin Belirlenmesi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8: 52-62.
- Bayraktar D (2008). Muğla Yöresinde üretilen çam ballarının aroma bileşenlerinin SPME/GC/MS tekniği ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bayrambaş K (2012). Türkiye’de Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Benzie IFF, Strain JJ (1999). Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total Antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration. Methods in Enzymology, 299: 15–27.
- Bertoncelj J, Dobersek U, Jamnik M, Golob T (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. Food Chemistry, 105: 822-828.
- Bettar I, Gonzalez-Miret ML, Hernanz D, Marconi A, Heredia FJ, Terrab A (2015). Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. Arabian Journal of Chemistry, (In Press).
- Bogdanov S, Ruoff K, Oddo LP (2004). Physico-Chemical Methods for the Characterisation of Unifloral Honeys: A Review. Apidologie, 35: 4-17.
- Bontempo L, Camin F, Ziller L, Perini M, Nicolini G, Larcher R (2015). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. Measurement, (In Press).
- Boyacıoğlu D, Çapanoğlu Güven E, Fıratlıgil Durmuş E, Gedikli T (2014). Arı Ürünleri ve Sağlığımız. BALDER Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Derneği. 37-82.
- Bueno-Costa FM, Zambiasi RC, Bohmer BW, Chaves FC, Padilha da Silva W, Zanusso JT, Dutra I (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Food Science and Technology, 65: 333- 340.
- Bulut H (2013). Kemoterapi Alan Çocuklara Bal ile Yapılan Ağız Bakımının Mukozitin Önlenmesi ve İyileşmesine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Can Z, Yıldız O, Şahin H, Akyüz Turumtay 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.
- Castro-Vazquez L, Alanon ME, Gonzalez-Vinas MA, Perez-Coello MS (2012). Changes in the volatile fractions and sensory properties of heather honey during storage under different temperatures. Eur Food Res Technol, 235:185- 193.

- Cengiz MF, Durak MZ, Ozturk M (2014). In-house validation for the determination of honey adulteration with plant sugars (C4) by Isotope Ratio Mass Spectrometry (IR-MS). *Food Science and Technology*, 57: 9- 15.
- Ciappini M, Vitelleschi M, Calvino A (2016). Chemometrics Classification of Argentine Clover and Eucalyptus Honeys According to Palynological, Physicochemical, and Sensory Properties. *International Journal of Food Properties*, 19: 111- 123.
- Çapar DD (2010). Muğla ilinde üretilen çam ballarının fizikokimyasal özellikleri ve mineral içeriklerinin belirlenmesi ve depolamadaki değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çavrar S, Yıldız O, Şahin H, Karahalil F, Kolaylı S (2013). Comparison of Physical and Biochemical Characteristics of Different Quality of Turkish Honey. *Uludağ Bee Journal*, 13(2): 55- 62.
- Çetin K, Alkın E, Uçurum HÖ (2011). Piyasada Satılan Çiçek Ballarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 11: 49-56.
- Çınar SB (2010). Türk Çam Balının Analitik Özellikleri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çınar SB, Ekşi A, Coşkun İ (2014). Carbon isotope ratio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) of pine honey and detection of HFCS adulteration. *Food Chemistry*, 157: 10- 13.
- Das A, Datta S, Mukherjee S, Bose S, Ghosh S, Dhar P (2015). Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of *Sesamum indicum* honey containing phenolic compounds and lignans. *LWT - Food Science and Technology*, 61: 244- 250.
- Duru ME, Elçin S, Harmandar M, Tel G, Öztürk M (2008). Çeşitli Balların Antioksidant Aktivitelerinin Belirlenmesi. 1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. *Bildiriler Kitabı*, 257- 262.
- Doğaroğlu M (2009). *Modern Arıcılık Teknikleri*. 5. Basım. 270s Tekirdağ.
- Escuredo O, Miguez M, Fernandez-Gonzalez M, Seijo MC (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, 138: 851–856.
- Erdoğan N (2007). *Adapazarı Ballarında Polen Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erlinghagen F (2001). Portrait of an insect: *Marchalina hellenica* Genn. (Sternorrhyncha Coccinea: Margarodidae), Important Producer of Honeydew in Greece. *Apiacta*, 36: 131- 137, http://www.friederikeerlinghagen.de/vita_2.php (erişim tarihi, 07.04.2015).
- Fukumoto LR, Mazza G (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J Agric Food Chem*, 48(8): 3597-604.

