

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ÇİÇEK BALLARININ FENOLİK BİLEŞİK VE AROMA BİLEŞENLERİ
ÜZERİNE ARAŞTIRMA**

Nur Efşan DURMAZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2020**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ÇİÇEK BALLARININ FENOLİK BİLEŞİK VE AROMA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA

Nur Efşan DURMAZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nevzat ARTIK

Bu çalışmada Türkiye'nin 25 farklı yöresinden elde edilen multifloral çiçek ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile aroma maddeleri incelenmiştir. Aroma maddelerinin tanımlanması ve yüzde oranları GC-MS cihazında SPME tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Çiçek ballarının deneysel yöntemlerle coğrafi orijinlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. 25 adet çiçek balının fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından ortalama değerleri; % nem 15.25 ± 1.229 , % briks 83.05 ± 1.189 , pH 3.95 ± 0.310 , glukoz % 33.38 ± 2.319 , fruktoz % 40.88 ± 1.934 , fruktoz/glukoz 1.24 ± 0.132 , fruktoz+glukoz % 74.26 ± 2.915 , sükröz % 0.012 ± 0.342 , maltoz % 2.91 ± 0.799 , L (parlaklık) değeri 24.45 ± 1.933 , a (kırmızılık) değeri -0.13 ± 0.161 , b (sarılık) değeri 1.21 ± 0.687 , kül % 0.178 ± 0.118 , antioksidan 28.01 ± 9.50 mg AAE /100 g, serbest asitlik 20.64 ± 4.895 meq. / kg bal, laktonik asitlik 5.95 ± 1.567 meq. / kg bal, toplam asitlik 26.59 ± 5.089 meq. / kg bal, diyastaz sayısı 19.77 ± 9.770 , toplam fenolik madde miktarı 37.68 ± 14.475 mg GAE / 100g olarak bulunmuştur. Fenolik asitlerden; fumarik asit tüm ballarda, protokatesik asit 24 balda, p-hidroksi fenil asetik asit ve p-hidroksi benzoik asit 22 balda, vanilik asit ve p-kumarik asit ise 21 balda tespit edilmiş, 2-hidroksi sinnamik asite hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. Çiçek ballarının flavonoid çeşidi ve konsantrasyonları açısından fakir olduğu görülmüş, katekin hidrat sadece ÇB11 kodlu balda, (4-hidroksifenil) etanol sadece ÇB3 kodlu balda, vanilin ve luteolin sadece ÇB1 kodlu balda tespit edilmiş, 6.7-dihidroksi kumarin, kumarin, kuersetin ve kaemferole ise hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. GC-MS ile aroma maddelerinin analizi sonucunda; ÇB2 ve ÇB18 kodlu ballarda en çok (36 çeşit), ÇB4 ve ÇB16 kodlu ballarda en az (12 çeşit) aroma bileşeni tespit edilmiş olup, 25 adet çiçek balında toplam 150 adet farklı aroma bileşeni elde edilmiştir. Bazı aroma bileşenleri yalnızca bir bal çeşidinde elde edilerek, o bala özgü markör bileşik olarak belirtilmiş ve o balın orijin tespitinin belirlenmesinde önem arz etmiştir. ÇB1, ÇB7, ÇB11 ve ÇB22 kodlu ballarda herhangi bir markör bileşiğe rastlanmamıştır. Doğu Anadolu Bölgesi'nden elde edilen balların hiçbirinde 'acetone' bileşiği tespit edilmemiş, bununla birlikte 'decanal' bileşiği daha çok rakımı yüksek olan bölgelerde belirlenmiştir. 'Benzaldehyde' bileşiği ise oransal olarak en fazla ÇB5 kodlu Düzce balında ve ÇB11 kodlu Hatay Balında belirlenmiştir. Elde edilen verilere korelasyon analizi yapılarak, verilerin bir arada değerlendirilmesi sağlanmıştır. Verilerin varyans analizi (ANOVA) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

Mayıs 2020, 112 sayfa

Anahtar Kelimeler: aroma, bal, diyastaz, pH, GC-MS, SPME, toplam fenol, korelasyon

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

RESEARCH OF FLOWER HONEYS ON PHENOLIC COMPOUNDS AND AROMA COMPONENTS

Nur Efşan DURMAZ

Ankara University
Graduate school of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nevzat ARTIK

In this study, physical and chemical properties and aroma substances of multifloral flower honeys obtained from Turkey's 25 different regions are examined. Identification of aroma substances and their % ratios were performed in the GC-MS device by SPME technique. It is aimed to determine the geographical origin of flower honeys by experimental methods. Average values of flower honey in terms of physical and chemical properties; 15.25±1.229 % humidity, % brix 83.05±1.189, pH 3.95±0.310, glucose 33.38±2.319 %, fructose 40.88±1.934 %, fructose / glucose 1.24±0.132, fructose + glucose 74.26±2.915 %, sucrose 0.012±0.342 %, maltose 2.91±0.799 %, L (brightness) value 24.45±1.933, a (redness) value -0.13±0.161, b (jaundice) value 1.21±0.687, ash 0.178±0.118 %, antioxidant 28.01±9.50 mg AAE / 100 g, free acidity 20.64±4.895 meq. / kg honey, lactonic acidity 5.95±1.567 meq. / kg honey, total acidity 26.59±5.089 meq. / kg honey, diastasis number was 19.77±9.770, total phenolic amount was 37.68±14.475 mg GAE / 100g. From phenolic acids; fumaric acid was detected in all honeys, protocathic acid in 24 honeys, p-hydroxy phenyl acetic acid and p-hydroxy benzoic acid in 22 honeys, vanic acid and p-coumaric acid in 21 honeys, and 2-hydroxy cinnamic acid was not found in any type of honey. Flower honeys were found to be very poor in flavonoid type and concentrations, catekin hydrate only in ÇB11 coded honey, (4-hydroxyphenyl) ethanol only in ÇB3 coded honey, vanillin and luteolin only in ÇB1 coded honey, 6,7-dihydroxy coumarin, coumarin, quercetin and caemferole were not found in any type of honey. As a result of analysis of flavor substances with GC-MS; The most flavor components (36 varieties) were determined in the honeys code ÇB2 and ÇB18, and at least (12 varieties) in the honeys coded ÇB4 and ÇB16, a total of 150 different flavor components were obtained in 25 flower honeys. Some flavor components were obtained only in a honey variety, and it was specified as a honey-specific marker compound and was important in determining the origin determination of that honey. No marker compound was found in the honeys coded ÇB1, ÇB7, ÇB11 and ÇB22. None of the honeys obtained from the Eastern Anatolia Region were identified with the acetone compound, however, the decanal compound was mostly determined in areas with high altitudes. The 'Benzaldehyde' compound was determined proportionally in ÇB5 coded Düzce honey and ÇB11 coded Hatay Honey. Correlation analysis was made for the data obtained and the data were evaluated together. The variance analysis of the data (ANOVA) was done using statistics program.

May 2020, 112 pages

Key Words: aroma, honey, diastase, pH, GC-MS, SPME, total fenol, correlation

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca yorucu olduğu kadar zevkli bulduğum çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve bundan sonra da yanımda olacağını hissettiğim, danışman-öğrenci ilişkisinden ziyade baba-kız bağı kurduğumuz sevgili danışman hocam Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a sonsuz minnetlerimi sunarım.

Yine bu zorlu süreçte daima konuşarak fikir birliği yaptığımız, emeklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. R. Ertan ANLI'ya, Prof. Dr. Hami ALPAS'a ve Prof. Dr. Ufuk Tansel ŞİRELİ'ye gönülden teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca tezimin çeşitli aşamalarındaki yardımlarından dolayı, her zorlandığım anda rahatlıkla danışabildiğim, bilgileri ve sorunları çözebilme yetenekleri ile bana yön veren Dr. Yalçın GÜÇER ve Dr. Selen AKAN'a ve çiçek balı örneklerinin teminini sağlayan Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği Başkanı Ziya ŞAHİN'e teşekkür ederim.

İleride başarılı bir akademisyen olmam için bana küçük yaşlarda çalışmayı sevdirek eğitim hayatımı yönlendiren, verilen emeklerin zayi olmayacağına inandıran, bugünlere gelmemde bana her konuda en iyi imkanı sunan, kendilerinden önce beni düşünerek fedakarlık yapan sevgili babam Yusuf İNCEER'e ve sevgili annem Elveda İNCEER'e, çalışmamın her aşamasında benden desteğini esirgemeyen, sonsuz sabır gösteren, varlıklarına şükrettiğim ikizlerimin bakımında bana yardımcı olan, bana güç veren hayat arkadaşım, sevgili eşim, Aliihsan DURMAZ'a minnettarlığımı sunarım.

Nur Efşan DURMAZ
Ankara, Mayıs 2020

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1 Balın Tanımı ve Özellikleri	2
2.2 Balın Sınıflandırılması	7
2.2.1 Kaynağına göre ballar	7
2.2.1.1 Çiçek balı	7
2.2.1.2 Salgı balı.....	7
2.2.1.3 Besleme bal	7
2.2.2 Piyasaya sunulma şekline göre ballar	8
2.2.2.1 Petekli bal	8
2.2.2.2 Süzme bal	8
2.2.2.3 Petekli süzme bal.....	8
2.2.2.4 Sızma bal.....	8
2.2.2.5 Pres balı.....	8
2.2.2.6 Filtre edilmiş bal.....	8
2.3 Balın Ekonomik Değeri ve Ülke Ekonomisine Katkısı	9
2.4 Balın Bileşimi.....	12
2.4.1 Nem içeriği	12
2.4.2 Suda çözünür kuru madde (°Briks)	13
2.4.3 pH değeri.....	14
2.4.4 Şeker profili	14
2.4.5 Balın renk değeri.....	15
2.4.6 Balın kül miktarı	16
2.4.7 Balın antioksidan içeriği	17
2.4.8 Balda asitlik	18

2.4.9 Balda aroma.....	19
2.4.10 Balda diastaz sayısı	21
2.4.11 Balın fenolik asit ve flavonoid bileşikleri	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1 Materyal	24
3.2 Yöntem	25
3.2.1 Nem tayini	25
3.2.2 Suda çözünür kuru madde (°Briks) tayini.....	25
3.2.3 pH değeri tayini.....	25
3.2.4 Şeker analizi.....	26
3.2.5 Renk tayini.....	27
3.2.6 Kül miktarı tayini.....	27
3.2.7 Antioksidan aktivite analizi.....	27
3.2.8 Asitlik tayini.....	28
3.2.9 Balda aroma maddelerinin analizleri.....	28
3.2.9.1 Aroma bileşenlerinin ekstraksiyonu.....	28
3.2.9.2 SPME tekniği için uygun fiber tipinin belirlenmesi	29
3.2.9.3 SPME tekniği.....	29
3.2.9.4 Aromatik bileşiklerin GC/MS ile analizi	30
3.2.10 Diyastaz sayısı tayini.....	30
3.2.11 Toplam fenolik madde tayini	31
3.2.12 Balın fenolik asitleri ve flavonoid bileşiklerinin belirlenmesi	32
3.2.12.1 Balın fenolik asitleri ve flavonoid bileşiklerinin ekstraksiyonu	32
3.2.12.2 Standart fenolik asitler ve flavonoidler	33
3.2.12.3 Fenolik bileşiklerin HPLC ile analizleri.....	33
3.2.13 İstatistik analiz	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	35
4.1 Nem İçeriği (%) Değerine Ait Sonuçlar	35
4.2 °Briks Değerine Ait Sonuçlar	37
4.3 pH Değerine Ait Sonuçlar	40
4.4 Şeker Profiline Ait Sonuçlar	42
4.5 Renk Değerine Ait Sonuçlar.....	45
4.6 Kül Miktarına Ait Sonuçlar	48
4.7 Antioksidan İçeriğine Ait Sonuçlar	49
4.8 Asitlik Değerine Ait Sonuçlar	51
4.9 SPME-GC/MS ile Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Sonuçlar	55

4.10 Diyastaz Sayısı Tayinine Ait Sonuçlar	76
4.11 Toplam Fenolik Madde Tayinine Ait Sonuçlar.....	77
4.12 Balın Fenolik Asitleri ve Flavonoid Bileşiklerine Ait Sonuçlar	78
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
KAYNAKLAR	88
EK 1 GC-MS ile Yapılan Aroma Tayininde Bal Örneklerinin Kromatogramları1.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	112



SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
HMF	5-Hidroksi Metil Furfural
NaOH	Sodyum hidroksit

Kısaltmalar

GAE	Gallik asit eşdeğeri
GC-MS	Gaz Kromatografi- Kütle Spektrometresi
pH	Hidrojenin gücü
SPME	Katı faz mikro enjeksiyonu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ISO	Uluslararası Standard Organizasyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Gallik asit kalibrasyon eğrisi	32
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Botanik orijini belirtilen balların minimum polen içerikleri	6
Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi (2020/7) Bal Tebliği'ne göre ballara ait genel özellikler.....	10
Çizelge 3.1 Bal Örneklerinin Kodları ve Alındığı Yerler	24
Çizelge 3.2 Çalışmada kullanılan fiber tiplerinin özellikleri	29
Çizelge 3.3 Diyastaz sayısı tayin edilmesinde kullanılan periyodik aralıkların değerleri.....	31
Çizelge 4.1 Çiçek Ballarının Ortalama pH, Kül ve Nem İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	37
Çizelge 4.2 Çiçek Ballarının Ortalama Briks, Diastaz Sayısı, Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan İçeriği Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	39
Çizelge 4.3 Nem, briks, diastaz sayısı, kül, pH, glukoz, fruktoz ve maltoz parametreleri arasındaki korelasyon.....	42
Çizelge 4.4 Çiçek Ballarının Ortalama Şeker İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	45
Çizelge 4.5 Çiçek Ballarının Ortalama Hunter Renk İçerikleri Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	47
Çizelge 4.6 Nem, briks, pH, renk, kül, asitlik, toplam fenolik madde, antioksidan içeriği ve diastaz sayısı değerlerinin ANOVA analizi.....	50
Çizelge 4.7 Çiçek Ballarının Ortalama Serbest Asitlik, Laktonik Asitlik ve Toplam Asitlik Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	52
Çizelge 4.8 Serbest asitlik, toplam asitlik, toplam fenolik, antioksidan ve kül parametreleri arasındaki korelasyon.....	54
Çizelge 4.9 L değeri, laktonik asit, fruktoz ve maltoz parametreleri arasındaki korelasyon	55
Çizelge 4.10 SPME-GC/MS ile Aroma analizi sonucu elde edilen ana bileşenlere ait özellikler	56
Çizelge 4.11 Çiçek ballarında bulunan markör bileşikler	57
Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları	61
Çizelge 4.13 Bazı Türk salgı ve çiçek ballarında belirlenen fenolik asit ve flavonoidleri (µg/100g).....	80

1. GİRİŞ

Arıcılık; arıyı ve gerekli tüm kaynakları bir arada kullanarak, bal, arı sütü, propolis, arı zehiri, polen ve balmumu gibi ürünlerin üretilmesi olarak tanımlanan ve gelişmekte olan ülkelerde önemli bir gelir kaynağı haline gelen bir faaliyettir (Dusak 2018). Son yıllarda, sağlıklı yaşam adına vücut için gerekli olan enerji ve besin öğelerinin doğal kaynaklardan elde edilmesi isteği, arı ürünlerine olan tüketici talepleri, arıcılık faaliyetlerinin gelişmesinde ve önem kazanmasında önemli bir etmen olmuştur (Anonim 2018). İspanya'nın Valencia kentinde yapılan kazı çalışmalarında yaklaşık MÖ 7.000 yıllarında ilk arıcılık faaliyetlerinin olduğu sonucuna varılmıştır (Dusak 2018).

Arıcılık, Osmanlı ve Hitit devletlerinde büyük önem taşımış ve bu faaliyete özel ortaya çıkabilecek karışıklıkları gidermek amacıyla önemli kanunlar çıkarılmıştır. Osmanlı devletinde arıcılık çok büyük bir gelir kaynağı olduğundan, halktan Öşr-i kovan (kovan vergisi) ve Öşr-i asel (bal vergisi) adıyla iki çeşit vergi alınmaktaydı (Korkmaz 2013).

Arıcılık faaliyeti, toprağa bağlı olmadığından dolayı, az topraklı veya hiç toprağı olmayan bölgelerde bulunan halk için bir geçim kaynağı olabilir. Arıcılık faaliyeti birçok avantaja sahiptir. Bunlardan bazıları; düşük bir bütçeyle sürdürülebilmesi, kolaylıkla yapılabilmesi, kısa sürede gelir kazandırması, ürünlerin rahat bir şekilde pazarlanabilmesi ve arıcılıkta en önemli maliyet sebebi olan kovan üretiminin ülkemizde rahatlıkla yapılıyor olabilmesidir (Genç 1993).

Arıcılık faaliyetinde bal arıları büyük önem taşır. Bal arıları (*Apis mellifera* L.), koloni halinde yaşayan ve kökenleri insanın var oluşundan 20 milyon yıl öncelerine dayanan sosyal böceklerdir (Doğaroğlu 2007, Tuncer 2018).

Arı ürünleri bal, polen, perga, apilarnil, propolis, balmumu, arı zehiri ve arı sütüdür (Artık ve Konar 2018). Arı ürünleri arasında % 99,4 oranında en çok bilinen ürün baldır (Sayılı 2012).

Bal, insanoğlunun var olmasından çok önce bile bal arıları tarafından üretilmekteydi. İnsanoğlu yaratılışından itibaren, asla vazgeçemeyeceği bir besin kaynağı olan bal için avlanmaya başlamıştır. Son yıllarda bal üzerinde yapılan araştırmalar balın insan vücudu için vazgeçilmez bir gıda olduğunu ortaya koymaktadır. Sporculara enerji vermesi, çocuklarda gelişimi desteklemesi, hastalar için doğal antioksidan olması ve vücudumuz için gerekli olan birçok besin değerini bünyesinde barındırması sebebiyle en değerli doğal gıda maddelerinden biridir (Dusak 2018).

Türkiye’de bölgelerin çevre koşullarının değişkenliği, bitkilerin farklı dönemlerde çiçeklenmesi, iklimsel farklılıklar, yükseklik farklılıkları ve akarsu, göl, deniz vb. su ortamı çeşitlilikleri gibi faktörler, floral farklılıkları dolayısıyla bal çeşitliliğinin zengin olmasını sağlar (Çiftci 2014, Karakoyun 2018).

Her gıda maddesi gibi bal da kendine has kokuyu ve tadı veren aroma bileşenlerine sahiptir. Bu bileşenler tat ve diğer fiziksel faktörlerle birlikte gıda maddesinin lezzetini (flavour) oluşturmaktadırlar (Önalın (Ekiz) 2009).

Aroma maddeleri, gıdaların tüketici tarafından beğenilip kabul edilebilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. (Bağatar 2011). Çeşitli bileşikler içeren aroma, gıdaların duyuşal özelliklerini belirleme açısından önem taşır. Balın aromasını nektar kompozisyonu ve çiçek kaynağı çok fazla etkiler (Cuevas-Glory vd. 2007). Bal aroma bileşenleri bakımından zengin olup, birçok uçucu bileşik içermektedir (Uçkun 2011). Balın aroması uçucu bileşiklerin, şekerlerin, amino asit ve diğer asitlerin, fenolik bileşenlerin, tanenlerin, uçucu olmayan iz miktardaki maddelerin ve bitki kaynağına ait glikozid ve alkoloid bileşiklerden kaynaklanabilmektedir.

Ülkemizde balda kalite standartlarını sağlamak için yayınlanmış Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğı bulunmaktadır. ISO (Uluslararası Standard Organizasyonu) bünyesinde ISO TC 34 SC 19 bulunan alt Komitede “arı ve arı ürünleri” mevzuatı hazırlanmakta ve ülkemiz bu platformda TSE liderliğinde etkin olarak çalışmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bal tebliğine göre balda bazı özellikler dikkate alınarak bir standart oluşturulmuştur. Bu değerler kaliteli bal üretiminin sağlanması bakımından son derece önemlidir fakat bu

değerlerin tespiti ancak laboratuvar ortamında mümkün olmaktadır. Tüketici bal tercihini yaparken özellik olarak balın tadı, aroması ve görünüşü ile ilgilenmektedir. Bir bal ne kadar yasal şartları sağlasa da aroması hoş olmadığı takdirde tüketici tarafından doğrudan tüketimi son derece zor olmaktadır.

Bu çalışmada; Türkiye'nin farklı yörelerinde üretilen çiçek balları temin edilerek, ballardaki aroma bileşenlerinin ve fenolik bileşenlerin analizini gerçekleştirmek ve elde edilen bileşenlerin cins ve miktarından yararlanarak, balın bileşiminin çeşitlilik ve doğallık üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece balda aroma bileşenlerinin ve fenolik bileşenlerin insan beslenmesi, gıda kalitesi ve güvenliği açısından önemi ortaya konacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Balın Tanımı ve Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre bal; bal arısının (*Apis mellifera*) bitki nektarlarını, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarını veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarını toplayıp, kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal bir üründür (Anonim 2012).

Milattan Önce 2100-2000 tarihinde Sümerlere ait yazılı bir tablet üzerinde balın ilaç ve merhem olarak kullanıldığı konusunda yazılı bilgiler tespit edilmiştir. Çok eski kültürlerde balın besin olarak kullanılmasının yanısıra tıbbi amaçlar için de kullanıldığı belirlenmiştir.

Bal, kutsal kitaplarda da anılmıştır. Kral Solomon'un oğluna söylediği 'Oğlum, faydalı olduğu için bal ye' sözü İncil'de yer almaktadır (İncil, 24:13) (Günarslan 2015).

Balın hammaddesi, berrak ve genellikle renksiz bir madde olan floem öz suyudur. pH değeri 7.3-8.6 civarında olan floem öz suyu % 15-25 oranında kuru madde ve % 90 oranında karbonhidrat içerir (Önalın (Ekiz) 2009).

Bal, indirgen şekerlerin derişik bir çözeltisi olmasının yanısıra diğer bazı şekerleri, enzimleri, amino asitleri, organik asitleri, fenolik bileşenleri, Maillard reaksiyon ürünlerini, vitaminleri ve mineral maddeleri de içermektedir (Artık ve Konar 2018).

Bal, aromatik ve viskoz yapısında olup, hiçbir işlem yapılmaksızın, insanlar tarafından tatlandırıcı madde niyetine kullanılabilen tek gıda maddesidir (Haroun 2006). Ülkemizde bal genellikle doğrudan tüketilmektedir. Bunun yanında bazı gıdaların üretiminde bileşen olarak da kullanılmaktadır. Bundan dolayı balın gıda endüstrisinde uygulama alanı çok geniştir (Güler 2005).

Balın beslenme değeri yüksektir. 100 gram bal; 303 (1,379) kcal (kj) enerji içermektedir. Karbonhidratlarının hızlı emilmesi, balın her yaştaki insan için kolaylıkla tüketilebilmesini mümkün kılmaktadır (Blasa vd. 2006).

Balı oluşturan ikincil metabolitler olan polifenolik bileşikler, vitaminler, enzimler ve mineraller, balın gerçek değerini ve tıbbi özelliklerini ortaya koymaktadır (Russel 1983, Bogdanov 1984, Cook ve Saman 1996). Antimikrobiyal özelliği, balın en önemli özelliklerinden biridir ve balın bu özelliğini yapısında bulunan glukoz oksidaz enzimi tarafından glukozunun oksidasyonu ile oluşan hidrojen peroksit sağlar (Roderick 1999). Balın bileşimine bakıldığında, yaklaşık olarak % 70- 80 oranında karbohidrat içerdiği, bu karbohidratların büyük çoğunluğunun fruktoz ve glukoz olduğu, az miktarda mono-, di- ve oligo- sakkaritler içermekte olup, % 18- 20 oranında su ve % 1- 2 oranında ise proteinler, organik asitler, fenolik bileşikler ve mineral maddelerden içerdiği görülmektedir (Saxena vd. 2010).

Ballar; kaynağına göre çiçek balı ve salgı balı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bitkilerden toplanan nektarların bal arıları tarafından kullanılmasıyla yapılan bal çiçek balı, bitkilerin üzerinde yaşayan *Basra* (*Marchelina hellenica*) diye adlandırılan böceklerin, bitki üzerinde bıraktığı salgılarının bal arıları tarafından kullanılıp, değişime uğratılmasıyla yapılan bal ise salgı balıdır. Çiçek ballarına ayçiçek, akasya, fiğ, pamuk, narenciye, geven, üçgül ve gökbaş (Ölmez 2009); salgı ballarına ise çam, meşe, köknar (Doğan 2014) gibi ballar örnek olarak gösterilebilir. Botanik orijini belirtilen balların minimum polen içerikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Botanik orijini belirtilen balların minimum polen içerikleri (Anonim 2012)

Polenin Temsil Edilmesi	% (En az)	Botanik orijin	Aranacak tür
Normal olan unifloral türler	45	Geven	<i>Astragalus</i> spp.
		Piren/Püren, Funda	<i>Calluna vulgaris</i> <i>Erica</i> spp.
		Kanola	<i>Brassica napus</i>
		Yonca	<i>Medicago sativa</i>
		Ayçiçeği	<i>Helianthus annuus</i>
		Üçgül	<i>Trifolium</i> spp.
		Hayıt	<i>Vitex</i> spp.
		Fazelya	<i>Phacelia tanacetifolia</i>
Yoğun olan unifloral türler	70	Kestane	<i>Castanea sativa</i>
		Ökalyptus	<i>Eucalyptus</i> spp.
Az olan unifloral türler	15	Akasya	<i>Robinia pseudoacacia</i>
	10	Narenciye	<i>Citrus</i> spp.
		Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i>
		Kekik	<i>Thymus</i> spp. <i>Origanum</i> spp. <i>Thymra</i> spp. <i>Coridathymus</i> spp.
		Pamuk	<i>Gossypium</i> spp.
	5	Lavanta	<i>Lavandula</i> spp.
		İhlamur	<i>Tilia</i> spp.

Ayrıca, genellikle Karadeniz bölgesinde üretilen ve zehirli bal (deli bal) olarak bilinen bal da çiçek balı grubuna dahildir. Bu bal, mor çiçekli ormangülü (*Rhododendron ponticum* L.) ve sarı çiçekli sifin (*R. Luteum sweet*) bitkilerinden elde edilir. Bu bitkilerde andromedotoksin adı verilen alkoloit bulunur. Bal arıları bu alkoloiti nektar olarak alırlar ve bala dönüştürürler. Böylece bal zehirli hale gelir (Ölmez 2009).

Balda şeker içeriği, balın çeşit ve florasına bağlıdır (Haroun 2006). Sorkun vd. (2002), yaptıkları çalışmada çiçek ballarında şeker bileşimini % 34.29 fruktoz ve % 27.04 glukoz, salgi ballarında ise, % 37.49 fruktoz ve % 31.55 olarak bulmuşlardır.

2.2 Balın Sınıflandırılması

Ballar kaynağına ve piyasaya sunulma şekline göre iki şekilde sınıflandırılırlar.

2.2.1 Kaynağına göre ballar

Arıların yararlandığı kaynağına göre ballar 3 gruba ayrılmaktadır.

2.2.1.1 Çiçek balı

Çiçek balı, bal arılarının bitkilerin çiçeklerinden topladıkları nektarları vücutlarındaki salgılanan maddelerle karıştırıp, zenginleştirerek ürettikleri baldır. Ayçiçeği balı, ıhlamur balı, portakal çiçeği balı, kekik balı, yonca balı, narenciye balı, pamuk balı, püren balı vb. gibi ballar çiçek balı grubuna dahildir (Çiftci 2014).

2.2.1.2 Salgı balı

Salgı balı; çam, meşe, kayın ve ladin gibi orman ağaçları üzerinde yaşayan ve yaşadığı bitkiden faydalanarak salgı üreten böceklerin salgıladığı tatlı salgıların (Hemiptera) arılar tarafından toplanması ile oluşturulan baldır. Mineral içerikleri diğer ballara oranla daha fazla olduğundan dolayı tedavi amaçlı olarak da kullanılabilirler. Ayrıca, kristalize olmadıklarından bir grup tüketici tarafından daha fazla tercih edilebilirler (Çiftci 2014, Yıldız 2019).

2.2.1.3 Besleme bal

Bazı durumlarda uygun olmayan mevsim şartları ve yeterli oranda çiçek bulunmamasından dolayı arıcılar tarafından kovan çevresine şerbetimsi çözeltiler koyularak arılar beslenir. Bu şekilde beslenmiş arıların ürettikleri bala “besleme bal” adı verilmektedir. Elde edilen bu balın tadı lezzetsiz ve rengi açıktır. Sakkaroz oranı ise %10’dan fazladır (Dusak 2018).

2.2.2 Piyasaya sunulma şekline göre ballar

Ballar, piyasaya sunulma şekillerine göre 6 gruba ayrılır.

2.2.2.1 Petekli bal

Saf balmumundan hazırlanmış temel peteklerde veya arılar tarafından yapılmış peteklerde depolanmış baldır.

2.2.2.2 Süzme bal

Peteklerden oda sıcaklığında santrifuj yolu ile elde edilen baldır. Homojen bir yapıda olup, kristal içermez. Bu sebeple analizleri daha kolay yapılarak, tağşişli olup olmadığı anlaşılabilir (Dusak 2018).

2.2.2.3 Petekli süzme bal

Süzme bal içerisinde petekli bal parçaları bulunduran baldır.

2.2.2.4 Sızma bal Süzme balın elde edilmesi esnasında balı alınmış peteklerden sızdırılarak toplanan baldır.

2.2.2.5 Pres balı

Pres balı, peteklerin maksimum 45 °C sıcaklığa kadar ısıtılarak veya ısıtılmadan mekanik olarak sıkıştırılmasıyla elde edilen ballardır. Baskı balı olarak da tanımlanmakta olup, kalitesi düşüktür (Çoban 2014).

2.2.2.6 Filtre edilmiş bal

Yabancı maddelerin baldan uzaklaştırılması amacıyla filtre edilmesi esnasında, polen içeriği azalmış olan baldır (Anonim 2005).

2.3 Balın Ekonomik Değeri ve lke Ekonomisine Katkısı

lkemizde arıcılık hızla gelişen bir sektördür. Türkiye’deki bitki zenginliği, topoğrafik yapısından kaynaklanan yükselti farklılıkları ve iklim çeşitliliği, arıcılığın lkemizde kolaylıkla gelişebilmesine olanak sağlamıştır. Arıcılığın yapılabilmesi için gerekli tüm malzemelerin maliyetinin düşük olması ve yurt içinden karşılanabilmesi de bu faaliyetin gelişmesindeki bir diğer sebeptir. Bal üretiminde Türkiye, toplam 105.727 ton üretimle dünya sıralamasında Çin’in ardından ikinci sırayı almaktadır (Bağış ve Akbakay 2017).

Türkiye’de sırasıyla Ege, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri kovan varlığı ve üretim payı bakımından arıcılık için en önemli bölgelerimizdir. Bal üretimi bakımından sırasıyla ilk on ilimiz; Muğla, Ordu, Adana, Aydın, Sivas, Antalya, İzmir, İçel, Erzincan ve Samsun dur. Bu iller ülkemiz bal üretiminin yaklaşık yarısını gerçekleştirmektedir (Önalın (Ekiz) 2009). Muğla ve çevresinde am balı, Karadeniz bölgesinde kestane balı, Akdeniz bölgesinde narenciye balı ve diğer bölgelerimizde de iek balı üretimi hakimdir (akır 2016).

Türkiye dünya bal üretiminde önemli bir yere sahip olsa da, verimlilik konusunda önemli sıkıntılar yaşanmakta, doğal zenginliklerimiz yeteri kadar değerlendirilmemektedir. Verimin istenilen düzeyde olmamasının nedenleri arasında; arıcıların bilgi yetersizliği, arı hastalıkları ile baş edilememesi ve önlem alınamaması, arıcılıkta kullanılan ekipmanın kalite oranının düşük olması, kullanılan ana arının verimsiz ve kalitesiz oluşu, bal üretimde kalite yerine miktar artışının daha ön planda olması söylenebilir (Bağış ve Akbakay 2017).

Bal üretiminin verimsizliği yanında diğer bir sorun da üretimin ihracata istenilen düzeyde yansıyamamasıdır. Dünya lkeleri ürettikleri balın ortalama dörtte birini ihraç ederken, Türkiye’de üretilen balın % 90’ından fazlası ülke içinde tüketilmektedir. (Seyyidoğlu 2014). İhracatta yaşanan sorunların başında ülkemizdeki ballardaki kalıntı sorunu yer almaktadır. Ballarda ilaç ve naftalin kalıntılarının bulunması ve arıcılar tarafından bilinçsizce kullanılan çeşitli ilaçlar bala bulaşmakta, bu durum da insan

sağlığını tehdit etmekte ve ihracatı engelleyerek, ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Ülker 2016).

Mucizevi bir besin olan balın veriminin artırılarak ihracat olanaklarının geliştirilmesi, arıcılık yapan girişimcilerin eğitilmesi, laboratuvar koşullarında her türlü analizinin yapıldıktan sonra piyasaya sunulması hem sağlığımız hem de ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi (2020/7) Bal Tebliği'ne göre ballara ait genel özellikler (Anonim 2020)

	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık Balı
Nem (en fazla)	% 20	% 20	% 20	% 23
	% 23 Püren (<i>Calluna vulgaris</i>) ve Funda (<i>Erica spp</i>) ballarında			% 25 Püren ve Funda kaynaklı fırıncılık ballarında
Sakkaroz (en fazla)	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g
	10g/100g (Yalancı akasya (<i>Robina psedoacacia</i>) Adi yonca (<i>Medicago sativa</i>) Menzies Banksia (<i>Banksia meziei</i>) Tatlı yonca (<i>Hedysarum</i>) Kırmızı okaliptüs (<i>Eucalyptus camadulensis</i>) Meşin ağacı (<i>Eucryphia lucida</i> , <i>Eucyrphia milliganii</i>) ve Narenciye ballarında)			
	15 g/100 g Lavanta çiçeği (<i>Lavandula spp.</i>), Hodan (<i>Boraga officinalis</i>) ballarında			
Fruktoz +Glukoz (en az)	100 g'da 60 g	100 g'da 45 g	100 g'da 45 g	-
Fruktoz / Glukoz	0,9 - 1,4	1,0-1,4	1,0-1,4	-
	1,0-1,85 Kestane (<i>Castanea sativa</i>)			

Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi (2020/7) Bal Tebliği'ne göre ballara ait genel özellikler (Anonim 2020) (devam)

	1,2-1,85 Akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i>)			
	1,0-1,65 Kekik (<i>Thymus spp.</i>)			
Maltoz (% , en fazla)	4	4	4	
Suda çözünmeyen madde (en fazla)*	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g
Serbest asitlik (en fazla)	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg	80 meq/kg
Elektrik iletkenliği	En fazla 0,8 mS/cm (Kocayemiş (<i>Arbutus unedo</i>), Funda (<i>Erica spp.</i>), Okaliptus (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>), Ihlamur (<i>Tilia spp.</i>), Püren (<i>Calluna vulgaris</i>), Okyanus mersini (<i>leptospermum</i>) Çay ağacı (<i>Melaleuca spp.</i>), ve Pamuk (<i>Gossypium spp.</i> 'dan elde edilenler hariç)	En az 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm
	En az 0,8 mS/cm (Kestane balında)		En az 0,8 mS/cm (Kestane balı ve salgı balı karışımlarında)	
Diastaz sayısı (en az)	8	8	8	-
	3 (Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda)			
HMF (en fazla)**	40 mg/kg	40 mg/kg	40 mg/kg	-

Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi (2020/7) Bal Tebliği'ne göre ballara ait genel özellikler (Anonim 2020) (devam)

$\delta^{13}\text{C}_{\text{Bal}}$	-23 ve daha negatif	- 23 ve daha negatif (Çam balında - 22.5 ve daha negatif)	-23 ve daha negatif	
Balda protein ve ham bal delta C13 değerleri arasındaki fark	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif (Çam balında bu kriter aranmaz)	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif
Balda protein ve ham bal delta C13 değerlerinden hesaplanan C4 şekerleri oranı (en fazla)	%7	%7 (Çam balında bu kriter aranmaz)	%7	%7
Prolin miktarı (en az)	300 mg/kg 180 mg/kg (Kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında) 120 mg/kg (Biberiye, akasya ballarında) 500 mg/kg Kestane ballarında	300 mg/kg	300 mg/kg	180 mg/kg
Naftalin miktarı (en fazla)***	10 ppb	10 ppb	10 ppb	10 ppb

2.4 Balın Bileşimi

2.4.1 Nem içeriği

Balda kaliteyi gösteren en önemli kriter nemdir (Karakoyun 2018). Bal, yüksek oranda karbonhidrat içermesinden dolayı 0.50-0.65 oranında su aktivitesine sahiptir (Da Silva vd. 2016). Balda nem oranı %10-20 arasında olup (Stephens vd. 2015), bu oran ballarda Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre % 20'yi geçmemelidir (Anonim 2012). Balın

nem oranı elde edildiği nektar kaynağına, üretildiği bölgenin iklimine, toplandığı mevsime ve olgunluk düzeyine bağlıdır (Mutlu 2016).

