

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADANA İLİNİN DEĞİŞİK RAKIMLI BÖLGELERİNDEN
ELDE EDİLEN GEVEN BALININ AROMA
BİLEŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Gürkan TÜRK**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Mayıs 2019
NEVŞEHİR**

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADANA İLİNİN DEĞİŞİK RAKIMLI BÖLGELERİNDEN
ELDE EDİLEN GEVEN BALININ AROMA
BİLEŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Gürkan TÜRK**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Mayıs 2019
NEVŞEHİR**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN danışmanlığında **Gürkan TÜRK** tarafından hazırlanan “**Adana İlinin Değişik Rakımlı Bölgelerinden Elde Edilen Geven Balının Aroma Bileşiklerinin Belirlenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

30.05/2019

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Serkan SELLİ

Üye : Prof. Dr. Haşim KELEBEK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 10.07.2019 tarih ve 41-418 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

10.07.2019
Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kuralların sınırları içerisinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Gürkan TÜRK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince akademik manada bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, desteğini daima aldığım, çok kıymetli Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN'e çok teşekkür ederim. Tezimin değerlendirilmesinde jüri olarak görev alan ve katkılarını sunan Sayın Prof. Dr. Serkan SELLİ'ye ve Sayın Prof. Dr. Haşim KELEBEK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bal numunelerinin temininde yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen sayın Dr. Aykut BURGUT'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Bal numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde desteklerini esirgemeyen Arı Gıda Laboratuvarı Ltd. Şti. yönetimine ve Sayın Burcu SEZEN'e, aroma ekstraktlarının enjeksiyonu için GC-MS-FID cihazının kullanımına izin veren Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Okan ÖZKAYA'ya, teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında desteklerini gördüğüm Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, öğrencilerine ve değerli meslektaşım Neslihan USLANMAZ'a teşekkür ederim.

Desteklerini daima hissettiğim ve bugüne gelmemde maddi manevi büyük katkılar yapan çok değerli annem ve babama, beni bu süreçte hiçbir zaman yalnız bırakmayan canımdan kıymetli eşime ve varlıkları ile gurur duyduğum çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ADANA İLİNİN DEĞİŞİK RAKIMLI BÖLGELERİNDEN ELDE EDİLEN GEVEN BALININ AROMA BİLEŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gürkan TÜRK

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

ÖZET

Bu çalışmada Adana ilinin farklı rakımlı (620 metre, 1050 metre ve 1700 metre) bölgelerinden elde edilen geven balının fiziko-kimyasal özellikleri ile aroma bileşikleri üzerine rakımın etkisi araştırılmıştır. Ballarda aroma maddelerinin ekstraksiyonu sıvı sıvı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ballardaki aroma maddelerinin miktarlarının tanımlanmasında ve hesaplanmasında GC-MS-FID tekniği kullanılmıştır. Bal numunelerinde yükselti sırasına göre toplamda 54, 48 ve 49 adet aroma maddesi tespit edilmiştir. Aroma maddelerinin toplam miktarı 620 metre rakımdan elde edilen geven balında 14600,50 µg/kg, 1050 metre rakımdan elde edilen geven balında 29882,90 µg/kg, 1700 metre rakımdan elde edilen geven balında 16372,89 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Bal örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri uçucu asitler olurken, bu bileşikleri sırasıyla furanlar, pıranlar ve alkoller takip etmiştir. Genel olarak rakımın yükselmesiyle alkol bileşiklerinin miktarının, toplam aroma miktarı içerisinde oran olarak azalış gösterdiği, lakton bileşiklerinin ve norizoprenoid bileşiklerinin toplam miktarının düşük rakımlardan elde edilen geven ballarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Geven Balı, Rakım, Aroma Maddeleri, GS-MS-FID*
Tez Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN
Sayfa Numarası: 89

**DETERMINATION OF AROMA COMPOUNDS OF ASTRAGALUS HONEY
OBTAINED FROM DIFFERENT ALTITUDE IN ADANA**

(M. Sc. Thesis)

Gürkan TÜRK

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

May 2019

ABSTRACT

In this study, the effect of the altitude on the aroma compounds and physicochemical properties of astragalus honeys obtained from the 620 m, 1050 m and 1700 m height areas of adana province was investigated. Aroma compounds were extracted by liquid-liquid extraction technique. The identification and concentration of aroma compounds were done by GC-MS-FID technique. A total of 54, 48 and 49 aroma compounds were determined in honey samples in order of altitude. The total amount of aroma compounds were determined 14600,50 µg/kg in the honey obtained from 620 meters altitude, and 29882,90 µg/kg in the honey obtained from 1050 meters altitude and 16372,89 µg/kg in the honey obtained from 1700 meters altitude. The most abundant aroma substances in honey samples were volatile acids, followed by furans and pyranes and alcohols. Generally, it was found that the amount of alcohol compounds decreased in proportion to the total amount of aroma with the increasing of altitude, and the total amount of lactone compounds and norisoprenoid compounds was higher in the honeys obtained from low altitudes of region.

Keywords: Astragalus honey, Altitude, Aroma Compounds, GS-MS-FID,

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Kemal ŞEN

Page Number: 89

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
RESİMLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
BÖLÜM 1	1
1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Polen Oranı.....	5
2.2. Elektriksel İletkenlik	6
2.3. pH ve Asitlik	6
2.4. Nem İçeriği.....	6
2.5. Prolin Miktarı	6
2.6. Karbon İzotop Oranı.....	7
2.7. Diastaz Sayısı	7
2.8. Hidroksimetilfurfural.....	7
2.9. Şeker İçeriği	7
2.10. Balın Genel Bileşimi	8
2.11. Balda Bulunan Aroma Maddeleri ve Aroma Aktif Bileşikler.....	12

BÖLÜM 3	20
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Bal Örneklerinde Yapılan Fiziko-kimyasal Analizler	20
3.2.1. Polen Oranı	20
3.2.2. Kuru Madde Tayini	21
3.2.3. Elektriksel İletkenlik	21
3.2.4. pH ve Toplam Asitlik.....	21
3.2.5. Nem Oranı	21
3.2.6. Prolin Miktarı Tayini	21
3.2.7. Diastaz Sayısı	22
3.2.8. HMF Analizi	22
3.2.9. Şeker Bileşenleri Analizi.....	23
3.2.10. Karbon izotop ve C4 şeker oranı.....	23
3.3. Bal Örneklerinde Aroma Maddelerinin Analizi	24
3.3.1. Aroma Maddeleri Ekstraksiyonu	24
3.3.2. GC-MS-FID Koşulları	26
3.3.3. Aroma maddelerinin miktarlarının hesaplanması	28
3.4. Bal Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi.....	28
3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler	30
BÖLÜM 4	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1. Balların Genel Bileşimi	31
4.2. Geven Ballarının Aroma Maddeleri Bileşimi	37
4.2.1. Aldehitler ve ketonlar.....	46
4.2.2. Alkoller	47
4.2.3. Esterler	49

4.2.4.	Furanlar ve piranlar	50
4.2.5.	Laktonlar	51
4.2.6.	Norizoprenoidler	52
4.2.7.	Terpen ve terpenoidler	53
4.2.8.	Uçucu asitler.....	56
4.2.9.	Uçucu fenol bileşikleri	57
4.2.10.	Uçucu kükürtlü bileşikler	58
4.3.	Geven Ballarının Duyusal Değerlendirmesi.....	58
BÖLÜM 5	63
6. KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	89
EKLER	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Ballarda Aroma Maddelerinin Ekstraksiyonu [50].....	26
Şekil 3.2. Lezzet Profil Analizi Formu	29
Şekil 3.3. Aroma Profil Analizi Formu.....	30
Şekil 4.1. Geven Ballarının Lezzet Profil Analizi.....	59
Şekil 4.2. Geven Ballarının Aroma Profil Analizi	60



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. Geven Balı Numuneleri	20
Resim 3.2. Diklorometan Çözgeni ile Aroma Ekstraksiyon İşlemi	24
Resim 3.3. Azot Gazı Altında Karıştırma İşlemi	25
Resim 3.4. Aroma Maddelerinin Konsantrasyon İşlemi	25
Resim 3.5. GC-MS Sistemi	28



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Geven Ballarının Fiziko-kimyasal Analiz Sonuçları	31
Tablo 4.2. Adana ilinin farklı rakımlı bölgelerinden alınan geven ballarının aroma maddeleri.....	38



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
GC	: Gaz Kromatografisi
MS	: Kütle Spektrometresi
FID	: Alev İyonizasyon Dedektörü
GC-O	: Gaz Kromatografisi-Olfaktometri
HS	: Tepe Boşluğu Ekstraksiyon Yöntemi
SPME	: Katı Faz Mikro Ekstraksiyon Yöntemi
SPE	: Katı Faz Ekstraksiyon Yöntemi
USE	: Ultrason Destekli Ekstraksiyon
LPA	: Lezzet Profil Analizi
FD	: Aroma Seyreltme
ADEA	: Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi
PCA	: Temel Bileşen Analizi
DIN	: Alman Standartlar Enstitüsü
HMF	: Hidroksimetilfurfural
SIRA	: Karbon Stabil İzotop Oranı Analizi
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

DAD : Diyet Dizinli Dedektör

RID : Refraktif İndeks Dedektörü



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Arıcılık, Apoidea familyasında yer alan böcek türlerinden oluşan arıların bir kısmının (bal arısı) bitkisel kaynaklardan yararlanarak bal, polen ve arı sütü gibi ürünlerin üretimini içeren, kendine özgü sosyo-ekonomik yapısıyla tüm dünyada ve ülkemizde gerçekleştirilen yaygın faaliyetlerden birisidir [1]. Bal arılarının hem yaşam şekilleri hem de ürettikleri ürünün hammaddelerini doğadan toplamaları sebebiyle arıcılık, doğaya bağımlılığı yüksek olan hayvancılık faaliyetlerinden biridir [2]. Arıcılık, toprağa bağlı kalınmaksızın deniz seviyesinden binlerce metre yükseğe kadar çiçeğin bulunduğu her yerde ve çeşitli tarım kolları ile birlikte uyumlu olarak yapılabilmektedir [3].

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)'nın 2017 yılı verilerine göre tüm dünyada toplam 90.999.730 adet kovan bulunduğu bildirilmektedir [4]. En yaygın tarımsal faaliyet kollarından biri olan arıcılık, günümüzde tüm dünyada yapılmaktadır. Dünya çapındaki toplam kovan sayısının % 20'sinden fazlasına Hindistan ve Çin sahiptir. Bu iki ülkenin ardından Türkiye 7.796.666 adet kovan varlığı ile üçüncü sırada yer almaktadır [4].

Yaşayan canlılar içinde varlığı en eskilere hatta insanın var oluşundan 20 milyon yıl öncelerine uzanan türlerin başında yer alan canlı, bal arısıdır [5]. Bal arıları binlerce çiçekten topladıkları nektarı, kendi vücutlarından salgıladıkları bir takım enzimlerle karıştırıp, fiziksel ve kimyasal değişime uğratarak petek gözlerinde oldukça dayanıklı, kıvamlı ve besin değeri yüksek bir gıda maddesi olarak depolarlar [6]. Arılar tarafından üretilen bal, dünyada ticareti yapılan ve ekonomik değeri olan bir gıda maddesidir [7].

Bal için farklı tanımlamalar mevcuttur. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bal tebliğinde “Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün” biçiminde ifade edilmiştir [8]. Bal standardı da; “Bitkilerin çiçeklerinden ya da diğer canlı kısımlarından salgılanan nektarın ve bitki üzerinde yaşayan bazı böceklerin, bitkilerin canlı kısımlarından yararlanarak salgıladığı tali maddelerin, bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından

toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırması sonucunda meydana gelen doğal ve tatlı bir ürün” tanımı ile tebliğe benzerlik göstermektedir [9]. White ve arkadaşları tarafından ise, bal arıları tarafından (*Apis mellifera* Ligustica, *Apis dorsata* Fabricius) bitkilerin nektar ve tatlı salgılarından elde edilerek, değişime uğratılan ve peteklerde depolanan, su oranı % 25’i, kül oranı % 0.25’i, sakkaroz miktarı % 8’i geçmeyen ve polarize ışığı sola çeviren bir madde olarak tanımlanmaktadır [10].

FAO verilerine göre 2017 yılında dünya genelinde 1.860.172 ton bal üretilmiştir. En büyük üretici konumunda olan Çin’den sonra Türkiye, 114.471 ton bal üretimi ile dünyada ikinci sırada yer almaktadır [4]. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2018 verilerine göre, ülkemizdeki bal üretimi 107.920 ton olarak gerçekleşmiştir [11].

Ülkemizde ballarda çeşitliğin oluşması üzerinde; bitkilerin çiçeklenme dönemlerinin farklı olması, her bölgenin kendine has çevre koşullarının bulunması, farklı ekolojik şartlarda birçok arı ırk ve ekotipi ile sürekli polen ve nektar sağlayan çok çeşitli floral kaynakların bulunması gibi nedenler oldukça etkilidir. Ülkemizde bölgesel açıdan bir değerlendirme yapıldığında; Akdeniz Bölgesinde narenciye ve geven balı; Ege Bölgesinde çam balı; Karadeniz Bölgesinde kestane, ıhlamur, ormangülü balları; Marmara Bölgesinde ayçiçeği balı; İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde poliflora yayla balları; Ege ve Güneydoğu Bölgesinde ise pamuk balı üretimi yapıldığı bilinmektedir [12]. Bunlar içerisinde Akdeniz Bölgesi’nin en önemli bal üretiminin gerçekleştiği il Adana’dır. 2018 yılı verilerine göre Adana’nın bal üretimi 10.941 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu bakımdan Adana ülkemizin yıllık bal üretiminin yaklaşık % 9.6’sini karşılamaktadır [11].

Tüketici açısından değerlendirildiğinde kalite, bir malın kullanımındaki uygunluktur. Bir gıdayı başka bir gıdadan ayırt etmeye yarayan, tüketicinin tercihinde rol oynayan ve ölçülüp değerlendirilebilen özelliklerin hepsi gıda kalitesi olarak tanımlanabilir. Tüketicilerin gıdalarda aradığı önemli özelliklerin başında dış görünüş, renk, yapı ve lezzet gelir. Aslında lezzetin bir ögesi olan aroma, yine tüketicilerin gıdalarda aradığı önemli özelliklerden biridir [7]. Gıda maddelerinin lezzeti; o gıdanın içerisinde bulunan birçok molekülden ve tat, koku, aroma, ağız hissi, doku gibi duyuların bileşiminden meydana gelmektedir. Tat hissi dil üzerindeki ve ağız boşluğundaki tat hücreleri

tarafından algılanan kimyasal bir algıdır. Bununla beraber, lezzetin önemli bir kısmının, ağız boşluğundan genizdeki koku hücrelerine ulaşan uçucu bileşenler (aroma maddeleri) tarafından oluşturulduğu kabul edilmektedir [13].

Aroma maddelerinin kalite üzerinde belirleyici bir rolü bulunmaktadır. Bu bileşiklerin miktarları nanogramdan ve miligrama kadar geniş bir aralıkta değişebilmektedir. Bununla birlikte, aroma maddeleri çok düşük konsantrasyonlarda dahi duyuşsal olarak algılanabilirler. Bu bileşiklerin miktarının belirlenebilmesinde, Gaz kromatografisi (GC) tanımlanmalarında ise GC-kütle spektrometresi (MS) cihazları kullanılmaktadır [14].

Çeşitli bileşiklerden oluşan aroma, gıdaların duyuşsal özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Balın aroması nektar kompozisyonundan ve çiçek kaynağından çok fazla etkilenir [15]. Balın aroması uçucu bileşiklerden, şekerlerden, aminoasit ve diğer asitlerden, tanenlerden, uçucu olmayan iz miktardaki maddelerden ve bitki kaynağına ait glikozid ve alkaloid bileşiklerden kaynaklanabilmektedir. Aroma profili balın organoleptik kalitesi ve ürünün orijinalliğinde önemli bir kriterdir. Yüksek miktardaki uçucu bileşikler aroma profilini temsil ederler ve bunlar o ürünün orijinini belirlemede parmak izi gibi görev yaparlar [16].