- Gorjanovic SZ, Alvarez-Suarez JM, Novakovic MM, Pastor FT, Pezo L, Battino M, Suznjevic DZ (2013). Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed polarographic and various spectrophotometric assays. *Journal of Food Composition and Analysis* 30: 13-18.
- Güler A, Kocaökütgen H, Garipoğlu AV, Önder H, Ekinci D, Bıyık S (2014). Detection of adulterated honey produced by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies fed with levels of commercial industrial sugar (C₃ and C₄ plants) syrups by the carbon isotope ratio analysis. *Food Chemistry*, 155: 155- 160.
- Güler A, Bek Y, Kement V (2008). Verification test of sensory analyses of comb and strained honeys produced as pure and feeding intensively with sucrose (*Saccharum officinarum* L.) syrup. *Food Chemistry*, 109: 891- 898.
- Gündoğan M (2009). Muğla Yöresi Çam Ballarının Kimyasal Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Güney H (2014). Gıda Güvenliği Açısından Bal Tağşişinin Aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gürkan B, Boşgelmez A (1989). Çam Pamuklu Koşnili *Marchalina hellenica* (Gennadius)'nın Biyo- ekolojisi ve Popülasyon Dinamiği. Proje Sonuç Kitapçığı.
- Haroun MI (2006). Türkiye'de Üretilen Bazı Çiçek Ve Salgı Ballarının Fenolik Asit Ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hatjina F, Bouga M (2009). Portrait of *Marchalina Hellenica* Gennadius (Hemiptera: Margarodidae), The Main Producing Insect of Pine Honeydew-Biology, Genetic Variability and Honey Production. *Uludağ Bee Journal*, 9(4): 162-167.
- Jerkovic I, Kus PM, Tuberoso CIG, Sarolic M (2014). Phytochemical and physical-chemical analysis of Polish willow (*Salix* spp.) honey: Identification of the marker compounds. *Food Chemistry*, 145: 8- 14
- Kaçaroğlu N (2011). Turunçgil Balının Aroma Profilinin Belirlenmesi ve Bunun Nektar Kaynakları ile İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Kahraman SD (2012). Süzme Ballarda Depolama Sıcaklığının HMF Değeri ve Diastaz Aktivitesi Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karabagias IK, Badeka A, Kontakos S, Karabournioti S, Kontominas MG (2014a). Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry*, 146: 548- 557.
- Karabagias IK, Vavoura MV, Nikolaou C, Badeka AV, Kontakos S, Kontominas MG (2014b). Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International*, 62: 753- 760.