Balda yüksek nem oranı, balın uygun olmayan depolama şartlarında tutulduğunu veya bala taşıyış uygulandığını (Mutlu 2016), balın petekten olgunlaşmadan alındığını gösterip, balın fermente olmasına, kalitesinin düşmesine ve raf ömrünün kısılmasına, düşük nem içeriği ise glukozun kristalleşip, balda granül yapı oluşmasına neden olmaktadır (Çiftçi 2018).

Haroun (2006), çalışmasında kullandığı çiçek balı numunelerinin nem içeriklerini % 13.70–20.80 arasında ortalama % 16.49 olarak bulmuştur. Avrupa’da yapılan bir çalışmada ise nem oranı ayçiçeği balında % 17.8, salgı balında % 16.1, narenciye balında % 16.6 ve kestane balında % 17.5 olarak bulunmuştur (Oddo 2004).

Balda nem oranını % 20’nin altında iken fermantasyon gerçekleşmezken, % 20’nin üzerinde olması fermantasyon oluşumu hızını artırmaktadır (Tuncer 2018).

Nem oranı en fazla % 17.8 olan ballar I. sınıf; % 18.6 olanlar II. sınıf ; %20.0 olanlar ise III. sınıf ballar şeklinde sınıflandırılmaktadır (Caner 2010).

2.4.2 Suda Çözünür kuru madde (°Briks)

Bir gıdada suda çözünen kuru madde miktarı, briks değerini gösterir. Balda bulunan yüksek şeker düzeyi briks derecesini belirleyen ana faktördür (Cavia vd. 2002). Batu vd. (2013), yaptıkları çalışmada çiçek ballarındaki briks oranını % 81,24 ile % 84,24 arasında bulmuşlardır. Haroun (2006) ise çam balının briks derecesinin % 81,34-83,35 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Briks değeri ve şeker içeriği, doğal bal ile hileli balda farklılık gösterir. Türkiye’deki ballarda briks oranı % 78 ile % 84 arasında olup, doğal bir balda ortalama % 82 dir (Dusak 2018). Baldaki briks değeri, ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir. Hindistan

ballarındaki briks değeri %76 ile %81 aralığında iken, Portekiz'in Luso bölgesinde ki ballarda bu değeri ortalama % 80 dir (Conti 2000).

2.4.3 pH değeri

Balın pH değerini içerdiği organik asitler ve mineral maddelerin miktarı belirlemekte olup, zengin mineral madde içeriğine sahip olan balların pH değerleri genelde yüksektir (Lawless vd. 1996). Bununla birlikte balın içerisindeki karbonhidratlar, peptitler, ve aminoasitlerin miktarı da baldaki pH değerine etki etmektedir (Ötleş 1995).

Balda pH değeri balın kovandan alınarak ekstrakte edilmesi ve depolanması sırasında balın tekstürel özellikleri, stabilitesi ve raf ömrünü önemli ölçüde etkiler (Gomes vd. 2010). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre, balların pH'sı 3.4–6.1 arasında olmalıdır (Anonim 2012).

Balda pH değerinin düşmesi, bala asidik bir özellik kazandırır. Böylece balda steril bir ortam oluşarak, bal nötr ortamlarda gelişme gösteren mikroorganizmaların neden olduğu bozulmalara ve hayvansal kaynaklı patojenlerin üreyip gelişmesine karşı direnç kazanır (Mutlu 2016, Karakoyun 2018).

Yapılan çalışmalarda Hindistan'daki ballarda pH değerleri 3.62-5.46, (Anupama vd. 2003), İspanya'nın Madrid kentindeki ballarda pH değeri 3.63-5.01 (Soria vd. 2004), Brezilya'daki ballarda ortalama pH değeri 3.65 (Azeredo vd. 2003), ülkemizdeki Doğu ve Güneydoğu Anadolu florasındaki ballarda ise ortalama pH değeri 3.8 (Yılmaz ve Küfrelioğlu 2001) olarak bulunmuştur.

2.4.4 Şeker profili

Balın şeker profili farklı orijinli balların özelliklerini belirlemek için büyük önem taşımakta olup, botanik kaynağa, üretildiği coğrafik bölgenin iklimine, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Escuredo vd. 2014). Balın

içerdiği şekerin türü ve oranı, enerji değerini, viskozitesini, higroskopik özelliklerini ve kristallenme eğilimini belirler (Kamal ve Klein 2011).

İdeal bir bal % 27.25 - % 44.26 oranında fruktoz, % 22.03 - 40.75 oranında glikoz içermelidir. Yüksek sakkaroz miktarı balda hile olduğunu gösterebilir (Caner 2010).

Fruktoz/glukoz oranı balın orjini ve kristalleşme eğilimini gösteren önemli bir kalite kriteri olup (Çiftçi 2018), balda yüksek glukoz oranı, balın oda sıcaklığında kristalleşmeye eğilimli olduğunu gösterir (Cavia vd. 2002).

2.4.5 Balın renk değeri

Balın rengi, içerdiği farklı maddelerin farklı dalga boyundaki ışınları değişik açılarda absorblanmasıyla oluşan optik bir özellik olup (Akalin 2010), kaliteyi, çekiciliği ve balın tüketici tarafından kabulünü etkiler. Balda rengi balın içermiş olduğu karoten, ksantofil ve antosiyanin gibi değişik bitki pigmentleri belirler. Ayrıca floral kaynak, endüstriyel işleme metotları, baldaki şeker reaksiyonları, balın alındığı peteğin eski ya da yeni olması, balın uzun süre ağzı açık kaplarda bekletilmesi, sıcaklık ve depolama süresi de balda renge etki etmektedir (Çiftçi 2014, Nombre 2010, Gündoğan 2009). Balın doğal renkte oluşabilmesi için, sağlıklı arı kovanları kullanmak ve baldaki doğal organik ve inorganik maddelere zarar verici yabancı bir madde karıştırmamak gerekir (Anonim 2002).

Balın rengi su beyazından sarı renge, kahverengiden koyu kırmızı renge kadar değişiklik gösterebilmektedir (Dusak 2018). Açık renkli balların tadı yumuşaktır ve koyu renkli ballara göre ticari değerleri daha fazladır (Haroun 2006). Açık renkli balda, suda çözünen renk pigmentleri, koyu renkli balda ise karotenoidlerden oluşan yağda çözünen renk pigmentleri miktar olarak daha fazladır.

Bazı ülkelerde balın rengi fiyata etki etmekte olup, açık renkli balların fiyatı genelde daha yüksektir (Tuberoso vd. 2014). Balın içerdiği mineral madde miktarının artması rengin koyulaşmasına sebep olur (Tuncer 2018).

Balın rengi Hunter sistemi ile ölçülür (Can vd. 2015). Ballarda renk analizinde L değeri 100 ise beyaz, 0 (sıfır) ise siyah renk bileşenini, a değeri pozitif ise kırmızı, negatif ise yeşil renk bileşenini ve b değeri pozitif ise sarı, negatif ise mavi renk bileşenini ifade etmektedir (Karakoyun 2018).

Can vd. (2015), Türkiye’de üretilen farklı bal çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada; akasya balını en açık renkli (L^* değeri 88); orman gülü, karışık çiçek, lavanta, geven, ıhlamur ballarını (L^* değerleri sırasıyla 79, 78, 62, 74, 78) açık renkli; meşe, püren ve kestane ballarını (L^* değerleri sırasıyla 42, 46, 47) ise koyu renkli ballar olarak bulmuşlardır.

Boussaid vd. (2014), Tunus'un farklı bölgelerinden aldıkları altı adet bal örneğinde açıklık değerlerini (L^*) 36,64 ile 51,37 arasında bulmuşlardır. Analiz edilen ballar arasında turuncu, sarı ve yeşil renklere rastlamışlardır. En yüksek açıklık değerlerini çok koyu renkte olan nane balında bulmuş olup, Tunus ballarının renginin soluk sarıdan koyu kahverengiye kadar çok değişken olduğu göstermişlerdir.

2.4.6 Balın kül miktarı

Baldaki kül; fosfor, demir, potasyum, magnezyum, mangan, sodyum, klor, kükürt, iyot ve diğer mineral maddelerden meydana gelmektedir (Tosmur 2004). Balda kül oranı % 0,02 ile 0,1 arasında değişim göstermekte olup (Rahman vd. 2013), balın mineral bakımında zengin olması çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmasına olanak vermektedir. Balın sahip olduğu kül içeriği, proteinlerin monomeri olan amino asitler ve karbonhidratların monomeri olan glukoz ile ilişkilidir (Anonim 2019) ve bitki çeşidine göre farklılık göstermekle birlikte, bala renk vermede büyük öneme sahiptir.

Kül içeriği yüksek balların renkleri daha koyu olup (Şahinler 2001), tat ve aroma bakımından genellikle acıdırlar (Güler 2005). Bunun nedeni arıların kullandığı floranın çeşitliliğidir (Singh ve Bath 1997). Çam balı, diğer ballara göre kül bakımından daha zengindir (Crane 1975).

Yapılan çalışmalarda; Ölmez (2009), Türkiye'nin farklı yerlerinden aynı koşullarda hasat edilen 2006 ve 2007 yıllarında 8 farklı balın kül değerlerini % 0.01 - 0.12 arasında bulmuştur. Akdeniz vd. (2013), Edirne ili Karaçalı ve Ayçiçeği ballarından 15 adet Karaçalı ve 15 adet Ayçiçeği olmak üzere toplam 30 adet bal numunesi oluşturmuş ve ortalama kül oranını Karaçalı balında 0.3214, Ayçiçeği balında ise % 0.3400 olarak bulmuşlardır. 100 Amerikan çiçek ve salgı balı üzerindeki yapılan başka bir çalışmada çiçek ballarında kül oranı ortalama % 0.18 olarak bulunmuştur (Kaplan 2014). Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda ballardaki kül oranı % 0.365-0.709 (Marinova vd. 2008) ve % 0.003-0.999 arasında (Soria vd. 2004) tespit edilmiştir.

2.4.7 Balın antioksidan madde içeriği

Canlılarda tüm besin molekülerinin yakılmasında kullanılan tek molekül olan oksijen, canlılar için vazgeçilmez bir maddedir. Serbest radikaller ise, dış orbitalinde tek sayıda elektron bulunduran, oksijenli solunum sırasında indirgenme ürünleri olarak oluşan, yüksek oranda reaktif ve kısa ömürlü atom veya moleküllerdir. Aktif yapılarından dolayı gıda ürünlerinde zararlı reaksiyonlara (örn., ette lipid oksidasyonu ve meyve ve sebzelerde enzimatik renk değişimleri) (Alpat 2018) , hücrede ise protein, lipid ve DNA gibi birçok biyolojik materyale zarar vererek, hücre düzeyinden meydana gelen hasarlara, kanser, kalp hastalıkları, katarak ve diyabet gibi hastalıklara neden olmaktadır ve günümüzde bu hastalıklar giderek yaygınlaşmaktadır (Acar 2017).

Oksidasyon reaksiyonlarına engelleyen maddelere antioksidan maddeler denir (Saldamlı 2007). Bu maddeler, gıdalarda doğal olarak bulunabildiği gibi dışarıdan da gıdaya ek olarak takviye edilebilmektedirler. Balın antioksidan özelliği, elde edildiği nektardaki bitkisel kaynağa, mevsimsel ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Spilioti vd. 2014). Balda bulunan fenolik bileşikler, glikoz oksidaz, katalaz ve peroksidaz gibi

enzimler, balın asidik özellikte olması ve yüksek ozmotik basınç bala antimikrobiyal özellik kazandırmada başlıca rol oynamaktadır (Dusak 2018, Isidorov vd. 2015).

Alzahrani vd. (2012), balda toplam fenolik madde miktarının artışına paralel olarak balın antioksidan özelliğinin de arttığı, Ajibola vd. (2012) ise, koyu renkli balların, açık renkli ballara göre genellikle daha fazla fenolik madde içerdiğini dolayısıyla antioksidan özelliklerinin daha yüksek olduğunu yaptıkları çalışmalarda tespit etmişlerdir. Özcan ve Ölmez (2014), 2006-2007 yılları arasında Anadolu'nun çeşitli bölgelerinden temin ettikleri 16 çeşit bal örneğini incelemiş ve mavikantaron, sedir, çam ve fiğ balı gibi koyu renkli balların antioksidan kapasitelerinin açık renkli ballara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. (Islam vd. 2012), Bangladeş balları üzerinde yaptıkları çalışmada bal örneklerinin renkleri ve prolin amino asidi içeriğinin balın antioksidan kapasitesinin göstergesi olduğu bildirmişlerdir. Karadal ve Yıldırım (2012), balda bulunan antioksidan maddelerin, lipitlerde acılaşmaya neden olan oksidasyon reaksiyonlarını ile meyve ve sebzelerde polifenol oksidaz enzim aktivitesi sonucu gerçekleşen enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını engellediğini bildirmişlerdir.

2.4.8 Balda asitlik

Asitlik balda kaliteyi etkileyen kriterlerden birisidir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde balın sahip olduğu asitlik miktarının en fazla 50 meq/kg olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2012). Balda bulunan organik asitler, mineral maddeler, amino asitler, lakton ve esterler, peptitler ve karbonhidratlar, fosfat ve klor gibi inorganik iyonlar balın asitlik düzeyini belirlemektedir (Kahraman vd. 2010).

Balın asidik yapıda olması, balın antioksidan ve antibakteriyel özellik kazanmasında büyük rol oynamaktadır (Sorkun vd. 2014). Baldaki asitlik, içerdiği çeşitli bitki nektarlarının olgunlaşması esnasında enzim etkisi ile oluşan glüktonlakton / glükonik asit içeriğinden kaynaklanmakta olup (White 1975), enzim miktarının fazla olması, asitliğin artmasına sebep olmaktadır (Crane 1975). Balın içerdiği glükonik ve sitrik asit konsantrasyonunun bilinmesi, çiçek balları ile salgı ballarının birbirinden ayrılmasında yardımcı olmaktadır (Mato vd. 2006). Ayrıca, salgı balları çiçek ballarına göre elektriği

daha fazla iletir, balda asitlik oranının ve kül miktarının artması elektriksel iletkenliğini de paralel olarak artırmaktadır (Doğan 2013).

Baldaki tatlılık, şeker miktarı aynı olan diğer besinlere göre daha az hissedilmekte olup, buna balın içerdiği asit karakterdeki maddeler sebep olmaktadır. Baldaki toplam asitliği; serbest asitler, laktonlar ve esterler oluşturur. Serbest asitlik, balın antioksidan özelliğini artırmakla kalmayıp, balın lezzetini oluşturarak, balın orijini hakkında bilgi verir. Asetik asit, bütirik asit, sitrik asit, formik asit, laktik asit, malik asit, süksinik asit, glikonik asit ve oksalik asit, balda varlığı kesin olarak belirlenmiş asitlerdir (Ötleş 1995).

Yılmaz ve Küfrevioğlu (2001), Ülkemizde Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki ballar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ballardaki serbest asitliği 22.3 meq/kg ve laktonik asitliği 7.4 meq/kg olarak bulmuşlardır. Karabagias vd. (2014b), Yunanistan ballarında yaptıkları bir çalışmada, serbest asitliği 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 bulmuşlardır. Tornuk vd. (2013), Türkiye'nin farklı yerlerinden 10 farklı çiçek balı temin ederek ve marketlerden 10 farklı markada içecek balı alarak, balların asitliğini incelemişlerdir. Sonuç olarak ballardaki toplam asitlik değerlerini 6,23-34,93 meq/kg arasında; serbest asitlik değerlerini ise 3,86-30,42 meq/kg arasında bulmuşlardır. Aazza vd. (2014), 3 adedi kekik balı olmak üzere 17 adet Fas balında yaptıkları çalışmada kekik ballarının serbest asitlik değerini 12-29.4 meq/kg arasında, toplam asitlik değerini ise 19.75-37.8 meq/kg arasında bulmuşlardır.

2.4.9 Balda Aroma

Gıdaların tüketici tarafından tercih edilmesi, tüketicinin duyu organlarının tatmini ile ilişkilidir. Bunlar arasında görme, tatma, koklama ve dokunma duyguları sayılabilir. Bir gıdada aroma özellikleri de en az görünüş ve yapısal özellikleri kadar tüketici tercihinde önemli bir yere sahiptir (Reineccius 1994).

Gıdalarda farklı uçucu bileşenler bir araya gelerek aromayı oluştururlar. Aroma, bünyesinde çok sayıda uçucu bileşen içeren, tat ve kokudan oluşan ve çiğneme ile yutkunma sonucunda hissedilen bir hazdır. Tat, gıdada bulunan şeker, tuz gibi uçucu olmayan maddelerin damak, boğaz ve dil üstünde bıraktığı duyum, koku ise gıdalarda ppm düzeyinde bulunan binlerce maddenin bir araya gelerek burun zarı üzerindeki sinirlerde oluşturduğu bir duygudur (Cuevas-Glory vd. 2007).

Balda bulunan esterler, aldehitler, ketonlar, alkoller ve serbest asitler balın aromasını oluştururlar. Baldaki aroma, farklı bitkilerden toplanan çeşitli nektarlardan gelir. Bu nedenle, bitki çeşidinin değişkenliği balın aromasına yansımaktadır. Bununla birlikte balda uçucu bileşen kompozisyonu da balın aromasını etkilemektedir (Cuevas-Glory vd. 2007).

Yoğun bir karışıma sahip olan balın floral kaynağının tespiti için birçok yöntem geliştirilmiş olup, polen analizi, organoleptik veya fiziko- kimyasal özelliklerden faydalanılması bunlardan bazılarıdır (Şahin 2019). Ancak bu yöntemler, uzun sürebilmekte ve çok deneyimli uzman görüşü gerektirmektedir. Ayrıca, balın kimyasal kompozisyonunun bozulması ve depolama şartları da bu yöntemleri olumsuz etkilediğinden, balın floral kaynağının tespiti için farklı bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. Gaz kromatografisi kütle spektroskopisi (GC-MS) ve solid faz mikroeğstraksiyonu ile balın aromasını oluşturan uçucu bileşikler, kolaylıkla tespit edilebilir (Can 2014). Bu yöntem sayesinde balın kendine özgü aroma profil tespiti direkt yapılmakta ve floral kaynağı tespit edilebilmektedir (Cserhádi 2010),

Verzera vd. (2001), balların bitkisel orijinini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; yabani çiçek, okaliptüs, sula, kestane, portakal gibi farklı bitkilerden elde edilen 5 farklı bal örneğini SPME/GC/MS tekniğı ile analiz ederek, her balın aroma bileşeninin kendine özgü olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca farklı coğrafi bölgelerden elde edilen aynı çeşit balların aroma profilinin benzer olduğunu vurgulamışlardır.

Perez vd. (2002), portakal, okaliptüs, biberiye, lavanta ve kekikten elde edilen çeşitli İspanyol ballarındaki aroma bileşenlerini SPME/GC/MS yöntemini kullanarak

belirleyerek, aroma bileşenlerinin farklı balların birbirinden ayrılmasında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

2.4.10 Balda diastaz sayısı

Balda birçok önemli bileşenin arasında enzimler de yer almaktadır. Bu enzimler, bitkilerden gelebildiği gibi arılar tarafından da salgılanabilmektedirler (Yıldırım 2013, White 2003). Diastaz, arılar tarafından salgılanan, α ve β -amilazdan oluşan enzimlerden biridir ve diastaz sayısı, % 1'lik nişastayı 60 dakikalık zaman diliminde, 40°C sıcaklıkta, spektrofotometrede 660 nm de, 0,235 absorbans değerini görene kadar parçalayan enzim miktarı olarak ifade edilir. Bir gramı parçalayan miktarı Schade veya Gothe birimi olarak adlandırılır (Bogdanov 2002). Diastaz sayısı balın dünya çapında ticari değerini belirlemede başvurlan önemli bir kalite kriteridir (Fallico vd. 2004). Diastaz enziminin görevinin ne olduğu tam anlaşılmamış olup (White 2003), polenin içerdiği nişastayı sindirmek için arılar tarafından salgılandığı tahmin edilmektedir (White 1979).

Diastaz sayısı; florak kaynak, pH, nektar çeşitliliği, nektar toplama dönemi, arıların yaşı ve balın şeker miktarı gibi etkilere göre değişiklik göstermekte olup, depolama süresinin ve sıcaklığın artması bu enzimin inaktive olmasına sebep olmaktadır. Balın kalitesinin artması, diastaz aktivitesini artırmaktadır (Acar 2017, Doner 1977, White 1978).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre diastaz sayısı; çiçek ballarında en az 8 mg/kg olmalıdır. Ancak, narenciye ballarında durum farklı olup, bu değer en az 3 mg/kg olabilir, çünkü narenciye balları doğal yapılarında düşük miktarda enzim bulundururlar. Bununla birlikte bazı balların yapısında HMF miktarı 15 mg/kg ı geçmez. Tebliğe göre bu ballarda da diastaz sayısı en az 3 mg/kg olmalıdır (Anonim 2012).

Şahinler ve Gül (2005), balda sıcaklık artışının ve depolamanın diastaz sayısına olan etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada; ballara 55, 60 ve 65°C olmak üzere üç farklı sıcaklık uygulayıp, balları 29 hafta boyunca depolamışlardır. Sonuç olarak; sıcaklıktaki artışın diastaz sayısına önemli bir etkisini olmadığı, ancak depolamanın

diastaz sayısı üzerine etkisinin önemli olduğu kanısına varmışlar ve ballardaki diastaz sayısının depolama sonrası % 75,55 oranında azalmış olduğunu belirtmişlerdir. Castro-Vazquez vd. (2012), İspanya'daki püren balları üzerinde yaptıkları çalışmada diastaz sayısını taze balda 24,04 olarak bulurken 10 °C, 20 °C ve 40 °C'de 12 ay bekletilmiş ballarda sırasıyla 20,91, 17,91 ve 3,32 olarak bulmuşlardır.

2.4.11 Balın fenolik asit ve flavonoid bileşikleri

Bitkiler, dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı tedbir amacıyla bünyelerinde sekonder metabolitler üretme yeteneğine sahiptirler (Saldamlı 2007). Sekonder metabolitlerin çoğunluğunu oluşturan fenolik bileşikler aromatik halkasında bir veya daha fazla hidroksil grubu bağlanmış olan ve bünyelerinde 8000 e yakın çeşitli yapılar barındıran bileşiklerdir (Shahidi ve Nacz 1995, Bravo 1998).

Fenolik bileşikler fenolik asitler ve flavonoidlerden oluşmaktadır. Vanilik, kafeik ve ferulik asitler baldaki hakim fenolik asitlere, kuersetin, isohamnetin, kamferol ve metoksikamferol ise baldaki hakim flavonoidlere örnek olarak gösterilebilir (Alvarez-Suarez vd. 2012).

Bitkilerden gelen nektarlar balda fenolik bileşenlerin kaynağını oluşturur ve baldaki fenolik bileşenlerin çeşidi ve miktarı botanik orijine bağlı olduğu gibi, bitkilerin yetiştiği bölgenin ekolojik koşullarına ve aynı zamanda işleme yöntemlerine de bağlıdır (Kaskoniene ve Venskutonis 2010).

Bogdanov vd. (2008), yaptıkları çalışmada 100 g balda ortalama 60-460 µg flavanoid bulunduğunu ve havanın kuru olduğu ve sıcaklığın çok arttığı dönemlerde bu miktarın arttığını tespit etmişlerdir. Balda bazı fiziksel ve kimyasal özellikler fenolik bileşenlerden etkilenmekte olup, bunlardan bir tanesi de renktir. Balda fenolik madde miktarının artışı bal renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Ferreira vd. 2009). Bununla birlikte baldaki antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerin de fenolik madde miktarı artışına paralel olarak artış gösterdiği gözlemlenmiştir (Kaskoniene ve Venskutonis 2010).

Jasicka-Misiak vd. (2012), yaptıkları çalışmada fenolik bileşenlerin farklı çiçek ballarında miktar ve cinsinin değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada süpürge otu balının fenolik asitleri yüksek oranda içerirken flavonoidleri düşük oranda içerdiği, limon ve biberiye balının ise flavonoidleri yüksek oranda içerdiği gözlemlenmiştir. Haroun (2006), bazı çiçek ve salgı ballarının fenoloik asit ve flavonoid içeriklerini incelemiş ve kafeik asit, p-kumarik asit, pinosembrin ve krisini hem salgı balı hem de çiçek ballarında tespit ederken, protokateşuik asiti yalnızca salgı ballarında, kampferoleyi ise yalnızca çiçek ballarında tespit etmiştir. Hindistan balları üzerinde yapılan bir çalışmada balların toplam fenolik madde miktarları 470-980 mg/kg GAE olarak (Sharma vd. 2010), Polonya balları üzerinde yapılan bir çalışmada ise toplam fenolik madde içeriği bal örneklerinde 175.7-1895.2 mg/kg aralığında bulunmuştur (Wilczynska 2010). Çeşitli orijinlerden gelen ballarda yapılan başka bir çalışmada ise, kocayemiş balının 789 mg/kg GAE ile en yüksek toplam fenolik madde içerdiği, karahindiba çiçeği balının ise 52 mg/kg GAE ile en düşük toplam fenolik madde içerdiği gözlemlenmiştir (Beretta vd. 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Ülkemizde çiçek balında önemli bölgelerden 25 adet multifloral çiçek balı örneği toplanmıştır. Ballar Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği Başkanı Ziya ŞAHİN tarafından temin edilmiştir. Bal örneklerinin kodları ve alındığı yerler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Bal Örneklerinin Kodları ve Alındığı Yerler

SIRA NO	KOD	Alındığı Yer
1	ÇB1	Şenkaya/ Erzurum
2	ÇB2	İSTANBUL
3	ÇB3	ORDU
4	ÇB4	Mut/Mersin
5	ÇB5	DÜZCE
6	ÇB6	Elmadağ/Ankara
7	ÇB7	NİĞDE-AYB (Ulukışla)
8	ÇB8	HATAY-AYB
9	ÇB9	OVACIK/İNÖNÜ Tunceli
10	ÇB10	AĞRI
11	ÇB11	HATAY
12	ÇB12	Kazan/Ankara
13	ÇB13	İSPARTA
14	ÇB14	SİVAS-AYB
15	ÇB15	İSPARTA
16	ÇB16	Sivrice/ELAZIĞ
17	ÇB17	ÇANAKKALE
18	ÇB18	BİTLİS
19	ÇB19	ANKARA BALI
20	ÇB20	Yenice/KARABÜK
21	ÇB21	BİNGÖL
22	ÇB22	ANTALYA-AYB
23	ÇB23	İSPARTA
24	ÇB24	KAYSERİ-AYB (Erciyes-Melikgazi)
25	ÇB25	YÜKSEKOVA Hakkari

3.2 Yöntem

Çiçek balı örneklerinde nem, suda çözünür kuru madde (briks), pH değeri, şeker, renk, kül, antioksidan, asitlik, GC-MS ile aroma, diyastaz sayısı, toplam fenolik madde, balın fenolik asitleri ve flavonoidlerinin belirlenmesi ve istatistik analizler yapılmış olup, analiz yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1 Nem tayini

Bal örneklerinin yüzde (%) nem oranı, kuru madde skalası 20°C’de saf sakkaroz çözeltisine göre ayarlanmış dijital Atago Refraktometre’de (Atago, Tokyo, Japan), kırılma indisi ölçülerek, kırılma indisi-nem tablosundan yararlanılıp hesaplanmıştır (Anonymous 1990, Ötleş 1995).

3.2.2 Suda çözünür kuru madde (°Briks) tayini

Briks değeri, 40°C’de su banyosunda şeker kristalleri çözündürülüp, homojen bir hal kazanan bal numunelerinden yaklaşık 2’şer gram alınarak dijital Atago Refraktometre’de (Atago, Tokyo, Japan) 20 °C’de okunarak tespit edilmiştir (Bogdanov 2002).

3.2.3 pH değeri tayini

pH değerleri belirlenmek istenen bal numunelerinden 10’ ar gram tartılarak 75 mL saf suda çözündürülmüş ve hazırlanan bal çözeltileri 250 mL’lik beherlere aktarılıp, dijital pH-metrenin (pH 890, Nel Elektronik, İstanbul, Türkiye) elektrodu çözeltiliye daldırılarak pH değerleri okunmuştur (Anonymous 1995).

3.2.4 Şeker analizi

Şeker analizi Anonymous (1990) ve Bogdanov (2002) tarafından önerilen HPLC yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. HPLC koşulları aşağıda sunulmuştur:

HPLC: Shimadzu Class VP (LC-10AD VP)

Dedektör: Refraktif ndeks (RID, 10A VP)

Kolon: 300 x 0,46 mm ET 300/7.8 NUCLEOGEL karbonhidrat kolonu (MACHEREYNAGEL GmbH&Co.KG., Germany)

Mobil faz: saf su

Kolon fırını sıcaklığı: 80°C

Akış hızı: 0,4 mL / dakika

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

Çiçek ballarında 7 farklı şeker standardı (glikoz, fruktoz, sükroz, galaktoz, mannoz, arabinoz ve maltoz) tayin edilmiştir. Standart şekerler saf su ile 1000 ppm çözelti haline getirilerek HPLC'ye enjekte edilmiş ve çıkış zamanları kaydedilmiştir.

Bal numunelerinden 5'er gram tartılarak numuneler beherde 50 mL damıtık suda çözündürülüp 100 mL'lik balon jojeye aktarılmış ve karışım damıtık su ile hacmine tamamlanmıştır. Elde edilen çözelti, 0.45 µm membrandan filtre edildikten sonra şeker dışındaki bileşiklerin ayrılması amacıyla Chromabond SB kartuş üzerinden geçirilmiş ve HPLC'ye enjekte edilmiştir. Bal şekerleri ile standart şekerlerin çıkış zamanı ve pik alanları karşılaştırılarak bal şekerlerinin dağılımı belirlenmiş ve miktarı tayin edilmiştir. 100 gram baldaki fruktoz, glukoz, galaktoz, sükroz ve maltoz miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Şekerin kütle yüzdesi (g / 100g bal)} = (A1 \times V1 \times m1 \times 100) / (A2 \times V2 \times m0)$$

Burada:

A1 = numunedeki şekerin pik alanı

A2 = standart şekerin pik alanı

V1 = numunenin toplam hacmi

V2 = standart şekerin toplam hacmi

m1 = standart şekerin miktarı (gram)

mo = bal numunesinin miktarı (gram)

3.2.5 Renk tayini

Bal numuneleri, renk ölçümünün kolaylıkla yapılabilmesi amacıyla şeker kristallerini çözündürmek ve balın viskozitesi düşürmek için 50°C sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika ısıtılıp (Anupama vd. 2003), Hunter (L, a, b) renk ölçüm sisteminde Minolta aygıtı ile renk ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm 3 tekerrür olarak yapıp, okunan değerlerin ortalaması alınmıştır.

3.2.6 Kül miktarı tayini

Kül analizinde kullanılan krozeler, analiz öncesinde sabit tartıma getirilmek amacıyla 550-600°C sıcaklığındaki kül fırınında 1 saat bekletilip, desikatörde soğutulmuş ve sonrasında 0.0001 g duyarlılıkta hassas terazide tartılmıştır. Krozelere her bal numunesinden 1.5 g konularak köpürmeyi önlemek amacıyla ön yakma işlemi uygulanıp, örnekler tamamen yanıncaya kadar yaklaşık 6-7 saat kül fırınında yakılmış ve desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Sonrasında tartım yapılarak toplam kül miktarı tartım farklarından ağırlıkça yüzde olarak hesaplanmıştır (Anonymous 2006b).

3.2.7 Antioksidan aktivite analizi

Balların antioksidanaktivite madde analizinde Frankel vd. (1998) ve Chen vd. (2000) tarafından uygulanan metotlardan faydalanılmıştır. Ortamda antioksidan madde olduğunda, DPPH renk değiştirmektedir. Çalışmamızda 0.75 mL bal çözeltisi (0.05 – 0.1g/mL) üzerine 1,5 mL DPPH (metanolda, 0.09 mg/mL) eklenerek, elde edilen karışım karanlıkta, oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılmış, daha sonra karışımın absorbans değeri, 517 nm’de, UV-1601 Shimadzu, Kyoto, Japan marka

spektrofotometrede, okunmuştur. Standart olarak askorbik asit (0.0 – 0.04 mg/mL) kullanılmıştır.

3.2.8 Asitlik tayini

Bal çözeltisinin pH değeri ölçüldükten sonra, serbest, laktonik ve toplam asitlik, üç aşamalı titrasyon kullanılarak şu şekilde tayin edilmiştir. Önce 0.05M sodyum hidroksit çözeltisinin bal çözeltisine ilave edilmesi ile pH 8.50'ye getirilip, harcanan sodyum hidroksit (mL) serbest asitlik olarak tespit edilmiş, daha sonra ortama 10 mL 0.05M sodyum hidroksit çözeltisi ilave edilip hiç geciktirmeden 0,05M HCL çözeltisi kullanılarak pH 8,30'ye düşene kadar geri titrasyon yapılmış ve harcanan HCL miktarı (mL) kaydedilmiştir. Hesaplama aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yapıp, sonuçlar meq/kg bal şeklinde ifade edilmiştir (Anonymous 1990, Haroun 2006).

Hesaplama:

Serbest asitlik = ((mL 0,05 NaOH –mL sahit) x 50) / g bal

Laktonik asitlik = ((10 - mL 0,05 HCL) x 50) / g bal

Toplam asitlik = serbest asitlik + laktonik asitlik

3.2.9 Balda Aroma Maddelerinin Analizleri

3.2.9.1 Aroma bileşenlerinin ekstraksiyonu

Çiçek ballarındaki aroma bileşenlerinin izolasyonu amacıyla (Verzera vd. 2001), (Perez vd. 2002), (Soria vd. 2003) ve (Manas ve Altug 2007)' de önerilen Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) tekniklerinde uygulanan koşullar denenerek optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir.