Asya'nın yarı kurak ve kurak bölgelerinde yetişen geven bitkisi baklagiller (Fabaceae) familyasının Astragalus cinsi içinde sınıflandırılmaktadır. Geven bitkisi zengin bitki florasına sahip olan ülkemizin, Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgesi'nin 1300-3500 metre yükseltilerinde, İç Ege ve Toroslar'ın 1300-2300 metre yükseltilerinde, dağ yamaçları ve orman steplerinde dağılım göstermektedir. Geven bitkisine özellikle ülkemizin dağlık yörelerinde sıkça rastlanılmaktadır [17]. Yaklaşık 2500 türü bulunan geven bitkisi (Leguminosae-Papilionoideae) çok geniş yayılım göstermektedir [18]. Yastık biçiminde kümeler oluşturan geven bitkisi tüysü yapraklara, sivri uçlu ve oval yaprakçıklara; genellikle öbekler halinde toplanan beyaz, mor, sarı veya pembe renkli çiçeklere sahiptir. Ayrıca bu bitkide, çeşitli büyüklük veya biçimlerde meyveler ve dikenler de bulunmaktadır [19].

Ülkemizde doğal olarak yetişen çok sayıda geven bitkisi türü bulunmasına rağmen sadece gevenin birkaç türü nektarlı bitki olarak tanımlanmaktadır. Çok yıllık bir bitki türü olan gevenin nektarlı türlerinin çiçekleri, nektarsız olanlara kıyasla daha

gösterişlidir. Su renginde nektarı olan geven bitkisinin bal kalitesi bitki türüne göre farklılık göstermektedir. Geven bitkisinin bal arıları için zehirli olan türleri de bulunmaktadır [19]. Dünya çapında meşhur Anzer balının kalitesine yakın olan geven balı, damak tadı ve kokusu bakımından zengin olması nedeniyle arıcılar tarafından en çok tercih edilen kaynaklardan biridir. Arıcıların ifadesi ile kokusu, kendine özgü kalitesi ve tadı bakımından üstün özelliklere sahip Şemdinli balının ana maddelerinden birisi geven bitkisidir. Bu bitkinin çiçeklerinin etrafa yaydığı koku bu ifadenin doğruluğunu göstermektedir [20].

Özellikle tüketici için satın alma tercihlerinde balın coğrafi orijini ve aroması büyük rol oynadığından balların aroma içeriği ve coğrafi bölgesinin tescili önem arz etmektedir. Geven balı ülkemizin değişik yörelerinde üretilmekte olan bir bal çeşididir ve üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak üretilen geven balının aroması üzerinde rakımın etkisi araştırılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı; Adana ilinin değişik rakımlı (620 metre, 1050 metre ve 1700 metre) bölgelerinden 2017 yılında sağlanan geven balının kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikleri ile aroma bileşikleri üzerine yükseltinin etkisini araştırmaktır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bal kimyasal olarak % 70-80 şeker, % 10-20 su, organik asitler, mineral, vitamin, protein ve serbest aminoasit gibi bileşiklerden oluşur [21]. İçeriğinde asitler, flavonoidler, vitaminler, mineraller, balmumları, pigmentler, enzimler, polen taneleri ve aroma bileşikleri bunların yanı sıra glikoz, sakkaroz, fruktoz, maltoz, diğer polisakkarit ve oligosakkaritler gibi karbonhidrat bileşimlerini içeren üstün besin değeri olan bir gıda olarak da tanımlanabilir [22].

Bal; arıların fizyolojik, kimyasal ve enzimatik aktiviteleri ile oluşur. Balın olgunlaşarak uzun süre dayanabilecek bir gıda haline gelmesi polendeki nemin uzaklaşmasıyla mümkün olmaktadır. Dayanıklı bir gıda olan balın bileşimi, nektarın kaynağı ve dış etkenler olmak üzere iki ana faktörden etkilenir. Dış etkenler iklim, toprak, yükseklik ve arıcının üretim metodu olarak sıralanabilir [23].

Ballar elde edildikleri kaynağa, üretim ve pazarlama şekillerine göre sınıflandırılabilir. Üretim ve pazarlama şekline göre petekli bal, süzme bal, petekli süzme bal, sızma bal, pres balı, filtre edilmiş bal olarak sınıflandırılmaktadır. Elde edildikleri kaynağa göre ballar çiçek veya nektar balı, salgı balı olarak sınıflandırılır [11]. Bal renklerine göre beyaz, amber, altın ve koyu şeklinde nem oranına göre birinci sınıf ballar (en fazla % 17.8), ikinci sınıf ballar (en fazla % 18.6) ve üçüncü sınıf ballar (en fazla % 20) şeklinde sınıflandırılmaya da tabi tutulabilir [5].

Kaliteli balın belirlenmesinde polen oranı, elektriksel iletkenlik, pH, toplam asitlik, nem içeriği, prolin miktarı, karbon izotop oranı, diastaz sayısı, HMF içeriği ve şeker miktarı gibi kriterler kullanılır.

2.1. Polen Oranı

Bal, içerisinde bulunan polenlerin oranlarına göre sınıflandırılır ve bu oranlara göre ballar; dominant, sekonder, minör ve eser polen olarak 4 grupta değerlendirilmektedir. Tek bir bitkiye ait % 45 ve daha fazla polen içeren ballar dominant polen bal olarak sınıflandırılırken, % 16-44 arası polen içerenler sekonder, % 3-15 polen içerenler minör, ve % 3'ten az polen içerenler eser polen bal olarak sınıflandırılmaktadır [24].

2.2. Elektriksel İletkenlik

Balda elektrik iletkenliği balın botanik orijininin belirlenmesi için kullanılan karakteristik bir parametredir. Elektriksel iletkenlik daha çok salğı ve çiçek ballarını birbirinden ayırt etmek için kullanılır [25].

2.3. pH ve Asitlik

Bal asidik yapıdadır ve pH'sı 3.5-5.5 arasında değişir [21]. Balın karakteristik aromasına asitlik katkı sağlar. Bal asitliği mikroorganizmalara karşı stabiliteyi artırır [26]. Balda bulunan enzimler asit oluşturabilmektedir. Yüksek miktarda enzime sahip ballar daha yüksek oranlarda asit oluşturabilmektedir [25]. Balda en fazla bulunan asit glukonik asittir. Balda glikoz oksidaz enziminin faaliyeti sonucu glukonik asit oluşur. Asetik, bütirik, sitrik, laktik, maleik, pirüvik, tartarik, malik, oksalik, süksinik asitler de balda bulunabilir. Balın olgunlaşması arıların bala formik asit ilave etmesiyle olur [23].

2.4. Nem İçeriği

Baldaki nem miktarı fermantasyon ve granülasyona karşı stabilite için çok önemlidir. Olgunlaşmış bal normal olarak % 18.6'nın altında nem içerir [26]. Nem içeriği balın kovandaki olgunluk derecesi ve hasat mevsimi ile yakından ilişkilidir. Balın nem miktarına sıcaklık, yağış, süzme işlemi ve pazarlama sırasındaki işlemler, nektardaki nem miktarı, hava durumu, koloni büyüklü ve nektarın salgılanma hızı gibi faktörler etki etmektedir. Nem balın raf ömrü için çok önemlidir. Yüksek nem oranı hem kristalizasyona hem de mikrobiyal bozulmaya neden olduğu için raf ömrünü düşürmektedir [25].

2.5. Prolin Miktarı

Prolin miktarı balın toplam aminoasit seviyesinin bir ölçüsüdür ayrıca bala şeker ilavesinin saptanabilmesi için bir gösterge ve balın olgunluğunun tahmin edilebilmesi için bir kriterdir [27]. Balın cinsine bağlı olarak değişmekle birlikte protein miktarı arıdan ve bitkiden kaynaklanmaktadır. Balda protein içeriği prolin miktarı ile belirlenir çünkü balda bulunan proteinin % 80-85'ini prolin oluşturur [25]. İçeriğinde 15 kadar aminoasit bulunan balın bileşiminde yüksek miktarda prolin tespit edilmiştir. Bunu lizin ve glutamik asit takip etmektedir [23].

2.6. Karbon İzotop Oranı

Bala şeker kamışı veya mısır şurubu katkısıyla yapılan hilelerin tespiti karbon stabil izotop oranı analizi (SIRA: stable isotope ratio analysis) ile yapılmaktadır. SIRA, doğada yüksek miktarda bulunan (%99) ^{12}C izotopu ile daha az bulunan (%1) ^{13}C izotopu arasındaki oranın tespit edilmesini sağlamaktadır [25]. Bu analizde bitki tipleri tarafından üretilmiş karbondaki farklı fotosentetik çevrimlerle az miktarda üretilen ^{13}C içeriği ölçülmektedir. Pek çok gıda Calvin çevrimi (C_3) yaparak -25% ' e yakın ^{13}C değeri verirler. Kamış ve mısır Hack-Slack (C_4) çevrimi yapan bitkiler olduğu için ^{13}C değerleri -10% civarındadır. IRMS ile kesintisiz olarak izotopik ölçümler yapılarak balların $\delta^{13}\text{C}$ değeri -23.2% ile -24.6% arasında bulunmuştur. $\delta^{13}\text{C}$ değeri bala C_4 şekeriyle yapılan hileyi kanıtlamak için her zaman yeterli değildir. $\delta^{13}\text{C}$ değeri bal proteini ile korelasyon içindedir ve protein değeri bir iç standart olarak kullanılabilir. Hileli bal numuneleri için $+1.1\%$ 'den -0.9% ' e kadar bir değer ölçülür ve daha eksi farklar C_4 bitki şekeri ile yapılan hileyi gösterir. Bu şekilde hile tespit limiti $\%7$ olarak belirtilmiştir. Bu yöntemle pancar şekeri (C_3 bitki şekeri) ile yapılan hileler kesin olarak tespit edilememektedir [28].

2.7. Diastaz Sayısı

Balda bulunan enzimler nektarın işlenmesi sırasında bitki nektarı veya arının boğaz ve salya salgısından kaynaklanır [25]. Balda amilaz, glikoz oksidaz, invertaz gibi enzimler bulunur. En aktif olan enzim invertazdır. Amilaz (diastaz) nişasta ve dekstrinleri şekere çevirir [23]. Balda hile veya bala uygulanan herhangi bir ısıl işlem olup olmadığı diastaz enziminin miktarındaki azalmayla belirlenebilir [26].

2.8. Hidroksimetilfurfural

Ballardaki HMF asitli ortamda heksozların dekompozisyonu ile oluşur. Balda HMF varlığı depolama, ısıtma ve invert şeker ilavesi ile olabilmektedir [23]. Bala ısıl işlem uygulanması vitaminlerin, besin maddelerinin ve diastaz aktivitesinin azalmasına neden olurken HMF miktarının da artışına sebep olabilir [25].

2.9. Şeker İçeriği

Bal karbonhidratlarının $\% 85-90$ ' ı fruktoz ve glikoz'dan oluşmaktadır. Sakkaroz bal

arılarının salgıladığı invertaz enzimi yardımıyla invert şekere dönüştüğünden balda bulunan şekerlerin önemli bir kısmı indirgen şeker olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak balların tamamında en fazla bulunan monosakkarit fruktoz'dur. Glikozun ise karahindiba balı, kolza balı ve mavi büklüm balında fruktoza göre biraz daha fazla bulunduğu ifade edilmektedir [23].

2.10. Balın Genel Bileşimi

Consuelo Perezarquillue ve arkadaşları, 1994 yılında İspanya biberiye ballarında yaptıkları çalışmada 27 adet bal örneğinin fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar balların fiziko-kimyasal özelliklerinden nem içeriğinin %16.8, elektrik iletkenliğinin 1.55 mS/cm, HMF değerinin 3.0 mg/kg, diastaz aktivitesinin 18.0 ve toplam asitliğin 17.2 meq/kg ortalama değerlerinde olduğunu bildirmişlerdir [29].

Terrab ve arkadaşları, 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada Fas'tan elde edilen okaliptüs balının polen, renk ve fiziko-kimyasal karakterini belirlemişlerdir. Araştırmada 29 bal numunesinin içinde prolin, su, pH, şeker içeriği, mineral, renk gibi parametrelerin de bulunduğu toplam 28 fiziko-kimyasal analiz yapılmıştır. Araştırmacılar polen analizlerinde %75-%90 arasında okaliptüs poleni tespit ettiklerini; fiziko-kimyasal analizlerde ise çok düşük miktarlarda trisakkarit ve sakkaroz bileşiklerinin yanı sıra düşük oranlarda Mg ve K mineralleri tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada örneklerin elektrik iletkenliğinin 721 μ S/cm, diastaz aktivitesinin 39.05 ve renk parametrelerinin nispeten düşük miktarlarda olduğu bildirilmiştir [30].

Azeredo ve arkadaşları, 2003 yılında yaptıkları çalışmada Brezilya'dan elde edilen farklı orijinlere sahip balların fiziko-kimyasal özelliklerini ve protein içeriklerini belirlemişlerdir. Araştırmada 12 bal örneğinin nem içeriği %18.59 - %19.58, diastaz sayısı 10.80 – 17.40, invert şeker oranı 67.60 – 73.50, sakkaroz miktarı 3.5 – 5.4, HMF 2.15 – 4.06, pH 3.10- 4.05 arasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar 12 bal örneğinden 3 tanesinin protein içeriğinin yüksek miktarda olduğunu iki tanesinin de çok düşük miktarda protein içerdiğini bildirmişlerdir [31].

Meda ve arkadaşları, 2005 yılında Burkina Faso'da combretaceae, vitellaria, lannea ve akasya türlerinden elde edilen 18 multifloral, 2 salgı ve 7 unifloral bal örneğinin toplam fenolik, flavonoid ve prolin içeriklerini belirlemişlerdir. Araştırmada toplam fenol

içeriğinin salgı ballarında yüksek miktarlarda olduğu ve vitellaria ballarının en yüksek prolin içeriğine sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca vitellaria balının en yüksek antioksidan aktivite ve içeriğe sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırmada radikal temizleme aktivitesi ile prolin içeriği arasındaki korelasyon, toplam fenolik bileşiklerdekenden daha yüksek bildirilmiş ve balın aminoasit içeriğinin, antioksidan aktivitesini belirlerken daha sık göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir [27].

Sanz ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları çalışmada nektar ve salgı balı arasındaki farkları belirlemek için 30 bal numunesinin pH, asitlik, su, kül, net absorbans, toplam polifenol, glikoz, fruktoz, melezitöz ve erloz miktarlarını belirlemişlerdir. Araştırmada balların pH'sının 4.09, serbest asitliğinin 34.0 meq/kg, laktonik asitliğinin 3.91 meq/kg, toplam asitliğinin 37.9 meq/kg, elektrik iletkenliğinin 5.13, kül oranının % 0.29, nem oranının % 16.22, polifenol 0.78 mg/kg, net absorbansının (A560 -A720) 0.36 ortalama değerlerine sahip oldukları bildirilmiştir [32].

Aydın ve arkadaşları, 2008 yılında Kars ilinde satışa sunulan 20 adet ticari süzme balın kalite niteliklerini araştırmışlardır. Araştırmada analizi yapılan 20 örnekten 10 tanesinin ticari glikoz içerdiği, 13 tanesinin diyastaz sayısı ve l'inin de HMF değerinin uygun olmadığı bildirilmiştir. Bunun yanı sıra numunelerden 19 tanesinin pH değeri, 4 tanesinin sakkaroz miktarı ve 4 tanesinin de invert şeker içeriğinin yasal limitlere uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca 3 örnekte stafilocok sayısı 1×10^2 kob/g'dan daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmada analize alınan balların tamamının test edilen parametreler yönünden, standartlara uygun olmadığı bildirilmiştir [21].