- Karadal F, Yıldırım Y (2012). Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. Erciyes Üniv. Vet. Fak. Dergi, 9(3): 197- 209.
- Kartal H (2012). Bolu Yöresi Ballarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi'ne Uygunluğunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Kaygusuz H, Tezcan F, Erim FB, Yıldız O, Sahin H, Can Z, Kolaylı S (2016). Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis. Food Science and Technology, 68: 273-279.
- Kıvrak İ (2015). Free Amino Acid Profiles of 17 Turkish Unifloral Honeys. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 38: 855- 862.
- Kıvrak İ, Aydın E, Çınar T, Saner S (2008). Muğla Bölgesinde Üretilen Çam Ballarının Organoleptik, Fizikokimyasal ve Mikroskopik Özelliklerinin Belirlenmesi. 1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. Bildiriler Kitabı, 241- 249.
- Kus PM, Szweda P, Jerkovic I, Tuberoso CIG (2015). Activity of Polish unifloral honeys against pathogenic bacteria and its correlation with colour, phenolic content, antioxidant capacity and other parameters. Applied Microbiology, 62: 269-276.
- Köksel H (2005). Karbonhidratlar. Gıda Kimyası, İlbilge Sakdamlı, Ankara, 49- 132.
- Küçük M, Kolaylı S, Karaoğlu Ş, Ulusoy E, Baltacı C, Candan F (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. Food Chemistry, 100: 526- 534.
- Molan PC (2001). Potential of Honey in the Treatment of Wounds and Burns. Am J Clin Dermatol, 2(1): 13- 19.
- Ough C (1960). Rapid determination of proline in grapes and wines. Journal of Food Science, 34: 228-230.
- Ölmez Ç (2009). Türkiye'de Üretilen Farklı Çiçek ve Salgı Bal Çeşitlerinin Bazı Kalitatif ve Besinsel Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özcan M, Arslan D, Ceylan DA (2006). Effect of inverted saccharose on some properties of honey. Food Chemistry, 99: 24- 29.
- Özkök A (2009). Muğla Bölgesi'nde Üretilen Çam Balı Ve Propolis'in Mikroskopik, Organoleptik Ve Kimyasal Analizi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Polat İ (2011). Güney Marmara Bölgesinde Üretilen Bazı Balların Antimikrobiyal, Antioksidan Aktivitelerinin, Pestisit ve Antibiyotik Kalıntılarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Popescu R, Geana EI, Dinca OR, Sandru C, Costinel D, Ionete RE (2016). Characterization of the Quality and Floral Origin of Romanian Honey. Analytical Letters, 49(3): 411-422.

- Potterat O, Cuendet M, Hostettmann K (1997). Iridoid Glucosides with Free Radical Scavenging Properties from *Fagraea blumei*. *Helvetica Chimica Acta*, 80: 1144-1152.
- Sancho MT, Pascual-Mate A, Rodriguez-Morales EG, Sandra M. Oses SM, Escriche I, Periche A, Fernandez-Muino MA (2016). Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *International Journal of Food Science and Technology*, 51: 30–36.
- Sarıkaya AO (2009). Kestane Bal ve Propolisinin Fenolik Asit Kompozisyonu ve Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sarısu G (2011). Hakkari İli Ballarında Polen Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Silici (2011). Determination of volatile compounds of pine honeys. *Turk J Biol*,35: 641-645.
- Slinkard K, Singleton VL (1977). Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Solayman MD, Islam MDA, Paul S, Ali Y, Khalil MDI, Alam N, Gan SH (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15: 219- 233.
- Sorkun K (2008). Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri, Polenleri ve Balları. Palme Yayıncılık, 341 s Ankara.
- Sorkun K, Yılmaz B, Özkırım A, Özkök A, Gençay Ö (2011). Yaşam İçin Arılar. Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayın No:4. 135s, Ankara.
- Şahin Z, Kırgız Y, Ekici M (2014). Üretici Bakışıyla Türkiye Arıcılığının Genel Sorunları. 4. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi eş zamanlı olarak 20. Apisilavia Kongresi. *Bildiriler Kitabı*, 178- 179.
- Şahin Z (2015). Muğla İli Bal Üretimi. Muğla İli Arı Yetiştiricileri Birliği, Muğla (Görüşme tarihi, 14.05.2015).
- Şimşek A, Bilsel M, Gören AC (2012). $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chemistry* 130: 1115- 1121.
- Tananaki Ch, Thrasyvoulou A, Giraudel JL, Montury M (2007). Determination of volatile characteristics of Greek and Turkish pine honey samples and their classification by using Kohonen self organising maps. *Food Chemistry*, 101: 1687- 1693.
- Taşkın D (2006). Burdur Yöresi Ballarının Polen Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Terrab A, Recamales AF, Hernanz D, Heredia FJ (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88: 537- 542.