3.2.9.2 SPME tekniği için uygun fiber tipinin belirlenmesi

Uygun fiber tipinin belirlenmesi amacıyla Polidimetilsiloksan/ Divinilbenzen (PDMS/DVB), Karboksen/Polidimetilsiloksan (CAR/PDMS), Poliakrilat (PA) ve Divinilbenze/Karboksen/Polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) sabit fazları ile kaplı Supelco marka 4 tip fiber kullanılmıştır. Fiberlerin özellikleri Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Çalışmada kullanılan fiber tiplerinin özellikleri

Sabit Faz	Film Kalınlığı (µm)	(Hub) Tanımlaması
PDMS/DVB	stableFlex / 65	Pembe / düz
PA	85	Beyaz / düz
CAR/PDMS	stableFlex / 70	Açık Mavi / düz
DVB/CAR/PDMS	stableFlex / 50 / 30	Gri / düz

Denemeler sonucunda elde edilen kromotogramlar incelenerek ,çalışmamız için en uygun fiberin 65 µm PDMS-DVB fiber olduğuna karar verilmiştir.

3.2.9.3 SPME tekniği

SPME tekniğinin uygulanmasında 40 mL hacmindeki viton septalı vida kapaklı vialler kullanılmıştır. 2 g bal vial tartılıp 60°C’de 10 dakika süreyle fiber kullanılmadan ısıtıcı tablanın üzerinde bekletildikten sonra 65 µm PDMS-DVB fiber vialin septumu delinerek vial içerisine yerleştirilmiş ve vial içerisindeki tepe boşluğu kısmına indirilmiştir. Bileşenlerin fiber üzerindeki faza adsorbe olmaları amacıyla 40 dk burada tutulan fiber tekrar iğneye çekilip vialden çıkarılarak GC-MS’e enjekte edilmiştir.

3.2.9.4 Aromatik Bileşiklerin GC/MS ile analizi

SPME ile ekstraksiyon aşamasından sonra fiber üzerine adsorbe edilmiş aroma bileşenlerinin tayini GC/MS aygıtı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan GC/MS çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

Model: Shimadzu QP-2010 GC-MS

Kolon: Restek RTX-5MS (30 m uzunluk, 0.25 mm iç çap, 0.25 µm film kalınlığı)

Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C

Enjeksiyon modu: Splitless

Taşıyıcı gaz: Helyum

Taşıyıcı gaz akış hızı: 0.7 ml/dk

Elektron enerjisi: 70 eV

Dedektör sıcaklığı: 250°C

MS kütüphanesi: Nist ve Wiley kütüphaneleri

Fırın sıcaklık programı: Başlangıç sıcaklığı 40°C olup, 6 dk bu sıcaklıkta bekletilir. 6. dakikadan sonra sıcaklık 10°C/dk artırılarak 200°C' ye getirilir. 200°C' de 0.5 dk tutulup, daha sonra 20°C/dk artışla 250°C' ye getirilir

3.2.10 Diyastaz sayısı tayini

Balların diastaz sayısı tayininde Anonymous (1990) ve Bogdanov (2002) tarafından belirlenen yöntemden yararlanılmıştır. 50 mL'lik beherlere her bal numunesinden 10 g tartılıp, üzerine 5mL tampon çözeltisi (87,9 gram sodyum asetat (NaOAc,3H₂O), 400 mL su ve 10,5 mL asetik asit ile karıştırılıp, 500 mL'ye seyreltilmiş, pH = 5,3) ve 15 mL saf su eklenerek vorteks cihazında homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen homojen karışım, içerisinde 3 mL 0,5 M sodyum klorür bulunan 50mL'lik balon jojeye aktararak, hacim çizgisine kadar saf sui le tamamlanmıştır. Daha sonra 50 mL'lik 2 adet erlenmayer alınarak, birine % 1'lik nişasta çözeltisinden 10 mL, diğerine ise daha önce hazırlanan homojen bal çözeltisinden 10 mL konularak,

iki erlenmayer de 45 °C'deki su banyosunda 15 dakika tutulmuş, daha sonra nişasta çözeltisinden 5 mL alınarak, bal çözeltisine aktarılıp, elde edilen karışım vorteks cihazında karıştırılarak 5 dakika bekletilmiştir. 5 dakika sonra, ilk okuma için ile 0,5mL alınıp, hızlı bir şekilde 5 mL seyreltik iyot çözeltisi içeren erlenmayere aktarılmış ve üzerine nişasta çözeltisinin kalibrasyonunda istenilen su miktarı kadar (21 mL) saf su ilave edilmiştir. UV-1601, Shimadzu, Kyoto, Japan marka spektrofotometrede absorbands 660 nm'de okuma yapılmış ve şahit olarak saf su kullanılmıştır. Diyastaz sayısı, aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır. Okuma işlemindeki periyodik aralıkların degerleri Çizelge.3.3'e göre gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Diyastaz sayısı} = 60 (\text{dakika}) / \text{tx} \times (0,1 / 0,01) \times (1,0 / 2,0) = 300 / \text{tx}$$

tx, reaksiyon süresi, elde edilen absorbands değerlerden 0,155 – 0,456 aralığındaki absorbandsların regresyon çizgisinden belirlenmiştir (kör değerler çıkarıldıktan sonra).

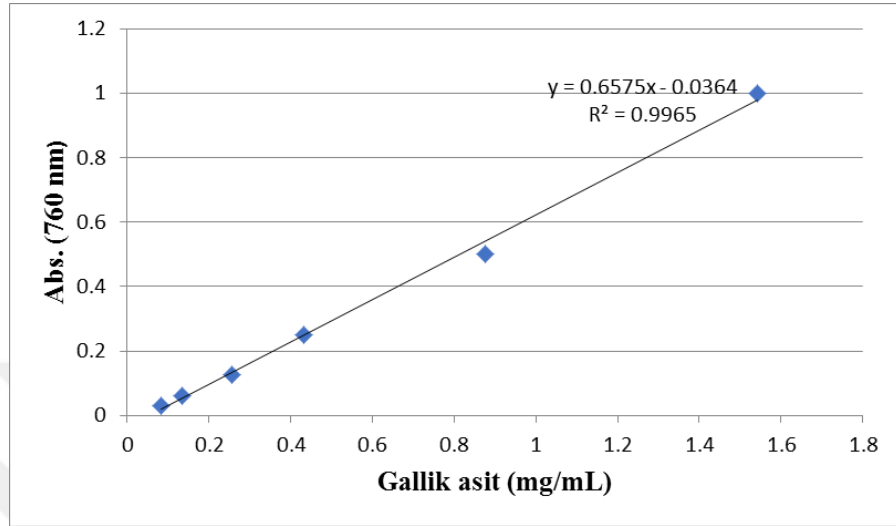
Çizelge 3.3 Diyastaz sayısı tayin edilmesinde kullanılan periyodik aralıkların değerleri (Bogdanov 2002)

Absorbans 5 dakika sürede	Süre aralığı
$A > 0.658$	10 dakika veya fazla
$0.658 > A > 0.523$	5 -10 dakika
$0.523 > A > 0.456$	2 - 5 dakika

3.2.11 Toplam fenolik madde tayini

Balın toplam fenolik madde tayininde Folin-Ciocalteu metodundan yararlanılmıştır. Her bal numunesinden 5'er gram tartılarak, 50 mL'lik balon jojelere aktarılmış ve saf su ile hacim çizgisine kadar tamamlanmıştır. Oluşan çözelti, Whatman No. 1 filtre kağıdından filtre edilmiştir. Filtrasyondan işleminden elde edilen çözeltiden 0,5 mL alınarak, 2,5 mL Folin- Ciocalteu çözeltisi (10 kat seyreltilmiş) ile karıştırılmış ve 4-6 dakika sonra 2 mL sodyum karbonat (Na_2CO_3 , 75 g/L) ilave edilmiştir. Bu işlem sonunda elde edilen çözelti, karanlık bir ortamda, 25 °C'de 2 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında, UV-1601, Shimadzu, Kyoto, Japan marka spektrofotometrede absorbasns 760 nm'ye ayarlanarak çözeltinin ölçümü yapılmıştır.

Şekil 3.1'deki kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde, (0–50 mg/mL) gallik asit standart olarak kullanılmış (Singleton vd. 1999, Meda vd. 2005) ve toplam fenolik madde içeriği mg gallik asit eşdegeri (GAE)/100 g bal olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.1 Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.12 Balın fenolik asitleri ve flavonoid bileşiklerinin belirlenmesi

3.2.12.1 Balın fenolik asitleri ve flavonoid bileşiklerinin ekstraksiyonu

Balın fenolik asitleri ve flavonoidlerinin belirlenmesinde Ferreres vd. (1991), Andrade vd. (1997a) ve Martos vd. (1997) tarafından uygulanan yöntemlerden faydalanılmıştır. Buna göre; her bal numunesinden 50'şer gram alınmış, üzerine 250 mL saf su ilave edilerek, homajen hale gelinceye kadar vorteks cihazında karıştırılarak, oluşan çözeltinin pH değeri 2 olacak şekilde ($\text{pH} = 2$), % 37'lik HCl ilavesi yapılarak, filtre edilmiş ve katı parçacıkların ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen filtrat, 75 gram Amberlit XAD-2 (Supelco, Bellefonte, PA., USA, gözenek büyüklüğü 9 nm, tanecik büyüklüğü 0.3-1,2mm)'i içeren behere aktararak oluşan karışım vorteks cihazında 20 dakika süreyle karıştırılıp, 25x2 cm'lik cam kolona doldurulmuştur. İşlem sonunda, baldaki fenolik bileşiklerin kolon içinde kalması, şekerler ve diğer polar bileşiklerin sulu çözelti ile uzaklaştırılması için cam kolon 125 mL asitlendirilmiş saf su (HCL ile

pH = 2'ye ayarlanmış) ile ve 10-15 saniye sonra da 150 mL saf su ile yıkanmış ve kolon içinde tutulan fenolik bileşikler 200 mL metanol ile yıkanarak alınmıştır.

Metanol ekstraktları vakum altında, 40°C'de rotary evaporatörde kurutulup, elde edilen kalıntı 5 mL damıtık su içinde çözündürülüp, üç kere 5 mL dietil eter ile ekstrakte edilmiş ve dietil eter ekstraktları birleştirilip, dietil eter kısmı azot ile uzaklaştırılmıştır. Kurutulmuş çökelti 1 mL metanol içinde çözündürülüp 0.45µm'lik membran filtreden geçirilerek örnek Ependorf tüplerinde toplanmış ve elde edilen örnekler HPLC'de analiz için kullanılmıştır.

3.2.12.2 Standart fenolik asitler ve flavonoidler

Bu çalışmada, protokatesik (1000 ppm, 50 mL), p-kumarik (1000 ppm, 50 mL), ferulik (1000 ppm, 50 mL), levulinik (1000 ppm, 50 mL), fumarik (1000 ppm, 50 mL), trans-aconitic (1000 ppm, 50 mL), p-hidroksi fenil asetik (1000 ppm, 50 mL), p-hidroksi benzoik (1000 ppm, 50 mL), klorojenik (1000 ppm, 50 mL), vanilik (1000 ppm, 50 mL), 3-hidroksi benzoik (1000 ppm, 50 mL), 2-hidroksi sinnamik (1000 ppm, 50 mL), rosmarinik (1000 ppm, 50 mL), trans-sinamik asit (1000 ppm, 50 mL) gibi fenolik asitler, ve katekin hidrat (1000 ppm, 10 mL), (4-hidroksifenil) etanol (1000 ppm, 50 mL), 6.7-dihidroksi kumarin (1000 ppm, 10 mL), vanilin (1000 ppm, 25 mL), kaemferol (1000 ppm, 10 mL), gayakol (500 ppm, 50 mL), kumarin (1000 ppm, 50 mL), rutin hidrat (1000 ppm, 10 mL) ve chrysin (1000 ppm, 10 mL) gibi flavonoidler standart fenolik bileşikler olarak kullanılmıştır.

3.2.12.3 Fenolik bileşiklerin HPLC ile analizleri

Fenolik asitlerin ve flavonoidlerinin analizleri SHIMADZU VP serisi HPLC cihazı ile yapılmış olup, HPLC koşulları aşağıda sunulmuştur:

HPLC: LC-10AD VP

Kolon: TEKNOKROMA, TR-416056, TRACER EXTRASIL ODS2, 12,5 x 0,4

Cm, 5 Nm (TEKNOKROMA, Barcelona, Spain)

Kolon fırını sıcaklığı: 35°C

Dedektör: DAD (SPD-M10A VP)

Akış hızı: 1 ml / dakika

Mobil faz: % 0,1 (v/v) %85 fosforik asit (solvent A) ve asetonitril (solvent B)

Enjeksiyon hacmi: 20 µ

3.2.13 İstatistik analiz

Elde edilen verilerin varyans analizi (ANOVA) Minitab istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Çoklu karşılaştırma analizi (Duncan) ise MSTAT C istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Nem İçeriği (%) Değerine Ait Sonuçlar

Nem içeriği, balda incelenmesi gereken en önemli özelliklerden biridir. Çünkü bal kalitesini etkileyebilecek birçok durum baldaki nem oranına bağlıdır. Balın hasat edildiği bölgenin ekolojik özellikleri, hasat sezonu, hasat biçimi, kovanda bulunan balın olgunluk durumu, iklim şartları, depolama koşulları, balın piyasaya sunuma hazırlanırken yapılan işlemler, balın üretildiği nektarın nem oranı gibi etkenler baldaki nem miktarını etkilemektedir (Karabagias vd. 2014b, Persano Oddo ve Piro 2004, Akalın 2010). Balda bulunan yüksek nem; balın fermentasyona yatkın olmasına dolayısıyla tad ve aromasının değişmesine, balda mikroorganizma üremesine, kalitenin düşmesine, ve raf ömrünün azalmasına sebep olurken, düşük nem ise balın kristalize olmasına ve granül bir yapı kazanmasına sebep olmaktadır (Tolon 1999, Şahinler vd. 2001).

Yapılan bazı çalışmalarda ülkemizdeki ballarının nem içerikleri; % 13.70–20.80 (Haroun 2006), % 13.6-19.4 (Kahraman vd. 2010), % 14.8-16.9 (Akbulut vd. 2009) ve %10.5-20 (Sunay ve Boyacıoğlu 2008) değerleri arasında tespit edilmiştir.

Araştırmada kullanılan bal numunelerinin nem içeriklerine bakıldığında % 13.25–17.80 arasında değişim gösterdiği ve en düşük nem içeriğinin ÇB7 kodlu Niğde balında, en yüksek nem içeriğinin ise ÇB17 kodlu Çanakkale balında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). ÇB6 ve ÇB12 (% 15,10), ÇB11 ve ÇB14 (% 17,05) ve benzer şekilde ÇB15, ÇB16 ve ÇB25 kodlu ballardaki (%14,60) nem içeriklerin eşit miktarda bulunurken, ÇB1 ve ÇB10 ile ÇB18 ve ÇB23 kodlu balların nem içerikleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2012/58) 'ne göre nem içeriğinin çiçek ballarında maksimum % 20 olması gerektiği belirtilmiş olup (Anonim 2012), çalışmada kullanılan tüm bal numuneleri nem oranı bakımından tebliğe uygunluk göstermiştir.

Bal örneklerine ait ortalama nem değerinin % 15.25 (Çizelge 4.1) olduğu ve çoğu bal örneğinin ortalama nem oranı bakımından varyans analizi (Çizelge 4.6) ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farkın istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.01$) görölmektedir (Çizelge 4.1). Bu farklılığın, balın hasat edildiği bölgenin ekolojik özelliklerinden, hasat sezonundan, hasat biçiminden, kovanda bulunan balın olgunluk durumundan ve iklim şartlarından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Ölkemizde yapılan diğer çalışmalara bakılacak olursa ballardaki nem değerleri; Türkiye'deki narenciye ballarında % 15,6; geven ballarında % 13,1 olarak (Uçkun 2011), Osmaniye çiçek ballarında % 15,26-20 arasında (Yalçın 2015), Antalya turunçgil ballarında ortalama %18,30 (Kaçaroğlu 2011) ve Hatay yöresi ballarında ortalama %16.03 (Şahinler vd. 2004) olarak tespit edilmiştir.

Diğer ölkelerdeki ballarda yapılan çalışmalarda ise nem miktarı; Romanya'da akasya balında % 5.1, ayçiçek balında % 5,8, kolza balında % 5.5, ıhlamur balında % 5.7 ve polifloral balda % 5.6 olarak (Popescu vd. 2016), Arjantin'in yonca balında % 17.1 ve okaliptüs balında % 17.3 (Ciappini vd. 2016), Arap körfezi ballarında % 11.1 ile 19.8 arasında (Kaakeh ve Gadelhak 2005), Portekiz ballarında % 16.8-18.6 arasında (Feas vd. 2010) ve Meksika ballarında %15,5-20,7 aralığında (Rodriguez vd. 2012) bulunmuştur

Tez kapsamında Türkiye'nin 25 farklı yöresinden elde edilen çiçek ballarının nem oranları, ölkemizde ve diğer ölkelerdeki ballarda yapılan çalışmalarda tespit edilen nem oranları ile benzerlik göstermekte ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen sınırlar içinde yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Çiçek Ballarının Ortalama pH, Kül ve Nem İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3)

Bal Kodu	pH değeri	Kül (%)	Nem (%)
ÇB1	3.78±0.110 ^{jk}	0.078±0.0065 ^o	13.70±0.100 ^{jk}
ÇB2	3.80±0.000 ^{ijk}	0.068±0.0024 ^p	13.55±0.150 ^{ijkl}
ÇB3	4.01±0.015 ^e	0.146±0.0065 ^k	14.90±0.100 ^{hi}
ÇB4	3.85±0.020 ^{ghi}	0.114±0.0045 ^l	16.85±0.150 ^b
ÇB5	3.91±0.010 ^{fg}	0.250±0.0014 ^e	13.90±0.200 ^j
ÇB6	3.44±0.020 ^o	0.147±0.0042 ^k	15.10±0.100 ^{gh}
ÇB7	4.08±0.006 ^d	0.220±0.0013 ^g	13.25±0.150 ^l
ÇB8	4.11±0.020 ^{cd}	0.208±0.0054 ^h	15.20±0.200 ^{gh}
ÇB9	3.91±0.010 ^{fg}	0.149±0.0055 ^k	13.50±0.200 ^{kl}
ÇB10	3.89±0.020 ^{fgh}	0.097±0.0005 ^m	13.87±0.153 ^{jk}
ÇB11	3.71±0.025 ^{lm}	0.086±0.0037 ⁿ	17.05±0.150 ^b
ÇB12	3.59±0.010 ⁿ	0.112±0.0015 ^l	15.10±0.100 ^{gh}
ÇB13	4.16±0.020 ^c	0.239±0.0026 ^f	15.75±0.150 ^{ef}
ÇB14	3.67±0.006 ^m	0.104±0.0102 ⁱ	17.05±0.050 ^b
ÇB15	4.77±0.020 ^b	0.590±0.0005 ^a	14.60±0.200 ⁱ
ÇB16	3.94±0.010 ^f	0.118±0.0021 ^l	14.60±0.100 ⁱ
ÇB17	4.08±0.010 ^d	0.278±0.0021 ^c	17.80±0.200 ^a
ÇB18	4.06±0.010 ^{de}	0.119±0.0013 ^l	15.90±0.100 ^{de}
ÇB19	3.90±0.020 ^{fgh}	0.156±0.0028 ^j	15.15±0.250 ^{gh}
ÇB20	4.88±0.006 ^a	0.425±0.0006 ^b	16.05±0.150 ^{cde}
ÇB21	3.77±0.015 ^{kl}	0.070±0.0011 ^o	15.40±0.100 ^{fg}
ÇB22	3.84±0.010 ^{hij}	0.178±0.0003 ⁱ	16.40±0.200 ^c
ÇB23	3.94±0.017 ^f	0.262±0.0024 ^d	15.80±0.200 ^{de}
ÇB24	3.89±0.020 ^{fgh}	0.110±0.0014 ^l	16.15±0.150 ^{cd}
ÇB25	3.71±0.010 ^{lm}	0.116±0.0070 ^l	14.60±0.100 ⁱ
Min.	3.44	0.068	13.25
Mak.	4.88	0.590	17.80
Ort.	3.95	0.178	15.25
St. sapma	0.310	0.118	1.229

^{a-p} Her bir sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Duncan testine göre ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

4.2 Suda Çözünür kuru madde (°Briks) Değerine Ait Sonuçlar

Ağırlıkça suda çözünen maddelerin yüzdesi olan briks değeri, balların üretildiği yere, bitki çeşidine, balın kristallenmesine, yoğunluğuna ve tatlılık oranına göre değişebilmekte olup, ballarda ortalama % 78.8 - % 84.0 aralığındadır (Bilgen Çınar 2010). Yapılan bir çalışmada briks değeri Ankara çam ballarında % 80.2 - % 81.4,

Muğla çam ballarında % 78.0 - % 82.6 aralığında, geven balında % 81.0 - % 81.2, kestane balında ise % 79.8 - % 80.0 aralığında bulunmuştur (Polat 2007).

Elde edilen sonuçlara göre; çiçek ballarında briks değeri en fazla ÇB9 kodlu Tunceli balında (% 85) elde edilirken, bunu istatistiki açıdan aralarındaki farklılığın önemsiz olduğu ÇB2 kodlu İstanbul balı (% 84.89) ile ÇB5 kodlu Düzce balı (% 84.78) ve ÇB7 kodlu Niğde balı (% 84.78) takip etmiştir. En düşük briks değeri ise ÇB17 kodlu Çanakkale balında (% 80.91) elde edilmiştir. ÇB3 ve ÇB16, ÇB1 ve ÇB15, ÇB4 ve ÇB22 ile ÇB6 ve ÇB12 ile kodlu ballardaki briks değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Bal örneklerine ait ortalama briks değerinin % 83.05 (Çizelge 4.2) olduğu ve genel olarak ballarda ortalama briks değeri bakımından varyans analizi (Çizelge 4.6) ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farkın istatistiki olarak önemli olduğu ($p < 0.01$) görülmektedir (Çizelge 4.3). Bu farklılığa yörenin, bitki çeşidinin ve iklimin, sebep olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.3'e bakıldığında balların briks değerleri ve nem içerikleri arasında güçlü negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.955, anlamlılık % 99) gözlemlenmiş olup, elde edilen bulgular (Haroun 2006)'nın yaptığı çalışma ile uyumluluk göstermektedir.

Yapılan diğer çalışmalarda ise balın ortalama briks değeri % 81,75 (Tosun ve Keleş 2004), % 80,6 (Shafiq vd. 2014), % 80,7 (Silva vd. 2009), % 76-81,5 (Anupama vd. 2003) olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda tespit edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalarda bulunan briks değerleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 Çiçek Ballarının Ortalama Briks, Diastaz Sayısı, Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan İçeriği Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3)

Bal Kodu	Suda Çözünür kuru madde (°Briks) (%)	Diastaz Sayısı	Toplam Fenolik Madde (mg GAE / 100g)	Antioksidan İçeriği (mg AAE /100 g)
ÇB1	83.91±0.625 ^{bc}	19.41±0.430 ^f	27.84±0.580 ^j	17.73±0.600 ^{mn}
ÇB2	84.89±0.125 ^a	17.76±0.155 ^{fg}	25.79±0.090 ^k	18.55±0.770 ⁿ
ÇB3	83.69±0.445 ^{cd}	8.630±0.265 ^{kl}	33.84±0.575 ^l	23.95±0.965 ^{ij}
ÇB4	81.86±0.235 ^{lm}	16.62±1.915 ^{gh}	71.28±1.405 ^a	50.98±1.095 ^a
ÇB5	84.78±0.315 ^a	22.76±0.245 ^{de}	47.31±0.820 ^e	37.31±1.100 ^d
ÇB6	83.12±0.040 ^{efg}	22.07±0.650 ^e	55.28±0.550 ^c	45.48±0.720 ^b
ÇB7	84.78±0.065 ^a	37.64±0.895 ^a	47.33±0.225 ^e	36.42±0.365 ^{de}
ÇB8	83.39±0.080 ^{def}	28.29±1.115 ^c	20.56±0.665 ⁿ	21.09±0.245 ^l
ÇB9	85.00±0.140 ^a	38.45±0.115 ^a	25.08±0.999 ^{kl}	23.38±0.335 ^j
ÇB10	84.20±0.010 ^b	10.88±0.085 ^j	50.36±0.750 ^d	39.76±0.310 ^c
ÇB11	81.50±0.095 ^{mn}	8.500±0.200 ^{kl}	16.55±0.670 ^o	14.05±0.965 ^o
ÇB12	83.09±0.080 ^{efg}	39.05±0.730 ^a	23.34±0.670 ^m	17.62±0.845 ^{mn}
ÇB13	82.33±0.045 ^{ijk}	14.88±0.935 ^{hi}	38.90±0.140 ^g	29.30±0.355 ^g
ÇB14	81.20±0.040 ^{no}	15.13±1.145 ^{hi}	35.98±0.155 ^h	26.17±0.300 ^h
ÇB15	83.93±0.055 ^{bc}	9.790±1.110 ^{jk}	27.69±0.420 ^j	21.59±0.610 ^{kl}
ÇB16	83.69±0.105 ^{cd}	14.46±0.035 ⁱ	19.45±0.030 ⁿ	16.46±1.100 ⁿ
ÇB17	80.91±0.190 ^o	28.04±1.365 ^c	42.64±0.115 ^f	32.09±0.980 ^f
ÇB18	82.40±0.020 ^{ij}	6.880±0.355 ^l	24.20±0.345 ^{lm}	25.56±0.275 ^{hi}
ÇB19	82.97±0.055 ^{fgh}	24.45±0.735 ^d	49.37±0.190 ^d	37.66±0.420 ^d
ÇB20	82.09±0.055 ^{ijkl}	7.220±0.340 ^l	35.03±0.300 ^{hi}	21.41±0.625 ^{kl}
ÇB21	82.90±0.115 ^{gh}	18.11±0.215 ^{fg}	28.24±0.020 ^j	22.98±1.040 ^{jk}
ÇB22	81.65±0.010 ^{lm}	10.93±0.025 ^j	67.11±0.070 ^b	35.14±0.735 ^e
ÇB23	82.60±0.020 ^{hi}	17.49±0.065 ^g	54.32±0.070 ^c	36.13±0.015 ^{de}
ÇB24	81.94±0.030 ^{klm}	33.51±0.770 ^b	38.33±0.090 ^g	23.52±0.360 ^j
ÇB25	83.47±0.006 ^{cde}	23.22±0.220 ^{de}	36.17±0.245 ^h	25.91±1.085 ^h
Min.	80.91	6.88	16.55	14.05
Mak.	85.00	39.05	71.28	50.98
Ort.	83.05	19.77	37.68	28.01
St. sapma	1.189	9.770	14.475	9.500

^{a-o} Her bir sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Duncan testine göre ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

4.3 pH Değerine Ait Sonuçlar

pH, bal içeriğindeki organik asitlerden kaynaklanmakta olup, balda meydana gelebilecek mikrobiyal bozulma, balın depolanması, balın ekstraksiyonu, raf ömrü ve stabilitesi açısından oldukça önemli bir faktördür (Conti 2000).

Balın asidik yapıda olması, balın mikroorganizmalara karşı dayanıklılığını artırmakta olup, düşük pH değerine sebep olan asitin, balın olgunlaşması için arıların iğnesinden mühürlenmeyen bal gözlerine enjekte edilen formik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir (Çakır 2016).

Genel olarak pH değeri, çiçek ballarında 3.3 ile 4.6 arasında, salgı ballarında ise yüksek mineral içeriğinden dolayı 4.5 ile 6.5 arasında değişmek olup (Bogdanov 2009), Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre, balın pH değer aralığı 3.4-6.1' dir (Anonim 2012).

Çizelge 4.1'e bakıldığında çiçek ballarında pH değeri geniş bir aralıkta bulunmuş olup, en düşük pH değeri 3.44 ile ÇB6 kodlu Elmadağ/Ankara balında, en yüksek pH değeri ise 4.88 ile ÇB20 kodlu Karabük balında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3'e göre balların pH değerleri ile diastaz sayısı arasında düşük negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.300, anlamlılık % 95) gözlenirken, pH değerleri ile kül değerleri arasında güçlü pozitif korelasyon (Pearson korelasyon 0.844, anlamlılık % 99) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6'ya göre çiçek ballarındaki pH değerlerinin illere göre ortalamaları arasındaki fark

istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

Ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalara bakıldığında; Doğu Karadeniz Bölgesi'ne ait ballar üzerinde yapılan bir çalışmada 30 adet bal numunesinde pH değeri 4.05-5.48

arasında (Güler 2005), Hatay yöresine ait ballar üzerinde yapılan bir çalışmada 50 adet bal numunesinde pH değeri ortalama 3.88 (Şahinler vd. 2001), Ordu ili ve çevresinden elde edilen 30 adet yayla balında pH değeri 3.7-4.5 arasında (Günbey vd. 2010), Türkiye genelinden elde edilen 200 adet bal örneğinde ortalama pH değeri 3.30 olarak (Gül 2008), Karadeniz bölgesine ait 18 ilden elde edilen 209 adet petekli bal örneğinde ortalama pH değeri 5.42 olarak (Derebaşı vd. 2014), Pakistan balları üzerine yapılan bir çalışmada pH değeri 3.33-6.30 arasında (Kamal vd. 2002), Hollanda'da Pomeranian bölgesinden elde edilen 15 adet çam balının ortalama pH değeri 3.9 olarak (Przybyłowski ve Wilczynska 2001) bulunmuştur.

Çalışmamızda kullanılan tüm bal örneklerinin pH değeri Türk Gıda Kodeksi Tebliği'nde (2012/58) belirtilen pH değerleri aralığındadır ve literatürde verilen değerlerle uyum içerisindedir.

Çizelge 4.3 Nem, briks, diastaz sayısı, kül, pH, glukoz, fruktoz ve maltoz parametreleri arasındaki korelasyon

Korelasyonlar									
Bileşim ögesi		Nem	°Briks	Diastaz Sayısı	Kül	pH değeri	Glukoz	Fruktoz	Maltoz
Nem	Pearson korelasyon Anlamlılık N	1.000 . 25	- 0.955** 0.000 25	-0.278* 0.050 25	0.048 0.741 25	0.015 0.917 25	0.294* 0.038 25	-0.223 0.119 25	-0.193 0.178 25
°Briks	Pearson korelasyon Anlamlılık N	- 0.955** 0.000 25	1.000 . 25	0.272 0.056 25	-0.001 0.992 25	0.007 0.963 25	-0.326* 0.021 25	0.174 0.228 25	0.170 0.237 25
Diastaz Sayısı	Pearson korelasyon Anlamlılık N	- 0.278* 0.050 25	0.272 0.056 25	1.000 . 25	-0.162 0.262 25	- 0.300* 0.035 25	0.250 0.080 25	-0.304* 0.032 25	- 0.428** 0.002 25
Kül	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.048 0.741 25	-0.001 0.992 25	-0.162 0.262 25	1.000 . 25	0.844** 0.000 25	0.074 0.610 25	-0.140 0.333 25	0.109 0.452 25
pH	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.015 0.917 25	0.007 0.963 25	-0.300* 0.035 25	0.844** 0.000 25	1.000 . 25	0.029 0.844 25	-0.051 0.727 25	0.280* 0.049 25
Glukoz	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.294* 0.038 25	- 0.326* 0.021 25	0.250 0.080 25	0.074 0.610 25	0.029 0.844 25	1.000 . 25	-0.729** 0.000 25	-0.151 0.295 25
Fruktoz	Pearson korelasyon Anlamlılık N	-0.223 0.119 25	0.174 0.228 25	-0.304* 0.032 25	-0.140 0.333 25	-0.051 0.727 25	- 0.729** 0.000 25	1.000 . 25	-0.003 0.982 25
Maltoz	Pearson korelasyon Anlamlılık N	-0.193 0.178 25	0.170 0.237 25	- 0.428** 0.002 25	0.280* 0.049 25	0.280* 0.049 25	-0.151 0.295 25	-0.003 0.982 25	1.000 . 25

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2-yön).

* Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2-yön).

4.4 Şeker Profiline Ait Sonuçlar

Balda kuru maddenin % 95 - 99'unu oluşturan şekerler, balın viskoz bir yapıda olmasına, nem çekici özellikte olmasına, kristallenme eğilimine ve kolay sindirilebilir olduğundan, balın enerji verici bir özellik kazanmasına sebep olmaktadır (Orak 1986). Şeker profili, çeşitli bitkisel orijine sahip ballar arasındaki bileşim farklılığını ortaya koyan önemli bir kalite kriteri olup, baldaki fruktoz/glukoz oranı ise, balın kristalleşmeye yatkınlığını gösteren önemli bir faktördür. Farklı kaynaklı balların şeker

içerikleri çok değişkenlik gösterebilmektedir (Abu-Tarboush vd. 1993, Ötleş 1995, Rodriguez vd. 2004).

Baldaki fruktoz miktarı, çoğu zaman glukoz miktarından yüksek olup, fruktoz/glukoz oranının artması balın kristallenmesini geciktirir, bu oran 1.0-1.2 arasında iken kristalizasyon hızlı, 1.3 veya daha büyükse kristalizasyon yavaş gerçekleşmektedir. Diğer yandan bal tam olgunlaşmamış ise, sükroz miktarı, glukozdan yüksek olduğundan kristallenme yavaş gerçekleşmektedir (Çiftçi 2018).

Çalışmamızda kullanılan çiçek ballarının şeker içerikleri, fruktoz/glukoz oranı ve fruktoz+glukoz miktarı Çizelge 4.4’de verimiştir. Sonuçlara bakıldığında en düşük fruktoz ve glukoz miktarının ÇB9 kodlu Tunceli balında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda fruktoz miktarı bakımından, ÇB3, ÇB8, ÇB13, ÇB14, ÇB18 ve ÇB19 kodlu ballar arasındaki fark, glukoz miktarına bakımından ise ÇB18, ÇB20, ÇB21 ve ÇB 24 kodlu ballar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuş olup, diğer ballardaki fruktoz ve glukoz miktarı genel olarak birbirine yakın bulunmuştur. ÇB22 kodlu Antalya balı, en yüksek fruktoz/glukoz oranı (1.6) ile, ÇB9 kodlu Tunceli balı ise, en düşük fruktoz+glukoz oranı ile (% 64.1) dikkat çekmektedir (Çizelge 4.4).

ÇB19, ÇB21 ve ÇB24 kodlu ballar eşit miktarda (% 0.1) sükroz içerirken, diğer bal çeşitlerinde sükroza rastlanmamıştır. Maltoz bakımından; ÇB18 ve ÇB23 kodlu balların eşit miktarda ve en yüksek miktarda (% 4.1) maltoz içerdiği, ÇB24 kodlu balın ise en düşük miktarda (% 1.1) maltoz içerdiği, diğer bal çeşitlerinin maltoz miktarlarının genel olarak istatistiki açıdan benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3’e göre; balların glukoz değerleri; nem miktarı ile düşük pozitif korelasyon (Pearson korelasyon 0.294, anlamlılık % 95), briks değeri ile düşük negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.326, anlamlılık % 95) gösterirken, fruktoz değeri ile güçlü negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.729, anlamlılık % 99) göstermiştir. Balların fruktoz değerleri, diastaz sayısı ile düşük negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.304, anlamlılık % 95), glukoz değeri ile güçlü negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.729, anlamlılık % 99) göstermiştir. Balların maltoz değerleri ise; diastaz sayısı ile

güçlü negatif korelasyon (Pearson korelasyon -0.428, anlamlılık % 99), pH değeri ile düşük pozitif korelasyon (Pearson korelasyon 0.280, anlamlılık % 95) göstermiştir.