Çınar, 2010 yılında çapmış olduğu bir çalışmada Türk çam ballarının analitik özelliklerini belirlemek amacıyla 3 farklı hasat yılı (2006, 2007, 2008) ve 9 farklı yöreden bal numuneleri toplamış ve bu numunelerde 27 farklı analitik kriter belirlemiştir. Toplam asitlik ve serbest asitlik değerlerinin Türkiye çam balları ve Avrupa salgı ballarıyla uyumlu olduğu görülmüştür. Fruktoz ve glikoz miktarı birbirine yakın olmakla birlikte fruktoz miktarı biraz daha yüksek bulunmuştur. Fruktoz+glikoz, sakkaroz miktarı, elektriksel iletkenlik, prolin, diaztaz sayısı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğindeki limitler içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada nem miktarı ortalama % 15.62, toplam asitlik 27.55 meq/kg, laktonik asitlik 2.58 meq/kg, fruktoz % 32.57, glikoz % 27.36 sakkaroz % 1.19, fruktoz/glikoz 1.20 ve kül % 0.53 olarak

bulunmuştur. Ayrıca ballarda potasyum miktarı 1910 mg/kg, sodyum miktarı 49.20 mg/kg, potasyum/sodyum oranı 43.20, prolin miktarı 612 mg/kg ve elektriksel iletkenlik 1.26 mS/cm olarak tespit edilmiştir. Karbon izotop analizleri sonucunda ise, $\delta^{13}C$ bal ‰ -24.80, $\delta^{13}C$ protein ‰ -25.00 ve C4 şeker % 2,3 olarak bulunmuştur [25].

Gomes ve arkadaşları, 2010 yılında Portekiz piyasasında satılan orijinleri farklı 5 adet balın ticari kalitesi, mikrobiyolojik kalitesi ve fiziko-kimyasal parametreleri hakkında çalışma yapmışlardır. Çalışmada fiziko-kimyasal açıdan polen profili, nem, renk, kül, elektrik iletkenliği, HMF, şeker bileşimi ve mikrobiyolojik açıdan aerobik mezofiller, maya ve küfler, fekal koliformlar gibi değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Fiziko-kimyasal parametrelerden HMF ve sakkaroz hariç tüm parametreler Avrupa mevzuatlarına uygun olarak bulunmuştur. Mikrobiyolojik parametreler ise tüm numunelerde negatif olarak tespit edilmiştir [33].

Gangwar ve arkadaşları, 2010 yılında Etiyopya'dan elde edilen akasya, narenciye, okalipütüs, yonca, zeytin, combreum, rosa abyssinica, kroton ve albizia ballarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmada örneklerin nem içeriği %15,2 – %18.2, kül içeriği 0.0014 g – 0.314 g, elektrik iletkenliği 0,28 mS/cm- 1.37 mS/cm, pH 3.37 – 4.89, diastaz sayısı 7.6 – 18.4, serbest asitlik 18.9 meq/kg - 32.3 meq/kg, lakton 4.2 meq/kg – 6.2 meq/kg, toplam asitlik 24.1 meq/kg – 41.4 meq/kg ve optik rotasyon (-13.6) - (-16.2) olarak belirlenmiştir [34].

Turan, 2012 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, Kırklareli bölgesinde Trakya arısı (*apis mellifera carnica*) kolonilerinin ürettiği balların kalite parametrelerini belirlemiştir. Araştırmacı balların biyokimyasal ve kalıntı analizleri ile besinsel ve mineral madde analizlerini yapmıştır. Çalışmada bal örneklerinin nem oranları %14.2-17.4, HMF değerleri 1.1-9.7 mg/kg, diastaz sayısı 15.2-38.5, prolin miktarı 385-890 mg/kg, serbest asitlik 12-40 meq/kg, elektriksel iletkenlik 0.7-1.2 mS/cm, fruktoz+glikoz % 58.2-71.2, toplam fenolik madde gallic asit cinsinden 193-640 mg/kg, antioksidan etkinliği FRAP cinsinden 0.8-4 μ moltroloks/g, DPPH-SC50 cinsinden 39.8-5.7 mg/ml arasında bulunmuştur [24].

Durmuş, 2013 yılında kestane, ayçiçeği, narenciye, pamuk, çam, geven, kara kovan ve çiçek balı olmak üzere toplam 27 adet bal üzerinde çalışma yapmıştır. Yapılan analizlerde; pH, HMF, briks, kül, serbest asitlik, demir, kalsiyum, fruktoz, glikoz, renk

ve viskozite değerleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre Doğu Anadolu iek balının pH değeri (3.56) en düşük, am balının pH değeri (4.32) en yüksek bulunmuştur. Kestane balının briksi (80.16) en düşük iken pamuk balında ise en yüksek briks değeri (82.83) bulunmuştur. Doğu Anadolu iek balında HMF (9.80 mg/kg) değeri en düşük iken ayçiçek balında HMF (81.56 mg/kg) değeri en yüksek bulunmuştur. Doğu Anadolu iek balında serbest asitlik (38.81 meq/kg) en yüksek iken narenciye balında serbest asitlik (23.66 meq/kg) en düşük bulunmuş, Doğu Anadolu iek ve narenciye ballarında kl değeri (%0.05) en düşük iken am balında ise (%0.44) en yüksek kül değeri tespit edilmiştir. am balında fruktoz (31.87 mg/kg) en düşük iken pamuk balında fruktoz (38.71 mg/kg) en yüksek, am balında glikoz oranı (%25.48) en düşük iken ayçiçeği balında glikoz oranı (%36.86) en yüksek bulunmuştur [35].

Batu ve arkadaşları, 2013 yılında yaptıkları çalışmada Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgesi iek ballarının fiziko-kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmada 14 adet iek balı rneği kullanılmış ve balların suda çözünür kuru madde (SKMM) miktarı % 81.21-84.24, nem içeriği % 14.01-17.12, kül oranı %0.024-0.189, toplam asitliği 6.73-47.07 meq/kg, pH değerleri 3.75-4.89 arasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca balların diyastaz sayısı 8.30-17.9 aralığında bulunurken, HMF miktarı 0.14-24.39 mg/kg ve elektrik iletkenliğinin 0.182-0.467 mS/cm aralığında bulunduğu bildirilmiştir. Fruktoz, glikoz ve sakaroz değerleri ise sırası ile % 34.0-43.12, % 28.37-37.46 ve % 2.19-5.25 arasında, toplam invert şeker değerlerinin ise % 62.38-79.97 aralığında olduğu bildirilmiştir [36].

Bergamo ve arkadaşları, 2018 yılında yaptıkları çalışmada Brezilya'nın Santa Catarina eyaletinden elde edilen 16 adet Bracatinga salgı balı ve farklı botanik orijinlere sahip 25 adet iek balının fiziko-kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar Bracatinga salgı balının serbest asitliği, elektrik iletkenliği ve indirgen kapasitesini iek ballarına göre yüksek; glikoz içeriğini ise düşük olarak tanımlamışlardır. Araştırmada nem içeriği salgı balları için 15.20 – 18.40 g/100 g, iek balları için 16.00 – 19.98 g/100 g; invert şeker salgı ballarında minimum 45 g/100 g, iek ballarında 60 g/100 g olarak bildirilmiştir. Ayrıca salgı ballarının tamamında fruktoz/glikoz oranının 1.33'n üstünde, glikoz/nem oranının ise 1.7' nin altında olduğu belirtilmiş ve bu ballarda kristalleşmenin yavaş yavaş olacağı sonucuna varılmıştır. Yine iek ballarında fruktoz/glikoz oranının 1,14'n altında, glikoz/nem oranının ise 2'ye yakın olduğu

tespit edilmiş ve bu sonuçlara göre çiçek ballarının daha hızlı kristalleşeceği bildirilmiştir [37].

Bonvehi ve arkadaşları, 2019 yılında İspanya'nın Özerk Endülüs bölgesinden elde edilen 20 adet avokado balının fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Araştırmada kül ve toplam polifenol içeriği, elektrik iletkenliği açısından avokado balının tipik koyu renkli bir bal özelliği taşıdığı bildirilmiştir. Analizi yapılan 20 örneğin pH'sı 4.18-5.19 arasında, serbest asitliği 27.7-29.5 meq/kg arasında, ortalama nem içeriği 17.8 g/100g olarak belirtilmiş ve örneklerde 48 çeşit polen tipi tespit edilmiştir. Sadece avokado balında tespit edilen ve avokado balının ayırt edilmesinde katkısı bulunan şeker alkol bileşiği Parsetiol 0,31 – 1,56 g/100g miktarlarında tespit edilmiştir [38].

2.11. Balda Bulunan Aroma Maddeleri ve Aroma Aktif Bileşikler

Keton bileşikleri, aldehit bileşikleri, esterler, alkoller ve uçucu asit bileşikleri bal aromasının en önemli gruplarını oluşturur. Alkol bileşikleri bunlar içerisinde önemli bir yere sahip bileşiklerdir. Balın hammaddesi olan nektar aroma maddelerinin kaynağıdır. Bal arıları tarafından nektarın toplandığı bitkinin duyuşal özellikleri, arının ürettiği balda da hissedilebilmektedir [23].

Bogdanov, 1997 yılında İsviçre'de üretilen çiçek ballarının duyuşal ve kimyasal kalite kriterleri üzerine yapılan çalışmada 6 çeşit bal örneğinin (kestane, akasya, kolza, kara hinduba, alp gülü ve ıhlamur) lezzet, koku ve görünüş profillerini tespit etmiştir. Balların lezzet özellikleri; akasya balı için hafif meyvemsi, karahindiba balı için meyvemsi, hayvansal tat, kestane balı için kekremsi, buruk acı tat, kolza balı için tatlı, meyvemsi ve lahana tadı, alp gülü balı için çok tatlı, hafif meyvemsi, ıhlamur balı için acı, buruk, ıhlamur ve alkolik şekilde tespit edilmiştir [39].

Guyot, 1998 yılında yaptığı çalışmada polen oranı minimum % 90 olan 10 adet kestane balı ile polen oranı % 5 ile % 23 arasında değişen 10 adet limon balının markör olabilecek bileşiklerini araştırmıştır. Ekstrakte edilen aroma bileşikleri GC-FID yöntemiyle tespit edilmiştir. Yaklaşık 400 adet aroma maddesi tespit edilmiş ancak bunlardan bazıları markör olarak değerlendirilmiştir. Kestane balında asetofenon, 1-fenil etanol ve 2-aminoasetofenon'un yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu ve kestane

balının tanımlayıcı bileşikleri olduğu bildirilmiştir. Limon balında ise aroma maddeleri içerisinde etil metil fenol izomer, 4-tert-bütil fenol, estragol ve p-metil asetofenon'un tanımlayıcı olduğu bildirilmiştir. Markör olabileceği düşünülen bu bileşiklerin yanında yüksek konsantrasyonlarda monoterpen türevli bileşiklerden mentol, timol, 8-p-menten-1,2-diol, karvakrol ve metil benzen gibi bileşiklerinin de bulunduğu bildirilmiştir [40].

Castro-Vazquez ve arkadaşları, 2006 yılında İspanyol çam ballarının aroma maddelerini ve bu ballar için yeni kimyasal markör olan bileşikleri belirlemişlerdir. Bu çalışmada çam ballarının kimyasal markörü olarak meşe ağacının karakteristik bir bileşeni olan trans-meşe lakton bileşiğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda aminoasitofenon ve propilanizol bileşiklerinin de çalı meşesinden elde edilen çam balının karakteristik markörü olabileceğini bildirmişlerdir [41].

Odeh ve arkadaşları, 2007 yılında yaptıkları çalışmada Filistin de 3 farklı monofloral bal üzerinde tepe boşluğu-katı faz mikro ekstraksiyon gaz kromatografi-kütle spektrometresi (HS-SPME-GC-MS) yöntemleriyle uçucu bileşikleri incelemiştir. Uygulanan analitik yöntem, ballardaki uçucu bileşiklerin varlığı üzerine hızlı bir tanımlama metodu olarak benimsenmiştir. *Thymus capitatus* balında 6 adet bileşik (1,3-difenil-2-aseton, 3-metilbütil, 3,4,5-trimetoksibenzaldehit, 3,4-dimetoksi benzaldehit, vanilin ve timol) markör olarak tespit edilmiştir. *Thymelaea hirsuta* balı özellikle benzen propanol, benzilalkol, nonanol, hekzanol ve 4-metoksifenol gibi alkol ve fenol grupları ile karakterize edilmiştir. *Tolpis virgata* balında ise markör olarak 3,5-dihidroksitoluen ve tridekan tespit edilmiştir [42].

Mannaş ve arkadaşları, 2007 yılında yaptıkları çalışmada İzmir piyasasında satılan 7 ayrı kekik balını ve üreticisinden temin edilen saf kekik balını incelemiş ve lezzet bileşenlerini belirlemeye çalışmışlardır. Aroma maddelerinin tespitinde SPME-GC-MS tekniği kullanılmış ve duyu analizi kapsamında Lezzet Profil Analizi (LPA) tekniği tercih etmişlerdir. Saf kekik balındaki bileşenlerin yaklaşık % 60'ının dibenzilketon+3-fenilhekzan (% 20.2±0.8), n-oktil eter(% 17.6±0.25), fenilasetaldehit (% 10.6±0.08) ve asetik asit (% 8.63±0.5) olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden dibenzilketon+3-fenilhekzanın yalnızca saf kekik balına özgü bileşen olduğu belirlenmiştir. Kekikten elde edilen aroma bileşenlerinden timol (eser) ve karvakrol (% 0.66) da saf kekik balında saptanmıştır. Araştırmacılar, timol ve karvakrol'un kekik bitkisindeki

miktarının % 70 civarında olmasına rağmen, bu bileşiklerin bala geçiş oranının % 1'e yakın olduğunu bildirmişlerdir. Ticari ballardan bir tanesinde balı karakterize eden birçok özellik belirlenememiş ve bununla birlikte timol (% 2.34) ve karvakrol (% 67.03) bileşikleri çok yüksek oranlarda bulunduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu bala kekik yağı karıştırılmış olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmada ayrıca, tüm kekik balı örneklerinde ortak olarak; feniletanol, etil fitalat, izobütil fitalat, α -iyonon, 2-metil propanoik asitin 2-etil-3-hidroksiheksil esteri, propanoik asit, 2-metil-1-(1,1-dimiletıl)-2-metil-1, 3-propanetil ester ve propanoik asit, 2-metil-2,2-dimetil-1-(2-hidroksi-1-metiletıl) propil ester gibi bileşenlerin bulunduğu tespit edilmiştir. Lezzet profil analizi (LPA) sonuçlarına göre kekik balının; karamelimsi, tatlımsı, ekşimsi, balımsı, mumsu, menekşe, leylak, kekik, acı badem, gül ve zencefil benzeri bir karaktere sahip olduğu bildirilmiştir. İncelenen bal örneklerinde ortak özellikli lezzet karakterleri tatlı ve ekşi olarak belirlenmiş, mumsu ve bal karakterinin de birçok balda bulunduğu görülmüştür [43].

Kaskoniene ve arkadaşları, 2008 yılında Litvanya'dan elde edilen farklı orijinlere sahip 15 bal örneğinin aroma profilini SPME-GS-MS yöntemiyle belirlemişlerdir. Bal örneklerinden 11 tanesinin ünifloral kolza, 1 tanesinin üçgül, 1 tanesinin kimyon ve 2 tanesinin polifloral bal olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, benzaldehit ve benzenasetaldehit bileşiklerini 15 örneğin tamamında, dimetilsülfid, pentanenitril, benzil nitril bileşiklerini 14 örnekte, izobütan, oktanoik ve nonanoik asit bileşiklerini ise 13 örnekte tespit etmişlerdir [44].

Soria ve arkadaşları, 2008 yılında baldaki uçucu bileşiklerin GS-MS analizine hazırlanması için ayrımsal damıtma olarak bilinen Purge ve Trap (P&T) tekniği ile GS-MS kullanarak 8 farklı orijine sahip 22 ticari balı incelemişlerdir. İncelemede 18'i ilk kez balda tespit edilen toplamda 100 adet bileşik belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ilk kez tespit edilen bu bileşiklerden bazılarının heptan, sikloheksan, metil-1,3-pentadien, 2-metil-3-büten-2-ol, propanonitril, terpinen-4-ol olduğunu belirtmişlerdir [45].