- Tezcan F, Kolaylı S, Sahin H, Ulusoy E, Erım FB (2011). Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50: 33–40.
- Tosi E, Ciappini M, Re E, Lucero H (2002). Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content. *Food Chemistry*, 77: 71- 74.
- Tornuk F, Karaman S, Ozturk İ, Toker OS, Tastemur B, Sagdica O, Dogan M, Kayacier A (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46: 124- 131.
- Tosmur B (2004). Muğla yöresi Çam ballarında eser element içeriğinin iki farklı spektroskopik yöntem ile analizi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- 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.
- Tsigouri A, Passaloglou-Katralı M, Olga Sabatakou O (2004). Palynological Characteristics Of Different Unifloral Honeys From Greece. *Grana*, 43: 122- 128.
- TS (2008a). Balda Elektriksel İletkenlik Tayini, TS-13366, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS (2008b). Balda Prolin Muhtevası Tayini, TS-13357, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS (2008c). Balda Su Muhtevası Tayini, TS-13365, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turan F (2012). Kırklareli İzole Bölgesinde Yaşayan Trakya Arısı (*Apis mellifera carnica*) Kolonilerinden Elde Edilen Balların Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Uçkun O (2011). Narenciye Ve Geven Ballarının Aroma Ve Aroma Aktif Bileşiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ulusoy E (2010). Anzer Balı ve Poleninin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile Fenolik Bileşiminin Belirlenmesi ve Antioksidan Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ülgentürk S, Kıran K, Ayhan B, Civelek H, Keskin A (2012). Türkiye’de *Marchalina hellenica* Gennadius (Hemiptera: Marchalinidae) ile ilişkili karınca (Hymenoptera: Formicidae) türleri. *Türk Entomol. Bült.*, 2(4): 263- 270.
- Ülgentürk S, Szentkiralyi F, Uygun N, Fent F, Gaimari SD, Civelek H, Ayhan B (2013). Predators of *Marchalina hellenica* (Hemiptera: Marchalinidae) on pine forest in Turkey. *Phytoparasitica*, 41: 529- 537.
- Üren A (1999). Üç Boyutlu Renk Ölçme Yöntemleri. *Gıda*, 24(3): 193- 200.

- Vandamme L, Heyneman A, Hoeksema H, Verbelen J, Monstrey S (2013). Honey in modern wound care: A systematic review. *Burns*, 39: 1514- 1525.
- Wilczynska A (2014). Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *Food Science and Technology*, 57: 767- 774.
- Yalçın I (2015). Osmaniye Yöresi Ballarının Palinolojik ve Fizikokimyasal Parametreler Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- Yanniotis S, Skaltsi S, Karaburnioti S (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72: 372- 377.
- Yeşil A, Gürkan B, Saraçoğlu Ö, Zengin H (2005). Effect Of The Pest *Marchalina Hellenica* Gennadius (Homoptera, Margarodidae) On The Growth Parameters Of *Pinus Brutia* Ten. In Muğla Region (Turkey). *Polish Journal Of Ecology*, 53(3): 451– 458.
- Yeşil A, Gürkan B, Saraçoğlu Ö, Zengin H (2012). Çam Pamuklu Koşnili (*Marchalina hellenica* Gennadius) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanları Üzerine Yaptığı Etkiler. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. *Bildiriler Kitabı*, 181- 189.
- Yeşilören G, Ekşi A (2014). Gıda Gerçekliği ve Kontrol Yöntemleri. *Gıda*, 39: 315- 322.
- Yıldırım A (2013). Bingöl İli Ballarının Fenolik Bileşiklerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Yıldız O, Şahin H, Kara M, Aliyazıcıoğlu R, Tarhan Ö, Kolaylı S (2010). Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin gıdalardaki Önemi. *Akademik Gıda*, 8(6): 44- 51.
- Yücel B (2008). Çam Salgı Balı ile ilgili Genel Özellikler. 1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. *Bildiriler Kitabı*, 161- 164.

ÖZGEÇMİŞ

24 Mayıs 1986 tarihinde Muğla'da doğmuştur. Ortaokul ve liseyi 1997 ile 2004 yılları arası Muğla Anadolu Lisesi'nde ve üniversiteyi 2005 ile 2009 yılları arasında tamamlamış olup Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2012 ile 2015 yılları arasında Muğla İli Arı Yetiştiricileri Birliği'nde Tarımsal Yayım ve Danışman olarak çalışmıştır. 2013 yılında Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Bunlardan ayrı olarak, Bal Arısı Islahı ve Yapay Tohumlama Kursu Katılım Sertifikası, Tarımsal Yayım ve Danışmanlık Sertifikası ve İş Güvenliği Sertifikası (C- sınıfı) da bulunmaktadır.