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/58 sayılı Bal Tebliği'ne göre çiçek ve salgı ballarında sakkaroz en fazla 5 g/ 100 g, 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).

Yapılan çalışmalara bakılacak olursa; Çakır (2016), Iğdır ve yöresinden elde ettiği 30 adet çiçek balında ortalama fruktoz miktarını % 38.62, glukoz miktarını % 32.46, fruktoz / glukoz oranını 1.20 ve glukoz + fruktoz miktarını % 71.09 olarak belirlemiştir. Çiftçi (2018), Konya yöresinde 5 farklı firmadan elde ettiği çiçek ballarında ortalama fruktoz / glukoz oranını 1.10, glukoz + fruktoz miktarını ise % 70.56 olarak tespit etmiş ve ballarda sükroza rastlayamamıştır. Ferek (2016), Muğla ilinin değişik yörelerindeki (Köyceğiz, Bodrum, Datça, Menteşe, Yatağan) arı yetiştiricilerinden temin ettiği 15 adet çam balı örneğinde ortalama glukoz miktarını % 25.68, fruktoz miktarını % 32.95, sakkaroz miktarını % 0.47 ve maltoz miktarını ise % 0.27 olarak bulmuştur. Batu vd. (2013), Doğu Anadolu bölgesinden temin ettikleri ballardaki ortalama glukoz oranını % 32.11, fruktoz oranını % 38.90, sükroz oranını % 3.75 olarak tespit etmişlerdir. Turan (2012), Kırklareli balları üzerine yaptığı çalışmada ortalama fruktoz+glukoz değerini % 63.70, fruktoz/glukoz oranını ise 1.26 olarak bulmuştur. Popescu vd. (2016), Romanya balları üzerine yaptıkları çalışmada fruktoz/glukoz oranını akasya balında 1.23, ayçiçek balında 0.86 ve ıhlamur balında ise 0.91 olarak bulmuşlardır. Ciappini vd. (2016), Arjantin'de yaptıkları çalışmada yonca balında fruktoz miktarını % 40.50, glukoz miktarını % 34.30, sükroz miktarını % 1.00 ve maltoz miktarını % 1.70; okaliptüs balında ise fruktoz miktarını % 41.20, glukoz miktarını % 34.50, sakkaroz miktarını % 0.90 ve maltoz miktarını % 1.80 olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.4 Çiçek Ballarının Ortalama Şeker İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3)

Bal Kodu	Fruktoz (%)	Glukoz (%)	Fruktoz/Glukoz	Fruktoz+Glukoz (%)	Sükroz (%)	Maltoz (%)
ÇB1	42.7±0.594 ^{bcd}	33.9±1.867 ^{bcd}	1.3±0.028 ^{bc}	76.6±1.004 ^{abc}	-	3.2±0.071 ^{abcd}
ÇB2	44.8±1.047 ^{ab}	30.7±0.424 ^{hi}	1.5±0.113 ^{ab}	75.5±0.919 ^{abcd}	-	3.0±0.764 ^{bcde}
ÇB3	40.7±0.255 ^{defgh}	31.2±1.131 ^{ghi}	1.3±0.042 ^{bc}	71.9±0.566 ^{efg}	-	3.4±0.537 ^{abcd}
ÇB4	38.6±0.679 ^h	32.4±0.566 ^{efgh}	1.2±0.057 ^c	71.0±1.216 ^g	-	3.1±0.396 ^{bcd}
ÇB5	39.2±0.467 ^{fgh}	33.9±0.368 ^{bcd}	1.2±0.085 ^c	73.1±0.424 ^{defg}	-	2.1±0.042 ^{efg}
ÇB6	41.0±1.513 ^{cdefgh}	32.7±0.424 ^{defgh}	1.3±0.127 ^{bc}	73.8±1.273 ^{cdefg}	-	1.5±0.311 ^{gh}
ÇB7	40.1±0.113 ^{efgh}	36.2±0.537 ^{ab}	1.1±0.028 ^{bc}	76.3±1.697 ^{abcd}	-	3.8±0.057 ^{ab}
ÇB8	40.6±0.863 ^{defgh}	35.8±0.283 ^{abc}	1.1±0.014 ^c	76.4±0.849 ^{abc}	-	3.5±0.057 ^{abcd}
ÇB9	36.2±0.919 ⁱ	27.9±0.339 ^j	1.3±0.014 ^{bc}	64.1±1.556 ^h	-	2.6±0.240 ^{def}
ÇB10	41.8±0.325 ^{cde}	33.0±1.131 ^{cdefgh}	1.3±0.127 ^{bc}	74.8±1.273 ^{bcde}	-	3.1±0.396 ^{bcd}
ÇB11	39.8±1.188 ^{efgh}	33.7±0.424 ^{bcd}	1.2±0.071 ^c	73.5±0.707 ^{cdefg}	-	2.8±0.184 ^{cdef}
ÇB12	41.1±0.184 ^{cdefg}	36.2±0.990 ^{ab}	1.1±0.071 ^c	77.3±0.566 ^{ab}	-	2.0±0.339 ^{fg}
ÇB13	40.5±0.481 ^{defgh}	31.5±0.552 ^{fghi}	1.3±0.014 ^{bc}	72.0±0.424 ^{efg}	-	3.6±0.170 ^{abc}
ÇB14	40.6±0.028 ^{defgh}	35.4±0.566 ^{abcd}	1.1±0.085 ^c	76.0±1.174 ^{abcd}	-	2.9±0.042 ^{bcde}
ÇB15	39.2±0.453 ^{fgh}	32.2±1.131 ^{efgh}	1.2±0.141 ^c	71.4±0.849 ^{fg}	-	3.5±0.240 ^{abcd}
ÇB16	42.0±1.075 ^{cde}	31.8±0.283 ^{efghi}	1.3±0.071 ^{bc}	73.8±1.160 ^{cdefg}	-	3.2±0.113 ^{abcd}
ÇB17	40.8±0.283 ^{cdefgh}	37.8±1.216 ^a	1.1±0.085 ^c	78.6±1.598 ^a	-	1.4±0.127 ^{gh}
ÇB18	40.4±0.170 ^{defgh}	34.3±0.990 ^{bcdef}	1.2±0.042 ^c	74.7±0.424 ^{bcde}	-	4.1±0.382 ^a
ÇB19	40.5±0.707 ^{defgh}	34.7±0.537 ^{bcde}	1.2±0.014 ^c	75.2±0.566 ^{bcd}	0.1±0.424 ^a	2.9±0.042 ^{bcde}
ÇB20	43.1±0.325 ^{abc}	34.2±1.018 ^{bcdef}	1.3±0.071 ^{bc}	77.3±0.580 ^{ab}	-	2.7±0.198 ^{cdef}
ÇB21	41.5±0.707 ^{cdef}	34.2±0.368 ^{bcdef}	1.2±0.028 ^c	75.7±0.608 ^{abcd}	0.1±0.453 ^a	3.0±0.269 ^{bcde}
ÇB22	45.1±1.273 ^a	29.1±0.424 ^{ij}	1.6±0.127 ^a	74.2±1.131 ^{bcdef}	-	3.3±0.269 ^{abcd}
ÇB23	38.8±1.160 ^{gh}	34.6±0.566 ^{bcde}	1.1±0.014 ^c	73.4±0.849 ^{cdefg}	-	4.1±0.042 ^a
ÇB24	40.8±0.283 ^{cdefgh}	34.2±0.707 ^{bcdef}	1.2±0.028 ^c	75.0±0.170 ^{bcde}	0.1±0.226 ^a	1.1±0.099 ^h
ÇB25	42.0±0.495 ^{cde}	32.9±0.382 ^{cdefgh}	1.3±0.028 ^{bc}	74.9±0.764 ^{bcde}	-	2.8±0.240 ^{cdef}
Min.	36.2	27.9	1.1	64.1	0.1	1.1
Mak.	45.1	37.8	1.6	78.6	0.1	4.1
Ort.	40.88	33.38	1.24	74.26	0.012	2.91
St.sapma	1.934	2.319	0.132	2.915	0.342	0.799

^{a-j} Her bir sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Duncan testine göre ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır

4.5 Renk Değerine Ait Sonuçlar

Renk, balda görsel açıdan önemli bir faktör olup, balın sınıflandırılmasında da baz alınan bir kalite parametresidir (Can vd. 2015, Çınar 2010). Bitki florası, balın mineral madde içeriği, baldaki vitamin, HMF ve fenolik madde miktarları, bala uygulanan ısı işlem, balın hasat edilme yöntemi ve balın depolanma süresi gibi etkenler balda renk çeşitliliğine sebep olmakta ve balın rengi açık renkten siyaha kadar değişiklik gösterebilmektedir (Sorkun ve ark. 2011). Salgı ballarının çiçek ballarına göre mineral madde yoğunluğunun fazla olmasından dolayı rengi de daha koyudur (Juszczak vd 2009). Balda bulunan renk pigmentlerinin suda çözünürlüğü arttıkça balın rengi açık, yağda çözünürlüğü arttıkça balın rengi koyu olmaktadır

(Ötleş 1995). Balın depolanması esnasında meydana gelen Maillard reaksiyonu, fruktozun karamelizasyonu ve polifenollerin ortaya çıkan tepkimeleri balın renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Gonzales vd. 1999). Koyu renkli balların içeriğindeki aminoasitler ile şekerler arasında bir etkileşim olduğu, bununla birlikte baldaki renk ile kül içeriği arasında da pozitif bir korelasyon olduğu ileri sürülmektedir (Tolon 1999, Şahinler 2001).

Balların rengi ile yapılan ülkemizdeki ve dünyadaki çalışmalara bakılacak olursa; Bayrambaş (2012), Türkiye'nin farklı yörelerinden topladığı ballardaki L^* değerlerini 22.27-36.16, a^* değerlerini -1.9-3.78 ve b^* değerlerini 2.86-15.6 arasında bulmuştur. Karabagias vd. (2014b), Yunanistan'da çam, köknar, portakal çiçeği ve kekik ballarında yaptıkları çalışmada L^* a^* b^* değerlerini, 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 ise 74.05, -3.44, 11.38 olarak bulmuşlardır. Uçkun (2011), Çukurova Bölgesinden elde ettiği narenciye balı ve Elazığ ilinden elde ettiği geven balı ile yaptığı çalışmasında L^* a^* b^* değerlerini sırasıyla narenciye balında; 63.16, -1.40, 20.93, geven balında ise; 57.49, -3.00 ve 12.57 olarak belirlemiştir. Bettar vd. (2015), Fas'da sütleğen bitkisinin farklı türlerinden (*Euphorbia regis-jubae* ve *Euphorbia officinarum* subsp. *Echinus*) elde ettikleri ballar üzerinde yaptıkları çalışmada; *Euphorbia regis-jubae* bitkisinden üretilen balın ortalama L^* a^* b^* değerlerini; 72.61, 17.40, 72.22, *Euphorbia officinarum*

subsp. echinus bitkisinden üretilen balın ortalama L* a* b* değerlerini ise; 43.46, 29.55 ve 32.89 olarak tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda kullanılan balların renk değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Buna göre; ÇB3 kodlu Ordu balı, en düşük a değeri (-0.56) ve en yüksek b değeri (2.85) ile dikkat çekmektedir. Ballar, L değeri açısından incelendiğinde ortalama L değerinin 24.45 olduğu, ÇB6 kodlu Elmadağ/Ankara balının 19.75 ile en düşük L değerine, ÇB7 kodlu Niğde balının ise 28.00 ile en yüksek L değerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5).

Renk değerleri istatistiki açıdan değerlendirilecek olursa; ÇB9, ÇB14, ÇB19, ÇB23 ve ÇB24 kodlu balların L değerleri arasındaki fark, istatistiki açıdan önemsiz olup, diğer balların L değerleri de çok geniş aralıkta olmayıp, yaklaşık değerlerdedir. a değerleri bakımından; ÇB1, ÇB6, ÇB11, ÇB14, ÇB19, ÇB20, ÇB23 ve ÇB24 kodlu ballar arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir. b değerleri, L ve a değerlerine göre daha çok çeşitlilik göstermiş ve geniş aralığa yayılmıştır. Buna göre; en düşük b değeri 0.45 ile ÇB19 kodlu Ankara balında, en yüksek b değeri ise, ÇB3 kodlu Ordu balında gözlemlenmiştir. ÇB7, ÇB9, ÇB22 kodlu ballar ile ÇB11, ÇB14 ve ÇB20 kodlu ballar arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.4). Balların ortalama L, a, b değerlerinin literatürdeki sonuçlarla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5 Çiçek Ballarının Ortalama Hunter Renk İçerikleri Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3)

Bal Kodu	L	a	b
ÇB1	22.56±0.170 ^{kl}	-0.045±0.007 ^{ghl}	1.25±0.071 ^g
ÇB2	26.03±0.155 ^{de}	-0.230±0.014 ^d	1.83±0.007 ^e
ÇB3	20.79±0.375 ^m	-0.560±0.014 ^a	2.85±0.021 ^a
ÇB4	26.66±0.290 ^c	-0.125±0.021 ^{ef}	0.94±0.028 ^{jk}
ÇB5	26.14±0.155 ^{de}	-0.395±0.021 ^c	2.63±0.078 ^b
ÇB6	19.75±0.170 ⁿ	-0.065±0.021 ^{ghl}	0.68±0.042 ^{mn}
ÇB7	28.00±0.042 ^a	-0.160±0.014 ^e	1.15±0.028 ^{gh}
ÇB8	22.98±0.092 ^j	-0.470±0.014 ^b	2.49±0.021 ^c
ÇB9	24.80±0.155 ^g	-0.090±0.000 ^{fgh}	1.20±0.049 ^{gh}
ÇB10	22.81±0.056 ^{jk}	-0.120±0.014 ^{ef}	0.82±0.028 ^{kl}
ÇB11	27.03±0.113 ^b	-0.045±0.007 ^{ghl}	0.72±0.028 ^{lmn}
ÇB12	23.41±0.007 ⁱ	-0.010±0.000 ⁱ	0.75±0.014 ^{lm}

Çizelge 4.5 Çiçek Ballarının Ortalama Hunter Renk İçerikleri Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3) (devam)

Bal Kodu	L	a	b
ÇB13	26.28±0.014 ^d	-0.250±0.071 ^d	0.92±0.042 ^{jk}
ÇB14	24.86±0.014 ^g	-0.055±0.007 ^{gh1}	0.73±0.021 ^{lmn}
ÇB15	25.97±0.007 ^{de}	-0.160±0.014 ^e	1.68±0.014 ^f
ÇB16	23.64±0.042 ⁱ	0.070±0.014 ^{fg1}	0.55±0.071 ^{op}
ÇB17	22.25±0.021 ^l	-0.385±0.007 ^c	2.37±0.007 ^d
ÇB18	25.45±0.021 ^f	-0.025±0.007 ⁱ	0.77±0.021 ^{lm}
ÇB19	24.84±0.042 ^g	0.050±0.014 ^{gh1}	0.45±0.007 ^p
ÇB20	23.60±0.028 ⁱ	-0.055±0.007 ^{gh1}	0.72±0.028 ^{lmn}
ÇB21	24.25±0.014 ^h	0.030±0.000 ^{h1}	0.60±0.028 ^{no}
ÇB22	23.49±0.028 ⁱ	-0.070±0.014 ^{fg1}	1.18±0.092 ^{gh}
ÇB23	24.77±0.042 ^g	-0.045±0.007 ^{gh1}	1.07±0.085 ^{h1}
ÇB24	25.06±0.007 ^g	-0.050±0.014 ^{gh1}	0.91±0.035 ^{jk}
ÇB25	25.87±0.163 ^e	-0.105±0.007 ^{fg}	0.97±0.042 ^{ij}
Min.	19.75	-0.56	0.45
Mak.	28.00	0.07	2.85
Ort.	24.45	-0.13	1.21
St. sapma	1.933	0.161	0.687

^{a-p} Her bir sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Duncan testine göre ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

4.6 Kül Miktarına Ait Sonuçlar

Kül, organik maddelerin yüksek sıcaklıklarda yakılmasından sonra meydana gelen inorganik maddelerin oluşturduğu kalıntıdır. Balda kül oranı, hasat ve arıcılık işlemlerinin uygun bir şekilde gerçekleştirildiğini gösteren önemli bir kalite parametresi olup, arıların topladığı maddelere bağlıdır. (Yardibi 2008, Yıldız vd. 2010). Kül miktarı çiçek balarında en fazla % 0.6, salgı ballarında ise en fazla % 1.2 olmalıdır (Anonim 1990).

Çalışmamızda kullanılan balların kül miktarları Çizelge 4.1’de verilmiş olup; en düşük kül miktarı % 0.068 ile ÇB2 kodlu İstanbul balında, en yüksek kül miktarı % 0.590 ile ÇB15 kodlu İsparta balında gözlemlenmiş, balların ortalama kül miktarı ise % 0.178 olarak bulunmuştur. ÇB4, ÇB12, ÇB14, ÇB16, ÇB18, ÇB24 ve ÇB25 kodlu balların kül miktarları arasındaki fark, istatistiki olarak önemsizdir.

Şahinler ve Gül (2001), Hatay yöresinde yayla ve ayçiçeği balları üzerine çalışmışlar, ortalama kül miktarını yayla balında % 0.131, ayçiçeği balında ise % 0.5 olarak bulmuşlardır. Finola vd. (2007), Arjantin balları üzerine yaptıkları bir çalışmada, ortalama kül miktarı % 0.063, Terrab vd. (2003), Fas balları üzerine yaptıkları bir çalışmada, ayçiçeği ballarının ortalama kül içeriğini % 0.19, Yardibi (2008), Tekirdağ ve çevresinden elde ettiği 52 adet ayçiçeği balında ortalama kül değerini % 0.23 olarak bulmuşlardır. Ölmez (2009), Türkiye'nin çeşitli yörelerinden elde ettiği 8 farklı bal örneğinin kül miktarını % 0.01 - 0.12 arasında, Sorkun vd. (2001), İzmir, Hatay ve Adana bölgelerinden elde ettikleri 9 adet bal örneğinde kül miktarını % 0.14 – 0.29 arasında bulmuşlardır. Gündoğan (2009), Muğla ilinin Marmaris, Datça ve Yatağan ilçelerinden elde ettiği 8 adet bal örneğinin kül oranını % 0.4450 – 6.7799 arasında bulmuştur. Agbagwa vd. (2011), Nijerya balları üzerine yaptıkları çalışmada kül oranını % 0.357- 4.187 arasında bulmuşlardır. Tutsuno vd. (1968), Japonya balları üzerine yaptıkları çalışmada 32 bal örneğinde ortalama kül oranını % 0-0.32 olarak belirlemişlerdir. Cirilli vd. (1973), İtalyan ballarını incelemişler ve kül oranını ortalama % 0.36 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kullanılan balların ortalama kül miktarları literatürdeki sonuçlara uygunluk göstermektedir.

4.7 Antioksidan İçeriğine Ait Sonuçlar

Antioksidanlar, canlı vücudundaki serbest radikallerin organ veya doku zedelenmelerine neden olan zincir reaksiyonlarını yavaşlatan veya engelleyen maddelerdir (Young ve Woodside 2001). Balın yapısında bulunan polifenolik bileşikler, enzimler, vitaminler ve mineral maddeler, balın antioksidan özelliğine etki etmektedir (Russel 1983). Bal, doğal bir antioksidan kaynağı olduğundan dolayı, çeşitli içecek ve gıda maddelerinde katkı maddesi niyetine kullanıldığı gibi (Pasias vd. 2017), meyve ve sebzelerin işlenme aşamasında enzimatik esmerleşmenin yavaşlaması veya engellenmesi amacıyla (Chen vd. 2000) ve kronik yaraların, mide ülserinin ve enfeksiyonel hastalıkların tedavisinde de kullanılmaktadır (Aljadi ve Kumaruddin 2004).

Çalışmamızda kullanılan balların antioksidan içeriklerine bakıldığında; en yüksek antioksidan içeriğinin 50.98 mg AAE /100 g ile ÇB4 kodlu Mersin balında, en düşük antioksidan içeriğinin ise 14.05 mg AAE /100 g ile ÇB11 kodlu Hatay balında olduğu, diğer balların antioksidan içeriklerinin geniş bir aralığa yayıldığı ve ÇB1 ile ÇB12, ÇB2 ile ÇB16, ÇB5 ile ÇB19 ve ÇB7 ile ÇB23 kodlu balların antioksidan içerikleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Ayrıca, balların antioksidan içerikleri ile; serbest asitlik (Pearson korelasyon 0.451, anlamlılık % 99), toplam asitlik (Pearson korelasyon 0.511, anlamlılık % 99) ve toplam fenolik maddde (Pearson korelasyon 0.914, anlamlılık % 99) arasında güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Silici ve ark. (2008), Karadeniz Bölgesi'nden elde ettikleri 50 adet orman gülü balında antioksidan aktivite tayini yapmışlar ve balların antioksidan aktivitelerini 12.76 ile 80.80 mg AAE / g bal arasında bulmuşlardır. Haroun (2006), çalışmasında çiçek ve salgı ballarından oluşan 44 adet bal numunesinin antioksidan içeriklerini incelemiş; antioksidan içeriklerini çiçek ballarında 5,97-45,45 mg AAE /100g, salgı ballarında ise 20,94-35,87 mg AAE /100g olarak tespit etmiştir. Ömür (2015), Karadeniz Bölgesi'nin çeşitli illerinden elde ettiği 49 farklı kestane balında ortalama antioksidan içeriğini 133.2 mg AAE/g bal olarak belirlemiştir.

Çizelge 4.6 Nem, briks, pH, renk, kül, asitlik, toplam fenolik madde, antioksidan içeriği ve diastaz sayısı degerlerinin ANOVA analizi

Bileşim Ögesi	İstatistikler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Nem	Gruplar	24	110.5532	4.6064	190.08	0.000
	arası	50	1.2117	0.0242		
	Grup içi	74	111.7649			
	Toplam					
Briks	Gruplar	24	102.7874	4.2828	121.52	0.000
	arası	50	1.7621	0.0352		
	Grup içi	74	104.5496			
	Toplam					
pH	Gruplar	24	4.71670	0.19653	143.24	0.000
	arası	50	0.03430	0.00137		
	Grup içi	74	4.75100			
	Toplam					
L	Gruplar	24	182.6142	7.6089	457.21	0.000
	arası	50	0.4160	0.0166		
	Grup içi	74	183.0302			
	Toplam					

Çizelge 4.6 Nem, briks, pH, renk, kül, asitlik, toplam fenolik madde, antioksidan içeriği ve diastaz sayısı degerlerinin ANOVA analizi (devam)

Bileşim Ögesi	İstatistikler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
a	Gruplar	24	1.268692	0.052862	151.03	0.000
	arası	50	0.008750	0.000350		
	Grup içi	74	1.277442			
	Toplam					
b	Gruplar	24	23.07005	0.96125	501.17	0.000
	arası	50	0.04795	0.00192		
	Grup içi	74	23.11800			
	Toplam					
Kül	Gruplar	24	0.680261	0.028344	1452.48	0.000
	arası	50	0.000488	0.000020		
	Grup içi	74	0.680748			
	Toplam					
Serbest Asitlik	Gruplar	24	1172.870	48.870	1141.81	0.000
	arası	50	1.070	0.043		
	Grup içi	74	1173.940			
	Toplam					
Laktonik Asitlik	Gruplar	24	118.9192	4.9550	84.56	0.000
	arası	50	1.4650	0.0586		
	Grup içi	74	120.3842			
	Toplam					
Toplam Asitlik	Gruplar	24	1266.305	52.763	465.28	0.000
	arası	50	2.835	0.113		
	Grup içi	74	1269.140			
	Toplam					
Toplam Fenolik Madde	Gruplar	24	15490.99	645.46	2261.81	0.000
	arası	50	14.27	0.29		
	Grup içi	74	15505.26			
	Toplam					
Antioksidan İçeriği	Gruplar	24	6652.685	277.195	525.45	0.000
	arası	50	26.377	0.528		
	Grup içi	74	6679.062			
	Toplam					
Diastaz Sayısı	Gruplar	24	7035.34	293.14	530.18	0.000
	arası	50	27.65	0.55		
	Grup içi	74	7062.98			
	Toplam					

4.8 Asitlik Değerine Ait Sonuçlar

Bal asidik bir yapıya sahiptir ve baldaki asit, balın kendine has tat ve aromasına katkı sağlamaktadır. Bal içeriğinde bulunan enzimler asit oluşturabilmekte ve baldaki enzim miktarının artması, balın asitliğini artırabilmektedir (Çınar 2010). Baldaki asitlerin büyük çoğunluğunu glikoz oksidaz enzimi tarafından üretilen glukonik asit oluşturur.

Bununla birlikte, asetik, bütirik, sitrik, laktik, maleik, pirüvik, tartarik, malik, oksalik, süksinik asitler de balın asidik yapısını oluşturlar (Hışıl ve Börekçioğlu 1986).

Çalışmada kullanılan ballara ait asitlik değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Buna göre; ballarda ortalama serbest asitlik 20.64 (meq. / kg bal), laktonik asitlik 5.95 (meq. / kg bal) ve toplam asitlik 26.59 (meq. / kg bal) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). En düşük serbest asitlik ve toplam asitlik değerleri ÇB12 kodlu Kazan/Ankara balında tespit edilmiştir. Genel olarak bal örneklerinin ortalama asitlik değerleri bakımından arasındaki fark, varyans analizi (Çizelge 4.6) ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre (Çizelge 4.7) istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Bununla birlikte; çiçek ballarının serbest asitlik ve toplam asitlik değerleri ile toplam fenolik, antioksidan ve kül değerleri arasında güçlü pozitif korelasyon (anlamlılık % 99) (Çizelge 4.8), laktonik asit değerleri ile fruktoz ve maltoz değerleri arasında düşük negatif korelasyon (anlamlılık % 95) görülmüştür (Çizelge 4.9). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’nde belirtilen maksimum serbest asitlik miktarı 50 meq/kg’ dır (Anonim 2012).

Çizelge 4.7 Çiçek Ballarının Ortalama Serbest Asitlik, Laktonik Asitlik ve Toplam Asitlik Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3)

Bal Kodu	Serbest Asitlik (meq. / kg bal)	Laktonik Asitlik (meq. / kg bal)	Toplam Asitlik (meq. / kg bal)
ÇB1	19.55±0.212 ^{gh}	4.75±0.071 ^{igh}	24.30±0.141 ^{ijk}
ÇB2	16.85±0.212 ^{jk}	4.80±0.000 ^{fgh}	21.65±0.212 ^{mn}
ÇB3	15.40±0.141 ^{no}	5.20±0.141 ^{fg}	20.60±0.000 ^{op}
ÇB4	26.10±0.283 ^d	6.55±0.354 ^{de}	32.65±0.636 ^c
ÇB5	20.45±0.212 ^f	5.30±0.424 ^f	25.75±0.212 ^{gh}
ÇB6	25.60±0.141 ^d	6.90±0.283 ^{cd}	32.50±0.424 ^c
ÇB7	23.60±0.141 ^e	7.95±0.212 ^{ab}	31.55±0.071 ^d
ÇB8	17.80±0.283 ⁱ	6.00±0.283 ^e	23.80±0.566 ^{jk}
ÇB9	19.15±0.354 ^h	7.45±0.071 ^{bc}	26.60±0.283 ^g
ÇB10	16.10±0.283 ^{lm}	8.45±0.212 ^a	24.55±0.495 ^{ij}
ÇB11	15.80±0.141 ^{lmno}	6.30±0.283 ^{de}	22.10±0.141 ^m

Çizelge 4.7 Çiçek Ballarının Ortalama Serbest Asitlik, Laktonik Asitlik ve Toplam Asitlik Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (n=3) (devam)

Bal Kodu	Serbest Asitlik (meq. / kg bal)	Laktonik Asitlik (meq. / kg bal)	Toplam Asitlik (meq. / kg bal)
ÇB14	20.15±0.071 ^{fg}	8.40±0.141 ^a	28.55±0.071 ^f
ÇB15	30.35±0.071 ^b	7.60±0.000 ^{bc}	37.95±0.071 ^a
ÇB16	20.15±0.212 ^{fg}	3.90±0.283 ^{ij}	24.05±0.071 ^{jk}
ÇB17	27.00±0.283 ^c	7.60±0.283 ^{bc}	34.60±0.566 ^b
ÇB18	16.15±0.212 ^{lm}	4.95±0.354 ^{fgh}	21.10±0.566 ^{no}
ÇB19	15.90±0.141 ^{lmn}	6.55±0.354 ^{de}	22.45±0.495 ^{lm}
ÇB20	15.70±0.141 ^{mno}	4.55±0.212 ^{ghi}	20.25±0.071 ^{op}
ÇB21	16.35±0.071 ^{kl}	6.95±0.071 ^{cd}	23.30±0.141 ^{kl}
ÇB22	24.15±0.212 ^e	4.40±0.283 ^{hi}	28.55±0.071 ^{ef}
ÇB23	31.25±0.212 ^a	3.95±0.071 ^{ij}	35.20±0.283 ^b
ÇB24	17.20±0.283 ^j	8.00±0.141 ^{ab}	25.20±0.424 ^{hi}
ÇB25	24.15±0.212 ^e	3.95±0.354 ^{ij}	28.10±0.141 ^f
Min.	15.25	3.65	19.80
Mak.	31.25	8.45	37.95
Ort.	20.64	5.95	26.59
St.sapma	4.895	1.567	5.089

^{a-p} Her bir sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Duncan testine göre ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalara bakıldığında; Zappala vd. (2005), narenciye ballarında serbest asitlik değerlerini 26.0-29.8 meq/kg, Kartal (2012), Bolu yöresinden elde ettiği 40 adet çiçek balının ortalama serbest asitlik değerlerini 24,87 meq/kg, Ölmez (2009), Türkiye'nin çeşitli yörelerinden elde ettiği 8 adet çiçek ve salgı balında ortalama asitlik değerlerini 18.2-47.5 meq/kg, Azeredo vd. (2003), Brezilya'nın 12 farklı yöresinden elde ettiği bal örneklerinde toplam asitlik miktarını 3.65–34.3 meq/kg, Nanda vd. (2003), Hindistan'ın 7 farklı yöresinden elde ettiği bal örneklerinde toplam

asitlik miktarını 16.67-32.65 meq/kg, Manzanares vd. (2008), Kanarya Adaları'nın çeşitli yörelerinden elde ettiği 21 adet salgı balının ortalama serbest asitlik değerlerini 35.6 meq/kg, Soria vd. (2004), İspanya'da Madrid şehrinde elde ettiği çiçek ve salgı ballarında serbest asitlik değerlerini 13.1-51.2 meq/kg arasında bulduğu görülmektedir.

Çalışmada kullanılan çiçek ballarının asitlik değerlerinin literatür ile ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen değerler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8 Serbest asitlik, toplam asitlik, toplam fenolik, antioksidan ve kül parametreleri arasındaki korelasyon

Korelasyonlar						
Bileşim ögesi		Serbest Asitlik	Toplam Asitlik	Toplam Fenolik	Antioksidan	Kül
Serbest Asitlik	Pearson korelasyon Anlamlılık N	1.000 . 25	0.951** 0.000 25	0.485** 0.000 25	0.451** 0.001 25	0.493** 0.000 25
Toplam Asitlik	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.951** 0.000 25	1.000 . 25	0.504** 0.000 25	0.511** 0.000 25	0.482** 0.000 25
Toplam Fenolik	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.485** 0.000 25	0.504** 0.000 25	1.000 . 25	0.914** 0.000 25	0.060 0.678 25
Antioksidan	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.451** 0.001 25	0.511** 0.000 25	0.914** 0.000 25	1.000 . 25	0.029 0.844 25
Kül	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.493** 0.000 25	0.482** 0.000 25	0.060 0.678 25	0.029 0.844 25	1.000 . 25

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2-yön).

* Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2-yön).

Çizelge 4.9 L değeri, laktonik asit, fruktoz ve maltoz parametreleri arasındaki korelasyon

Korelasyonlar					
Bileşim ögesi		L değeri	Laktonik Asit	Fruktoz	Maltoz
L değeri	Pearson korelasyon Anlamlılık N	1.000 . 25	0.019 0.894 25	-0.132 0.359 25	0.293* 0.039 25
Laktonik Asit	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.019 0.894 25	1.000 . 25	-0.344* 0.015 25	-0.306* 0.031 25
Fruktoz	Pearson korelasyon Anlamlılık N	-0.132 0.359 25	-0.344* 0.015 25	1.000 . 25	-0.003 0.982 25
Maltoz	Pearson korelasyon Anlamlılık N	0.293* 0.039 25	-0.306* 0.031 25	-0.003 0.982 25	1.000 . 25

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2-yön).

* Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2-yön).

4.9 SPME-GC/MS ile Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Sonuçlar

Bal, içeriğindeki glukoz, fruktoz, glukonik asit, prolin ve yüksek oranlarda aroma bileşeninden dolayı kendine özgü bir tat ve aromaya sahip olup (Maeda vd. 1962), aroma bileşenlerinden balların bitkisel orijininin belirlenmesinde faydalanılmaktadır (Cuevas-Glory vd. 2007). Bitki nektarlarındaki tipik bileşenlere göre balların aroması çeşitlilik göstermektedir. Bu bileşenler; aldehit ve ketonlar, esterler, serbest asitler ve en önemlisi de alkollerdir.

Yapılan çalışmalarda; metil antranilat bileşiğinin narenciye balına özgü olduğu ve narenciye balının kendine has tat ve aromasının bu bileşikten kaynaklandığı (White ve Braynt 1996), maltol bileşiğinin ise, karabuğday balında yanık-şeker benzeri aromadan sorumlu olduğu bildirilmiştir (Zhou vd. 2002). Bununla birlikte Bayraktar ve Altuğ-Onoğur (2011), Marmaris, Datça ve Fethiye'den elde ettikleri çam ballarının uçucu aroma bileşenlerini incelemişler ve sonuç olarak nonanal, nonanol, dekanal ve oktanal

bileşiklerinin belirleyici bileşikler olduğunu tespit etmişlerdir. Bonvehi vd. (2004), katır tırnağı bitkisinin (*Spartocytisus supranubius* L) çiçeklerinden elde edilen ballarda butanoik asitin belirleyici bileşik olduğunu, Moreira ve De Maria (2005) ise balda tatlı ve meyvemsi aromadan sorumlu olan bileşiğin benzoik asit olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Morrison ve Boyd (1992), keton bileşiklerinin ballardaki konsantrasyonlarının düşük olduğunu ve depolama süresine paralel olarak miktarlarının daha da azaldığını tespit etmişlerdir.