Castro-Vazquez ve arkadaşları, 2009 yılında yaptıkları çalışmada monofloral narenciye, biberiye, okaliptüs, lavanta, kekik ve püren ballarının duyuşal analizlerini ve uçucu bileşiklerini araştırmışlardır. Narenciye ballarında yüksek miktarlarda tazelik, meyve ve limon aroması veren linalol türevleri, limonil alkol, sinensal izomerler ve α -4-dimetil-3-

siklohekzen-1asetaldehit bileşiklerini; okaliptüs ballarında peynir ve otumsu aroma veren aceton, 5-hidroksi-7-dimetil-4-okatonon, 3-karen-2-ol ve spatulenol bileşiklerini; lavanta ballarında aromatik bitkimsi ve balzamik aroma veren hekzanal, nerolidol oksit, kumarin hekzonol ve hotrienol bileşiklerini ve son olarak da püren ballarında olgun meyve ve baharatımsı aromalarla karakterize edilen benzen ve fenolik bileşikleri tespit etmişlerdir [46].

Castro-Vazquez ve arkadaşları, 2010 yılında farklı bölgelerden elde edilen kestane balında aroma maddeleri üzerine coğrafi bölgenin etkisini ve balların duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, İspanya'nın kuzey-doğusundan elde edilen ballarda odunsu, otsu ve baharat kokuları ile karakterize edilen aldehit bileşiklerini, alkol bileşiklerini, laktonları ve uçucu fenol bileşiklerini belirlemişlerdir. İspanya'nın Kuzey-batısından elde edilen kestane ballarında ise balımsı, çiçek ve meyvemsi kokular ile karakterize edilen terpen bileşikleri, ester bileşikleri ve bazı benzen türevleri belirlenmiştir [47].

Barra ve arkadaşları, 2010 yılında Şili'nin Nuble ilinden elde edilen balın aroma maddelerini SPME-GC-MS yardımıyla belirlemişlerdir. Balda 34 adet aroma maddesi tespit etmişler ve aroma maddelerinden 4 tanesinin (1,3-propanodiol, 2-metil-bütanoik asit, 3,4-dimetil-3-hekzen-2-on ve 6-metil-5-okten-2-on) daha önce balda hiç belirlenmediğini bildirmişlerdir [48].

Moreira ve arkadaşları, 2010 yılında tropik şartlar altında depolama esnasında Brezilya ballarının aroma maddelerinde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada taze, 40 °C'de 3 ay depolanmış, 40 °C'de 6 ay depolanmış, sodyum metabisülfite ilave edilerek 40 °C'de 3 ay ve 6 ay depolanmış bal çeşitlerinde aroma maddelerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda furan türevlerinin, linalol türevlerinin ve ester bileşiklerinin sodyum metabisülfitten etkilendiğini; güçlü koku bileşiklerinden benzenmetanol ve izovalerik asit bileşiklerinin depolama sırasında konsantrasyonlarının yükseldiğini; vanilin, furfural merkaptan, 2-metoksi fenol bileşiklerinin konsantrasyonlarının değişmediğini bildirmişlerdir [49].

Uçkun, narenciye balı ve geven balının aroma maddeleri ile ilgili 2011 yılında yapmış olduğu bir çalışmada balların karakterizasyonunda rol oynayan aroma-aktif bileşikleri GC-MS Olfaktometri yöntemi ile saptamıştır. Araştırmacı geven balında 47 adet aroma

bileşigi, narenciye balında ise 64 adet aroma bileşigi tanımlamıştır. Bununla birlikte geven balında 23 adet aroma-aktif bileşik belirlemiş ve bu bileşiklerden 20 tanesinin tanımlanması yapılmıştır. Narenciye balında ise 36 adet aroma-aktif bileşik tespit edilmiş ve bu bileşiklerden 32 tanesinin tanımlanması yapılmıştır. Araştırmacı, narenciye balının karakteristik kokusunun oluşumunda özellikle fenil etil alkolün etkili olduğunu, terpen bileşikleri ve aldehit bileşiklerinin de koku karakteristiğine önemli derecede katkıları olduğunu bildirmiştir [50].

Bayraktar ve arkadaşları, 2011 yılında yaptıkları araştırmada Marmaris, Datça ve Fethiye bölgelerinden elde edilen çam ballarındaki uçucu bileşikleri tanımlamışlardır. SPME-GC-MS yöntemleri kullanılarak elde ettikleri verileri varyans analizi ve Duncan testi ile değerlendirmişlerdir. 3 bölgede 8 ortak uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşikler; nonanal, nonanol, dekanal, oktanal, 16-oksalutaridin, dodekanal, nonadekan ve pentadekan'dır. Ortak uçucu bileşiklerin bu üç bölgedeki toplam alanı % 73.01, % 78.1, % 73.91 olarak belirlenmiş ancak istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır [51].

Alissandrakis ve arkadaşları, 2011 yılında polen analizleri yapılmış 10 adet kestane ve 10 adet okaliptüs balında ultrason destekli ekstraksiyon ve GC-MS ile aroma maddeleri analizleri yapmışlardır. Monofloral bal olduğu bilinen 29 adet portakal, 28 kekik, 7 pamuk, 5 çam, 4 çalı ve 6 fiğ balıyla karşılaştırılması yapılarak, bu balların markör bileşiklerini tanımlamaya çalışmışlardır. Araştırmacılar, kestane balında 85 adet aroma maddesi, okaliptüs balında ise 78 adet aroma maddesi bileşigi tanımlamışlardır. Çalışmada, feniletanol, aminoasetofenon, heptanoik asit, *cis*-sinnamil alkol, *p*-hidroksiasetofenon, 2,3,4-trimetil-pentan ve aminobütrifenon bileşiklerinin okaliptüs balında bulunduğu, portakal, kekik, pamuk, çam, çalı ve fiğ balında bulunmadığı ve bundan dolayı markör olarak kullanılabilceği bildirilmiştir. Araştırmacılar ayrıca kestane balında yüksek oranlarda bulunup da, diğer bal örneklerinde ya çok az miktarda ya da hiç bulunmayan bazı aroma bileşiklerinin de aynı zamanda markör olarak düşünölebileceğini belirtmişlerdir. Okaliptus balında ise 2-hidroksi-5-metil-3-heksanon, 3-hidroksi-5-metil-2-heksanon, ekzo-2-hidroksisineol bileşikleri bulunmuş ve diğer ballarda bulunmadığından markör olarak kullanılabilceği düşünölmüştür [52].

Uçkun ve Selli, 2012 yılında Kayseri iline ait çiçek balının aroma maddelerini GC-MS

yardımıyla incelemişlerdir. İncelemede toplam miktarı 11295,9 µg/kg olan 41 adet aroma bileşiğini tespit etmişlerdir. Aroma maddelerinden çiçek balında miktar olarak en fazla asitler bulunurken, bu bileşikler piranlar, ketonlar ve alkoller takip etmiştir [53].

Jorge, 2012 yılında 20 adet Küba Black Magrove balında HS-SPME yöntemiyle elde edilen ekstraktı GC-MS ve GC-O analizleri yardımıyla aroma maddelerinin tanımlamalarını yapmış ve aroma aktif bileşikler belirlemiştir. Çalışmada 88 aroma bileşiği tespit edilmiş ancak bunlardan 66 tanesi tanımlanmıştır. Balların aroma maddeleri birbiri içerisinde yüksek değişkenlik göstermiştir. Aroma aktif bileşiklerin tespiti Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (ADEA) tekniğine göre yapılmıştır. 17 adet bileşiğin aroma dilüsyon faktörleri 32-1024 arasında bulunmuştur. En yüksek FD (1024) değerleri; nonanol, dekanal ve (*E*)-β-damaskenon'da tespit edilmiştir. Bu bileşikler hoş kokulu olarak tanımlanmıştır [54].

Laura ve arkadaşları, 2013 yılında Yeni Zellanda'da üretilen tek çiçekli ballarda bulunan uçucu bileşiklerin SPME-GC-MS ile belirlenmesi ve kemometrik analiz ile sınıflandırılarak orjininin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Bu araştırmada hızlı bir şekilde balın kaynağının belirlenmesi amaçlanmıştır. 10 farklı orjine sahip toplam 234 bal örneği üzerinde çalışılarak elde edilen 37 uçucu bileşiğin GC-MS'deki pik alanlarından elde edilen sonuçlara göre nektar kaynağını ayırt etmede başarılı olduğu tespit edilmiştir. GC-MS'de elde edilen pik alanları hiyerarşik kümeleme analizi ve PCA ile değerlendirilmiştir. Balların sınıflandırılmasında % 89.8 oranında doğruluk tespit edilmiştir [55].

Tornuk ve arkadaşları, 2013 yılında Türkiye'de satılan 20 bal örneğinin fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik, biyoaktif özellikleri ile GS-MS yardımıyla aroma profilini belirlemişlerdir. Araştırmada tüm bal numunelerinin fiziko-kimyasal açıdan iyi özelliklere sahip olduğu, mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilebilecekleri bildirilmiştir. Sadece bir bal numunesinin toplam glikoz ve fruktoz içeriği bakımından Codex Alimentarius standartlarını karşılayamadığı bildirilmiştir. Araştırmada GS-MS ile toplam 88 adet aroma maddesi belirtilmiştir. Araştırmada furfural ve pentanal bileşiklerinin karabuğday balı için çiçeksi aromanın markörü olabilecekleri bildirilmiştir. Benzer şekilde linalol oksit bileşiğinin narenciye ballarının çiçeksi aroma markörü olduğu bildirilmiştir. Balların 18 tanesinde ise, benzoiazol bileşiği tespit

edilmiştir [56].

Karabagias ve arkadaşları, 2014 yılında Yunanistan'ın farklı coğrafi bölgelerinde üretilen kekik ballarının uçucu bileşiklerini ve fiziko-kimyasal özelliklerini değerlendirmişler ve coğrafi orijinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar, 5 farklı bölgeden elde ettikleri 42 adet kekik balını HS-SPME ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. Çalışmada 47 adet uçucu bileşik tanımlanmıştır. Kekik ballarında 9 adet ester, 2 adet alkol, 7 adet asit, 12 adet aldehit, 7 adet keton, 7 adet hidrokarbon bileşiği tespit etmişlerdir [57].

Sukmawati ve arkadaşları, 2016 yılında yapmış oldukları bir çalışmada Mallawa balının uçucu organik bileşiklerini GC-MS kullanarak tespit etmişlerdir. Çalışmalarında balın kalitesine nektarın kaynağının, bölgenin coğrafik konumunun ve işleme teknolojisinin etkili olduğunu tanımlamışlardır. Ayrıca uçucu organik bileşiklerin balın kalitesi üzerinde önemli göstergelerden biri olduğu ve aromanın oluşumunda rol aldıklarını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda Mallawa balında hidrokarbonlar, asitler, aromatikler, ketonlar, aldehitler ve diğer bileşikler olarak altı grup altında topladıkları 35 adet uçucu organik bileşik tanımlamışlardır [58].

Karabagias ve arkadaşları, 2018 yılında Yunanistan'da yaygın olan ve nadir olarak bulunan bal çeşitlerinin farmasötik aroma maddelerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar narenciye, köknar, çam, kekik, asfaka, kocayemiş, kestane ve pamuk çeşitlerinin bulunduğu 32 bal örneğini Yunanistan'ın farklı bölgelerinden temin etmişlerdir. Araştırmada 73 adet uçucu bileşik tanımlanmıştır. Araştırmada terpenleri, norizoprenoidleri, benzen türevlerini ve fenolikleri farmasötik/nutrasötik antimikrobiyal ve antioksidan maddelerin üretimi için önemli sentetik yapı taşları olabilecek uçucu bileşikler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bir norizoprenoid bileşiği olan 3,4,6,6-tetramethylbicyclo[3.2.1] oct-3-ene-2,8-dione yunan ballarında ilk kez tespit edilmiştir [59].

Changwei ve arkadaşları, 2018 yılında hünnap balı ve çiçeğinin aroma maddelerini SPME yöntemiyle ekstrakte ederek GS-MS yardımıyla belirlemişler, GS-O yöntemiyle de aroma aktif bileşiklerini tespit etmişlerdir. (E)-hekzen-1-ol, izooktil alkol, linalol, benzil alkol, asetik asit, heksanoik asit, oktanoik asit, azelaik asit, laurik asit, miristik asit, palmitik asit, 2,6-methyl-1,3,5,7-octatetraen, fenol, methilis salisilat, metoksi fenil

oksim, naftalin ve 3-siyanopiridin bileşikleri hem hünnap çiçeğinde hem de balında tespit edilen karakteristik aromadan sorumlu bileşikler olarak bildirilmiştir [60].

Makowicz ve arkadaşları, 2018 yılında İrlanda'da nadir rastlanan duvar sarmaşığı balının uçucu bileşiklerini üç farklı ekstraksiyon (SPE, USE, HS-SPME) yöntemi kullanarak GS-MS yardımıyla belirlemişlerdir. Araştırmacılar üç farklı ekstraksiyon yönteminin kombine edilerek kullanılmasının bekledikleri gibi balın uçucu bileşenleri üzerinde detaylı tanımlama yapmalarına olanak sağladığını belirtmişlerdir. Çalışmada 84 adet uçucu bileşik tespit edilmiş ve 4-(1H)-kinolinon, mirtenal ve fenilasetonitril bileşiklerinin botanik kökenli sarmaşık balının biyotanımlayıcıları olduğu bildirilmiştir [61].

Alberto ve arkadaşları, 2019 yılında yaptıkları çalışmada kuzey ve orta Mozambik'ten elde edilen polen spektrumuna göre içinde geven, kenger, yaban yasemini, tupgiller, sakız ağacı, mersingiller, papatyagiller polenleri bulunan balın aroma profilini incelemişler ve 48 adet aroma bileşiğini tanımlamışlardır. Nampula bölgesinden elde edilen polen spektrumu geven olan ballarda etanol, propan-2-ol, 2-metil-propan-1-ol, pentaol-1, asetaldehit, 2-metilpropanoik asit etil ester, etil asetat, 3-metil bütanoik asit, etanoik asit, 2-metil propanoik asit, β -linalol bileşiklerini tanımlamışlardır [62].

Da Costa ve arkadaşları, 2019 yılında yapmış oldukları bir çalışmada unifloral melipon balının aroma maddelerini GS-MS yardımıyla belirlemişler ve bu bileşiklerin GS-MS-Olfaktometri yöntemiyle koku karakteristiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar tespit edilen 42 bileşikten 17 tanesinin koku gücünü yüksek bulduklarını belirtmişlerdir. Bu bileşikler arasında olgun meyve kokusu ile karakterize edilen pentanoat asetat, aromatik bitkimsi, yeşilimsi koku ile karakterize edilen safranal ve karanfil, çay kokusu ile karakterize edilen metil öjenöl bileşiklerinin en koku verici etkiyi gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca benzaldehit ve hotrienol bileşiklerinin balın karakteristik aroması olabileceğini belirtmişlerdir [63].

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada Adana ilinin değişik rakımlı bölgelerinden 2017 yılında elde edilen süzme geven balı kullanılmıştır. Ballar Adana'nın 620 metre rakımlı Feke, 1050 metre rakımlı Saimbeyli ve 1700 metre rakımlı Tufanbeyli ilçelerinde faaliyet gösteren bal üreticilerinden 2017 sezonunda üretilen toplam süzme bal miktarından birer kilogram olacak şekilde temin edilmiştir.



Resim 3.1. Geven Balı Numuneleri

3.2. Bal Örneklerinde Yapılan Fiziko-kimyasal Analizler

3.2.1. Polen Oranı

Balların polen analizleri DIN 10760'a göre yapılmıştır. Polen analizinde bal numunelerinin polen içeriği taranarak saptanan farklı polenler ve bal örneklerinin nispi polen sıklıkları tespit edilmiştir. Bu analizde binoküler mikroskop ile x400'lük büyütme yapılmıştır [64].

3.2.2. Kuru Madde Tayini

Kuru madde analizi için alüminyum kaplar içerisine bal numunelerinden 0.5-1 g tartılmıştır. Daha sonra kaplardaki örnekler 60 °C de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Başlangıç ağırlığı ile son tartım arasındaki farkından balların % kuru maddesi saptanmıştır [65].