Çalışmada kullanılan farklı bölgelerden temin edilmiş balların ortalama aroma bileşenleri miktarına ait Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12’de, kromotogram sonuçları ise Ek-1’de verilmiştir. Buna göre; 25 farklı çiçek balında toplam 150 adet aroma bileşeni elde edilmiştir. Ana bileşenler; benzeneacetaldehyde (22 adet balda), nonanoic acid (21 adet balda), octanoic acid (20 adet balda), benzoic acid (19 adet balda), acetic acid (18 adet balda), benzaldehyde (17 adet balda), ethanol (16 adet balda) dl-alanine ile benzoic acid, 2-ethylhexyl ester (15 adet balda), methyl 2-furoate (14 adet balda), nonanal ile hexanoic acid (13 adet balda), acetone ile decanal (12 adet balda), ethylhexanoic acid (12 adet balda) ve toluene (11 adet balda) olarak belirlenmiştir. Elde edilen ana bileşenlere ait özellikler Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 SPME-GC/MS ile Aroma analizi sonucu elde edilen ana bileşenlere ait özellikler (Anonymous 2019)

BİLEŞİK ADI	FİZİKSEL FORM	AROMA
Benzeneacetaldehyde	Renksiz yağlı sıvı	Nane benzeri yoğun, tatlı, ferahlatıcı aroma
Nonanoic acid	Renksiz ile soluk sarı sıvı	Tatlı, çiçek aroması
Octanoic acid	Renksiz, düşük erime noktalı katı	Akçaağaç şurubu veya kahverengi şeker kokusu
Benzoic acid	Beyaz ile açık sarı kristaller	Meyveli üzüm aroması
Acetic acid	Berrak, renksiz sıvı	Misk veya kumarin benzeri aroma
Benzaldehyde	Renksiz sıvı	Hafif, tatlı, acı badem kokulu
Ethanol	Sandal ağacını andıran hafif viskoz sıvı	Güçlü misk, tatlı, balsamik odunsu aroma

Çizelge 4.10 SPME-GC/MS ile Aroma analizi sonucu elde edilen ana bileşenlere ait özellikler (Anonymous 2019) (devam)

BİLEŞİK ADI	FİZİKSEL FORM	AROMA
DL-Alanine	Beyaz kristal toz	Kokusuz
Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	Renksiz berrak yağlı sıvı	Eterik aroma
Methyl 2-furoate	Renksiz ile soluk sarı sıvı	Meyveli ağır koku
Nonanal	Renksiz ile sarı sıvı	Meyveli koku
Hexanoic acid	Renksiz, yağlı sıvı	Meyvemsi koku
Acetone	Renksiz ile sarı berrak sıvı	Turp düşündüreren aroma
Decanal	Renksiz ile soluk sarı sıvı	Pişmiş veya kavrulmuş aroma
Ethylhexanoic acid	Renksiz, yağlı sıvı	Meyvemsi koku
Toluene	Renksiz yağlı sıvı	Soluk, bal benzeri, balzamik-pembe koku

Çeşitlilik bakımından ballar değerlendirilecek olursa, ÇB2 ve ÇB18 kodlu ballarda en çok (36 çeşit), ÇB4 ve ÇB16 kodlu ballarda en az (12 çeşit) aroma bileşeni tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Bu durum yörelerdeki, iklim, bitki örtüsü, arı ırkı sayısı, yağış oranı, rakım, şehir merkezine olan mesafe gibi etkenlerden kaynaklanabilmektedir. Bununla birlikte bazı bileşikler, sadece tek bir balda belirlenmiştir ve o balın orijin tespitinde önem taşımaktadır. Ballardaki çeşitlilik aroma bileşenlerine yansımış olup, ÇB1, ÇB7, ÇB11 ve ÇB22 kodlu ballarda herhangi bir markör bileşiğe rastlanmamıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Çiçek ballarında bulunan markör bileşikler

Markör Bileşik	Bulunduğu bal
• Tetrahydrofurfuryl acetate • Hydroxyacetone • Prenol • Senecialdehyde • İsobutyl carbinol	ÇB2

Çizelge 4.11 Çiçek ballarında bulunan markör bileşikler (devam)

Markör Bileşik	Bulunduğu bal
• Dimethyl ether • Senecioic acid • Benzyl carbinol • 1,3-dioxolane-4-methanol • propanoic acid 2-oxo • İsobutyl acetate • Furfuryl alcohol	ÇB3
• Pelargonic alcohol • 3-methyl-2-cyclohexen-1-one	ÇB4
• Sabinen • 3-hexenoic acid	ÇB5
• Oxalamide • Propyl benzoate • Verbenone • Stearic acid • Terpeneol	ÇB6
• Acetylfuran • Butyrolactone	ÇB8
• Octadecanoic acid • 2-methoxy-4-vinylphenol	ÇB9
• 2-Pentanone • Pentanoic acid, 3-methyl- • Undecyl alcohol	ÇB10
• Octyl format • Myristic acid	ÇB12
• 2H-1-Benzopyran-2-one • Heptanol • Cyclopentane • Hexyl formate	ÇB13
• Decanoic acid • 2-Buten-1-ol, 3-methyl-	ÇB14
• Acetaldehyde • Damascenone	ÇB15
• Ethyl dodecanoate	ÇB16
• Pentane • 5-Methylfurfural • p-Cymen-8-ol • Methyl 2-furyl ketone • 2-Methyl-1-butanol	ÇB17

Çizelge 4.11 Çiçek ballarında bulunan markör bileşikler (devam)

Markör Bileşik	Bulunduğu bal
• 2-Pinene • Methyl Salicylate • Capric acid • Acetoin • Valeric acid • 1-Butanol	ÇB18
• Dodecane • Tetradecanoic acid • Ethyl palmitate • Octadecanol	ÇB19
• Cumene • Myrtenal • 3-Carene	ÇB20
• Glycerin • Oxirane	ÇB21
• Toluquinol • Ethylheptanoic acid • Methyl nonyl carbinol • Lauric acid • Oleic acid • Stearol • Lauryl acetate	ÇB23
• Paradiazine • 3,4,5-Trithianonane • Lauric aldehyde • d-Camphor • Lauryl alcohol • delta-nonolactone • 5-Oxolauric acid	ÇB24
• Ocimene	ÇB25

Tanımlanan bileşikler farklı kimyasal sınıflara göre şu şekilde sınıflandırılabilir: **alkoller**; ethanol, 1-butanol, **fenoller**; phenol, 2-metoksi-4-vinilfenol, **ketonlar**; acetone, **organik asitler**; acetic acid, butanoic acid, **esterler**; ethyl acetate, methyl 2-furoate, **aldehitler**; furfural, nonanal, benzaldehyde, **alifatik hidrokarbonlar**; octane, nonane, **aromatik hidrokarbonlar**; toluene, **amino asitler**; dl-alanine, **benzil türevleri**; benzyl alcohol, benzoic acid, **furanlar**; furfural, **laktonlar**; butyrolactone,

delta-nonalactone, valerolactone, **terpenoidler**; linalool, hotrienol, **uçuucu asitler**; propanoic acid, 2-oxo-, benzoic acid, butanoic acid, hexanoic acid, octanoic acid, nonanoic acid (Wolski vd. 2006).

Elde edilen sonuçlara göre; ‘acetone’ bileşiğinin Doğu Anadolu Bölgesi’nden elde edilen balların hiçbirinde olmaması ve ‘decanal’ bileşiğinin rakımı yüksek olan bölgelerde olması dikkat çekmektedir. ‘Benzaldehyde’ bileşiği ise oransal olarak en fazla ÇB5 kodlu Düzce balında ve ÇB11 kodlu Hatay Balında belirlenmiştir. Türk (2019), Adana bölgesinden elde ettiği given ballarında benzaldehyde miktarının rakım yükseldikçe azaldığını belirtmiştir.



Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6	ÇB7	ÇB8
Octanal	16.742	4.72±0.255 ^a	0.74±0.269 ^d	-	-	-	-	-	1.18±0.269 ^c
Benzeneacetaldehyde	29.246	36.54±3.012 ^a	7.66±0.240 ^{efg}	1.31±0.693 ^{efg}	10.99±2.885 ^{bcdef}	5.69±1.004 ^{efg}	3.33±0.693 ^{fg}	8.90±3.762 ^{bcdef}	6.43±0.764 ^{efg}
Nonanal	17.821	21.27±1.329 ^a	3.37±0.919 ^{def}	1.41±0.608 ^{ef}	13.72±1.598 ^{ab}	-	5.78±1.131 ^{cdef}	-	5.26±1.216 ^{def}
Toluene	47.675	3.44±0.226 ^{cde}	-	-	2.48±1.457 ^{cde}	-	4.19±0.113 ^{cde}	-	-
Octanoic Acid	23.668	2.30±0.099 ^{bcde}	-	2.19±0.156 ^{bcde}	4.51±0.891 ^{abcd}	2.13±1.047 ^{bcde}	3.56±0.467 ^{bcde}	5.02±0.071 ^{abcd}	11.25±0.453 ^a
Decanal	25.796	1.94±0.127 ^d	-	-	-	-	-	-	-
Nonanoic acid	43.029	8.86±0.382 ^b	1.90±0.948 ^{gh}	-	16.49±2.291 ^a	6.15±1.018 ^c	7.87±0.962 ^c	4.68±0.622 ^{de}	2.23±0.311 ^{fg}
Benzaldehyde	23.325	1.94±0.255 ^{defg}	0.82±0.042 ^{gh}	0.94±0.099 ^{fgh}	-	12.63±1.315 ^a	-	3.09±0.509 ^d	2.30±0.523 ^{de}
Methyl 2-furoate	9.439	1.33±0.339 ⁱ	3.03±0.354 ^f	2.35±0.325 ^{ef}	-	1.93±0.113 ^{gh}	-	1.46±0.580 ^{hi}	5.27±0.028 ^c
Linalool	55.374	-	-	-	-	-	-	4.34±0.198 ^b	-
Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	29.685	6.76±0.608 ^d	1.63±0.269 ^{fg}	1.70±0.226 ^{fg}	14.90±1.032 ^b	-	28.36±2.065 ^a	1.35±0.297 ^{fg}	-
DL-Alanine	38.974	-	11.77±1.188 ^a	7.47±0.212 ^b	-	4.32±0.071 ^d	-	2.25±0.141 ^{fg}	-
Hotrienol	43.005	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetone	2.340	-	1.36±0.410 ^{gh}	1.17±0.127 ^h	-	-	-	4.98±0.240 ^d	0.70±0.184 ^{hi}
Dodecanoic acid	38.712	6.50±0.382 ^d	-	-	23.91±3.790 ^b	-	3.32±0.127 ^e	-	-
Tridecanal	29.934	4.60±0.523 ^b	-	-	5.36±0.212 ^a	-	2.40±0.650 ^d	-	-
Benzoic Acid	28.663	-	1.17±0.283 ^{jk}	6.94±0.198 ^c	-	9.01±0.170 ^a	-	2.03±0.255 ^{gh}	3.08±0.085 ^d
Butane	2.409	-	2.03±0.198 ^e	1.07±0.042 ^f	-	8.28±0.170 ^a	-	-	5.28±0.255 ^b
Butyl butyrate	33.320	-	-	2.34±0.240 ^b	-	-	-	-	-
1-Hexadecanol	18.910	3.16±0.113 ^b	-	1.40±0.085 ^d	-	-	0.95±0.255 ^e	-	-
Ethanol	22.265	-	6.69±0.099 ^d	1.07±0.042 ⁱ	-	2.45±0.170 ^k	-	1.41±0.042 ^{kl}	2.19±0.085 ^{ij}
Acetic acid	34.909	-	8.96±0.891 ^c	4.00±1.075 ^m	-	5.97±0.127 ^{kl}	-	7.64±0.311 ^d	6.50±0.523 ^e
Tetrahydrofurfuryl acetate	41.765	-	2.23±0.240 ^a	-	-	-	-	-	-
Hydroxyacetone	49.517	-	0.70±0.042 ^a	-	-	-	-	-	-
Prenyl acetate	47.047	-	5.07±0.071 ^a	-	-	-	-	-	-
Diacetyl	19.425	-	2.87±0.269 ^b	-	-	-	-	-	-
Prenol	33.947	-	2.58±1.004 ^a	-	-	-	-	-	-
2-Ethylacrolein	19.887	-	2.03±0.028 ^b	-	-	-	-	-	-
Senecialdehyde	44.785	-	0.82±1.018 ^a	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16
Octanal	16.742	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzeneacetaldehyde	29.246	4.96±0.226 ^{fg}	2.96±0.891 ^{fg}	3.0±5.954 ^{fg}	8.19±2.546 ^{bc}	-	5.31±0.622 ^{efg}	3.16±0.170 ^{fg}	12.48±1.626 ^{bcd}
Nonanal	17.821	4.06±0.537 ^{def}	2.24±0.042 ^{def}	-	9.20±0.948 ^{bcd}	-	-	-	15.98±1.527 ^{abc}
Toluene	47.675	-	-	4.78±0.778 ^{bc}	17.33±1.117 ^a	-	7.20±0.735 ^b	-	2.13±0.141 ^{cde}
Octanoic Acid	23.668	5.72±0.085 ^{ab}	4.28±0.580 ^{abc}	1.59±0.099 ^{cde}	4.42±0.212 ^{abcd}	2.45±0.339 ^{abcde}	7.27±0.806 ^a	-	-
Decanal	25.796	1.19±0.085 ^{de}	5.31±0.806 ^b	-	-	12.06±1.089 ^a	5.37±0.198 ^b	1.83±0.057 ^d	3.16±0.170 ^c
Nonanoic acid	43.029	2.34±0.170 ^{efgh}	2.78±0.311 ^{efgh}	1.16±0.113 ^{hi}	8.69±1.655 ^c	6.47±0.339 ^d	-	2.97±0.552 ^{efgh}	14.67±0.792 ^a
Benzaldehyde	23.325	1.57±0.156 ^{efg}	1.64±0.113 ^{efg}	11.56±0.82 ^b	-	-	-	5.61±0.325 ^c	-
Methyl 2-furoate	9.439	3.85±0.099 ^e	2.15±0.184 ^g	1.11±0.057 ^g	5.37±0.127 ^c	-	-	-	-
Linalool	55.374	-	-	26.58±0.438 ^a	-	1.00±0.156 ^c	-	-	-
Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	29.685	0.76±0.085 ^g	1.85±0.877 ^{fg}	-	8.70±1.499 ^c	-	1.32±0.594 ^{fg}	-	3.69±0.382 ^{fg}
DL-Alanine	38.974	-	3.02±0.085 ^{ef}	1.85±0.382 ^{fg}	-	-	7.48±0.537 ^b	3.48±0.113 ^{de}	-
Hotrienol	43.005	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetone	2.340	-	-	-	-	1.94±0.226 ^g	2.99±0.410 ^f	7.15±0.113 ^b	-
Dodecanoic acid	38.712	-	-	-	3.20±0.170 ^e	-	-	-	29.73±3.974 ^a
Tridecanal	29.934	-	-	-	3.00±0.113 ^c	-	-	-	-
Benzoic Acid	28.663	2.60±0.113 ^{def}	1.53±0.085 ^{ij}	0.63±0.212 ^l	1.66±0.141 ^{de}	6.85±0.057 ^c	2.05±0.057 ^{gh}	5.20±0.297 ^d	2.13±0.255 ^{fgh}
Butane	2.409	5.96±0.113 ^b	2.96±0.127 ^d	5.65±0.891 ^b	-	-	-	-	-
Butyl butyrate	33.320	-	-	-	11.63±0.495 ^a	-	-	-	-
1-Hexadecanol	18.910	2.92±0.240 ^c	6.88±0.057 ^a	-	-	-	-	-	-
Ethanol	22.265	4.22±0.071 ^g	5.27±0.127 ^f	8.09±0.212 ^c	-	1.47±0.113 ^l	10.09±0.311 ^b	4.29±0.042 ^g	-
Acetic acid	34.909	9.94±0.113 ^b	3.05±0.113 ^{lm}	1.78±0.156 ⁿ	-	3.44±0.071 ^{klm}	13.46±0.127 ^a	-	-
Tetrahydrofurfuryl acetate	41.765	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydroxyacetone	49.517	-	-	-	-	-	-	-	-
Prenyl acetate	47.047	-	1.61±0.127 ^b	-	-	-	-	-	-
Diacetyl	19.425	-	-	-	-	-	-	-	-
Prenol	33.947	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Ethylacrolein	19.887	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecialdehyde	44.785	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB17	ÇB18	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
Octanal	16.742	-	1.05±0.028 ^c	3.67±0.877 ^b	-	0.77±0.127 ^d	-	-	-	-
Benzeneacetaldehyde	29.246	1.79±0.311 ^{fg}	6.38±0.792 ^{efg}	4.86±1.018 ^{fg}	2.35±0.240 ^{fg}	14.63±1.075 ^{bcde}	-	3.23±0.509 ^{fg}	-	7.04±1.740 ^d
Nonanal	17.821	1.13±0.212 ^{ef}	-	-	2.49±0.198 ^{def}	-	-	3.65±0.481 ^{def}	-	-
Toluene	47.675	-	0.51±0.014 ^{de}	2.31±1.584 ^{cde}	7.76±1.598 ^b	-	-	3.82±0.057 ^{cd}	-	-
Octanoic Acid	23.668	2.12±0.325 ^{bcde}	4.68±0.184 ^{abcd}	2.70±0.495 ^{bcde}	3.10±0.368 ^{bcde}	3.87±0.410 ^{abcde}	1.01±0.099 ^{de}	-	4.66±0.962 ^{abcd}	-
Decanal	25.796	-	-	3.12±0.198 ^c	-	1.70±0.269 ^d	-	-	-	-
Nonanoic acid	43.029	0.58±0.269 ^{hi}	3.92±0.099 ^{efg}	11.42±0.665 ^b	4.35±0.099 ^{def}	1.72±0.198 ^{ghi}	1.46±0.170 ^{hi}	-	-	2.90±0.212 ^{efgh}
Benzaldehyde	23.325	1.13±0.071 ^{efgh}	2.08±0.127 ^{defg}	4.91±0.085 ^c	2.24±0.481 ^{def}	2.11±0.057 ^{defg}	-	4.96±0.354 ^c	-	1.26±0.863 ^{efgh}
Methyl 2-furoate	9.439	20.88±0.085 ^b	-	-	-	4.62±0.354 ^d	7.77±0.099 ^a	7.23±0.269 ^{ab}	-	-
Linalool	55.374	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	29.685	-	0.96±0.113 ^{fg}	7.77±0.942 ^c	-	-	-	2.70±0.255 ^{fg}	4.19±0.948 ^{ef}	-
DL-Alanine	38.974	2.78±0.212 ^{ef}	-	5.97±0.240 ^c	5.91±0.042 ^c	2.84±1.004 ^{ef}	9.99±0.594 ^a	3.71±0.693 ^{de}	-	5.89±0.071 ^c
Hotrienol	43.005	-	0.94±0.113 ^c	-	-	-	8.34±0.509 ^b	-	-	37.8±2.220 ^a
Acetone	2.340	-	-	-	8.04±0.368 ^a	-	1.05±0.693 ^h	1.97±0.325 ^e	4.89±0.679 ^c	-
Dodecanoic acid	38.712	-	-	16.56±0.552 ^c	-	-	-	1.27±0.636 ^f	-	-
Tridecanal	29.934	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzoic Acid	28.663	0.79±0.127 ^{kl}	2.48±0.127 ^{efg}	-	-	1.49±0.424 ^{ij}	1.05±0.170 ^{jkl}	8.02±0.057 ^b	-	1.69±0.071 ^{hi}
Butane	2.409	-	2.94±0.509 ^d	-	-	5.77±0.693 ^b	-	-	-	3.76±0.184 ^c
Butyl butyrate	33.320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Hexadecanol	18.910	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethanol	22.265	1.41±0.085 ^{kl}	6.22±0.085 ^e	6.13±0.311 ^e	1.89±0.057 ^j	-	-	2.95±0.311 ^h	-	-
Acetic acid	34.909	4.12±0.071 ^{jk}	8.86±0.014 ^c	8.85±0.099 ^c	9.57±0.170 ^b	9.79±0.085 ^b	2.07±0.057 ⁿ	2.88±0.170 ^{gh}	-	5.85±0.170 ^f
Tetrahydrofurfuryl acetate	41.765	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydroxyacetone	49.517	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prenyl acetate	47.047	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diacetyl	19.425	-	-	-	-	-	-	-	24.1±0.113 ^a	2.38±0.071 ^c
Prenol	33.947	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Ethylacrolein	19.887	-	4.62±0.099 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Senecialdehyde	44.785	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6	ÇB7	ÇB8
Octane	20.495	-	0.76±0.028 ^e	-	-	-	-	3.00±0.651 ^c	3.35±0.679 ^c
Butanoic acid, 3-methyl-	22.877	-	1.21±0.057 ^d	-	-	1.86±0.170 ^c	-	2.15±0.057 ^c	-
Hexanoic acid	27.678	-	3.59±0.071 ^e	2.77±0.085 ^f	-	3.91±0.085 ^d	-	-	1.86±0.071 ^g
Phenol	23.113	-	1.33±0.141 ^{bc}	-	-	-	-	12.59±0.820 ^a	1.93±0.948 ^b
Caprylic acid	28.905	-	2.94±0.127 ^c	-	-	-	-	-	-
3-Methyl-2-cyclohexen-1-one	19.428	-	-	-	2.81±0.651 ^a	-	-	-	-
Myristaldehyde	40.784	-	-	-	3.06±0.297 ^c	-	13.78±0.212 ^a	-	-
Benzyl Alcohol	29.788	-	2.34±0.057 ^b	-	-	-	-	-	-
Capraldehyde	24.750	-	1.58±0.085 ^b	-	-	-	-	-	-
Heptanoic acid	34.533	-	1.17±0.651 ^b	-	-	-	-	-	1.05±0.028 ^c
Phenethyl alcohol	29.040	-	4.58±0.170 ^c	-	-	-	-	-	4.38±0.127 ^c
Palmitic acid	47.036	-	0.96±0.948 ^c	-	-	-	-	-	-
Methyl sulfide	33.958	-	0.77±0.297 ^e	-	-	5.16±0.325 ^b	-	-	0.53±0.071 ^e
Hexane	15.900	-	1.16±0.679 ^c	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid	17.817	-	1.79±0.820 ^b	3.51±0.028 ^a	-	-	-	-	0.75±0.170 ^c
Pentanoic acid	26.779	-	0.96±0.071 ^d	5.87±0.651 ^a	-	-	-	-	2.28±0.141 ^b
Isobutyl carbinol	48.579	-	0.81±0.297 ^a	-	-	-	-	-	-
Dimethyl ether	2.280	-	-	1.18±0.085 ^a	-	-	-	-	-
Butanoic acid	7.686	-	-	5.94±0.057 ^a	-	-	-	-	-
Lactic acid	34.813	-	-	5.22±0.028 ^a	-	-	-	-	-
Nonane	50.079	-	-	0.90±0.127 ^a	-	-	-	-	-
Senecioic acid	52.436	-	-	4.64±0.212 ^a	-	-	-	-	-
Linalool oxide	39.465	-	-	1.42±0.948 ^b	-	-	-	-	-
Hexanal	24.080	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzyl Carbinol	11.968	-	-	4.19±0.057 ^a	-	-	-	-	-
1,3-Dioxolane-4-methanol	39.527	-	-	3.47±0.820 ^a	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16
Octane	20.495	1.63±0.255 ^d	0.75±0.170 ^e	-	-	-	-	11.64±0.382 ^b	-
Butanoic acid, 3-methyl-	22.877	1.35±0.099 ^d	-	-	-	-	-	15.79±0.071 ^a	-
Hexanoic acid	27.678	15.05±0.226 ^a	5.12±0.156 ^c	-	-	3.53±0.071 ^e	2.71±0.184 ^f	5.49±0.368 ^b	-
Phenol	23.113	-	-	1.00±0.156 ^c	-	-	-	-	-
Caprylic acid	28.905	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Methyl-2-cyclohexen-1-one	19.428	-	-	-	-	-	-	-	-
Myristaldehyde	40.784	-	-	-	5.04±0.170 ^b	-	-	-	1.36±0.396 ^d
Benzyl Alcohol	29.788	-	-	-	-	-	-	1.86±0.099 ^c	-
Capraldehyde	24.750	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptanoic acid	34.533	-	6.97±0.255 ^a	-	-	-	-	-	-
Phenethyl alcohol	29.040	-	10.10±0.184 ^b	-	-	-	14.23±0.948 ^a	-	-
Palmitic acid	47.036	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl sulfide	33.958	2.44±0.057 ^c	-	-	-	-	-	-	-
Hexane	15.900	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid	17.817	1.73±0.099 ^b	-	-	-	-	-	-	-
Pentanoic acid	26.779	1.10±0.382 ^c	-	-	-	-	-	-	-
Isobutyl carbinol	48.579	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethyl ether	2.280	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid	7.686	-	-	-	-	-	-	5.03±0.170 ^a	-
Lactic acid	34.813	-	-	-	-	-	-	3.35±0.255 ^b	-
Nonane	50.079	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecioic acid	52.436	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalool oxide	39.465	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexanal	24.080	-	-	-	-	4.06±0.156 ^a	-	-	-
Benzyl Carbinol	11.968	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3-Dioxolane-4-methanol	39.527	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB17	ÇB18	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
Octane	20.495	-	1.31±0.057 ^{de}	-	-	1.69±0.226 ^d	-	-	13.38±0.608 ^a	-
Butanoic acid, 3-methyl-	22.877	-	6.04±0.283 ^b	-	-	2.54±0.467 ^c	-	-	-	-
Hexanoic acid	27.678	3.82±0.042 ^e	-	-	-	7.40±0.071 ^b	1.15±0.396 ^h	-	-	2.57±0.156 ^f
Phenol	23.113	0.64±0.085 ^{cd}	-	-	-	-	-	-	-	-
Caprylic acid	28.905	-	7.09±0.170 ^b	-	-	-	12.09±0.226 ^a	2.96±0.042 ^c	-	-
3-Methyl-2-cyclohexen-1-one	19.428	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myristaldehyde	40.784	-	1.35±0.099 ^d	4.44±0.113 ^b	-	-	-	-	-	-
Benzyl Alcohol	29.788	1.08±0.113 ^d	-	-	3.50±0.382 ^a	2.14±0.085 ^b	-	1.74±0.028 ^c	-	-
Capraldehyde	24.750	1.54±0.226 ^a	-	-	-	-	-	-	1.12±0.057 ^b	-
Heptanoic acid	34.533	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenethyl alcohol	29.040	1.97±0.156 ^d	-	-	-	-	-	-	-	-
Palmitic acid	47.036	-	-	-	-	-	-	2.03±0.156 ^a	1.65±0.057 ^b	-
Methyl sulfide	33.958	1.77±0.184 ^d	-	-	-	-	-	1.93±0.085 ^d	-	-
Hexane	15.900	8.54±0.396 ^a	2.09±0.283 ^b	8.57±0.467 ^a	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid	17.817	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentanoic acid	26.779	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutyl carbinol	48.579	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethyl ether	2.280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid	7.686	-	2.94±0.226 ^b	-	-	-	-	-	-	1.30±0.396 ^c
Lactic acid	34.813	-	-	-	-	0.77±0.042 ^c	-	-	-	-
Nonane	50.079	-	0.50±0.057 ^b	-	-	-	-	-	-	-
Senecioic acid	52.436	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalool oxide	39.465	-	-	-	-	-	-	11.57±0.085 ^a	-	-
Hexanal	24.080	3.53±0.042 ^b	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzyl Carbinol	11.968	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3-Dioxolane-4-methanol	39.527	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6	ÇB7	ÇB8
2,2,6-Trimethyl-6-vinyltetrahydro-2H-pyran-3-ol	16.689	-	-	1.62±0.608 ^b	-	-	-	-	-
Triacetin	34.539	-	-	14.82±0.226 ^b	-	-	-	-	-
Propanoic acid, 2-oxo-	30.440	-	-	1.92±0.410 ^a	-	-	-	-	-
Isobutyl acetate	12.105	-	-	1.56±0.255 ^a	-	-	-	-	-
Furfuryl alcohol	8.501	-	-	1.84±0.269 ^a	-	-	-	-	-
Pelargonic alcohol	26.978	-	-	-	2.67±0.141 ^a	-	-	-	-
Sabinen	17.441	-	-	-	-	3.63±0.198 ^a	-	-	-
Ethyl acetate	34.616	-	-	-	-	1.21±0.028 ^{de}	-	-	-
Butane-2,3-diol	5.273	-	-	-	-	3.96±0.127 ^a	-	-	-
3-Hexenoic acid	10.023	-	-	-	-	6.58±0.099 ^a	-	-	-
Butanoic acid, 2-methyl-	11.877	-	-	-	-	6.29±0.269 ^a	-	-	-
Prenal	13.478	-	-	-	-	-	-	2.81±0.226 ^d	-
Orcin	14.798	-	-	-	-	-	1.03±0.608 ^c	-	-
Ethyl dodecanoate	17.865	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Butanol	34.013	-	-	-	-	-	-	-	-
Octyl formate	41.078	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauryl alcohol	26.333	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxalamide	13.174	-	-	-	-	-	5.98±0.608 ^a	-	-
Paradi	17.889	-	-	-	-	-	2.18±0.226 ^a	-	-
Ethylhexanoic acid	38.114	-	-	-	-	-	0.70±0.099 ⁱ	10.62±0.057 ^a	5.14±0.057 ^d
Propyl benzoate	23.119	-	-	-	-	-	2.39±0.255 ^a	-	-
Undecanoic acid	9.843	-	-	-	-	-	2.86±0.410 ^b	2.28±0.198 ^c	-
Verbenone	6.829	-	-	-	-	-	5.99±0.226 ^a	-	-
Stearic acid	11.118	-	-	-	-	-	2.47±0.269 ^a	-	-
Acetin	34.657	-	-	-	-	-	-	11.89±0.141 ^a	-
Terpineol	7.294	-	-	-	-	-	2.86±0.127 ^a	-	-
Acetol	2.734	-	-	-	-	-	-	-	4.05±0.255 ^a
Linalyl anthranilate	38.743	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Furanmethanol	3.736	-	-	-	-	-	-	-	1.3±0.226 ^d

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16
2,2,6-Trimethyl-6-vinyltetrahydro-2H-pyran-3-ol	16.689	2.65±0.382 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Triacetin	34.539	-	-	-	-	-	-	-	-
Propanoic acid, 2-oxo-	30.440	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutyl acetate	12.105	-	-	-	-	-	-	-	-
Furfuryl alcohol	8.501	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelargonic alcohol	26.978	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabinen	17.441	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl acetate	34.616	0.90±0.156 ^e	3.07±0.085 ^b	15.47±0.750 ^a	-	-	-	-	-
Butane-2,3-diol	5.273	0.98±0.071 ^e	-	-	-	-	2.81±0.113 ^b	-	-
3-Hexenoic acid	10.023	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid, 2-methyl-	11.877	-	-	-	-	-	-	-	-
Prenal	13.478	4.66±0.113 ^b	2.93±0.156 ^c	-	-	-	5.50±0.085 ^a	-	-
Orcin	14.798	-	-	-	-	-	-	-	7.23±0.085 ^a
Ethyl dodecanoate	17.865	-	-	-	-	-	-	-	1.64±0.156 ^a
1-Butanol	34.013	-	-	-	-	-	-	-	-
Octyl formate	41.078	-	-	-	4.21±0.113 ^a	-	-	-	-
Lauryl alcohol	26.333	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxalamide	13.174	-	-	-	-	-	-	-	-
Paradi	17.889	-	2.94±0.113 ^b	-	-	-	-	-	-
Ethylhexanoic acid	38.114	4.53±0.283 ^e	6.12±0.085 ^b	-	-	-	-	4.23±0.071 ^e	-
Propyl benzoate	23.119	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanoic acid	9.843	-	-	-	-	-	3.27±0.750 ^a	-	-
Verbenone	6.829	-	-	-	-	-	-	-	-
Stearic acid	11.118	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetin	34.657	-	-	-	-	2.30±0.283 ^b	-	-	-
Terpineol	7.294	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetol	2.734	1.76±0.750 ^b	-	-	-	-	-	-	-
Linalyl anthranilate	38.743	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Furanmethanol	3.736	2.21±0.042 ^b	-	10.01±0.170 ^a	-	-	-	2.16±0.212 ^b	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB17	ÇB18	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
2,2,6-Trimethyl-6-vinyltetrahydro-2H-pyran-3-ol	16.689	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triacetin	34.539	13.13±0.311 ^b	-	-	-	16.700.141 ^a	-	-	-	-
Propanoic acid, 2-oxo-	30.440	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutyl acetate	12.105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Furfuryl alcohol	8.501	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelargonic alcohol	26.978	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabinen	17.441	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl acetate	34.616	-	1.65±0.566 ^{cd}	-	-	-	1.94±0.099 ^c	-	-	-
Butane-2,3-diol	5.273	0.52±0.269 ^f	0.81±0.113 ^e	-	1.75±0.099 ^d	-	2.01±0.141 ^c	-	-	-
3-Hexenoic acid	10.023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid, 2-methyl-	11.877	-	1.02±0.099 ^c	-	1.65±0.566 ^b	0.66±0.113 ^d	-	-	-	-
Prenal	13.478	-	-	-	1.82±0.099 ^e	-	-	-	-	-
Orcin	14.798	5.56±0.099 ^b	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl dodecanoate	17.865	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Butanol	34.013	-	1.70±0.141 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Octyl formate	41.078	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauryl alcohol	26.333	-	-	-	-	-	-	-	1.76±0.566 ^a	-
Oxalamide	13.174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paradi	17.889	-	1.86±0.269 ^b	-	-	-	-	1.42±0.999 ^c	-	-
Ethylhexanoic acid	38.114	3.20±0.099 ^f	1.88±0.071 ^h	-	2.40±0.170 ^g	6.72±0.226 ^c	2.50±0.438 ^g	-	-	3.05±0.071 ^f
Propyl benzoate	23.119	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanoic acid	9.843	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbenone	6.829	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stearic acid	11.118	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetin	34.657	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpineol	7.294	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetol	2.734	2.01±0.141 ^{ab}	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalyl anthranilate	38.743	-	0.94±0.269 ^b	-	-	-	-	-	-	16.22±0.566 ^a
2-Furanmethanol	3.736	0.78±0.099 ^e	-	-	-	-	1.90±0.141 ^c	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6	ÇB7	ÇB8
Acetylfuran	1.723	-	-	-	-	-	-	-	2.54±0.099 ^a
Octadecanoic acid	6.888	-	-	-	-	-	-	-	-
Butyrolactone	5.831	-	-	-	-	-	-	-	1.21±0.269 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	4.635	-	-	-	-	-	-	-	1.22±0.071 ^c
2-Methoxy-4-vinylphenol	23.784	-	-	-	-	-	-	-	-
Myristic acid	16.521	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetaldehyde	4.498	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluquinol	34.410	-	-	-	-	-	-	-	-
Eucalyptol	15.895	-	-	-	-	-	-	-	-
Cinnamaldehyde	14.821	-	-	-	-	-	-	-	-
Paradiazine	17.256	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanol	39.453	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocimene	22.018	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4,5-Trithianonane	11.087	-	-	-	-	-	-	-	-
Borneol	23.435	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauric aldehyde	39.149	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelargonaldehyde	22.818	-	-	-	-	-	-	-	-
d-Camphor	55.687	-	-	-	-	-	-	-	-
delta-Nonalactone	44.048	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Oxolauric acid	36.557	-	-	-	-	-	-	-	-
Amyl formate	12.022	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Pentanone	17.742	-	-	-	-	-	-	-	-
Thymol	28.294	-	-	-	-	-	-	-	-
Eugenol	13.994	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentanoic acid, 3-methyl-	18.444	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Butanone, 3-hydroxy-	17.655	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecyl alcohol	4.743	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexyl formate	10.901	-	-	-	-	-	-	-	-
Dodecane	33.851	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16
Acetylfuran	1.723	-	-	-	-	-	-	-	-
Octadecanoic acid	6.888	0.63±0.099 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Butyrolactone	5.831	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Hexanol, 2-ethyl-	4.635	-	-	3.67±1.032 ^a	-	-	-	-	-
2-Methoxy-4-vinylphenol	23.784	0.84±0.099 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Myristic acid	16.521	-	-	-	5.78±0.255 ^a	-	-	-	-
Acetaldehyde	4.498	-	-	-	-	-	-	3.07±0.042 ^a	-
Toluquinol	34.410	-	-	-	-	-	-	-	-
Eucalyptol	15.895	-	-	-	-	-	-	-	-
Cinnamaldehyde	14.821	-	-	-	-	-	-	-	-
Paradiazine	17.256	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanol	39.453	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocimene	22.018	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4,5-Trithianonane	11.087	-	-	-	-	-	-	-	-
Borneol	23.435	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauric aldehyde	39.149	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelargonaldehyde	22.818	-	-	-	-	-	-	-	-
d-Camphor	55.687	-	-	-	-	-	-	-	-
delta-Nonalactone	44.048	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Oxolauric acid	36.557	-	-	-	-	-	-	-	-
Amyl formate	12.022	-	-	-	-	-	-	2.10±0.255 ^b	-
2-Pentanone	17.742	-	1.26±0.255 ^a	-	-	-	-	-	-
Thymol	28.294	-	1.74±0.255 ^b	-	-	-	-	-	-
Eugenol	13.994	-	-	-	-	1.55±0.099 ^a	-	1.48±0.269 ^b	-
Pentanoic acid, 3-methyl-	18.444	-	0.72±0.495 ^a	-	-	-	-	-	-
2-Butanone, 3-hydroxy-	17.655	-	1.81±0.071 ^a	-	-	-	-	-	-
Undecyl alcohol	4.743	-	4.88±0.495 ^a	-	-	-	-	-	-
Hexyl formate	10.901	-	-	-	-	26.22±0.269 ^a	-	-	-
Dodecane	33.851	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB17	ÇB18	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
Acetylfuran	1.723	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octadecanoic acid	6.888	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butyrolactone	5.831	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Hexanol, 2-ethyl-	4.635	-	-	1.62±0.113 ^b	-	-	-	-	-	-
2-Methoxy-4- vinylphenol	23.784	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myristic acid	16.521	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetaldehyde	4.498	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluquinol	34.410	-	-	-	-	-	-	15.37±0.311 ^a	-	-
Eucalyptol	15.895	-	-	-	-	-	-	5.67±0.042 ^a	4.37±0.113 ^b	-
Cinnamaldehyde	14.821	-	-	-	-	-	-	1.78±0.255 ^a	1.10±0.523 ^b	-
Paradiazine	17.256	-	-	-	-	-	-	-	2.15±0.113 ^a	-
Decanol	39.453	-	6.47±0.212 ^a	-	-	-	-	-	5.10±0.212 ^b	-
Ocimene	22.018	-	-	-	-	-	-	-	-	1.30±0.962 ^a
3,4,5-Trithianonane	11.087	-	-	-	-	-	-	-	1.52±0.113 ^a	-
Borneol	23.435	-	-	-	3.39±0.184 ^b	2.52±0.127 ^c	4.27±0.297 ^a	-	-	-
Lauric aldehyde	39.149	-	-	-	-	-	-	-	0.86±0.962 ^a	-
Pelargonaldehyde	22.818	-	7.44±0.297 ^b	-	-	-	15.54±0.198 ^a	-	7.34±0.113 ^b	-
d-Camphor	55.687	-	-	-	-	-	-	-	1.10±0.255 ^a	-
delta-Nonalactone	44.048	-	-	-	-	-	-	-	9.68±0.212 ^a	-
5-Oxolauric acid	36.557	-	-	-	-	-	-	-	8.71±0.962 ^a	-
Amyl formate	12.022	-	-	-	-	-	2.27±0.042 ^a	-	-	-
2-Pentanone	17.742	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thymol	28.294	-	-	-	4.39±0.297 ^a	-	-	-	-	-
Eugenol	13.994	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentanoic acid, 3- methyl-	18.444	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Butanone, 3-hydroxy-	17.655	-	1.02±0.113 ^b	-	-	-	-	-	-	-
Undecyl alcohol	4.743	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexyl formate	10.901	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dodecane	33.851	-	-	2.45±0.212 ^a	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6	ÇB7	ÇB8
Valeric acid	7.846	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanal	11.114	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Carene	20.332	-	-	-	-	-	-	-	-
Damascenone	55.696	-	-	-	-	-	-	-	-
Dihydroxyacetone	44.046	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid	16.777	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Buten-1-ol, 3-methyl-	2.585	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptanol	12.973	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopentane	58.078	-	-	-	-	-	-	-	-
2H-1-Benzopyran-2-one	56.113	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl 2-furyl ketone	31.252	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetoin	13.023	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxirane	17.019	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentane	16.669	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Methylfurfural	8.744	-	-	-	-	-	-	-	-
p-Cymen-8-ol	8.997	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Methyl-1-butanol	12.007	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Pinene	17.855	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl Salicylate	33.697	-	-	-	-	-	-	-	-
Capric acid	5.732	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecanoic acid	14.063	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl palmitate	26.111	-	-	-	-	-	-	-	-
Octadecanol	13.778	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumene	57.807	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrtenal	46.222	-	-	-	-	-	-	-	-
Glycerin	51.058	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptane	34.576	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethylheptanoic acid	3.841	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl nonyl carbinol	15.111	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauric acid	6.025	-	-	-	-	-	-	-	-
Oleic Acid	18.003	-	-	-	-	-	-	-	-
Furfural	27.908	1.64±0.099 ^m	6.62±0.297 ^e	3.77±0.339 ^{gh}	2.10±0.297 ^{lm}	7.89±0.240 ^d	-	7.51±0.071 ^d	16.74±1.202 ^a
Valerolactone	4.771	-	-	-	-	-	-	-	-
Anisaldehyde	9.114	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexyl butanoate	2.051	-	-	-	-	-	-	-	-
Stearol	7.524	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauryl acetate	13.098	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16
Valeric acid	7.846	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanal	11.114	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Carene	20.332	-	-	-	-	-	-	-	-
Damascenone	55.696	-	-	-	-	-	-	1.01±1.032 ^a	-
Dihydroxyacetone	44.046	-	-	-	-	3.68±0.028 ^a	-	2.46±0.127 ^b	-
Decanoic acid	16.777	-	-	-	-	-	3.14±0.580 ^a	-	-
2-Buten-1-ol, 3-methyl-	2.585	-	-	-	-	-	2.59±0.509 ^a	-	-
Heptanol	12.973	-	-	-	-	2.27±0.198 ^a	-	-	-
Cyclopentane	58.078	-	-	-	-	1.16±0.141 ^a	-	-	-
2H-1-Benzopyran-2-one	56.113	-	-	-	-	16.19±0.523 ^a	-	-	-
Methyl 2-furyl ketone	31.252	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetoin	13.023	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxirane	17.019	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentane	16.669	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Methylfurfural	8.744	-	-	-	-	-	-	-	-
p-Cymen-8-ol	8.997	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Methyl-1-butanol	12.007	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Pinene	17.855	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl Salicylate	33.697	-	-	-	-	-	-	-	-
Capric acid	5.732	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecanoic acid	14.063	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl palmitate	26.111	-	-	-	-	-	-	-	-
Octadecanol	13.778	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumene	57.807	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrtenal	46.222	-	-	-	-	-	-	-	-
Glycerin	51.058	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptane	34.576	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethylheptanoic acid	3.841	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl nonyl carbinol	15.111	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauric acid	6.025	-	-	-	-	-	-	-	-
Oleic Acid	18.003	-	-	-	-	-	-	-	-
Furfural	27.908	7.45±0.198 ^d	4.06±0.170 ^{ij}	2.07±0.141 ^{lm}	3.58±0.099 ^{jk}	3.36±0.057 ^{ikl}	3.21±0.198 ^{ikl}	6.64±0.933 ^e	5.80±0.226 ^{gh}
Valerolactone	4.771	-	-	-	-	-	-	-	-
Anisaldehyde	9.114	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexyl butanoate	2.051	-	-	-	-	-	-	-	-
Stearol	7.524	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauryl acetate	13.098	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12 Farklı Bölgelerden Temin Edilmiş Olan Balların Ortalama Aroma Bileşenleri Miktarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları (devam)

Bileşik Adı	Geliş Zamanı	ÇB17	ÇB18	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
Valeric acid	7.846	-	1.37±0.042 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Undecanal	11.114	1.41±0.650 ^b	-	-	-	5.32±0.170 ^a	-	-	-	-
3-Carene	20.332	-	-	-	15.42±0.311 ^a	-	-	-	-	-
Damascenone	55.696	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dihydroxyacetone	44.046	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid	16.777	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Buten-1-ol, 3-methyl-	2.585	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptanol	12.973	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopentane	58.078	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2H-1-Benzopyran-2-one	56.113	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Methyl 2-furyl ketone	31.252	0.65±0.311 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetoin	13.023	-	0.73±0.170 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Oxirane	17.019	-	-	-	-	3.11±0.650 ^a	-	-	-	-
Pentane	16.669	1.07±0.650 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Methylfurfural	8.744	1.43±0.170 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
p-Cymen-8-ol	8.997	0.74±0.099 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Methyl-1-butanol	12.007	1.08±0.170 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Pinene	17.855	-	0.51±0.042 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Methyl Salicylate	33.697	-	0.62±0.311 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Capric acid	5.732	-	0.59±0.170 ^a	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecanoic acid	14.063	-	-	1.56±0.962 ^a	-	-	-	-	-	-
Ethyl palmitate	26.111	-	-	1.18±0.311 ^a	-	-	-	-	-	-
Octadecanol	13.778	-	-	1.91±0.170 ^a	-	-	-	-	-	-
Cumene	57.807	-	-	-	1.97±0.198 ^a	-	-	-	-	-
Myrtenal	46.222	-	-	-	3.29±0.042 ^a	-	-	-	-	-
Glycerin	51.058	-	-	-	-	1.12±0.311 ^a	-	-	-	-
Heptane	34.576	-	-	-	-	-	13.27±0.198 ^a	-	-	-
Ethylheptanoic acid	3.841	-	-	-	-	-	-	2.31±0.962 ^a	-	-
Methyl nonyl carbinol	15.111	-	-	-	-	-	-	2.34±0.042 ^a	-	-
Lauric acid	6.025	-	-	-	-	-	-	0.98±0.198 ^a	-	-
Oleic Acid	18.003	-	-	-	-	-	-	0.57±0.311 ^a	-	-
Furfural	27.908	8.80±0.679 ^c	4.43±0.212 ^{hij}	-	12.72±0.396 ^b	-	5.15±0.976 ^{hi}	1.80±0.368 ^m	2.32±0.651 ^{klm}	6.99±0.198 ^d
Valerolactone	4.771	-	-	-	-	-	1.74±0.042 ^a	-	-	-
Anisaldehyde	9.114	-	-	-	-	-	0.81±0.311 ^a	-	-	-
Hexyl butanoate	2.051	-	-	-	-	-	2.62±0.170 ^a	-	-	-
Stearol	7.524	-	-	-	-	-	-	0.64±0.650 ^a	-	-
Lauryl acetate	13.098	-	-	-	-	-	-	0.50±0.198 ^a	-	-

4.10 Balda Diastaz Sayısı

Balın tazeliğinin ve kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli parametrelerden biri de balın diastaz sayısıdır (Sancho vd. 1993). Baldaki diastaz enzimi, bala arıların faranjiyal salgı bezi sekresyonlarından, tükürük sıvılarından ve nektar kaynağından gelmektedir (Belitz ve Grosch 1999). Diastaz sayısı, balın sindiriminde önemli bir rol oynamakta olup, baldaki diastaz enziminin hasar görmesi, balın besin değerinin azalmasına, tat, aroma ve renginde değişiklikler oluşturarak kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Cocco vd. 1996). Diğer yandan, balın diastaz sayısının yüksek olması, asit miktarının artarak fermentasyon oluşmasına sebep olabilmektedir (Özbek 2003). Yılmaz ve Küfrelioğlu (2001), balın depolama süresinin diastaz sayısı üzerine etkisini araştırmış ve diastaz sayısı 14.6 olan bal örneklerinin oda sıcaklığında bir sene depolanması sonucunda diastaz sayısının 10.7'ye düştüğünü belirtmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre diastaz sayısı; çiçek ballarında en az 8 mg/kg olmalıdır (Anonim 2012).

Çiftçi (2018), Konya bölgesinde 5 farklı firmadan elde ettiği çiçek ballarının diastaz sayılarını ortalama 15.20, Yardibi (2008), Tekirdağ yöresinden elde ettiği ayçiçek ballarında diastaz sayısını ortalama 20.06, Çetin vd. (2011), Türkiye'nin farklı yörelerinden elde ettikleri 50 adet çiçek balında diastaz sayılarını ortalama 8.93, Günbey vd. (2010), Ordu ili ve çevresinden elde ettikleri 30 adet yayla balında diastaz sayısını ortalama 8.8, Sorkun vd. (2001), İzmir, Hatay ve Adana bölgelerinden elde ettikleri 9 adet bal örneğinde diastaz sayısını 10.90-38.50 arasında, Ölmez (2009), Türkiye'nin farklı yerlerinden elde ettiği 8 farklı balın diastaz sayısını 10.9 -17.9 arasında bulmuşlardır.

Çalışmada kullanılan çiçek ballarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek diastaz sayısı değeri 39.05 ile ÇB12 kodlu Kazan/Ankara balında, en düşük diastaz sayısı değeri ise 6.88 ile ÇB18 kodlu Bitlis balında gözlenmiş, çiçek ballarının ortalama diastaz sayısı değeri ise 19.77 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Genel olarak ballarda ortalama diastaz sayısı değeri bakımından varyans analizi (Çizelge 4.6) ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farkın istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.01$) görülmektedir (Çizelge 4.2). Haroun

(2006), yaptığı çalışmasında farklı bal gruplarının diastaz sayısı değerleri arasında önemli farklılıklar olmadığını göstermiş, diastaz sayısının sadece balın bitkisel kaynağı ile ilgili olmadığını vurgulamıştır.

Çizelge 4.3'e göre çiçek ballarının diastaz sayısı ile nem, fruktoz ve pH değerleri arasında düşük negatif korelasyon (anlamlılık % 95), maltoz değerleri arasında ise güçlü negatif korelasyon (anlamlılık % 99) tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan çiçek ballarına ait diastaz sayı değerlerinin literatürde bulunan değerler ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen değer ile genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

4.11 Toplam Fenolik Madde Tayinine Ait Sonuçlar

Fenolik maddeler, balın bileşiminde bulunan düşük molekül ağırlıklı önemli kimyasal maddeler olup, balın aroması üzerinde ve antioksidan özellik kazanmasında etkili olmaktadır (Khalil vd. 2012). Balın flavanoid miktarı 60-460 µg/100 g arasındadır ve bu değer yaz döneminde kuru mevsim ve yüksek sıcaklıktan dolayı artış göstermektedir (Bogdanov vd. 2008).

Çalışmada kullanılan çiçek ballarına ait toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre; toplam fenolik madde miktarı, çiçek balları arasında geniş bir aralıkta bulunmuş ve ortalama değer 37.68 mg GAE / 100g olup, en düşük değer 16.55 mg GAE / 100g ile ÇB11 kodlu Hatay balında, en yüksek değer ise 71.28 mg GAE / 100g ile ÇB4 kodlu Mersin balında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Genel olarak bal örneklerinin ortalama toplam fenolik madde değerleri bakımından arasındaki fark, varyans analizi (Çizelge 4.6) ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre (Çizelge 4.2) istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ayrıca çiçek ballarının toplam fenolik madde miktarları ile serbest asitlik, toplam asitlik ve özellikle antioksidan değerleri arasında güçlü pozitif korelasyon (anlamlılık % 99) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.8).

Bazı Türk ballarında yapılan çalışmada balların toplam fenolik madde miktarı, 36-114 mg GAE/100g (Tezcan vd. 2011), Güney Jalisco ve Meksika'dan elde edilen ballarda toplam fenolik madde miktarı 62.13 – 136.84 mg GAE/100g (Tapia-Campos vd. 2017), Peru menşeli ballarda toplam fenolik madde miktarı 19.97 – 46.49 mg GAE/100g (Rodriguez-Malaver vd. 2009) olarak bulunmuştur. Ayrıca Kaygusuz vd. (2016), Anadolu'nun çeşitli bölgelerinden elde ettikleri balların toplam fenolik madde miktarını 58.6-74.6 mg GAE/100g, Meda vd. (2005), Burkina Faso'dan elde ettiği balların toplam fenolik madde miktarını 32.59-114.75 mg GAE/100g, Gambacorta vd. (2014), İtalya'nın çeşitli bölgelerinden elde ettikleri ballarda toplam fenolik madde miktarını 4.79 – 24.83 mg GAE/100g, Özkök vd. (2010), Muğla ilinden elde ettikleri 50 adet çam balı örneğinde toplam fenolik madde miktarını ortalama 15.55 mg GAE/100g olarak tespit etmişlerdir.

Çalışmada kullanılan çiçek ballarının toplam fenolik madde miktarları, Özkök vd. (2010) ve Gambacorta vd. (2014) tarafından bulunan sonuçlardan yüksek, belirtilen diğer çalışmalardan düşük bulunmuştur.

4.12 Balın Fenolik Asitleri ve Flavonoid Bileşiklerine Ait Sonuçlar

Fenolik asitler, bitkilerde genellikle yüksek oranlarda bulunan, gıdaların renk, koku, tat gibi duyuşsal özelliklerinden ve depolama kararlılığı ile besin değeri­nin korunmasından sorumlu olan doğal antioksidan maddelerdir (Robbins 2003). Gıda sektöründe gıdanın raf ömrünün uzatılması için katkı maddesi olarak, tıp dünyasında ise koruyucu ve tedavi edici olarak fenolik asitlerden faydalanılmaktadır (Bektaş 2005).

Çalışmada kullanılan çiçek ballarının fenolik asitleri ve flavonoidleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Fenolik asitlerden; fumarik asit tüm ballarda, protokateşik asit 24 balda, p-hidroksi fenil asetik asit ve p-hidroksi benzoik asit 22 balda, vanilik asit ve p-kumarik asit ise 21 balda tespit edilmiş, 2-hidroksi sinnamik asite hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. Yapılan bir çalışmada; ayçiçek, lavanta ve akasya ballarında p-kumarik, kafeik ve ferulik asitlerin baskın fenolik asit olduğunu tespit edilmiştir (D'Arcy 2005). Can vd. (2015), Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden elde ettikleri farklı bal türleri üzerinde yaptıkları çalışmada; benzoik, kafeik ve p-kumarik asitin tüm bal

çeşitlerinde farklı miktarlarda olduğunu, klorojenik asit, mirisetin ve fisetinin ise hiçbir bal çeşidinde olmadığını belirtmişlerdir. Flavonoid bakımından incelendiğinde çiçek ballarının flavonoid çeşidi ve konsantrasyonları açısından çok fakir olduğu görülmüş, katekin hidrat sadece ÇB11 kodlu balda, (4-hidroksifenil) etanol sadece ÇB3 kodlu balda, vanilin ve luteolin sadece ÇB1 kodlu balda tespit edilmiş, 6.7-dihidroksi kumarin, kumarin, kuersetin ve kaemferole ise hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. Haroun (2006), yaptığı çalışmada ballarda flavonoid miktarını az sayısı bulmuştur. Yapılan diğer bir çalışmada Avustralya ve Tunus ayçiçek ballarının, Avrupa ayçiçek ballarına göre oldukça düşük miktarda flavonoid içerdiği belirtilmiştir (Sabatier vd. 1992, Martos vd. 1997, Yao vd. 2004b).

Çiçek ballarındaki fumarik asit miktarı yüksek konsantrasyonlarda bulunup geniş bir aralığa yayılmış (15.002-441.484 µg/100g), protokateşik asit miktarı düşük konsantrasyonlarda (0.007-9.922 µg/100g) bulunmuştur. Fumarik asit ve protokateşik asit miktarı bakımından en yüksek değer ÇB17 kodlu Çanakkale balında, trans-acetic acid, p-hidroksi fenil asetik asit, myricetin, rosmarinik asit ve trans-sinamik asit bakımından en yüksek değer ÇB5 kodlu Düzce balında gözlenmiştir (Çizelge 4.13).

Haroun (2006), çiçek ve salgı balları üzerinde yaptığı çalışmada; tüm salgı ballarının yüksek oranlarda (163,86-598.64 µg/100g) protokateşik asit içerdiğini, çiçek ballarının ise protokateşik asit bakımından fakir olduğunu (31,91–91,16 µg/100g) bulmuş, Türkiye'nin çiçek ve salgı ballarının ayırt edilmesinde protokatesik asit miktarının belirleyici bir özellik olabileceğini vurgulamıştır. Aynı şekilde, Steeg ve Montag (1987), yaptıkları çalışmada salgı ballarının protokateşik asit bakımından diğer ballara göre daha zengin olduğunu ve konsantrasyonu 340–680 µg/100g aralığında değiştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.13 Bazı Türk salgı ve çiçek ballarında belirlenen fenolik asit ve flavonoidleri (µg/100g)

Fenolik Bileşikler	Alıkonma zamanı RT (dak)	ÇB1	ÇB2	ÇB3	ÇB4	ÇB5	ÇB6
Levulinik asit	6.561	0.910±0.113 ^c	-	4.449±0.308 ^a	1.369±0.116 ^b	-	-
Fumarik asit	7.516	33.148±0.209 ^p	103.942±2.039 ^g	108.604±0.854 ^f	27.877±0.915 ^q	105.805±1.138 ^g	43.816±0.857 ^o
Trans-aconitic acid	9.022	50.023±1.122 ^b	-	12.660±0.481 ^e	34.749±0.355 ^c	143.358±0.908 ^a	14.902±0.139 ^e
Protokatesik asit	10.077	0.011±0.308 ^h	0.010±0.211 ^h	2.045±1.011 ^e	0.015±0.874 ^h	4.881±0.240 ^c	0.019±0.703 ^h
Katekin hidrat	12.236	-	-	-	-	-	-
p-hidroksi fenil asetik asit	12.534	58.275±0.714 ^b	16.755±0.217 ^{fg}	29.333±0.174 ^{de}	17.172±0.987 ^f	77.068±0.654 ^a	14.632±1.879 ^{fg}
(4-hidroksifenil) etanol	13.201	-	-	2.793±0.114 ^a	-	-	-
p-hidroksi benzoik asit	14.633	0.776±0.217 ^g	1.016±0.368 ^f	1.307±0.124 ^{de}	1.260±0.748 ^f	-	1.386±1.004 ^{de}
6.7-Dihidroksi kumarin	15.886	-	-	-	-	-	-
Klorojenik asit	16.647	-	-	-	-	-	-
Vanilik asit	17.169	0.416±0.004 ^g	1.378±0.741 ^d	0.559±0.521 ^g	0.833±0.741 ^f	-	2.595±0.115 ^b
3-hidroksi benzoik asit	17.912	-	4.460±0.217 ^a	-	-	-	-
Vanilin	19.608	-	-	-	-	-	-
p-Kumarik asit	22.582	0.010±0.874 ^e	0.010±0.007 ^e	0.010±0.041 ^e	0.010±0.247 ^e	-	0.010±0.417 ^e
Gayakol	22.869	-	0.614±0.004 ^b	-	-	-	0.902±0.741 ^a
Ferulik asit	23.965	-	5.920±0.961 ^b	-	-	-	-
Kumarin	26.357	-	-	-	-	-	-
Rutin hidrat	26.951	-	-	-	-	-	-
2-hidroksi sinnamik asit	27.586	-	-	-	-	-	-
Myricetin	29.060	-	9.804±0.114 ^c	-	12.781±1.701 ^b	18.275±1.207 ^a	11.035±0.943 ^{bc}
Rosmarinik asit	30.666	14.126±1.307 ^d	-	14.229±0.381 ^d	20.014±0.806 ^b	29.904±1.174 ^a	-
Kuersetin	32.118	-	-	-	-	-	-
trans-sinamik asit	32.373	-	2.353±0.340 ^c	-	-	4.248±0.109 ^a	-
Luteolin	32.983	-	-	-	-	-	-
Kaemferol	34.494	-	-	-	-	-	-
Chrysin	40.230	0.010±0.417 ^a	0.010±0.032 ^a	-	-	-	-

Çizelge 4.13 Bazı Türk salgı ve çiçek ballarında belirlenen fenolik asit ve flavonoidleri (µg/100g) (devam)

Fenolik Bileşikler	Alınma zamanı RT (dak)	ÇB7	ÇB8	ÇB9	ÇB10	ÇB11	ÇB12
Levulinik asit	6.561	-	-	-	-	-	-
Fumarik asit	7.516	81.472±0.668 ^j	110.505±0.392 ^f	97.553±0.782 ^h	58.995±0.912 ^m	117.686±0.970 ^e	30.547±0.641 ^{pq}
Trans-aconitic acid	9.022	30.358±1.213 ^c	24.471±0.748 ^d	-	-	-	-
Protokatesik asit	10.077	2.865±0.026 ^e	4.047±0.873 ^c	3.274±0.107 ^d	0.010±0.089 ^h	0.564±0.703 ^g	0.012±0.021 ^h
Katekin hidrat	12.236	-	-	-	-	0.664±0.010 ^a	-
p-hidroksi fenil asetik asit	12.534	17.932±1.108 ^f	32.818±2.107 ^d	20.203±1.841 ^e	9.972±0.732 ^g	23.642±1.021 ^e	10.143±0.114 ^g
(4-hidroksifenil) etanol	13.201	-	-	-	-	-	-
p-hidroksi benzoik asit	14.633	2.401±0.024 ^b	1.376±0.084 ^{de}	1.425±0.021 ^{de}	0.786±0.003 ^g	0.770±0.014 ^g	1.516±0.831 ^d
6,7-Dihidroksi kumarin	15.886	-	-	-	-	-	-
Klorojenik asit	16.647	-	-	-	-	-	-
Vanilik asit	17.169	1.026±0.114 ^e	-	1.751±0.034 ^c	1.058±0.217 ^e	0.377±0.047 ^h	1.030±0.081 ^e
3-hidroksi benzoik asit	17.912	-	-	-	-	-	-
Vanilin	19.608	-	-	-	-	-	-
p-Kumarik asit	22.582	0.010±0.007 ^e	0.012±0.021 ^d	0.015±0.017 ^c	0.015±0.081 ^c	0.019±0.003 ^a	0.014±0.134 ^{cd}
Gayakol	22.869	-	-	-	-	-	-
Ferulik asit	23.965	-	-	6.160±0.739 ^a	-	-	-
Kumarin	26.357	-	-	-	-	-	-
Rutin hidrat	26.951	-	-	-	-	6.597±0.109 ^b	7.004±0.777 ^a
2-hidroksi sinnamik asit	27.586	-	-	-	-	-	-
Myricetin	29.060	-	11.757±0.834 ^{bc}	-	-	-	-
Rosmarinik asit	30.666	-	16.422±0.945 ^{cd}	14.432±0.754 ^d	-	-	-
Kuersetin	32.118	-	-	-	-	-	-
trans-sinamik asit	32.373	-	2.445±0.688 ^c	2.378±0.734 ^c	-	-	-
Luteolin	32.983	4.429±0.709 ^a	-	-	-	-	-
Kaemferol	34.494	-	-	-	-	-	-
Chrysin	40.230	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.13 Bazı Türk salgı ve çiçek ballarında belirlenen fenolik asit ve flavonoidleri (µg/100g) (devam)

Fenolik Bileşikler	Ablkonma zamanı RT (dak)	ÇB13	ÇB14	ÇB15	ÇB16	ÇB17	ÇB18
Levulinik asit	6.561	-	-	-	-	-	-
Fumarik asit	7.516	80.713±0.406 ^l	70.399±0.228 ^l	15.002±0.421 ^s	76.266±0.376 ^k	441.484±0.359 ^a	51.749±0.663 ⁿ
Trans-aconic acid	9.022	-	-	-	-	-	-
Protokatesik asit	10.077	3.494±0.113 ^d	0.402±0.741 ^g	-	0.592±0.057 ^g	9.922±1.007 ^a	0.190±0.058 ^{gh}
Katekin hidrat	12.236	-	-	-	-	-	-
p-hidroksi fenil asetik asit (4-hidroksifenil) etanol	12.534	34.514±0.874 ^d	31.915±2.007 ^d	-	19.707±1.009 ^f	-	30.074±0.997 ^d
p-hidroksi benzoik asit	13.201	-	-	-	-	-	-
6.7-Dihidroksi kumarin	14.633	2.854±0.187 ^b	1.389±0.056 ^{de}	2.290±0.007 ^b	1.416±0.087 ^d	-	1.895±0.013 ^c
Klorojenik asit	15.886	-	-	-	-	-	-
Vanilik asit	16.647	0.901±0.333 ^b	-	-	-	-	-
3-hidroksi benzoik asit	17.169	0.707±0.117 ^{lg}	3.706±0.224 ^a	1.270±0.651 ^d	1.282±0.074 ^d	-	0.898±0.552 ^f
Vanilin	17.912	4.381±10734 ^b	-	-	-	-	-
p-Kumarik asit	19.608	0.471±0.111 ^a	-	-	-	-	-
Gayakol	22.582	0.017±0.097 ^b	0.012±0.021 ^d	0.015±0.004 ^c	0.017±0.054 ^b	-	0.012±0.007 ^d
Ferulik asit	22.869	-	-	-	-	-	-
Kumarin	23.965	-	-	-	-	-	6.135±1.117 ^a
Rutin hidrat	26.357	-	-	-	-	-	-
2-hidroksi sinnamik asit	26.951	-	-	-	-	-	-
Myricetin	27.586	-	-	-	-	-	-
Rosmarinik asit	29.060	-	-	-	-	11.966±0.834 ^{bc}	-
Kuersetin	30.666	-	17.719±1.078 ^c	-	-	16.651±1.107 ^{cd}	14.387±1.105 ^d
trans-sinnamik asit	32.118	-	-	-	-	-	-
Luteolin	32.373	-	-	-	-	-	-
Kaemferol	32.983	-	-	-	-	-	-
Chrysin	34.494	-	-	-	-	-	-
	40.230	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.13 Bazı Türk salgı ve çiçek ballarında belirlenen fenolik asit ve flavonoidleri (µg/100g) (devam)

Fenolik Bileşikler	Altkonma zamanı RT (dak)	ÇB19	ÇB20	ÇB21	ÇB22	ÇB23	ÇB24	ÇB25
Levulinik asit	6.561	-	-	-	-	-	-	-
Fumarik asit	7.516	19.547±0.774 ^r	42.000±1.089 ^o	165.894±0.150 ^c	183.768±0.328 ^b	149.188±1.148 ^d	76.879±0.171 ^k	91.210±0.297 ⁱ
Trans-aconitic acid	9.022	-	-	-	-	-	-	-
Protokateşik asit	10.077	0.012±0.111 ^h	1.838±0.014 ^f	1.075±0.056 ^f	5.036±0.983 ^b	4.921±0.877 ^c	0.007±0.003 ^{hi}	0.016±0.025 ^h
Katekin hidrat	12.236	-	-	-	-	-	-	-
p-hidroksi fenil asetik asit (4-hidroksifenil) etanol	12.534	11.081±0.024 ^g	-	23.415±0.332 ^e	40.155±0.748 ^c	10.324±0.547 ^g	27.011±0.108 ^{de}	18.491±0.654 ^f
p-hidroksi benzoik asit	13.201	-	-	-	-	-	-	-
6.7-Dihidroksi kumarin	14.633	1.032±0.021 ^f	26.330±1.417 ^a	1.278±0.877 ^f	1.940±0.174 ^c	1.645±0.526 ^d	0.899±0.744 ^g	-
Klorojenik asit	15.886	-	-	-	-	-	-	-
Vanilik asit	16.647	-	-	-	1.433±0.874 ^a	-	-	-
3-hidroksi benzoik asit	17.169	0.403±0.021 ^g	-	0.993±0.321 ^f	2.093±1.007 ^b	1.230±0.701 ^d	0.582±0.213 ^g	0.514±0.574 ^g
Vanilin	17.912	-	-	-	-	-	-	-
p-Kumarik asit	19.608	-	-	-	-	-	-	-
Gayakol	22.582	0.012±0.068 ^d	0.018±0.098 ^{ab}	-	0.013±0.109 ^d	0.017±0.087 ^b	0.016±0.096 ^c	-
Ferulik asit	22.869	-	-	-	-	-	-	-
Kumarin	23.965	-	-	-	-	-	6.171±0.578 ^a	-
Rutin hidrat	26.357	-	-	-	-	-	-	-
2-hidroksi sinnamik asit	26.951	-	-	-	-	-	-	-
Myricetin	27.586	-	-	-	-	-	-	-
Rosmarinik asit	29.060	-	-	-	9.985±0.230 ^c	-	-	-
Kuersetin	30.666	-	20.725±1.007 ^b	-	-	-	-	14.683±0.417 ^d
trans-sinamik asit	32.118	-	-	-	-	-	-	-
Luteolin	32.373	-	2.827±0.087 ^b	-	-	-	-	-
Kaemferol	32.983	-	-	-	-	-	-	-
Chrysin	34.494	-	-	-	-	-	-	-
	40.230	-	-	-	-	-	-	-

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek nem içeriği (% 17.80) ÇB17 kodlu Çanakkale balında, en düşük nem içeriği (% 13.25) ise ÇB7 kodlu Niğde balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama nem değeri % 15.25 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek briks değeri (% 85) ÇB9 kodlu Tunceli balında, en düşük briks değeri (% 80.91) ise ÇB17 kodlu Çanakkale balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama briks değeri % 83.05 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek pH değeri (4.88) ÇB20 kodlu Karabük balında, en düşük pH değeri (3.44) ise ÇB6 kodlu Elmadağ/Ankara balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama pH değeri 3.95 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek fruktoz (% 45.1) ve fruktoz/glukoz (1.6) değerleri ÇB22 kodlu Antalya balında, en yüksek glukoz (% 37.8) ve glukoz+fruktoz (% 78.6) değerleri ÇB17 kodlu Çanakkale balında, en yüksek maltoz değeri (% 4.1) ise, ÇB18 kodlu Bitlis ve ÇB23 kodlu İsparta ballarında tespit edilmiştir. Sükroz ise % 0.1 ile sadece ÇB19 kodlu Ankara, ÇB21 kodlu Bingöl ve ÇB24 kodlu Kayseri ballarında tespit edilmiştir. En düşük fruktoz (% 36.2), glukoz (% 27.9) ve fruktoz+glukoz (% 64.1) değerleri ÇB9 kodlu Tunceli balında, en düşük maltoz değeri (% 1.1) ise ÇB24 kodlu Kayseri balında gözlenmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama fruktoz değeri % 40.88, glukoz değeri 33.38, fruktoz/glukoz değeri 1.24, fruktoz+glukoz değeri % 74.26, sükroz değeri % 0.012 ve maltoz değeri ise % 2.91 olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek L değeri (28.00) ÇB7 kodlu Niğde balında, en düşük L değeri (19.75) ise ÇB6 kodlu Elmadağ/Ankara balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama L değeri 24.45 olarak

belirlenmiştir. En düşük a değeri (-0.56) ve en yüksek b değeri (2.85) ÇB3 kodlu Ordu balında, en yüksek a değeri (0.07) ÇB16 kodlu Elazığ balında, en düşük b değeri ise ÇB19 kodlu Ankara balında belirlenmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama a değeri -0.13, b değeri ise 1.21 olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek kül miktarı (% 0.59) ÇB15 kodlu Isparta balında, en düşük kül miktarı (% 0.068) ise ÇB2 kodlu İstanbul balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama kül miktarı % 0.178 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek antioksidan içeriği (50.98 mg AAE/100 g) ÇB4 kodlu Mersin balında, en düşük antioksidan içeriği (14.05 mg AAE/100 g) ise ÇB11 kodlu Hatay balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama antioksidan içeriği 28.01 mg AAE/100 g olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek serbest asitlik değeri (31.25 meq./kg bal) ÇB23 kodlu Isparta balında, en düşük serbest asitlik değeri (15.25 meq./kg bal) ÇB12 kodlu Kazan/Ankara balında, en yüksek laktonik asitlik değeri (8.45 meq./kg bal) ÇB10 kodlu Ağrı balında, en düşük laktonik asitlik değeri (3.65 meq./kg bal) ÇB13 kodlu Isparta balında, en yüksek toplam asitlik değeri (37.95 meq./kg bal) ÇB15 kodlu Isparta balında, en düşük toplam asitlik değeri ise (19.80 meq./kg bal) ise ÇB12 kodlu Kazan/Ankara balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarında ortalama serbest asitlik 20.64 (meq. / kg bal), laktonik asitlik 5.95 (meq. / kg bal) ve toplam asitlik 26.59 (meq. / kg bal) olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen verilere göre; 25 farklı çiçek balında toplam 150 adet aroma bileşeni elde edilmiştir. Ana bileşenler; benzeneacetaldehyde (22 adet balda), nonanoic acid (21 adet balda), octanoic acid (20 adet balda), benzoic acid (19 adet balda), acetic acid (18 adet balda), benzaldehyde (17 adet balda), ethanol (16 adet balda) dl-alanine ile benzoic acid, 2-ethylhexyl ester (15 adet balda), methyl 2-furoate (14 adet balda), nonanal ile hexanoic acid (13 adet balda), acetone ile decanal (12 adet balda), ethylhexanoic acid (12 adet balda) ve toluene (11 adet balda) olarak belirlenmiştir.