3.2.3. Elektriksel İletkenlik

DIN – 10753 metodu ile balda elektriksel iletkenlik tayini gerçekleştirilmiştir. Prensipte olarak elektriksel iletkenliğin belirlenmesi, elektrik direncinin ölçümüne dayanır. Elektriksel iletkenliğin belirlenmesinde 4 farklı kalibrasyon çözeltisi kullanılmıştır. Bunlar; % 0,05 NaCl, % 0,05 KCl , % 1 NaCl, % 1 KCl çözeltileridir. Bal numunelerinin iletkenliğinin ölçümü için, 100 ml'lik beherde 20 g bal örneği tartılmış ve tartılan bal örneği bir miktar destile su ile çözüldükten sonra 100 ml'lik balon jøjeye alınarak çizgisine tamamlanmıştır. Hazırlanan bu çözülden yaklaşık 40 ml kadar behere alınmış ve sıcaklığı 20 °C' ye ayarlanmıştır. Daha sonra kondüktometre (RADIOMETER marka, CDM 230 model) ile ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar mS/cm olarak verilmiştir [66].

3.2.4. pH ve Toplam Asitlik

Balların pH değerleri doğrudan pH metrede okunarak saptanmıştır. Daha sonra 5 g bal 20 ml suda çözüldürülmüş ve elde edilen çözeltinin pH'sı 8.2'ye gelene kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Toplam asitlik hesaplaması harcanan 0.1 N NaOH miktarından yapılmıştır [67].

3.2.5. Nem Oranı

Bal örneklerinde nem oranı kurumadde değerinin 100'den çıkarılması ile hesaplanmıştır [65].

3.2.6. Prolin Miktarı Tayini

Baldaki prolin miktarı spektrofotometrik teknikle kantitatif olarak belirlenmiştir. Yönteme uygun hazırlanan bal çözeltisinin ve standart prolin çözeltisinin UV-Vis spektrofotometredeki absorbans değerleri tespit edilmiştir. 520 nm dalga boyunda

ölçülen absorbans değerinden yola çıkılarak baldaki prolin miktarı tespit edilmiştir [68].

$$\text{Prolin (mg/kg)} = \text{Es/Ea} \times \text{E1/E2} \times 80$$

Es= Bal çözeltisinin absorbansı

Ea= Prolin standart çözeltisinin absorbansı

E1= Standart çözeltideki mg olarak prolin miktarı

E2= g olarak bal çözeltisi

80= Seyreltme faktörü

3.2.7. Diastaz Sayısı

TS-3036 metodu ile balların diastaz sayısı belirlenmiştir. Bu amaç ile kullanılan su banyosu 48 °C'ye ayarlanmıştır [69].

3.2.8. HMF Analizi

Bal numunelerinde HMF miktarı Agilent marka 1100A model HPLC ve Agilent marka 1100A model diyot dizinli dedektör ile HPLC-DAD yöntemi kullanılarak belirlenmiştir [70].

HPLC koşulları

Akış: 0.5 ml/dk

Kolon sıcaklığı: 30 °C

Mobil faz: MeOH/ Asetik Asit/ Su (20/2/78)

Kolon: ACE C18

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

Elüsyon süresi: 20 dk

Dalga boyu: 285 nm

3.2.9. Şeker Bileşenleri Analizi

Bal örneklerinde şeker (glikoz, fruktoz, sakaroz) analizleri Shimadzu 10A model HPLC ve Shimadzu RID-10A model refraktif indeks dedektör ile yapılmıştır. Analiz için bal numunelerinden 0.5 g alınmıştır. Numuneler 2.5 ml % 80'lik etil alkol ile karıştırılmıştır. Daha sonra numuneler santrifüj edilmiş ve üstte kalan berrak kısım alınmıştır. Bu işlemler bittikten sonra vakum altında etil alkol döner evaporatör ile 45 °C'de uzaklaştırılmıştır. Numunelere demineralize su ilave edilerek, 0.45 µm gözenekli mebran filtreden geçirilmiş ve 20 µl numune HPLC-RID'ye enjekte edilmiştir. Şeker miktarlarının belirlenmesi için değişik konsantrasyonlarda dış standart çözeltileri hazırlanmış ve bu çözeltiler HPLC-RID'ye enjekte edilerek standart eğriler çıkarılmıştır [71].

3.2.10. Karbon izotop ve C4 şeker oranı

Kütle spektrometresi ile $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı ve bu değerden C4 şeker miktarı hesaplanmıştır. Bal numunelerinde C4 şeker bulunup bulunmadığının belirlenmesi için uygulanan yöntem ile ham baldan ve protein çökeltisinden tam olarak yakılma sonucu ortaya çıkan CO^2 gazının C atomundaki $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı kütle spektrometresi ile belirlenmiş ve bu değerden baldaki C4 şeker miktarı hesaplanmıştır. Bal numunelerinden 1 mg tartılarak kalay kapsül içine konulmuş ve kapağı kapatılmıştır. Standart olarak 1 gram sakkaroz tartılmış ve kalay kapsüle konulmuştur. Protein çökeltisi hazırlanması için 50 ml'lik santrifüj tüpüne 10-12 gram bal numunesi alınmış ve 4 ml damıtık su ile karıştırılmıştır. Ayrı bir tüpte 2 ml % 10'luk NaWO_4 ve 2 ml 0.335 M H_2SO_4 karıştırılmış ve bal çözeltisi üzerine ilave edilmiştir. Bulutlanma ve sonrasında çökelti oluşması için 80 °C'lik su banyosunda bekletilmiştir. Bulutlanma olmadığı durumda 2 ml daha 0.335 M'lık H_2SO_4 çözeltisi eklenmiştir. Çökelti oluşuktan sonra santrifüj tüpündeki numune saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 1500 rpm'de 5 dakika santrifüj edilip berrak kısım atılmıştır. Kalan çökelti 50 ml'ye seyreltildikten sonra santrifüj edilerek berrak kısmın uzaklaştırılması işlemleri beş kez tekrarlanmıştır. Elde edilen çökelti 75 °C'lik etüvde yaklaşık 3 saat kurutulmuş ve kurutulan protein çökeltisinden 1 mg alınıp kalay kapsüle konulmuştur. Kalay kapsüldeki sakkaroz standardı, bal numunesi ve protein çökeltisi THERMO marka IRMS (infrared-kütle spektroskopisi) cihazına konularak $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranları belirlenmiş ve elde edilen değerlerden C4 şeker oranı

hesaplanmıştır [25].

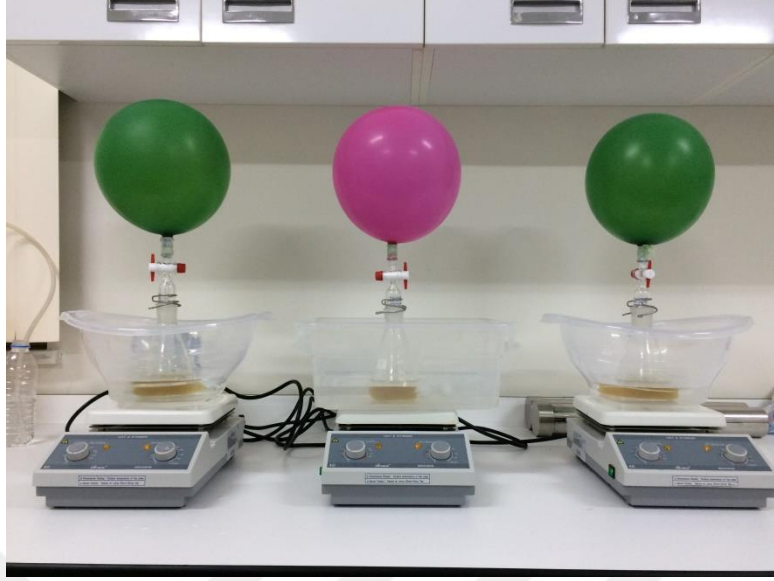
3.3. Bal Örneklerinde Aroma Maddelerinin Analizi

3.3.1. Aroma Maddeleri Ekstraksiyonu

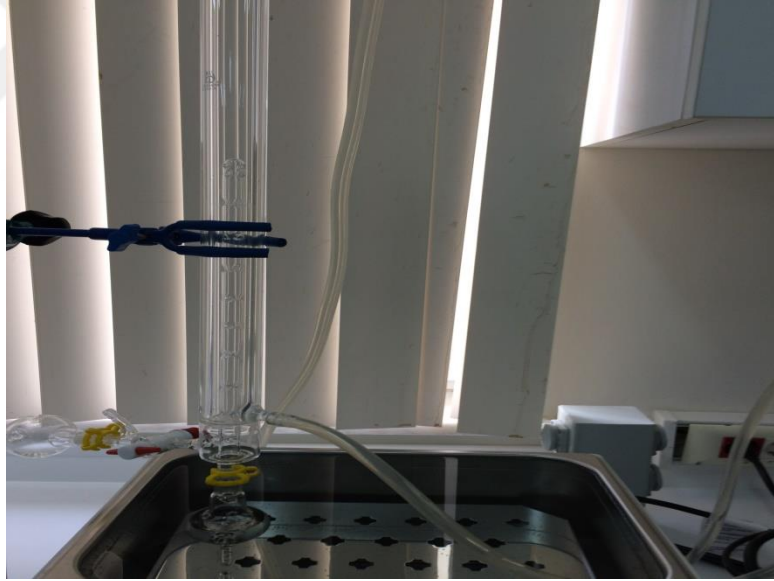
Bal örneklerinde sıvı-sıvı ekstraksiyon tekniği kullanılarak aroma maddelerinin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi her bir örnekte üç kez tekrarlanmak üzere diklorometan (CH_2Cl_2) çözügeni ile yapılmıştır (Resim 3.2.). 40 g bal numunesi 22 ml su ile seyreltildikten sonra, elde edilen karışıma 40 ml diklorometan ve 40 µg 4-nonalol (iç standart) eklenmiştir [50]. Daha sonra karışım 500 ml'lik erlene alınmıştır. Bu karışım 4-5 °C'de 40 dakika süreyle azot gazı altında manyetik karıştırıcı (Resim 3.3.) kullanılarak karıştırılmıştır [72]. Daha sonra, erlen içindeki çözelti 15 dakika süresince 0 °C sıcaklıkta 9000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Daha sonra aroma maddelerini içeren faz alınarak, 45 °C'de Vigreux konsantratör (Resim 3.4.) kullanılarak 0,5 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiştir. Konsantre edilen ekstrakt GC-MS-FID'ye enjekte edilmiştir.



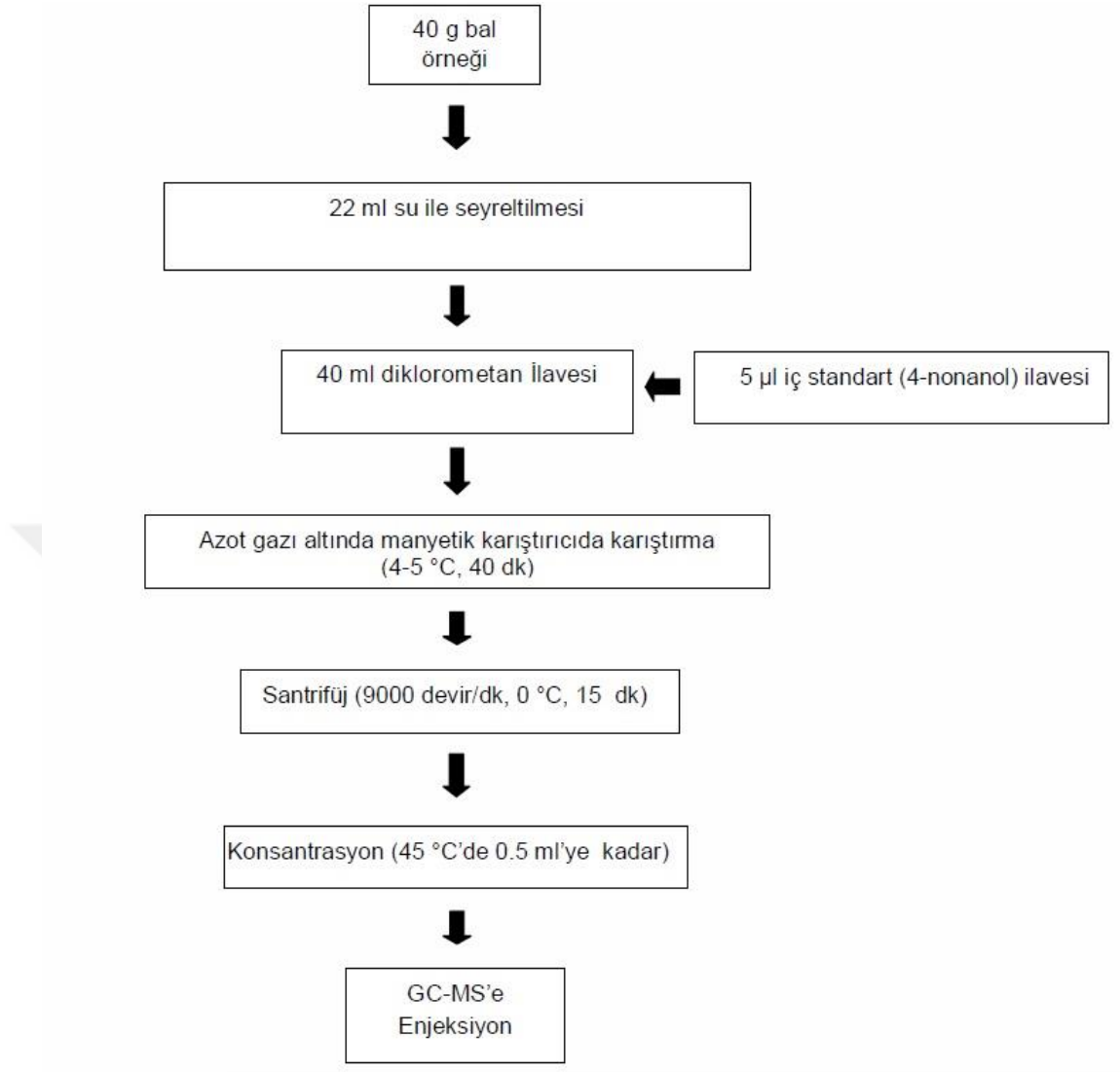
Resim 3.2. Diklorometan Çözgeni ile Aroma Ekstraksiyon İşlemi



Resim 3.3. Azot Gazı Altında Karıştırma İşlemi



Resim 3.4. Aroma Maddelerinin Konsantrasyon İşlemi



Şekil 3.1. Ballarda Aroma Maddelerinin Ekstraksiyonu [50]

3.3.2. GC-MS-FID Koşulları

Aroma maddelerinin miktarının belirlenmesinde “Agilent 6890N” marka alev iyonlaşma dedektörlü (FID) gaz kromatografisi cihazı kullanılmıştır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) ile gerçekleştirilmiştir. GC-FID koşulları aşağıda verilmiştir:

GC Koşulları:

Enjektör Sıcaklığı: 220 °C

Dedektör Sıcaklığı: 250 °C

Taşıyıcı Gaz: Helyum

Taşıyıcı Gaz Akış Hızı: 3.3 ml/dakika

Enjeksiyon Hacmi: 3 µl

Aroma maddelerinin ayrımı için uygulanan kolon sıcaklık programı da aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmıştır.

Buna göre kolon sıcaklığı, 40 °C'de 4 dakika bekledikten sonra, dakikada 2 °C artarak 220 °C ye ve daha sonra dakikada 3°C artarak 245 °C ye çıkarılmış ve 245 °C'de 20 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır.

Gaz kromatografisine bağlı "Agilent 5975B VL MSD" marka kütle spektrometresi aroma maddelerinin tanısında kullanılmıştır. Sıcaklık programı ve enjektör tipi gaz kromatografisi ile aynıdır. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. Helyum akış hızı 3.3 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrometresinin iyon kaynağı sıcaklığı 250°C, iyonlaşma enerjisi 70 eV, kuadropol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklar ile 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır [73, 74]. Piklerin tanısı, kütle spektrometresi cihazında bulunan kütüphanelerden (Wiley 7.0, NIST 98 ve Flavor 2L), aroma maddelerinin saf standartlarından ve Kovats indeks değerlerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımlanan her bir aroma bileşiğinin Kovats indeks değeri C12-C32 arasındaki tüm alkanları içeren bir çözeltinin yukarıda belirtilen kolon ve gaz kromatografisi koşullarında, enjeksiyonu gerçekleştirilerek belirlenmiştir. İç standart yöntemiyle piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları hesaplanmıştır [75].