Çeşitlilik bakımından ÇB2 kodlu İstanbul ve ÇB18 kodlu Bitlis balında en çok (36 çeşit), ÇB4 kodlu Mersin ve ÇB16 kodlu Elazığ balında en az (12 çeşit) aroma bileşeni gözlenmiştir. Bazı bileşikler, sadece tek bir balda belirlenmiştir ve o balın orijin tespitinde önem taşımaktadır. ÇB1, ÇB7, ÇB11 ve ÇB22 kodlu ballarda herhangi bir markör bileşiğe rastlanmamıştır. Ayrıca sonuçlara göre; ‘acetone’ bileşiğine Doğu Anadolu Bölgesi’nden elde edilen balların hiçbirinde rastlanmamış ve ‘decanal’ bileşiğine ise rakımı yüksek olan bölgelerde rastlanmıştır.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek diastaz sayısı değeri (39.05) ÇB12 kodlu Kazan/Ankara balında, en düşük diastaz sayısı değeri (6.88) ise ÇB18 kodlu Bitlis balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama diastaz sayısı değeri 19.77 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek balları arasında en yüksek toplam fenolik madde miktarı (71.28 mg GAE/100g) ÇB4 kodlu Mersin balında, en düşük toplam fenolik madde miktarı (16.55 mg GAE/100g) ise ÇB11 kodlu Hatay balında tespit edilmiştir. Çiçek ballarına ait ortalama toplam fenolik madde miktarı 37.68 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere göre; çiçek ballarındaki fenolik asitlerden; fumarik asit tüm ballarda, protokateşik asit 24 balda, p-hidroksi fenil asetik asit ve p-hidroksi benzoik asit 22 balda, vanilik asit ve p-kumarik asit ise 21 balda tespit edilmiş, 2-hidroksi sinnamik asite hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. Flavonoidlerden katekin hidrat sadece ÇB11 kodlu balda, (4-hidroksifenil) etanol sadece ÇB3 kodlu balda, vanilin ve luteolin sadece ÇB1 kodlu balda tespit edilmiş, 6.7-dihidroksi kumarin, kumarin, kuersetin ve kaemferole ise hiçbir bal çeşidinde rastlanmamıştır. Çiçek ballarındaki fumarik asit miktarı yüksek konsantrasyonlarda bulunup geniş bir aralığa yayılmış (15.002-441.484 µg/100g), protokateşik asit miktarı düşük konsantrasyonlarda (0.007-9.922 µg/100g) bulunmuştur. Fumarik asit ve protokateşik asit miktarı bakımından en yüksek değer ÇB17 kodlu Çanakkale balında, trans-aconitic acid, p-hidroksi fenil asetik asit, myricetin, rosmarinik asit ve trans-sinamik asit bakımından en yüksek değer ÇB5 kodlu Düzce balında gözlenmiştir.

Aroma, farklı uçucu bileşenlerin bir araya gelerek oluşturduğu, tat ve kokudan ibaret olan gıdaların tüketici tarafından tercih edilmesinde en az görünüş ve tekstür özellikleri kadar büyük önem taşıyan bir hazzır. Bal, içerdığı çok sayıda aroma bileşeni ile kendine özgü bir lezzet profiline sahiptir. Ballı bitkiler florası yaygın olan ülkemizde ve dünyada balın üretimine paralel olarak tüketimi de hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, balın dünya ticaretindeki yerini etkileyerek, balı ülkelerin ekonomileri için önemli bir gelir kaynağı haline getirmiştir. Dünya bal ticaretinde ön plana çıkan bitkisel orijin, balın fiyatının belirlenmesinde çok büyük önem taşımakta, ancak bilinçsiz tüketicileri kandırmak amacıyla bu konuda çok fazla hileye başvurulmaktadır. Bu durumun önüne geçilmesi amacıyla, balların laboratuvar ortamında kimyasal özellikleri belirlenerek botanik ve coğrafi orijinine göre sınıflandırılması sağlanabilmektedir. Ancak, balın tüketici tarafından tercih edilmesinde, balın kimyasal özellikleri kadar tüketicinin duyu organlarının tatminini sağlaması da büyük önem taşımakta, bu durumda ise aroma maddeleri ön plana çıkmaktadır.

Bu amaçla balların aroma profilleri tespit edilerek, markör bileşiklere göre coğrafi sertifikasyonu yapıp, ait olduğu yörenin adı altında satışa sunulması mümkün olabilmektedir. Bu sayede kaliteli ürünler iç ve dış pazarda hak ettiği değeri görerek üretici emeğinin karşılığını alacak, bilinçlenen tüketiciler ise aldığı ürünü gönül rahatlığı ile tüketebilecektir.

Bu çalışmada Türkiye'nin çeşitli bölgelerine ait çiçek ballarının genel kalite kriterleri belirlenerek, bu balları birbirinden ayırt etmede balın aroma maddelerinden faydalanılmış ve bu sayede, bal tüccarlarına, balın paketlenildiği fabrikalarda çalışan işçilere, arıcılık ile uğraşan ve bal ihracatı yapan özel sektör ile kamu kuruluşlarına ve tüketicilerin bilinçlenmesi için düzenlenen çalışmalara büyük bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak; balların laboratuvar ortamında kimyasal analizlerinin yapılmasına ilaveten, aroma profillerinin de belirlenmesi, balların botanik ve coğrafi orijinlerinin tespitinde daha net sonuçlara ulaşılmasına imkan sağlayacaktır. Bu nedenle, laboratuvarlarda GC-MS ile aroma analizinin bir kalite parametresi olarak rutin analizlerde yer alması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aazza, S., Lyoussi, B., Antunes, D. ve Miguel, M. G. 2014. Physicochemical characterization and antioxidant activity of 17 commercial Moroccan honeys. *Int J Food Sci Nutr*, 65(4), 449–457.
- Abu-Tarboush, H., Al-Kahtani, H. ve EL-Sarrange, M. 1993. Floral type identification and quality evaluation of some honey types. *Food Chemistry*, (46), 13-17.
- Acar, L. 2017. Batman, Siirt Ve Şırnak Yöresi Ballarının Palinolojik Ve Fizikokimyasal Parametreler Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 177, Osmaniye.
- Agbagwa, O. E., Otokunfor, T. V. ve Nnenna, F. P. J. 2011. Quality assessment of Nigeria honey and manuka honey. *Microbiol Biotech Res*, 1(3), 20-31.
- Ajibola, A., Chamunorwa, J. P. ve Erlwanger, K. H. 2012. Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*, 9 (61), 2-12.
- Akalın, H. 2010. Farklı Tip Ballardan Üretilen Bal Şaraplarında Antioksidan Kapasite Ve Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 59, Ankara.
- Akbulut, M., Özcan, M. M. ve Çoklar, H. 2009. Evaluation of antioxidant activity, phenolic, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. *International Journal of Food Sciences And Nutrition*, 60 (7), 577-589.
- Akdeniz, G., Şahin, S., Yılmaz, Ö., Karataş, Ü., Karmaz, E., Kabakçı, D. ve Yaşar, N. 2013. Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller) ve Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Ballarının Mikroskobik Yapısı ve Biyokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 5(9), 22-25.
- Aljadi, A. M. ve Kamaruddin, M. V. 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*, (85), 513-518.
- Alpat, U. 2018. Çam Balının Fonksiyonel Ve Biyoaktif Özelliklerinin Ülkemizde Üretilen Diğer Önemli Ballarla Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 87, İstanbul.
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., González-Paramás, A. M., Damiani, E., Astolfi, P., Martínez-Sánchez, G., Bompadre, S., Quiles, J. L., Santos-Buelga, C. ve

- Battino, M. 2012. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. Food and Chemical Toxicology, 50 (5), 1508-1516.
- Alzahrani, H. A., Alsabehi, R., Boukraâ, L., Abdellah, F., Bellik, Y. ve Bakhotmah, B. A. 2012. Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. Molecules, 17 (9), 10540-10549.
- Andrade, P., Ferreres, F. ve Amaral, M. T. 1997a. Analysis of honey phenolic acids by HPLC, its application to honey botanical characterisation. J. Liq. Chrom. Related Technol, 20(14), 2281-2288.
- Anonim, 1990. TSE 3036 Bal Standartı Türk Standartları Enstitüsü, 20 s, Ankara.
- Anonim, 2002. TSE 3036. Bal Standartı Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/41318/42425/ts_3036-bal.pdf Erişim Tarihi: 03.06.19.
- Anonim 2005. T.C. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma Ve Kontrol Genel Müdürlüğü Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Bal Tebliği 2005/49. Ankara.
- Anonim 2018. Arıcılık. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Ürün No: 26. Ankara.
- Anonim 2019. Balın Tanımı Kalite Kontrolü ve Pazarlama Teknikleri power point pdf. Erişim Adresi: <http://www.ibt.gov.tr/tr-TR>, Erişim Tarihi: 04.06.2019.
- Anonim. 2020. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Resmi Gazete, Tebliğ No: 2020/7, Ankara.
- Anonymous.1990. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (15th edition). Arlington: Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Anonymous, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th edn., ed. P. Cunniff. AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
- Anonymous, 2019. Web: <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-flav/en/>. Erişim tarihi 30.12.2019.
- Anupama, D., Bhat, K. K. ve Sapna, V. K. 2003. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food Research International, (36), 183-191.
- Artık, N. ve Konar, N. 2018. Arı Ürünleri ve Apiterapi-1: Arı Ürünlerinden Bal, Arı Sütü ve Perga Bileşimi. Küçükersan MK, editör. Arıcılık, Arı Ürünleri ve Apiterapi. 1. Baskı. Türkiye Klinikleri; 2018. P.11-9. Ankara.

- Azeredo, L. C., De Souza, S. R. ve Dutra, V. M. L. 2003. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis Mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, (80), 249-254.
- Bağatar, B. 2011. Ticari *Saccharomyces Cerevisiae* Mayasının Emir Üzümünden Elde Edilen Şarabın Aroma Aktif Bileşikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, 94, Adana.
- Bağış, B. ve Akbakay, Z. 2017. Arıcılık Ve Bal Üretiminin Bingöl İli Ve Bölge Ekonomisi İçin Önemi. *İktisadiyat*, 1(1), 193-211.
- Batu, A., Küçük, E. ve Çimen, M. 2013. Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri Çiçek Ballarının Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değerlerinin Belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 52-62.
- Bayraktar, D. ve Altuğ-Onoğur, T. 2011. Investigation of the aroma impact volatiles in Turkish pine honey samples produced in Marmaris, Datça and Fethiye regions by SPME/GC/MS technique. *Int J Food Sci Technol*, (46), 1060-1065.
- Bayrambaş, K. 2012. Türkiye’de Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 80, Samsun.
- Belitz, H. D. ve Grosch, W. 1999. *Food Chemistry*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2nd Edition, pp.: 821-828.
- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. ve Facino, R. M. 2005. Standardization of Antioxidant Properties of Honey by a Combination of Spectrophotometric/Fluorimetric Assays and Chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, (533), 185-191.
- Bettar, I., Gonzalez-Miret, M. L., Hernanz, D., Marconi, A., Heredia, F. J. ve Terrab, A. 2015. Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. *Arabian Journal of Chemistry*, (In Press).
- Blasa, M., Candiracci, M., Accorisi, A., Piacentini, M. P., Albertini, M. C. ve Piatti, E. 2006. Raw Millefiori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*, 97(6), 217-222.
- Bogdanov, S. 1984. Characterization of antibacterial substances in honey, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 17(2), 74-76.
- Bogdanov, S. 2002. Harmonized methods of the international honey commission Swiss Bee Research Center, FAM, Liebfeld, CH-3003 Beren, Switzerland.

- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R. ve Gallmann, P. 2008. Honey for nutrition and health: a review, After: American Journal of the College of Nutrition, 27, 677-689, 2008.
- Bogdanov, S., 2009, Honey Composition, Bee Product Science, September 2009, 1-18.
- Bonvehı, J. S., Manzanares, A. B. ve Vilar, J. M. S. 2004. Quality evaluation of brom honey (*Spartocytisus supranubius* L) produced in Tenerife (The Canary Islands). J Sci Food Agric, (84),1097-1104.
- Boussaid, A.,Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsı, F., Ferrari, G. ve Hamdi, S. 2014. Physico chemical and Bioactive Properties of Six Honey Samples from Various Floral Origins from Tunisia. Arabian Journal of Chemistry.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutrition Reviews, (56), 317–333.
- Can, Z. 2014. Biyoaktiviteleri Yönünden Türkiye Florasına Ait Baskın Ballar İle Manuka Ballarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Can, Z., Yıldız, O., Şahin, H., Turumtay Akyüz, E., Silici, S. ve Kolaylı, S. 2015. An Investigation of Honeys: Their physico-chemical Properties, Antioxidant Capacities and Phenolic Profiles. Food Chemistry, (160), 33-141.
- Caner C. 2010. Bazı Özel Gıdalar İle Fermente Gıdaların Kalite Kontrolü. AÜ, Açık. Öğretim Fak, 2069, 1103(4).
- Castro-Vazquez, L., Alanon, M. E., Gonzalez-Vinas, M. A. ve Perez-Coello, M. S. 2012. Changes in the volatile fractions and sensory properties of heather honey during storage under different temperatures. Eur Food Res Technol, (235), 185-193.
- Cavia, M. M., Fernández-Muiño, M. A., Gómez-Alonso, E., Montes-Pérez, M. J., Huidobro, J. F. ve Sancho, M. T. 2002. Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. Food Chemistry, 78(2), 157-161.
- Chen, I., Mehta, A., Berembaum, M., Zangeri, A. R. ve Engeseth, N. J. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (48), 4997-5000.
- Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B. ve Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chemistry, (99), 381-387.

- Ciappini, M., Vitelleschi, M. ve 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.
- Cirilli, G., Papgheodghiu, A. ve Savigni, G. 1973. Chemical and nutritional characteristics of honey. *Industrie-Alimentari*, 12(4), 74-76.
- Cocco, L. F., Valentini, C., Novelli, V. ve Ceccon, L. 1996. High-performance liquid chromatography determination of 2-furaldehyde and 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in honey. *Journal and Cromatography A*, (749), 95-102.
- Conti, M. E. 2000. Lazio region honeys: a survey of mineral content and typical parameters. *Food Control*, 459-463.
- Cook, N. C. ve Samman S. 1996. Flavonoids: chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources, *Journal of Nutritional Biochemistry*, 7(21), 66–76.
- Crane, E. 1975. Honey: A comprehensive survey. Heineman (in coop with IBRA), 608 pp, London, UK.
- Cserh ti, T. 2010. Chromatography of Aroma Comounds and Fragrances. pp. 3. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Cuevas-Glory, L. F., Pino, J. A., Santiago, L. S. ve Sauri-Duch, E. 2007. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry*, (103), 1032-1043.
-  akır, H. E. 2016. Muğla İli Florasına Ait Püren Balının Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 94, Trabzon.
-  akır, S. 2016. Iğdır Ve Yöresinde  retilen Balların Bazı Fizikokimyasal  zellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 41, Iğdır.
-  etin, K., Alk n, E., Uçurum, H.  . 2011. Piyasada Satılan  i ek Ballarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (11), 49-56.
-  ınar, S. B. 2010. Türk  am Balının Analitik  zellikleri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 90, Ankara.
- Çiftçi, E. 2014. Konya Yöresel Yayla Bali İle Püren Balının Kalite Kriterleri Yönünden Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni Ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 56, Konya.
- Çiftçi, M. 2018. Konya Bölgesindeki Marketlerde Satılan Farklı Ticari  i ek Ballarının Bazı Kimyasal  zelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine Uygunluğunun

Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, 33, Konya.

Çoban, Ç. 2014. Ardahan Yöresinde Üretilen Bazı Bal Çeşitlerinin Biyokimyasal Analizi Ve *Saccharomyces Cerevisiae* Kültüründe Besinsel Değerinin Ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 67, Elazığ.

D'Arcy, B. R. 2005. Antioxidants in Australian flotal honeys-identification of healthenhancing nutrient component. Australian Government, Rural Industries Research and Development corporation (RIRDC), RIRDC publication No. 05 / 040, RIRDC project No. UQ-102A, Australia, pp. 94.

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

Derebaşı, E., Bulut, G., Col, M., Güney, F., Yaşar, N. ve Ertürk, Ö. 2014. Physicochemical and Residue Analysis of Honey From Black Sea Region of Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 23(1).

Doğan, M. 2007. Marketlerde ve Aktarlarda Satılan Balların Antioksidan ve Oksidan Kapasitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa.

Doğan, M. 2013. Ege bölgesinde üretilen hayıt ve çam ballarında ısıtma ve depolama süresinin hidroksimetilfurfural miktarı ve diastaz sayısı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, 107, Aydın.

Doğan, H. 2014. Çiçek Ballarının Kimyasal Fiziksel ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 72, Erzurum.

Doğaroğlu, M. 2007. Çiçekten Sofraya Balın Öyküsü. YKY Basımevi.1. Baskı. İstanbul.

Doner, L. W. 1977. The sugars of honey. Journal of the Science of Food and Agriculture, (28), 443–456.

Dusak, Y. F. 2018. Bitlis (Mutki) yöresinde üretilen bazı bal çeşitlerinin biyokimyasal analizi ile *candida albicans* kültüründe besinsel değerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Bitlis Eren Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 70, Bitlis.

Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M. ve Seijo, M. C. 2014. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. Food Chemistry, (149), 84-90.

- Fallico, B., Zappala, M., Arena, E. ve Verzea, A. 2004. Effect of conditioning on hmf content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, (85), 305-313.
- Feas, X., Pires, J., Iglesias, A. ve Estevinho, M. L. 2010. Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. *Food and Chemical Toxicology*, (48), 3462-3470.
- Ferek, Ö. 2016. Muğla İli Çam Ballarının Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namik Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 125, Tekirdağ.
- Ferreira, I. C. F. R., Aires, E., Barreira, J. C. M. ve Estevinho, L. M. 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114 (4), 1438-1443.
- Ferreres, F., Tomas-Barberan, F. A., Gil, M. I. ve Tomas-Lorente, F. 1991. An HPLC analysis in honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56, 49–56.
- Finola, M. S., Lasagno, M. C. ve Marioli, J. M. 2007. Microbiological and Chemical Characterization of Honeys From Central Argentina. *Food Chemistry*, 100, 1649–1653.
- Frankel, S., Robinson, G. E. ve Berenbaum, M. R. 1998. Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apiculture Research*, 37(1), 27–31.
- Gambacorta, E., Simonetti, A., Garrisi, N., Intaglietta, I. ve Perna, A. 2014. Antioxidant properties and phenolic content of sulla (*Hedysarum spp.*) honeys from Southern Italy. *International Journal of Food Science and Technology*, 49 (10), 2260-2268.
- Genç, F. 1993. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:149, Erzurum.
- Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P. ve Estevinho, L. 2010. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (2), 544-548.
- Gonzales, A. P., Burin, L. ve Buera, M. P. 1999. Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. *Food Research International*, 32, 185-191.
- Gül, A. 2008. Türkiye’de Üretilen Bazı Balların Yapısal Özelliklerinin Gıda Güvenliği Bakımından Araştırılması. Doktora Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, Hatay.

- Güler, Z. 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Üretilen Balların Kimyasal ve Duyusal Nitelikleri. Gıda Teknolojisi Dergisi, 30 (6), 379-384.
- Günarşlan, E. 2015. Van Yöresi Ballarının Fizikokimyasal Özellikleri Ve Biyolojik Aktivitelerinin Tespit Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Osmaniye.
- Günbey, V. S., Günbey, B., Güney, F. ve Yılmaz, Ö. 2010. Ordu İli Bal Üreticilerinden Elde Edilen Balların Biyokimyasal Yapısının İncelenmesi. Arıcılık Araştırma Dergisi, 2(4), 20-24.
- Gündoğan, M. 200. Muğla Yöresi Çam Ballarının Kimyasal Analizleri. Yüksek Lisans Tezi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 86, Muğla.
- Haroun, M. I. 2006. Türkiye’de Üretilen Bazı Çiçek ve Salgı Ballarının Fenolik Asit ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 120, Ankara.
- Hışıl, Y. ve Börekçioğlu, N. 1986. Balın Bileşimi ve Bala Yapılan Hileler. Gıda/The Journal of Food, 11(2).
- İslam, A., Khalil, I., İslam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S. A. ve Gan, S. H. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. BMC Complementary and Alternative Medicine, 12 (177), 1-10.
- Isidorov, V., Bagan, R., Bakier, S. ve Swiğcicka, I. 2015. Chemical composition and antimicrobial activity of Polish herbhoney. Food Chemistry, 171, 84-88.
- Jasicka-Misiak, I., Poliwoda, A., Deren, M., ve Kafarski, P. 2012. Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys. Food Chemistry, 131, 1149–1156.
- Juszczak, L., Socha, R., Roznowski, J., Fortuna, T. ve Nalepka, K. 2009. Physicochemical properties and quality parameters of herb honeys. Food Chemistry, 113, 538-542.
- Kaakeh, W. ve Gadelhak, G. G. 2005. Sensory Evaluation and Chemical Analysis of Apis mellifera Honey from the Arab Gulf Region. Journal of Food and Drug Analysis, 4, 331-337.
- Kaçaroğlu, N. 2011. Turunçgil Balının Aroma Profilinin Belirlenmesi ve Bunun Nektar Kaynakları ile ilişkisi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 111, Antalya.

- Kahraman, T., Büyükcinal, S. K., Vural, A. ve Altunatmaz, S. S. 2010. Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123 (1), 41-44.
- Kamal, A., Raza, S., Rashid, N., Hameed, T., Gilani, M., Qureshi, M. A. ve Brewey, K. N. M. 2002. Comparative Study of Honey Collected from Different Flora of Pakistan. *Online Journal of Biological Sciences*, 2 (9), 626-627.
- Kamal, M. A. ve Klein, P. 2011. Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi journal of biological sciences*, 18 (1), 17-21.
- Kaplan, H. B. 2014. Ege Bölgesi Ballarının Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 93, Denizli.
- Karabagias, I. K., Vavoura, M. V., Nikolaou, C., Badeka, A. V., Kontakos, S. ve Kontominas, M. G. 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. ve Yıldırım, Y. 2012. Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (3), 197-209.
- Karakoyun, Y. 2018. Adıyaman, Kahramanmaraş Ve Şanlıurfa Yörelere Ait Balların Palinolojik Ve Fizikokimyasal Parametreler Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 164, Osmaniye.
- 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, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 80, Bolu.
- Kaskomene, V. ve Venskutonis, P. R. 2010. Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (6), 620-634.
- Kaygusuz, H., Tezcan, F., Erim, F. B., Yıldız, O., Şahin, H., Can, Z. ve Kolaylı, S. 2016. Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis, *Lwt-Food Science and Technology*, 68, 273-279.
- Khalil, M. I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M. A., Islam, M. N., Sulaiman, S. A. ve Gan, S. H. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17, 11199-11215.

- Korkmaz, A. 2013. Anlaşılabilir Arıcılık. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Yayınları. Samsun .
- Lawless, H. T., Horne, J. ve Giasi, P. 1996. Asteringency of organic acids in related pH. Chemical senses, 21, 397–403.
- Maeda, S., Mukaı, A., Kosugi, N. ve Okada, Y. 1962. The flavor componerts of honey. J. Food. Sci. Technol. 9(7), 270–274.
- Manas, D. ve Altug, T., 2007. SPME/GC/MS and sensory flavour profile analysis for estimation of authenticity of thyme honey. International Journal of Food Science and Technology, 42, 133-138.
- Manzanares, A. B., Hernandez-Garcia, Z., Gonzales-Rodriguez, R. ve Santos-Vilar, J. M. 2008. Characterisation of honeydew honeys produced in Tenerife (Canary Islands). 1st World Honeydew Honey Symposium, 28-29.
- Marinova, M., Gurgulova, K., Kalinova, G., Todorov, M. 2008. Investigation on the honeydew honeys collected from the region of Strandja. 1st World Honeydew Honey Symposium, 26-27.
- Martos, I., Cossentini, M., Ferreres, F. ve Tomas-Barberan, F.A. 1997. Flavonoids composition of Tunisian honeys and propolis. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45(8), 2824–2829.
- Mato, I., Huidobro, J.F., Simal-Lozano, J. ve Sancho, M.T. 2006. Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis with direct ultraviolet detection. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54 (5), 1541-1550.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. ve Nacoulma, O. G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honeys, as well as their radical scavenging activity. Food Chemistry, 91, 571–577.
- Moreira, R. F. A. ve De Maria, C. A. B. 2005. Investigation of the aroma compounds from headspace and aqueous solution from the cambará (Gochnatia Velutina) honey. Flavour Frag J, 20, 13-17.
- Morrison, R. T. ve Boyd, R. N. 1992. Organic chemistry (1st ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall International, 657.
- Mutlu, C. 2016. Balın Biyoaktif Bileşenlerinin Korunarak Kurutulması Ve Üretilen Bal Tozlarından Soğuk İçecek Karışımı Hazırlama İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.

- Nanda, V., Sarkar, B. ve Sharma, H. 2003. Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 613-619.
- Nombre, I., Schweitzer, P., Boussim, J. I. ve Rasolodimby, J. M. 2010. Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Traditional Food Science*, 4 (7), 458 – 463.
- Oddo, L. P., Piazza, M. G., Sabatini, A. G. ve Accorti, M. 2004. Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26, 453–485.
- Orak, H. 1986. Yurdumuzun Değişik Yöre Ballarının Bileşimi ve Kristallenme Nedenlerinin Araştırılması. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 109, İstanbul.
- 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, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Ömür, B. 2015. Karadeniz Bölgesinde Üretilen Kestane (*Castanea Sativa* Mill.) Ballarının Biyokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 101, Ordu.
- Önalın (Ekiz), E. S. 2009. Bazı Bal Çeşitlerinde Uçucu (Aroma) Bileşiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ötleş, S. 1995. Bal ve Bal Teknolojisi (Kimyası ve Analizleri) Alaşehir Meslek Yüksekokulu Yayınları, Yayın No:2, Manisa.
- Özbek, H. 2003, Türkiye de Arılar ve Tozlaşma sorunu. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 41-44.
- Özcan, M. M. ve Ölmez, Ç. 2014. Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chemistry*, 163, 212-218.
- Özkök, A., D’arcy, B. ve Sorkun, K. 2010, Total Phenolic And Total Flavonoid Content Of Turkish Pine Honeydew Honey, *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(2).
- Özmen, N. ve Alkın, E. 2006. Balın antimikrobiyel özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 2006 (4), 155-160.
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K. ve Proestos, C. 2017. HMF and Diastase Activity in Honeys: A Fully Validated Approach and A Chemometric Analysis for Identification of Honey Freshness and Adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425-431.

- Perez, R. A., Brunete, C. S., Calvo, R. M. ve Tadeo, J. L. 2002. Analysis of Volatiles from Spanish Honeys by Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2633-2637.
- Persano Oddo, L. ve Piro R. 2004. Main European unifloral honeys: descriptive sheets, *Apidologie* 35 (1), S38–S81.
- Polat, G. 2007. Yüksek Lisans Tezi. Farklı lokasyon ve orijinlere sahip balların reolojik, fizikokimyasal karakteristikleri ve mineral içeriklerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Popescu, R., Geana, E. I., Dinca, O. R., Sandru, C., Costinel, D. ve Ionete, R. E. 2016. Characterization of the Quality and Floral Origin of Romanian Honey. *Analytical Letters*, 49(3), 411–422.
- Przybylowski, P. ve Wilezynska, A. 2001. Honey as Environmental Marker. *Food Chemistry*, 74, 289-291.
- Rahman, Z., Siddiqui, M. N., Khatun, M. A. ve Kamruzzaman, M. 2013. Effect of Guava (*Psidium guajava*) leaf meal on production performances and antimicrobial sensitivity in commercial broiler. *J. Natural Products*, 6, 177-187.
- Reineccius, G. A. 1994. Flavor analysis. In: *Source Book of Flavors*, Reineccius GA, (Ed) Chapman & Hall, New York, pp.24-60.
- Robbins, R. J. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866–2887.
- Roderick, J. W., Kevin R. M. ve Kerry L. A. 1999. Antibacterial phenolic components of New Zealand manuka honey. *Food Chemistry*, 64, 295-301.
- Rodriguez, G. O., Ferrer, B.S. ve Rodriguez, B. 2004. Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84(84), 499-502.
- Rodriguez-Malaver, A. J., Rasmussen, C., Gutierrez, M. G., Gil, F., Nieves, B. ve Vit, P. 2009. Properties of Honey from Ten Species of Peruvian Stingless Bees. *Natural Product Communications*, 4 (9), 1221-1226.
- Rodriguez, B. A., Mendoza, S., Iturriga, M. H. ve Castano-Tostado, E. 2012. Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys. *Journal of Food Science*, 71, 121-127.
- Russel, K.M. 1983. The antibacterial properties of honey. M.Sc. Thesis, University of Waikato, New Zealand.

- Sabatier, S., Amiot, M. J., Tacchini, M. ve Auberts, S. 1992. Identification of flavonoids in sunflower honey. *Journal of Food Science*, 57(3), 773–775.
- Saldamlı, İ. 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 3. Basım, 587 s. Ankara.
- Sancho, T. M., Muniata, S., Huidobro, F. J. ve Lozano, S. J. 1993. Aging of Honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 134-138.
- Sayılı, M. 2012. Tokat İlinde Tüketicilerin Arı Ürünleri Tüketim Durumları Ve Alışkanlıkları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü 60240 Tokat.
- Saxena S., Gautam, S. ve Sharma, A. 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118, 391-397.
- Seyyidoğlu, H. 2014. Dünya Bal Ticareti Ve Türkiye'nin Yeri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, (6), 12.
- Shafiq, H., Shahid, A. ve Farid, M. Z. 2014. Physico-chemical properties of honey Produced In The Central Region Of Punjab, Pakistan. *Life Sciences Leaflets*, 52, 40-51.
- Shahidi, F. ve Nacz, M. 1995. Food Phenolics, Chemistry, Effects, Applications. Technomic, USA.
- Sharma, A., Saxena, S. ve Gautam, S. 2010. Physical, Biochemical and Antioxidant Properties of Some Indian Honeys. *Food Chemistry*, 118, 391-397.
- Silici, S., Uluozlu, O. D., Tuzen, M. ve Soylak, M. 2008. Assessment of Trace Element Levels in Rhododendron Honeys of Black Sea Region, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 156 (1-3), 612-618.
- Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P. ve Andrade, P. B. 2009. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93, 73-77.
- Singh, N. ve Bath, P. K. 1997. Quality evaluation of different types of Indian honey. *Food Chemistry*, 58, 129-133.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. ve Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.

- Soria, A. C., Castro, I. M. ve San. J. 2003. Analysis of Volatile Composition of Honey by Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry, *Journal of Seperation Science*, 26, 793-801.
- Soria, A. C., Gonzales, M., De Lorenzo, C., Martinez-Castro, I. ve Sanz, J. 2004. Characterization of artisanal honeys from Madrid(Central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data. *Food Chemistry*, 85, 121-130.
- Sorkun, K. ve Başoğlu O. N. 2001. Physicochemical Characteristics and Composition Of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. Honey Produced In Turkey.
- Sorkun, K., Doğan, N., Gümüş, Y., Ergün, K., Bulakeri. N. ve Işık, N. 2002. Türkiye’de üretilen doğal ve yapay balların ayırt edilmesinde fiziksel, kimyasal ve mikroskopik analizleri. [http:// kackarbalı.blogcu.com](http://kackarbalı.blogcu.com).2013. *Mellifera*, 2–4, 13–21.
- Sorkun, K., Yılmaz, B., Özkırım, A., Özkök, A. ve Gençay, Ö. 2011. Yaşam için Arılar. Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayın No:4. 135s, Ankara.
- Sorkun, K., Yılmaz, B., Akyol, E. ve Özkırım, A. 2014. Yaşam için arılar. Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği, Ankara.
- Spilioti, E., Jaakkola, M., Tolonen, T., Lipponen, M., Virtanen, V., Chinou, I., Kassi, E., Karabournioti, S. ve Moutsatsou, P. 2014. Phenolic acid composition, antiatherogenic and anticancer potential of honeys derived from various regions in Greece. *Plos one*, 9 (4), 1-10.
- Steeg, E. ve Montag, A. 1987. Aromatic carboxylic acids of honey. *Zeitschrift für Lebensmittel-Unterssuehung und-Forschung*, 184, 17–19.
- Stephens, J., Greenwood, D., Fearnley, L., Bong, J., Schlothauer, R. ve Loomes, K. 2015. Honey production and compositional parameters. Processing and Impact on Active Components in Food. Chapter 81, 675-680.
- Sunay, A. E. ve Boyacıoğlu, D. 2008. Türk çam balının belirleyici özellikleri. 1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. 25-27 Kasım, Muğla.
- Şahin, G. 2019. Bazı Bal Çeşitlerinin Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırma. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Ankara.
- Şahinler, N., Şahinler, S. ve Gül, A. 2001. Hatay yöresi ballarının bileşimi ve biyokimyasal analizi. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 93-108.
- Şahinler, N., Şahinler, S. ve Gül, A. 2004. Biochemical composition of honeys produced in Turkey. *Journal of apicultural research*, 43(2), 53-56.