Resim 3.5. GC-MS Sistemi

3.3.3. Aroma maddelerinin miktarlarının hesaplanması

Aroma maddelerinin konsantrasyonlarının iç standart yöntemiyle belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır [72].

$$C_i = (A_i / A_{st}) * C_{st} * RF * HF$$

C_i :Bileşiğin konsantrasyonu

A_i :Bileşiğin pik alanı

A_{st} :İç standardın pik alanı

C_{st} :İç standardın konsantrasyonu (40 µg/100 ml)

RF :Cevap faktörü (Cevap faktörü 1 olarak alınmıştır)

HF :Hesaplama faktörü(Örnek miktarının kg'a çevrilmesi için faktör:20)

3.4. Bal Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi

Geven balı numunelerinin duyusal olarak değerlendirilmesi önceden hazırlanmış 10 cm'lik skala yardımıyla 9 kişilik uzman panelist grubu tarafından iki yöntemle gerçekleştirilmiştir [50]. İlk olarak lezzet profil analizi ile balların renk, viskozite,

aroma, tat dengesi, kristalizasyon ve genel izlenim kriterleri temelinde panelistler tarafından değerlendirilmesi istenmiştir. Lezzet profil analizinde kullanılan form Şekil 3.2.'de verilmiştir.

<u>Panelist</u>		
Adı :		
Soyadı :		
Tarih :		
Renk	En Düşük	En Yüksek

Viskozite	En Düşük	En Yüksek

Aroma	En Düşük	En Yüksek

Tat Dengesi	En Düşük	En Yüksek

Kristalizasyon	En Düşük	En Yüksek

Genel İzlenim	En Düşük	En Yüksek

Şekil 3.2. Lezzet Profil Analizi Formu

Panelistlerin son olarak aroma profil analizi ile balları çiçeksi, karamel, ferah-taze, meyvemsi ve yabancı koku (naftalin, ilaç v.b.) açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Aroma profil analizinde kullanılan form Şekil 3.3.'da verilmiştir.

<u>Panelist</u>		
Adı :		
Soyadı :		
Tarih :		
Çiçeksi	En Düşük	En Yüksek

Karamel	En Düşük	En Yüksek

Ferah-Taze	En Düşük	En Yüksek

Meyvemsi	En Düşük	En Yüksek

Kimyasal	En Düşük	En Yüksek

Şekil 3.3. Aroma Profil Analizi Formu

3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilirken SPSS 22 istatistik paket programı kullanılmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Balların Genel Bileşimi

Geven ballarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.1.'da verilmiştir.

Tablo 4.1. Geven Ballarının Fiziko-kimyasal Analiz Sonuçları

	620 metre	1050 metre	1700 metre
	67.47 Geven		
	5.26 Sakızotu	63.46 Geven	49.29 Geven
	5.26 Sinirotu	12.50 Menengiç	28.45 Okaliptus
Polen Miktarı %	5.26 Korunga	8.33 Korunga	12.12 Ketenotu
	5.26 Akçaağaç	8.33 Peygamber çiçeği	5.45 Ayçiçeği
	5.26 Melezirtıtlı	7.38 Üçgül	4.69 Diğer
	6.23 Diğer		
pH	3.99 ^a	3.98 ^a	3.35 ^b
Toplam Asitlik (meq/kg)	18.21 ^c	22.14 ^b	26.00 ^a
Kuru Madde (%)	82.94 ^a	83.06 ^a	84.13 ^a
Nem (%)	17.06 ^a	16.94 ^a	15.87 ^a
İletkenlik (mS/cm)	0.34 ^c	0.51 ^a	0.39 ^b
Prolin (mg/kg)	434.33 ^c	802.00 ^a	644.67 ^b
Fruktoz + Glikoz (g/100g)	66.20 ^a	66.89 ^a	67.42 ^a
Fruktoz / Glikoz	1.17 ^a	1.18 ^a	1.19 ^a
Sakkaroz (g/100g)	0	0	0.82 ^a
HMF (mg/kg)	18.32 ^c	32.9 ^b	38.6 ^a
Diastaz Sayısı	13.04 ^a	13.14 ^a	13.33 ^a
C13	0.53 ^a	0.13 ^b	0.20 ^b
C4 %	0	0	0

a, b, c: Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre çiçek ballarında rutubet oranı % 20'den fazla olmaması gerektiği bildirilmiştir. Bu oran püren-*Calluna* ballarında ve fırıncılık ballarında % 23 olarak belirlenmiştir [11]. Geven ballarında nem oranı 620 metre rakımlı numunede % 16.94, 1050 metre rakımlı numunede % 17.06 ve 1700 metre rakımlı numunede % 15.87 olarak tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu değerlere göre bal numunelerindeki nem miktarları Bal Tebliği'nde belirtilen sınırın altında bulunmuştur. Diğer taraftan geven balında rakım yükseldikçe nem oranında küçük de olsa bir azalma meydana gelmiştir. Narenciye ve geven balları üzerine yapılan bir çalışmada geven balı numunesinin nem oranını % 13.1 narenciye balı numunesinin nem oranını % 15.6 olarak bildirilmiştir [50]. Batu ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada yüksek rakımlardan elde edilen balların nem oranlarının daha düşük olduğunu belirtmişlerdir [36]. Terrab ve arkadaşları Fas'tan elde edilen okaliptüs ballarının nem içeriğini geven ballarının nem içeriğine benzer olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar 29 bal numunesinin ortalama nem içeriğinin %17.51 olduğunu bildirmişlerdir [30]. Sanz ve arkadaşları, nektar ve salgı balı arasındaki farkları belirlemek için 30 bal numunesinin nem içeriğini belirlemişlerdir. Araştırmada geven ballarının nem içeriğinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmacılar minimum nem oranını %13.00 maksimum nem oranını ise %19.00 olarak bildirilmiştir [32].

620 metre rakımlı geven balında pH 3.99 toplam asitlik 18.21 meq/kg, 1050 metre rakımlı geven balında pH 3.98 toplam asitlik 22.14 ve 1700 metre rakımlı geven balında pH 3.35 toplam asitlik ise 26 meq/kg olarak tespit edilmiştir. Geven balında rakım yükseldikçe asitlik miktarı yükseliş göstermiştir. Ayrıca üç geven balı numunesinin pH ve toplam asitlik değerleri de literatür ile uyum içerisinde bulunmuştur [56, 62]. Azeredo ve arkadaşları 2003 yılında yaptıkları araştırmada 12 bal örneğinin pH'sını 3.10- 4.05 arasında tespit etmişlerdir [31]. Sanz ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları çalışmada 30 bal numunesinin toplam asitliğinin 37.9 meq/kg ortalama değerinde olduğunu belirtmişlerdir [32]. Çınar, 2010 yılında Türk çam balının analitik özelliklerini belirleyebilmek için 3 hasat yılından (2006, 2007 ve 2008) ve 9 farklı yöreden toplam 100 çam balı örneğinin toplam asitlik miktarını ortalama 27.55 meq/kg olarak bildirmiştir [25]. Consuelo Perezarquillue ve arkadaşları, İspanya'dan elde edilen biberiye ballarının fiziko-kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada 27 bal numunesinin toplam asitliğinin ortalama 17.2 meq/kg olduğunu belirtmişlerdir [29].

Balların polen içerikleri değerlendirildiğinde, 620 metre rakımlı geven balında % 67.47 oranıyla baskın polenin geven olduğu tespit edilmiştir. Bu balda % 5.26 oranlarında sakızotu, sinirotu, korunga akçaağaç ve meleztırtılı belirlenmiş ve bu polenlerin minör polen grubunda olduğu saptanmıştır. 1050 metre rakımlı geven balında % 63.46 oranıyla dominant polenin geven olduğu belirlenmiştir. Bu baldaki minör polen çeşitleri ise % 12.5 menengiç, %8.33 korunga ve peygamber çiçeği ve % 7.38 üçgül olmuştur. 1700 metre rakımlı geven balında % 49.29 oranında geven tespit edilmiş ve gevenin dominant polen olduğu belirlenmiştir. Bu balda % 28.45 ile okalıptüs sekonder polen olarak belirlenmiştir. 1700 metre rakımda okalıptüs ağacı yetişmemektedir. 1700 metre rakımlı geven balında sekonder polen olarak okalıptüs çıkması üreticinin kovanları ovadan 1700 metre rakıma taşırken arıların aç kalmaması için kovanda bırakmış olduğu baldan kaynaklandığı düşünülmektedir. 1700 metre rakımlı geven balının minör polenleri ise % 12.12 oranıyla ketenotu ve % 5.45 oranıyla ayçiçeği olmuştur. Terrab ve arkadaşları, 2003 yılında Fas'tan elde edilen okalıptüs balının fiziko-kimyasal karakterini belirlemişlerdir. Araştırmacılar okalıptüs balının renk ve polen analizlerini de yaptıkları çalışmada tüm bal numunelerinin dominant polenin (%75 - %90) okalıptüs poleni olduğunu bildirmişleridir [30]. Bonvehi ve arkadaşları, 2019 yılında yaptıkları bir çalışmada, Endülüs bölgesinden elde edilen avokado balında polen analizi yapmışlardır. Çalışmada 20 farklı avokado balında 48 çeşit polen tespit edilmiştir. Araştırmacılar bal örneklerinden 18 tanesinin dominant polen olarak avokado (*Persea americana*) poleni içerdiğini bildirmişlerdir. Çalışmada avokado balının % 13 ile % 58 arasında (ortalama % 33) avokado (*Persea americana*) poleni içerdiği bildirilmiştir [38]. Guyot ve arkadaşları, 1998 yılında yaptıkları bir çalışmada 10 adet kestane balının ve 10 adet limon balının polen içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar kestane balı örneklerinin dominant polenin minimum %90 oranıyla kestane poleni olduğunu, limon balı örneklerinde ise limon poleni oranının %5 ile % 23 arasında değiştiğini bildirmişlerdir [40].

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde çiçek ballarının elektrik iletkenliği kocayemiş, çan otu, okalıptüs, ıhlamur, süpürge çalı, okyanus mersini ve çay ağacından elde edilenler hariç olmak üzere en fazla 0.8 mS/cm olabileceği belirtilmektedir [11]. Elektrik iletkenliği 620 metre rakımlı geven balında 0.34 mS/cm, 1050 metre rakımlı geven balında 0.51 mS/cm, 1700 metre rakımı geven balında 0.39 mS/cm olarak tespit

edilmiştir ($p<0.05$). Bu sonuçlara göre bal numunelerinin elektrik iletkenliği değerleri bal tebliğindeki sınırın altında bulunmuştur. Balda elektrik iletkenliği balın botanik orijininin belirlenmesi için kullanılan karakteristik bir parametredir. Elektriksel iletkenlik daha çok salgı ve çiçek ballarını birbirinden ayırt etmek için kullanılır [25]. Bergamo ve arkadaşları kavun balları ve farklı orijinlere sahip çiçek ballarında 2019 yılında yaptıkları çalışmada kavun ballarının elektrik iletkenliğinin düşük miktarlarda (<0.8 mS/cm), çiçek ballarının elektrik iletkenliğinin yüksek miktarlarda (>0.8 mS/cm) olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumun, çiçek ballarının botanik türler arasında karışımlar içerdiği ve saf olmadıkları ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir [37]. Sanz ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları çalışmada 30 bal numunesinin elektrik iletkenliğinin ortalama değerinin 5.13 mS/cm olduğunu tespit etmişlerdir [32]. Çınar, 2010 yılında Türk çam balının analitik özelliklerini belirleyebilmek için 3 hasat yılından (2006, 2007 ve 2008) ve 9 farklı yöreden toplam 100 çam balı örneğinin elektrik iletkenliğini değerlerini saptamış ve çam ballarının ortalama elektrik iletkenliği değerinin 1.26 mS/cm olarak bildirmiştir [25]. Bu çalışmalarla beraber geven ballarının tamamında elektriksel iletkenlik sonuçları diğer literatür çalışmalarıyla da uyum içerisinde olduğu bulunmuştur [24, 29, 34, 36, 39, 62].

Prolin miktarları bakımından bal numuneleri incelendiğinde; 620 metre rakımlı geven balında 434.33 mg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 802.00 mg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 644.67 mg/kg prolin tespit edilmiştir ($p<0.05$). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’de çiçek ballarında prolin miktarının en az 180 mg/kg olması gerektiği bildirilmektedir [11]. Buna göre, bal numunelerindeki prolin miktarları tebliğ değeri ile uyum içerisinde. Meda ve arkadaşları Burkina Faso’dan alınan 27 bal örneğinin prolin miktarlarını belirledikleri çalışmada Prolin miktarını balın toplam aminoasit seviyesinin bir ölçüsü ayrıca bala şeker ilavesinin saptanabilmesi için bir gösterge ve balın olgunluğunun tahmin edilebilmesi için bir ölçüt olarak değerlendirmişlerdir [27]. Bonvehi ve arkadaşları İspanya’nın özerk Endülüs bölgesinde ticari olarak satılan 20 adet avokado balında yaptıkları çalışmada ortalama prolin miktarının 421.60 mg/kg olduğunu belirtmişlerdir [38]. Terrab ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada ise avokado balı numunelerinin prolin miktarlarının 315.9 - 770.0 mg/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir [30]. Benzer şekilde geven ballarının prolin

içeriklerinin, diğer literatür çalışmalarıyla da uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir [24, 25, 38].

Balda invert şeker miktarı, fruktoz + glikoz miktarlarının toplamı ile belirlenmektedir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği bu oranı en az 100 gramda 60 gram olarak bildirmektedir [11]. Bu oran 620 metre rakımlı geven balında 66.20 g/100 g, 1050 metre rakımlı geven balında 66.89 g/100 g ve 1700 metre rakımlı geven balında 67.42 g/100 g miktarlarında tespit edilmiştir ($p>0.05$). Sanz ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 30 adet bal örneğinin fruktoz + glikoz oranının 51.5 g/100 ile 80.00 g/100 arasında değiştiğini bildirmişlerdir [32]. Batu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ise fruktoz + glikoz oranının 62.39 g/100g ile 79.98 g/100g arasında değiştiğini belirtmişlerdir [36]. Tespit edilen değerler, hem bal tebliği değerleri ile hem de literatür ile uyum içerisinde [25, 29-31, 62].

Balın kalitesinin belirlenmesinde önemli bir ölçüt olan balın yapısı ve şekerlenmesi arasındaki ilişki fruktoz/glikoz oranıyla hesaplanmaktadır [24]. Çiçek ballarında fruktoz/glikoz oranı 0.9 ile 1.4 arasında olmalıdır [11]. Bu oran 620 metre rakımlı geven balında 1.17, 1050 metre rakımlı geven balında 1.18 ve 1700 metre rakımlı geven balında 1.19 olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$). Bu değerlere göre bal numunelerinin fruktoz/glikoz oranları tebliğde verilen sınırlar içerisinde kalmaktadır. Bonvehi ve arkadaşları 2019 yılında İspanya'nın özerk Endülüs bölgesinde ticari olarak satılan 20 adet avokado balını inceledikleri çalışmada fruktoz/glikoz oranını 1.21 ile 1.32 arasında tespit etmişlerdir [38]. Turan yaptığı çalışmada Kırklareli izole bölgeden elde edilen bal örneklerinde fruktoz/glikoz oranını 1.15 ile 1.48 arasında, Tekirdağ izole bölgeden elde edilen örneklerde ise 1.15 ile 1.21 arasında tespit etmiştir [24]. Bu çalışmalarla birlikte geven balı numunelerinin fruktoz/glikoz oranı, daha önce yapılan diğer çalışmalarla da uyum içerisinde bulunmuştur [29, 30, 35, 37, 39, 62].