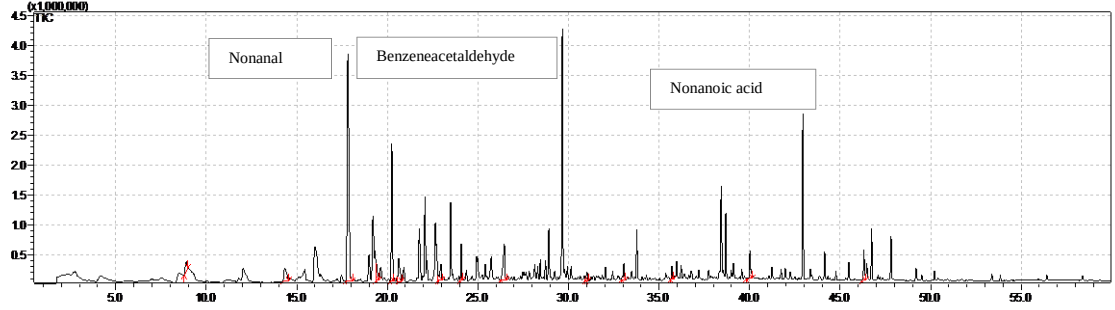
- Şahinler, N. ve Gül, A. 2005. Effect heating and storage honey hydroxymethylfurfural and diastase activity. *Journal of Food Technology*, 3, 152-157.
- Tapia-Campos, E., Castaneda-Saucedo, M. C., Ramirez-Anaya, J. D., Macias-Macias, J. O., Barajas-Perez, J. S., Tapia-Gonzalez, J. M. ve Alaniz-Gutierrez, L., 2017. Physical-Chemical Characterization, Phenolic Content and Consumer Preferences of Apis Mellifera Honey in Southern Jalisco, Mexico. *Interciencia*, 42 (9), 603-609.
- Terrab, A., Dí'ez, M. J., Heredia, F. J. 2003. Palynological, Physico-Chemical and Colour Characterization of Moroccan Honeys: III. Other Unifloral Honey Types. *Int. J. Food Sci. Technology*, 8, 395–402.
- Tezcan, F., Kolayli, S., Ulusoy, H. S. E. ve Erim, F. B. 2011. Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50 (1), 33-40.
- Tolon, B. 1999. Muğla ve Yöresi Çam Ballarının Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Tornuk, F., Karaman, S., Öztürk, G., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdica, O., Dogan, M. ve 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 Ballarındaki Eser Element İçeriğinin AAS ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 125, Muğla.
- Tosun, M. ve Keleş, F. 2004. Balda Yapılan Hileleri Belirleme Yöntemlerinin Uygunluğunun Araştırılması. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 121, Erzurum.
- Tuberoso, C. I. G., Jerkovic, I., Sarais, G., Congiu, F., Marijanovic, Z. ve Kus, P. M. 2014. Color Evaluation of Seventeen European Unifloral Honey Types by Means of Spectrophotometrically Determined CIE L*C*abH°ab Chromaticity Coordinates. *Food Chemistry*, 145, 284–291.
- Tuncer, M. 2018. Ambalaj Kaplarının Balın Biyokimyasal Yapısına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 64, Muğla.
- 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, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 172, Tekirdağ.

- Tutsuno, T., Shirotori, T., Iwaida, M. ve Kawashiro, I. 1968. Determination of harmful. Metals in Foods, 8. lead and copper content in honey. Eisei Kagaku, 14(6), 327-329.
- Türk, G. 2019. Adana İlinin Değişik Rakımlı Bölgelerinden Elde Edilen Geven Balının Aroma Bileşiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 106, Nevşehir.
- Uçkun, O. 2011. Narenciye ve Geven Ballarının Aroma ve Aroma Aktif Bileşiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 90, Adana.
- Ülker, H. 2016. Süzme Ballarda GC-MS Metodu İle Naftalin Kalıntısının İncelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Hijyeni Ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- Verzera, A., Campisi, S., Zappala ve M., Bonaccorsi, I. 2001. SPME-GC-MS analysis of honey volatile components for the characterization of different floral origin. American Laboratory, 18-21.
- White, J. W. 1975. Composition of Honey. In: Honey: A Comprehensive Survey, Crane, E. (Ed.). Heinemann, London, pp: 157-206.
- White, J. W. 1978. Honey. Advances in Food Research, 24, 287-374.
- White, J. W. 1979. Composition of honey, in A Comprehensive Survey Honey. pp.157-194, Eds. Crane E., Bee Research Association, Morrison and Gibb. Ltd., London.
- White, J. W. ve Braynt, V. M. 1996. Assessing citrus honey quality ; polen and methly antranilate content. J. Agric. Food Chem. 4(11), 3423-3425.
- White, J. W. 2003. Honey, in The Hive and The Honey Bee, pp.869-918, Eds. Graham, J.M., Dadant and Sons. Inc. Ohio.
- Wilczynska, A. 2010. Phenolic Content and Antioxidant Activity Of Different Types of Polish Honey – A Short Report. Pol.”, Journal of Nutrition and food sciences, 60(4), 309-313.
- Wolski, T., Tambor, K., Rybak-Chmielewska, H. ve Kedzia, B. 2006. Identification of honey volatile components by solid phase microextraction (spme) and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Journal of Apicultural Science. 50(2).
- Yalçın, I. 2015. Osmaniye Yöresi Ballarının Palinolojik ve Fizikokimyasal Parametreler Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 168, Osmaniye.

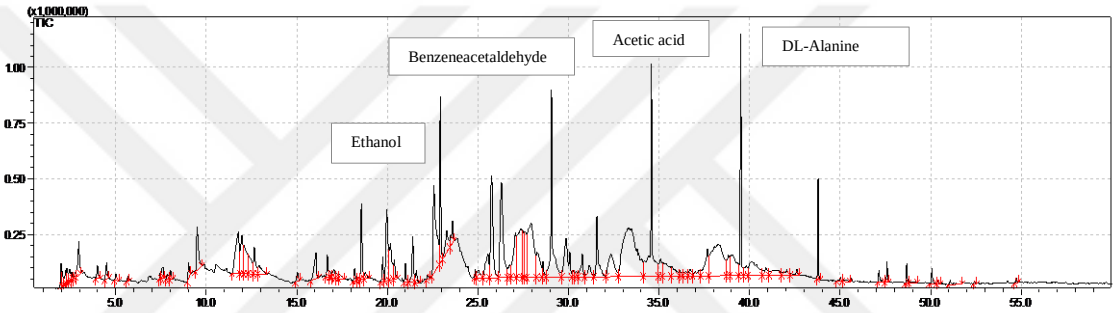
- Yao, L., Jiang, Y., Singanusong, R., D'Arcy, B. R., Datta, N., Caffin, N. ve Raymont, K. 2004b. Flavonoids in Australian *Melaleuca*, *Guioa*, *Lophostemon*, *Banksia*, and *Helianthus* honeys and their potential for floral authentication. *Food Research International*, 37, 166–174.
- Yardibi, M. F. 2008. Tekirdağ Yöresinde Üretilen Ayçiçeği Ballarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 59, Tekirdağ.
- Yıldırım, A. 2013. Bingöl ili ballarının fenolik bileşiklerinin antioksidan ve antimikrobial etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 108, Bingöl.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. ve Kolaylı, S. 2010. Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, 8(6), 44-51.
- Yıldız, E. 2019. Balda Hidroksimetil Furfural Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Karaman.
- Yılmaz, H. ve Küfrelioğlu, İ. 2001. Composition of honeys collected from eastern and south-eastern anatolia and effect of storage on hydroxymethylfurfural content and diastase activity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 347-349.
- Young, I. S. ve Woodside, J. V. 2001. Antioxidants in Health and Disease, *Journal of Clinical Pathology*, 54, 3, 176-186.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E. ve Verzera, A. 2005. Methods for the determination of HMF in honey. *Food Control*, 16, 273-277.
- Zhou, Q., Wintersteen, C. L. ve Cadwallader, K. R. 2002. Identification and quantification of aroma-active components that contribute to the distinct malty flavor of buckwheat honey. *J Agric Food Chem*, 50, 2016-2021.

EKLER

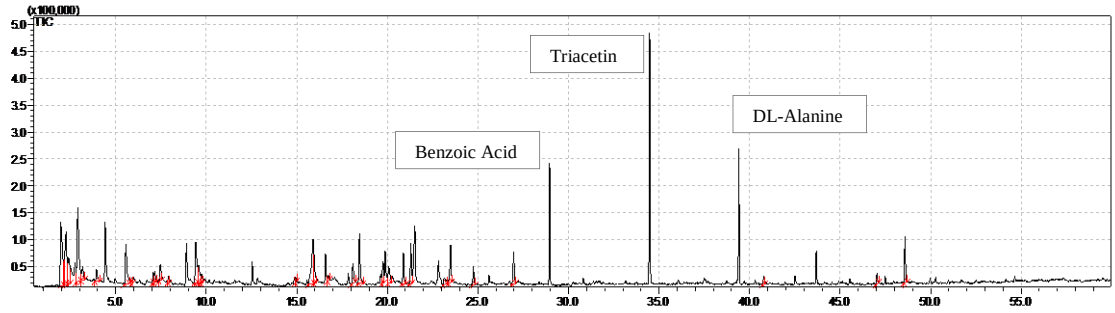
EK 1 GC-MS ile Yapılan Aroma Tayininde Bal Örneklerinin Kromatogramları



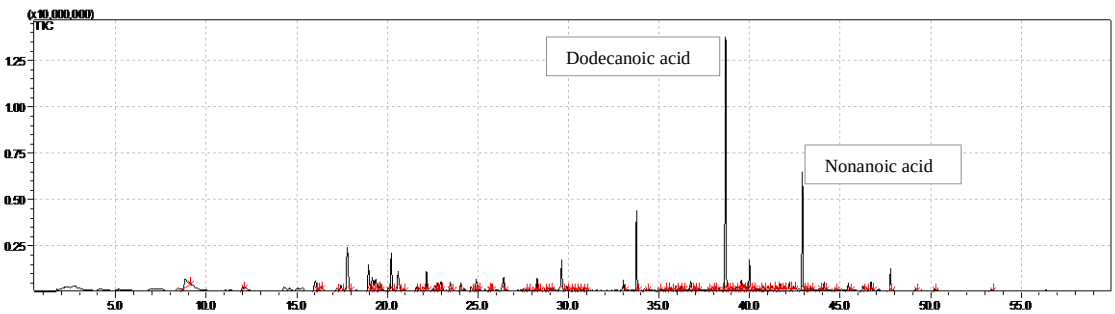
ÇB1 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



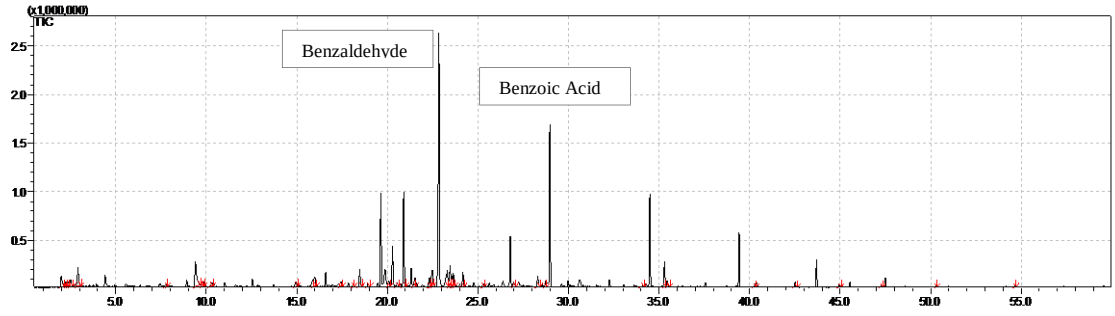
ÇB2 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



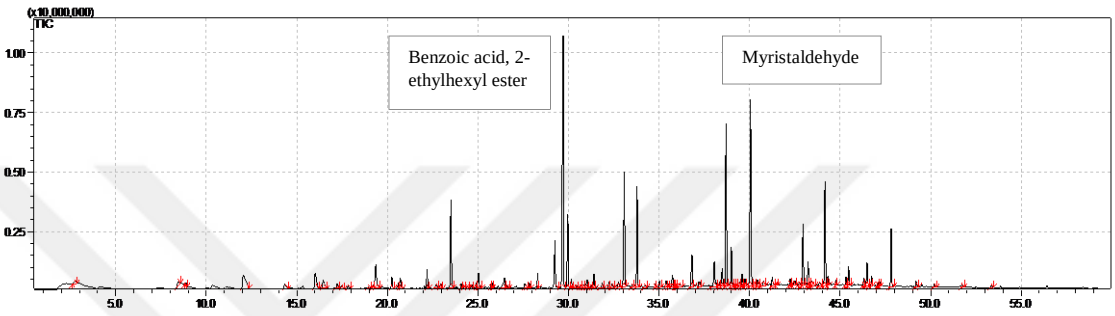
ÇB3 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



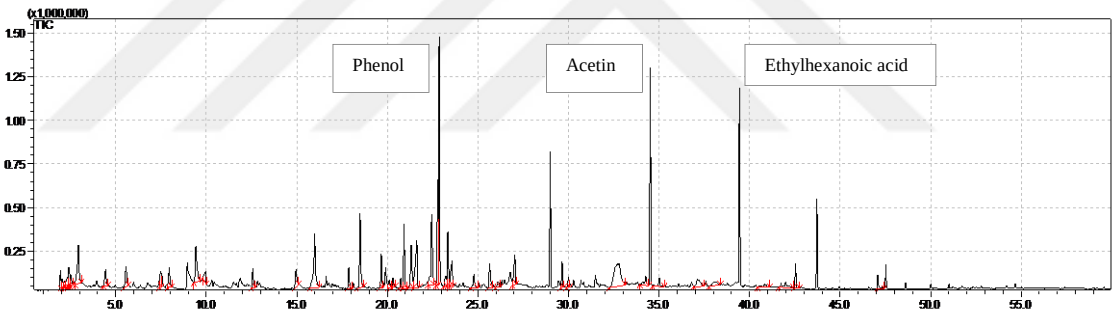
ÇB4 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



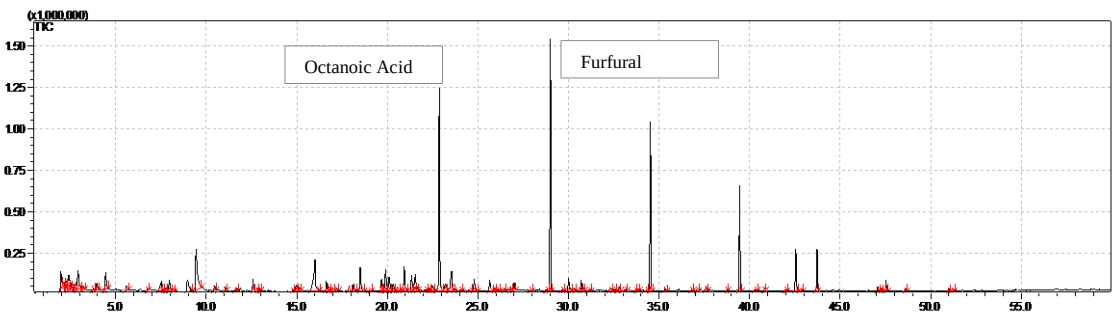
ÇB5 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



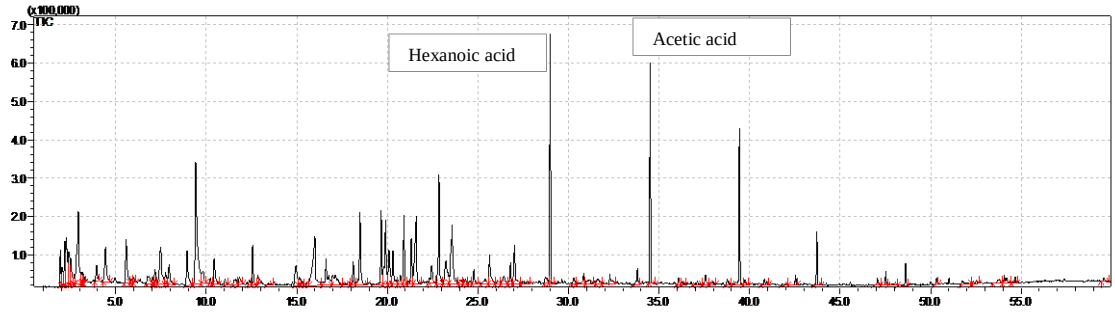
ÇB6 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



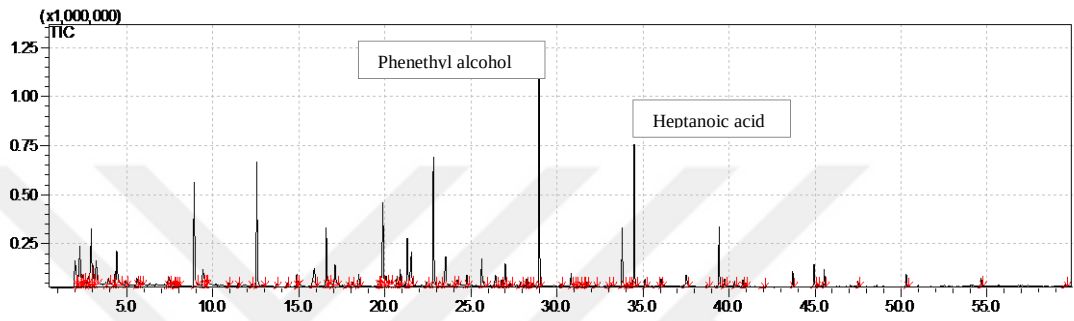
ÇB7 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



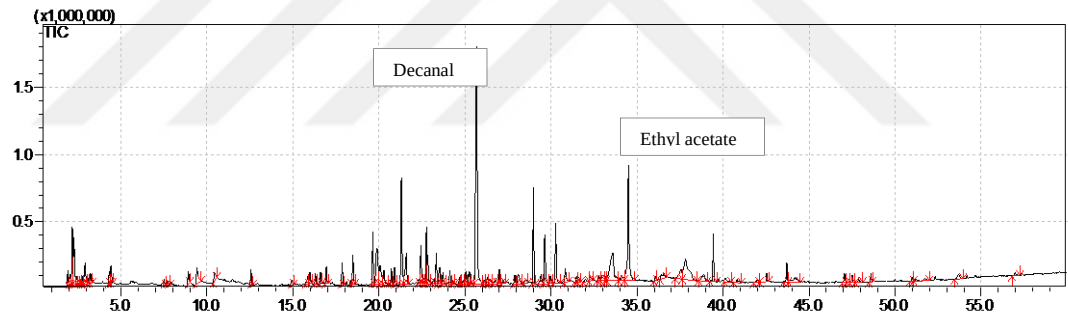
ÇB8 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



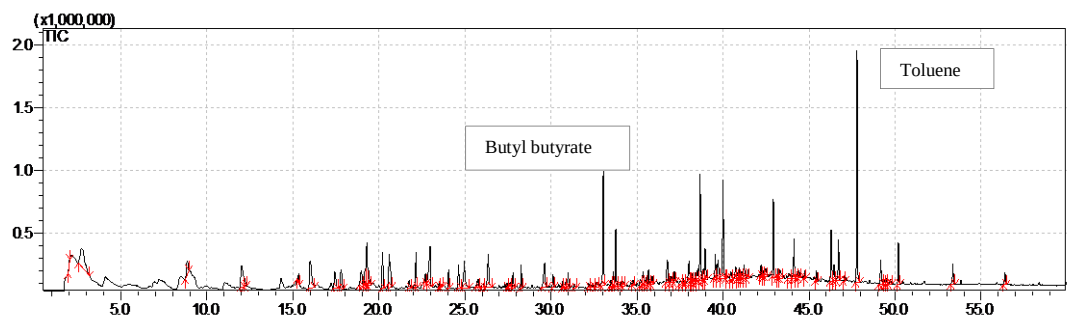
ÇB9 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



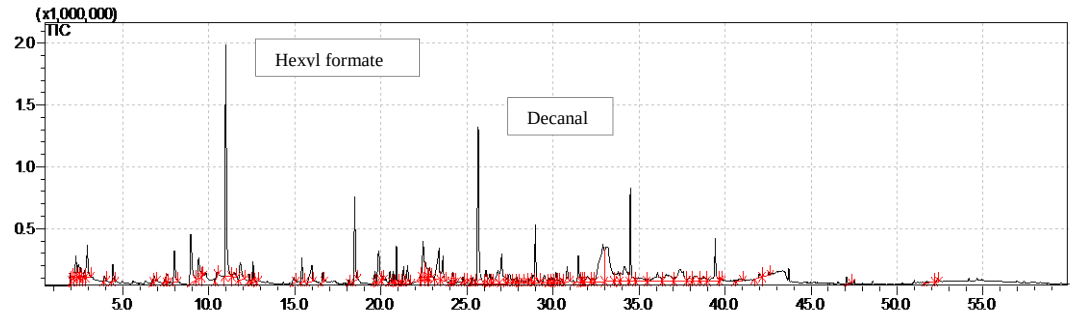
ÇB10 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



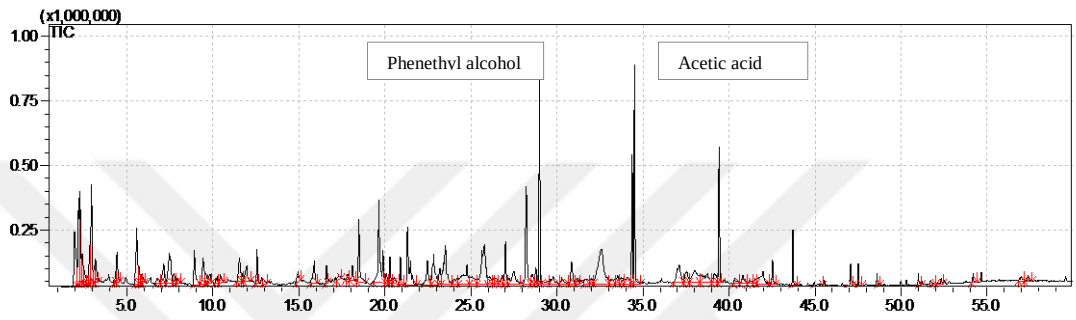
ÇB11 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



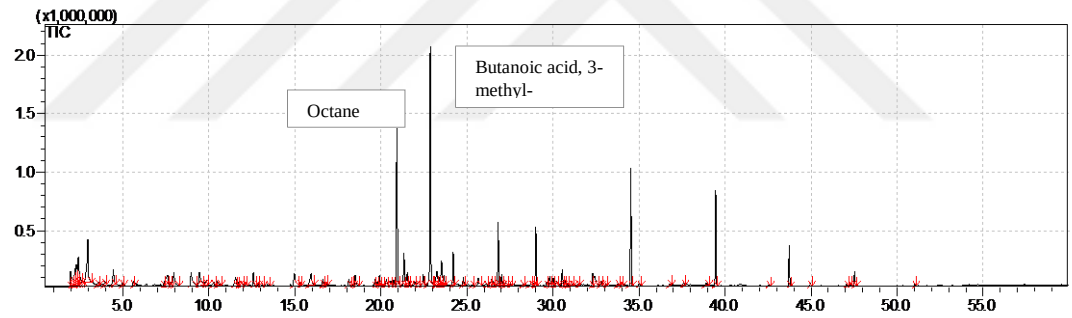
ÇB12 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



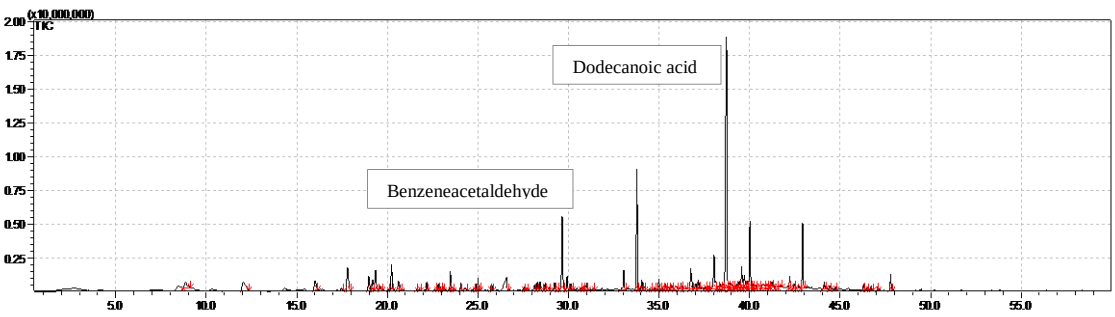
ÇB13 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



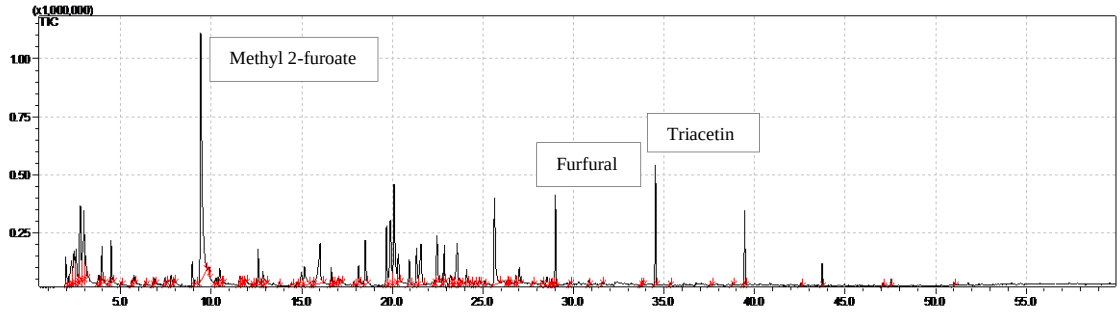
ÇB14 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



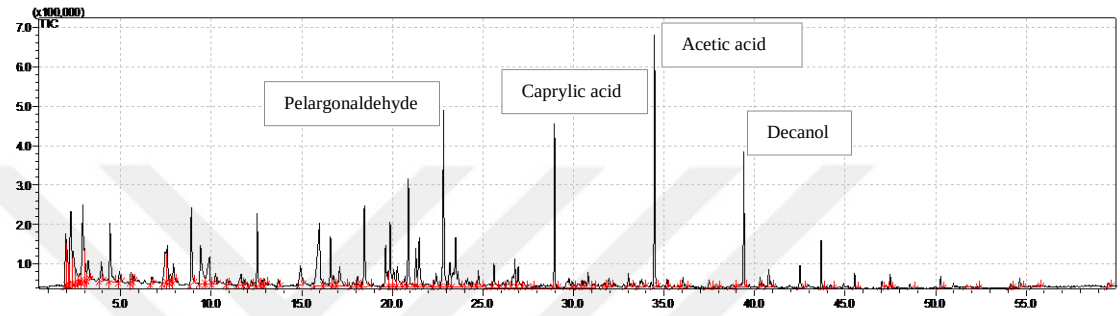
ÇB15 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



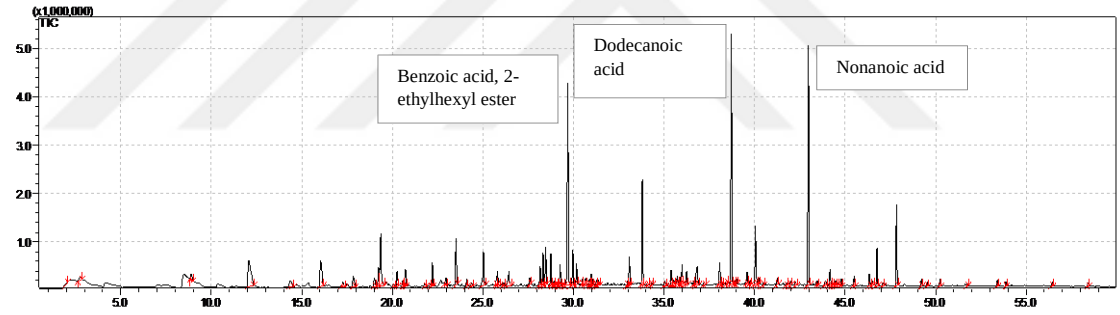
ÇB16 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



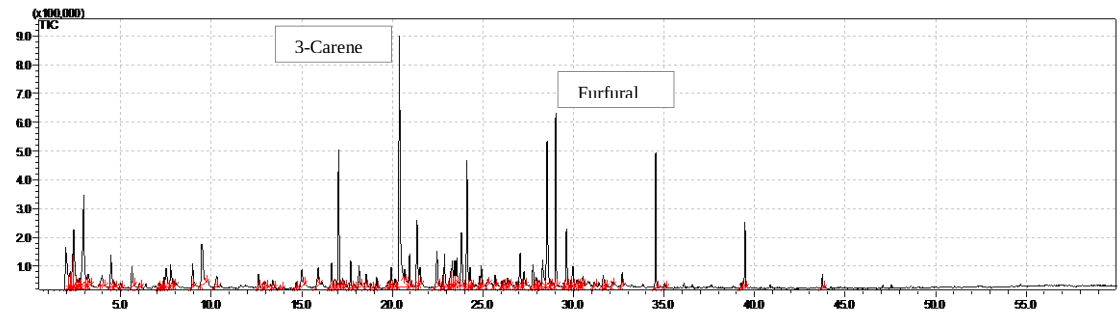
ÇB17 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



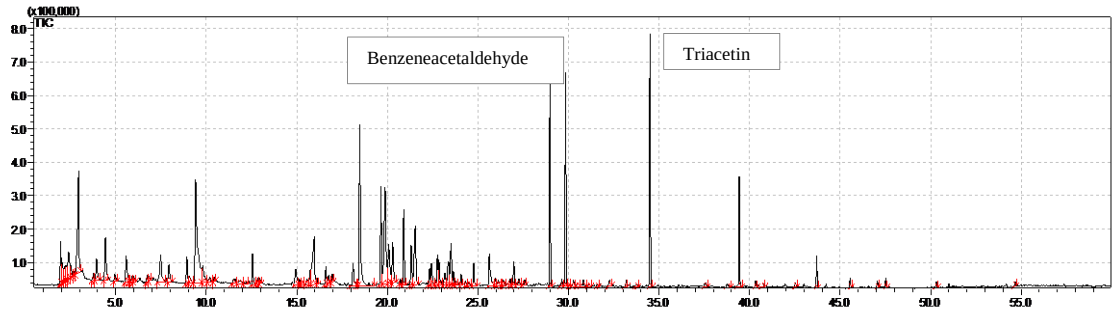
ÇB18 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



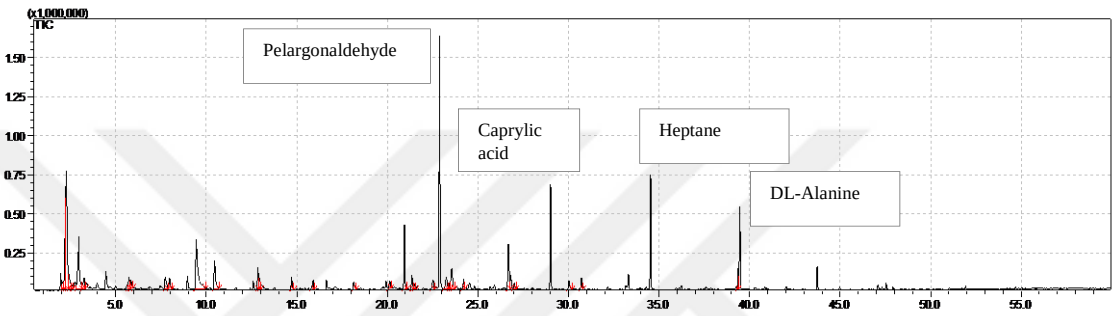
ÇB19 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



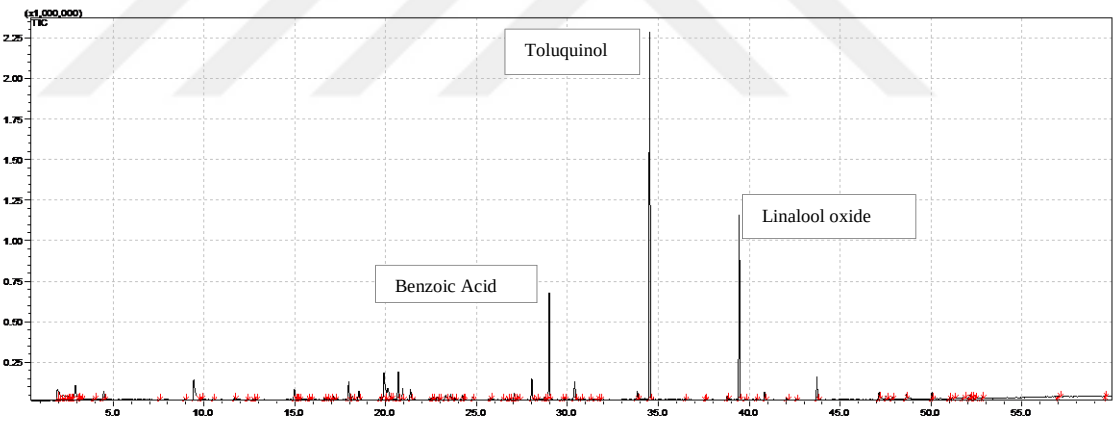
ÇB20 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



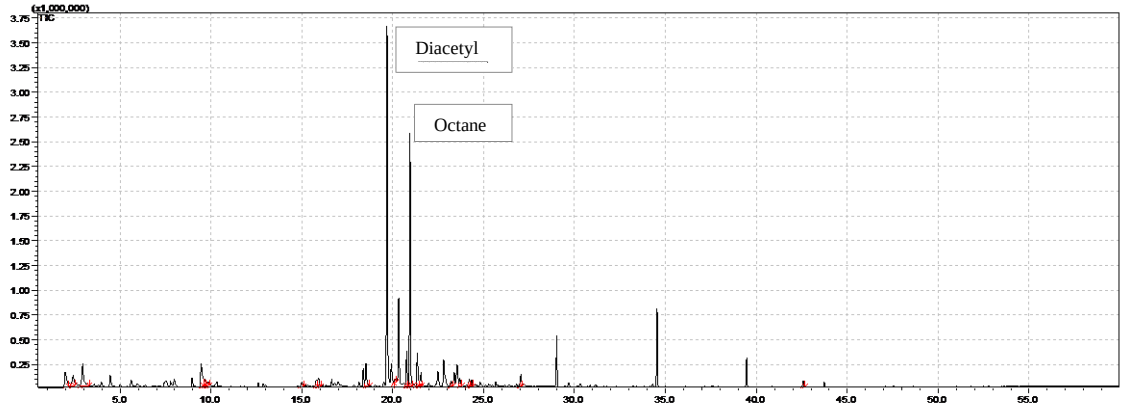
ÇB21 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



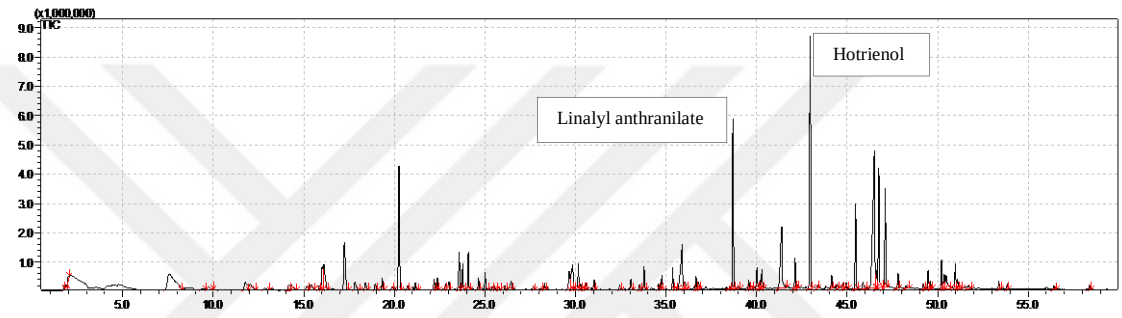
ÇB22 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



ÇB23 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



ÇB24 kodlu balın aroma analizi kromatogramı



ÇB25 kodlu balın aroma analizi kromatogramı

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nur Efşan DURMAZ

Dogum Yeri : Bolvadin/AFYON

Dogum Tarihi : 01/02/1984

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : ingilizce

Eğitim Durumu

Lisans : Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2008)

Yüksek Lisans: Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2012)

Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Temmuz 2020)

Çalıştığı Kurum ve Yılı

Bingöl Üniversitesi (2009-2014)

Ankara Üniversitesi 2014-2020---