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde çiçek ballarında sakkaroz miktarı en fazla 5g/100 g olarak sınırlandırılmıştır [11]. Sakkaroz 620 ve 1050 metre rakımlı geven ballarında bulunmazken 1700 metre rakımlı geven balında 0.82 g/100g miktarında tespit edilmiştir. Bu değerlere göre bal numunelerindeki sakkaroz miktarı tebliğde izin verilen sınır değerinin altında bulunmuştur.

Balın HMF içeriği tazeliğin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü taze ballarda bulunmaz ve balın işlenmesi veya depolanması sırasında HMF miktarı artma eğilimindedir [33]. Türk Gıda Kodeksi Bal tebliğine göre HMF çiçek ballarında en fazla 40 mg/kg miktarında bulunmalıdır [11]. HMF miktarı 620 metre rakımlı geven balında 18.3 mg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 32.9 mg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 38.6 mg/kg olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Tespit edilen değerler, tebliğde belirtilen sınırın altında bulunmuştur. Terrab ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 29 adet okaliptüs balının HMF miktarının 7.50 mg/kg ile 39.10 mg/kg arasında olduğunu tespit etmişlerdir [30]. Gomes ve arkadaşları Portekiz piyasasında satılan 5 adet bal örneğinin HMF miktarlarının 18 mg/kg ile 94 mg/kg arasında olduğunu belirtmişlerdir [33]. Durmuş, 2013 yılında yapmış olduğu bir çalışmada polen karakterleri farklı 27 bal örneğinin HMF miktarlarını incelemiştir. Araştırmacı bal örneklerinde en düşük HMF miktarının 3.87 mg/kg, en yüksek HMF miktarının ise 107.92 mg/kg olduğunu bildirmiştir [35]. Bergamo ve arkadaşları, 2018 yılında yaptıkları çalışmada farklı botanik orijine sahip 41 adet çiçek ve salğı ballarının HMF miktarlarını incelemişler ve tüm bal numunelerinin HMF içeriğinin yasal limitlerin altında olduğunu bildirmişlerdir [37]. Geven balı örneklerinin tamamının HMF miktarları diğer literatür çalışmalarıyla da uyum içerisinde bulunmuştur [7, 50].

Diastaz balın doğal bir enzimdir. Diastaz seviyesi balın tazeliği ve bitkisel kökenine bağlıdır. HMF de olduğu gibi diastaz aktivitesi de depolama süresi ve sıcaklık değişkenlerinin bir göstergesi olarak kullanılabilir [33]. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’de çiçek ballarının diastaz sayısının en az 8 olması gerektiğini bildirilmektedir [11]. Diastaz sayısı 620 metre rakımlı geven balında 13.04, 1050 metre rakımlı geven balında 13.14 ve 1700 metre rakımlı geven balında 13.33 olarak tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Gangwar ve arkadaşları farklı bitki türlerinden elde edilen balları inceledikleri çalışmada diastaz sayısını 7.6 ile 18.2 arasında tespit etmişlerdir [34]. Bergamo ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada botanik orijinleri farklı 41 adet çiçek ve salğı balının diastaz sayısını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bal örneklerinin diastaz sayısını 3.53 ile 27.44 arasında olduğunu belirtmişlerdir [37]. Genel olarak bakıldığında, geven balı numunelerinin üçünün de diastaz sayıları, literatür ile uyum içerisinde bulunmuştur [7, 33, 34, 37].

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde balda protein ve ham balda delta C13 değerleri arasındaki farkı -1.0 veya daha pozitif olarak bildirmektedir [11]. Bu değer 620 metre rakımlı geven balında 0.53, 1050 metre rakımlı geven balında 0.13 ve 1700 metre rakımlı geven balında 0.20 olarak tespit edilmiştir. Yine Bal Tebliği'ne bakıldığında, balda protein ve ham balda delta C13 değerlerinden hesaplanan C4 şekeri oranını en fazla %7 olarak sınırlandırılmıştır [11]. Bu oran, geven balı numunelerinin her üçünde de tespit edilememiştir. Ballarda C13 farkı ve bu değer kullanılarak hesaplanan C4 içeriği şeker kamışı veya mısır şurubu katkısıyla yapılan hileleri tespit amacıyla kullanılmaktadır [28]. Geven balı numunelerinin tamamında bu değerlerin standartlara uygun olarak çıkması şeker kamışı veya mısır şurubu ile hile yapılmadığını göstermektedir. Padovan ve arkadaşları balda yaptıkları bir çalışmaya göre C13 farkını ortalama -0.2 ve bu değer kullanılarak hesaplanan C4 içeriğini ortalama %2.3 olarak tespit ettiklerini belirtmişlerdir [76].

4.2. Geven Ballarının Aroma Maddeleri Bileşimi

Ballarda aroma maddeleri bileşimi, balın nektar bileşimi ve floral orijinine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir [44]. Adana ilinin farklı rakımlı bölgelerinden alınan geven ballarının aroma maddeleri Tablo 4.2.'da verilmiştir.

Tablo 4-2. Adana ilinin farklı rakımlı bölgelerinden alınan geven ballarının aroma maddeleri

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MİKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
ALDEHİTLER VE KETONLAR											
1	3-Hidroksi-3-Metil-2-Bütanon	1236	S	61.9 ± 3.04 ^a	<1	130.01 ± 9.7 ^b	<1	40.33 ± 3.51 ^b	<1	yağlı ^[77]	LRI,MS,Std
2	3-Hidroksi-2-Bütanon	1275	800 ^[78]	122.58 ± 5.29 ^b	<1	524.82 ± 26.05 ^a	<1	197.01 ± 17.63 ^b	<1	alkolik maltımsı ^[77]	LRI,MS,Std
3	1-Hidroksi-2-Propanon	1288		273.36 ± 14.31 ^b	<1	285.87 ± 26.82 ^b	<1	256.6 ± 20.66 ^b	<1	tatlı, alkolik maltımsı ^[77]	LRI,MS,Tent
4	4-Hidroksi-4-Metil-2-Pentanon	1356		624.13 ± 29.5 ^a	<1	90.43 ± 6.48 ^b	<1	127.03 ± 11.32 ^a	<1		LRI,MS,Tent
5	1-Hidroksi-2-Bütanon	1363		73.99 ± 3.97 ^b	<1	28.29 ± 1.24 ^b	<1	20.57 ± 1.98 ^b	<1	meyvemsi, bademsi ^[77]	LRI,MS,Std
6	Benzaldehit	1507	350 ^[79]	34.19 ± 2.3 ^a	<1	37.26 ± 0.2 ^a	<1	24.37 ± 1.21 ^b	<1		LRI,MS,Tent
7	3-Metil-1,2-siklopentanedion	1824									
8	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	2130	S	79.4 ± 1.98 ^a	S						LRI,MS,Tent
TOPLAM				1165.51	1200.72	1144.91					

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MIKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MIKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MIKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
ALKOLLER											
1	2-Metil-2-Bütanol	1018	1200 ^[85]	1147.22 ± 111.9 ^b	<1	2090.64 146.41 ^a	±2.05	1251.46 124.92 ^b	±1.23	Odunumsu, kâfur ağacı ^[80]	LRI,MS,Std
2	3-Pentin-2-ol	1171	400 ^[81]	74.45 ± 4.17 ^b	<1	150.35 ± 9.74 ^a	<1	80.01 ± 2.43 ^b	<1	parfümsü, odunumsu ^[81]	LRI,MS,Std
3	3-Metil-1-Bütanol	1210	250 ^[86]	63.75 ± 4.06 ^b	<1	82.66 ± 6.58 ^a	<1	91.34 ± 9.08 ^a	<1	meyvensi, şarapımsı ^[82]	LRI,MS,Std
4	4-Metil-2-pentanol	1303		136.99 ± 11.28 ^b		222.94 ± 18.8 ^b		136.11 13.08 ^b	±		LRI,MS,Std
5	2-Metil-2-Bütanol	1321		55.54 ± 3.29 ^a		S		S			LRI,MS,Std
6	1-Pentin-3-ol	1618		71.81 ± 2.95 ^b		S		90.89 ± 5.72 ^a			LRI,MS,Tent
7	1,2-Etanediol	1626		1605.88 ± 96.24 ^b		2691.63 187.28 ^b	±	1057.07 79.76	±	tatlımsı ^[83]	LRI,MS,Std
8	2-(2-bütoksietoksi)-etanol	1794		S		33.31 ± 2.42 ^a		16.24 ± 1.38 ^b			LRI,MS,Tent
9	Benzilalkol	1871	10000 ^[86]	35.11 ± 1.87 ^b	<1	66.55 ± 3.91 ^b	<1	246.36 ± 3.5 ^a	<1	çiçeksi, tatlı ^[77]	LRI,MS,Std
10	2-Fenil- etanol	1908	1000 ^[78]	122.29 ± 1.26 ^{ab}	<1	130.19 ± 6.51 ^a	<1	117.76 ± 6.11 ^b	<1	güçlü, balı ^[84]	LRI,MS,Std
TOPLAM				3313,04		5468,27		3087,24			

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MIKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MIKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MIKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
ESTERLER											
1	Metil-2-furoat	2001		374.22 ± 6.54	<1	984.27 ± 27.49 ^a		602.93 ± 22.09 ^b		Meyvemsi ^[53]	LRI,MS,Std
2	Etilheksadekanoat	2260	>2000 ^[86]	45.58 ± 0.92 ^b	<1	53.41 ± 3.66 ^a	<1	16.78 ± 0.15 ^c	<1		LRI,MS,Std
TOPLAM											
				419.8		1037.68		619.71			
FURANLAR VE PİRANLAR											
1	Furfural	1451	720 ^[84]	186.99 ± 10.92 ^c	<1	739.51 ± 33.57 ^a	1.02	288.61 ± 28.28 ^b	<1	tatlı ⁸ , alkol,yanmış ^[84] fuzel	LRI,MS,Std
2	1-(2-Furani)-Eranon	1491		71.84 ± 0.84 ^b		116.32 ± 7.62 ^a		46.02 ± 4.34 ^d			LRI,MS,Tent
3	5-Metil-2-Furankarboksaldehit	1561		42.72 ± 2.4 ^b		80.43 ± 4.87 ^a		38.04 ± 3.77 ^b			LRI,MS,Tent
4	Furfuril Alkol	1654	2000 ^[87]	148.48 ± 4.68 ^b	<1	190.96 ± 11.37 ^a	<1	79.41 ± 6.95 ^c	<1	karamel, tatlı ^[77]	LRI,MS,Std
5	2,5- Furandikarboksaldehit	1970		S		164.97 ± 8.14 ^a		56.37 ± 4.91 ^b			LRI,MS,Std
6	2,3- dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-4H-piran-4-on	2269	35000 ^[88]	75.88 ± 5.73 ^b	<1	169.45 ± 7.88 ^a	<1	S			LRI,MS,Tent
7	5-Hidroksi-metil-furfural	2498	100000 ^[87]	288.23 ± 148.07 ^b	<1	8733.63 729.54 ^a	± <1	3084.24 ± 159.78 ^b	<1		LRI,MS,Std
TOPLAM											
				3408.14		10195.27		3592.69			

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MİKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
LAKTONLAR											
1	γ -Bütürolakton	1613	1000 ^[84]	96.76 \pm 2.62 ^b	<1	111.06 \pm 1.2 ^a	<1	90.24 \pm 4.71 ^b	<1	kızarmış, yamış ^[84]	LRI,MS,Std
2	δ -Heksalakton	1786		47.66 \pm 1.08 ^a		S		S			LRI,MS,Std
3	Pantolakton	2027	2200 ^[84]	179.87 \pm 10.15 ^b	<1	209.45 \pm 9.15 ^a	<1	151.22 \pm 0.94 ^a	<1	kızarmış ekmek, tütüştüğü ^[84]	LRI,MS,Std
4	α -Bütürolaktam	2048		94.64 \pm 3.18 ^a		33.11 \pm 2.47 ^b		S			LRI,MS,Tent
5	4-(1-hidroksi-etil)- γ -bütanolakton	2331		51.72 \pm 1.91 ^b		S		69.76 \pm 6.6 ^a			LRI,MS,Tent
6	dihidro-5-(1-hidroksietil)-2-(3H)-furanon (şeri lakton)	2385		37 \pm 2.75 ^b		S		44.76 \pm 3.99 ^a			LRI,MS,Tent
	TOPLAM			507.65		353.62		355.98			
NORİZOPRENOİDLER											
1	9-Hidroksi-megastigm-7-en-3-on	2453		121.66 \pm 0.25 ^a		81.17 \pm 3.52 ^b		47.25 \pm 4.59 ^a			LRI,MS,Tent
2	3-Hidroksi- β -damaskon	2489		334.57 \pm 31.71 ^a		S		101.76 \pm 7.06 ^b			LRI,MS,Std
3	3-Okzo- α -ionol	2651		S		S		221.2 \pm 11.96 ^a		bal,kayıtlı ^[84]	LRI,MS,Std
4	3-Hidroksi-7,8-dihidro- β -ionol	2694		301.01 \pm 10.62 ^a		S		S			LRI,MS,Std
	TOPLAM			757.24		81.17		370.21			

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MİKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
TERPEN VE TERPENOİDLER											
1	Limonen	1193	60 ^[89]	70,84 ± 5,32 ^a	1.18	60,27 ± 0,98 ^b	1.00	38,51 ± 3,73 ^z	<1	portakal meyvemsi ^[89]	benzeri, LRI,MS,Std
2	(E)-Linaloloksit	1442	6 ^[90]	107,23 ± 7,09 ^b	17.87	318,08 ± 3,91 ^a	53.01	80,14 ± 7,84 ^z	13.35	taze,tatlı,çiçeksi ^[90]	LRI,MS,Std
3	(Z)-Linaloloksit	1469	6 ^[90]	46,52 ± 2,77 ^b	7.75	83,82 ± 1,74 ^a	13.97	18,33 ± 1,83 ^z	3.05	taze,tatlı,çiçeksi ^[90]	LRI,MS,Std
4	Linalol	1547	25 ^[89]	52,58 ± 4,29 ^b	2.10	82,48 ± 4,86 ^a	3.30	S		çiçeksi, yeşil ^[89]	LRI,MS,Std
5	Hotrienol	1607	110 ^[90]	S		212,99 ± 10,83 ^a	1,94	56,07 ± 4,38 ^b	<1	taze,çiçeksi, meyvemsi ^[90]	LRI,MS,Std
6	L-Mentol	1642		46,3 ± 0,97 ^b		206,41 ± 3,32 ^a		19,77 ± 1,72 ^z		Naneli, Ferah ^[91]	LRI,MS,Std
7	Dihidrooksoforon	1773		25,67 ± 0,3 ^a		S		S			LRI,MS,Tent
8	(E) - 2,(6-Dimetilokta-3,7-dien-2,6-diol	1944		145,02 ± 6,48 ^b		531 ± 48,68 ^a		86,02 ± 6,62 ^z			LRI,MS,Tent
9	(Z)-8-Hidroksi-linalol	2308		76,63 ± 4,36 ^f		274,09 ± 18,62 ^a		199,17 ± 19,84 ^b			LRI,MS,Std
TOPLAM				570,79	1769,14	498,01					

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MİKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
UÇUCU ASİTLER											
1	Asetik asit	1443	33 ^[79]	207.27 ± 2.96 ^b	6.28	255.41 ± 23.28 ^a	7.74	190.92 ± 15.56 ^b	5.78	keskin,sirke ağrıkokulu ^[79]	LRI,MS,Std
2	Propanoik asit	1531	2000 ^[79]	55.91 ± 2.43 ^b	<1	66.38 ± 5.22 ^a	<1	62.02 ± 5.41 ^{ab}	<1	soya ⁸ ,keskin, ransit ^[79]	LRI,MS,Std
3	3-Metil-Bütanoik asit	1664	700 ^[79]	92.05 ± 5.38 ^a	<1	157.11 ± 7.36 ^a	<1	133.37 ± 10.4 ^b	<1	ransit,peynirimsi ,keskin ^[79]	LRI,MS,Tent
4	Hekzanoik asit	1839	420 ^[84]	71.56 ± 5.41 ^b	<1	120.31 ± 3.27 ^a	<1	74.52 ± 1.79 ^b	<1	yağlı,peynir ^[84]	LRI,MS,Std
5	Oktanoik asit	2054	500 ^[84]	277.09 ± 15.12 ^b	<1	769.98 ± 70.67 ^a	1.54	366.04 ± 15.17 ^b	<1	yağlı ^[84]	LRI,MS,Std
6	Nonanoik asit	2162	3000 ^[79]	85.88 ± 3.18 ^a	<1	182.36 ± 16.13 ^a	<1	133.18 ± 7.46 ^b	<1		LRI,MS,Std
7	Benzoik asit	2433	1000 ^[87]	110.46 ± 2.9 ^a	<1	104.93 ± 3.62 ^b	<1	S		hafif balzamik ^[79]	LRI,MS,Std
8	Hekzadekanoik asit	2825	10000 ^[78]	2303.39 ± 84.64 ^a	<1	5489.02 459.43 ^a	± <1	4295.59 418.76 ^b	± <1		LRI,MS,Std
9	Oktadekanoik asit	3107	20000 ^[86]	830.33 ± 59.67 ^a	<1	2312.92 197.72 ^a	± <1	1300.56 ± 63.79 ^b	<1		LRI,MS,Std
TOPLAM				4033,94		9458,42		6556,20			

(Tablo 4.2. 'nin devamı)

SIRA	AROMA MADDESİ	LRI	KOKU EŞİK DEĞERİ	MİKTAR 620MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1050 MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	MİKTAR 1700MT	KOKU AKTİF DEĞERİ	KOKU TANIMLAMASI	TANIMLAMA
UÇUCU FENOL BİLEŞİKLERİ											
1	Orsinol	1973		201.58 ± 5.33 ^a		153.18 ± 9.65 ^b		S			LRI,MS,Std
2	2-Metoksi-4-vinil-fenol	2192	5 ^[82]	11.85 ± 1.15 ^b	2.37	S		48.55 ± 3.99 ^a	9.71	yoğun baharatmsl ^[82]	LRI,MS,Std
3	2,3,5-Trimetil-fenol	2219		23.76 ± 0.5 ^a		S		S			LRI,MS,Std
4	3,4,5-Trimetil-fenol	2367		129.68 ± 1.88 ^a		16.02 ± 1.5 ^c		31.38 ± 3.12 ^b			LRI,MS,Std
TOPLAM				366,87		169,20		79,93			
UÇUCU KÜKÜRTLÜ BİLEŞİKLER											
1	Benzotiyazol	1955	80 ^[78]	57.52 ± 5.09 ^b	<1	149.41 11.92 ^a	± 1.67	68.01 ± 3.24 ^b	<1	Yosunumsu, kızarmış ^[92]	LRI,MS,Std
TOPLAM				57,52		149,41		68,01			
GENEL TOPLAM				14600,50		29882,90		16372,89			

LRI : Linear alikonna indeksi DB-WAX kapilar kolon üzerinde hesaplanmıştır; Konsantrasyon: µg/kg olarak 3 farklı injeksiyon sonuçları ortalamasıdır; Tanımlama: LRI (Linear alikonna indeksi), MS (Kütle spektrometresi kütüphanesi), Std (Standart kimyasal madde), MS tent.(MS ile tentatif tanımlama); s: saptanmadı; Aroma maddelerinin standart sapma değerleri % 10'un altındadır. a,b,c: Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. (p<0.05).

Aroma maddelerinin tanımlanmalarında, GC-MS-FID'in hafızasında bulunan Wiley 7.0, Flavor 2L ve NIST kütüphanelerinden, standart maddelerden ve Kovats indeks değerlerinden yararlanılmıştır. Tablo 4.2'ye göre 620 metre rakımdan elde edilen geven balında 54 adet aroma maddesi, 1050 metre rakımdan elde edilen geven balında 48 adet aroma maddesi, 1700 metre rakımdan elde edilen geven balında 49 adet aroma maddesi tespit edilmiştir. Aroma maddelerinin toplam miktarı 620 metre rakımdan elde edilen geven balında 14600,50 µg/kg, 1050 metre rakımdan elde edilen geven balında 29882,90 µg/kg, 1700 metre rakımdan elde edilen geven balında 16372,89 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Aroma maddelerinin toplam miktar bakımından en yüksek bulunduğu numune 1050 metre rakımlı geven balı numunesi olarak belirlenmiştir.

Bal örneklerindeki aroma maddeleri aldehitler ve ketonlar, alkoller, esterler, furanlar ve pıranlar, laktonlar, norizoprenoidler, terpen ve terpenoidler, uçucu asitler, uçucu fenol bileşikleri ve uçucu kükürtlü bileşikler olmak üzere 10 sınıf altında toplanmıştır. Da Costa ve arkadaşları, unifloral melipon balında yaptıkları benzer bir araştırmada aroma maddelerini 12 sınıfta toplanmışlar ve toplamda 42 adet aroma maddesi tespit etmişlerdir [63].

620 metre rakımdan elde edilen geven balında 6 adet aldehit ve keton, 9 adet alkol, 2 adet ester, 6 adet furan ve pıran, 6 adet lakton, 3 adet norizoprenoid, 8 adet terpen ve terpenoid, 9 adet uçucu asit, 4 adet uçucu fenol bileşiği, 1 adet uçucu kükürtlü bileşik belirlenmiştir. Bu bal örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri uçucu asitler olurken bu bileşikleri sırasıyla furanlar ve pıranlar, alkoller, aldehitler ve ketonlar takip etmektedir.

1050 metre rakımdan elde edilen geven balında 7 adet aldehit ve keton, 8 adet alkol, 2 adet ester, 7 adet furan ve pıran, 3 adet lakton, 1 adet norizoprenoid, 8 adet terpen ve terpenoid, 9 adet uçucu asit, 2 adet uçucu fenol bileşiği, 1 adet uçucu kükürtlü bileşik belirlenmiştir. Bu bal örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri furanlar ve pıranlar olurken bu bileşikleri sırasıyla uçucu asitler, alkoller, terpen ve terpenoidler, aldehitler ve ketonlar takip etmektedir.

1700 metre rakımdan elde edilen geven balında 7 adet aldehit ve keton, 9 adet alkol, 2 adet ester, 6 adet furan ve pıran, 4 adet lakton, 3 adet norizoprenoid, 7 adet terpen ve terpenoid, 8 adet uçucu asit, 2 adet uçucu fenol bileşiği, 1 adet uçucu kükürtlü bileşik

belirlenmiştir. Bu bal örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri uçucu asitler olurken bu bileşikler sırasıyla furanlar ve pıranlar, alkoller, aldehitler ve ketonlar takip etmektedir.

Uçkun ve Selli yaptıkları benzer bir çalışmada Kayseri ilinden elde edilen çiçek balında 11 adet asit, 5 adet alkol, 5 adet aldehit, 4 adet keton, 3 adet terpen, 3 adet lakton, 3 adet fenol, 3 adet ester, 3 adet pıran ve 1 adet norizoprenoid olmak üzere toplam 41 adet aroma maddesi belirlemişlerdir [53].

4.2.1. Aldehitler ve ketonlar

Geven balı örneklerinde aldehit ve keton bileşiklerinin toplam miktarları sırasıyla 1165.51 µg/kg, 1200.72 µg/kg, 1144.91 µg/kg olarak belirlenmiştir. Bu bileşiklerin geven balı numunelerinde toplam aroma maddeleri miktarının rakım farklılıklarına göre % 4-8' sini oluşturduğu saptanmıştır.

Aldehitler ve ketonlar balda düşük konsantrasyonlarda bulunsalar bile yoğun kokularıyla karakterize edilebilmektedirler [93]. Aldehitler ve ketonlar içerisinde 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon 620 metre ve 1700 metre rakımdan alınan bal numunelerinde, 1- hidroksi-2-propanon 1050 metre rakımdan alınan bal numunesinde miktar olarak en yüksek miktarda tespit edilmiştir. 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon bileşiğinin aldehit ve ketonlar grubu içerisindeki oranı yükselti sırasına göre % 53.5, % 23.8, % 22.4 olarak bulunmuş, rakım yükseldikçe miktarının azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde benzaldehit miktarı da rakım yükseldikçe azalmaktadır ($p<0.05$). Bonvehí ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada benzaldehit'in algılama eşik değerini 350 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Acı badem ve meyvemsi koku veren benzaldehit'in koku aktiflik değeri üç numunede de 1'in altında bulunmuştur [77]. Bu tespitler doğrultusunda koku aktivitesi bakımından benzaldehit'in geven balının koku karakteristiği üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ve rakım yükseldikçe de miktarının azaldığı tespit edilmiştir. 3-hidroksi-bütanon bileşiği yağ benzeri koku vermektedir [77]. Diğer taraftan John ve arkadaşları 3-hidroksi-2-bütanon'un algılama eşik değerinin 800 µg/kg olduğunu bildirmişlerdir [78]. 3-hidroksi-2-bütanon'un rakım yükselmesiyle miktarında artışlar görülse de koku aktiflik değeri üç numunede de 1'in altında olması sebebiyle geven balının karakteristik kokusu üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır. 1-Hidroksi-2-bütanon bileşiğinin

maltımsı koku verdiği Niu ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir [77]. Bu bileşiğin de rakım yükseldikçe miktarının arttığı tespit edilmiş ve bu bileşiğin miktarları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Genel olarak bakıldığında aldehit ve keton bileşiklerinin toplam miktarları rakımın yükselmesiyle değişiklik göstermemiştir. 3-hidroksi-2-bütanon bileşiğinin ve 1-hidroksi-2-bütanon bileşiğinin rakım yükseldikçe miktarlarında yükselme görülürken 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon bileşiğinin ve benzaldehit bileşiğinin miktarları rakım yükseldikçe azalmıştır.

4.2.2. Alkoller

Alkoller lipidlerin oksidatif parçalanması veya arılar ve kontaminant mikroorganizmalardan gelen redüktaz enzimlerinin aldehitleri katalizleyerek indirgemeleri ile oluşurlar [49]. 620 metre, 1050 metre ve 1700 metre rakımlardan elde edilen geven balı örneklerinde toplam alkol miktarları sırasıyla 3313,04 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 5468,27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ve 3087,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak belirlenmiştir. Genel olarak alkol bileşiklerinin toplam miktarlarının 1050 metre rakımlı geven balı numunesinde diğer numunelere göre daha yüksek miktarda olduğu görülmektedir. Toplam aroma maddeleri miktarı içerisinde alkol bileşiklerinin oranı 620 metre rakımlı geven balı örneğinde % 22, 1050 metre rakımlı geven balı örneğinde % 18 ve 1700 metre rakımlı geven balı örneğinde % 18 olarak bulunmuştur. Rakımın yükselmesiyle alkol bileşiklerinin miktarlarındaki oransal azalış dikkat çekmektedir.

Odunumsu, kâfur koku ile karakterize edilen 2-metil-2-bütanol'ün toplam alkol bileşikleri miktarı bakımından oranları rakım sırasına göre % 34, % 38 ve % 40 olarak bulunmuştur [80]. Forero ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada 2-metil-2-bütanol'ün algılama eşik değerinin 1200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olduğu bildirmişlerdir [85]. Bu bileşiğin bal numunelerindeki koku aktiflik değeri 620 metre rakımlı örnekte 1'den küçük, 1050 metre rakımlı numunede 2.05 ve 1700 metre rakımlı numunede 1.23 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler göz ününe alındığında rakım yükseldikçe 2-metil-2-bütanol'ün karakteristik geven balı aromasına katkısının arttığı görülmektedir. Ancak 1050 metre rakımlı geven balı örneklerinde bu bileşiğin koku aktiflik değerinin daha yüksek olduğu ve karakteristik geven balı aromasına katkısının daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

3-Penten-2-ol bileşiminin geven balı örneklerindeki miktarı sırasıyla 74.45 µg/kg, 150.35 µg/kg ve 80.01 µg/kg olarak bulunmuştur. Parfümsü ve odunumsu koku ile karakterize olan 3-penten-2-ol bileşiminin algılama eşik değeri 400 µg/kg'dır [81]. 3-metil-1-bütanol 620 metre rakımlı geven balında 63.75 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 82.66 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 91.34 µg/kg miktarlarında bulunmaktadır. Meyvemsi ve şarapımsı koku ile karakterize edilen bu bileşimin algılama eşik değerinin 250 µg/kg olduğu bildirilmiştir [86]. Koku aktiflik değerleri bakımından incelendiğinde, hem 3-penten-2-ol'ün hem de 3-metil-1-bütanol'ün her 3 bal numunesinde de koku aktiflik değerinin 1'den küçük olduğu ve geven balının karakteristik aroması üzerine bir katkısının bulunmadığı tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında 2-metil-2-bütanol bileşiminin miktarı 1050 metre rakımlı geven balında, 3-metil-1-bütanol bileşiminin miktarı ise 620 metre rakımlı geven balında önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Geven balı numunelerinin tamamında tespit edilen 1,2-etanediol'ün toplam alkol bileşikleri miktarları içerisindeki oranları 620 metre rakımdan elde edilen geven balında %48, 1050 metre rakımlardan elde edilen balda %49 ve 1700 metre rakımdan elde edilen balda ise %34 olarak bulunmuştur. 3 bal numunesinde tespit edilen miktarlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Geven balı numunelerinin tamamında tespit edilen benzilalkol'ün miktarları 620 metre rakımlı geven balında 35.11 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 66.55 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 246.36 µg/kg olarak bulunmuştur. Çiçeksi tatlı [77] koku ile karakterize edilen benzilalkol bileşiminin algılama eşik değerinin 10000 µg/kg olduğu bildirilmiştir [86]. Koku aktiflik değerleri bakımından incelendiğinde benzilalkol'ün her 3 bal numunesinde de koku aktiflik değerinin 1'den küçük olduğu ve geven balının karakteristik aroması üzerine bir katkısının bulunmadığı tespit edilmiştir.

Gül ve bal kokusu [84] ile karakterize edilen 2-fenil-etanol'ün algılama eşik değeri 1000 µg/kg olarak bildirilmiştir [78]. 2-fenil etanol'ün miktarı 620 metre rakımlı geven balı numunesinde 122.29 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 130.19 µg/kg. 1700 metre rakımlı geven balında 117.76 µg/kg olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$) 2-fenil-etanol'ün koku aktiflik değeri üç bal numunesinde de 1'den küçük olduğu saptanmıştır.

Genel olarak rakımın yükselmesiyle alkol bileşiklerinin miktarının, toplam aroma

miktarı içerisinde oransal olarak azalış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın, 3-metil-1-bütanol bileşiğinin ve benzilalkol bileşiğinin miktarları rakımın yükselmesiyle artış göstermiştir. Yine rakımın yükselmesiyle 3-penten-2-ol bileşiğinin toplam alkol bileşikleri içerisindeki oranı artarken, 1,2-etanediol bileşiği alkol bileşikleri içerisinde oransal olarak azalış göstermiştir.

4.2.3. Esterler

Tüm geven balı numunelerinde 2 adet ester bileşiği bulunmuştur. Bulunan bu bileşiklerin toplam aroma maddeleri içerisindeki oranları 620 metre rakımlı geven balında % 2.8, 1050 metre rakımlı geven balında % 3.4 ve 1700 metre rakımlı geven balında % 3.7 olarak tespit edilmiştir. Geven balı numunelerinde rakım sırasına göre 419.8 µg/kg, 1037.68 µg/kg ve 619.71 µg/kg miktarlarında ester bileşiği belirlenmiştir. Asit ve alkol bileşiklerinin esterleştirilmesi ile meydana gelen ester bileşiklerinin birçoğu meyve ve çiçek kokuları ile karakterize edilirler [93]. Etil hegzadekanoat bileşiğinin miktarı 620 metre rakımlı geven balında 45.58 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 53.41 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 16.78 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Algılama eşik değeri >2000 olarak belirtilen etil hegzadekanoat'ın koku aktiflik değeri üç numunede de 1'in altında hesaplanmıştır [86]. Bu hesaplama etil hegzadekanoat'ın geven balının karakteristik aromasına katkısının olmadığını göstermektedir. Bir ester bileşiği olan ve meyvemsi koku [53] ile karakterize edilen metil-2-furoat'ın miktarı ise 620 metre rakımlı geven balında 374.22 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 984.27 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 602.93 µg/kg miktarlarında saptanmıştır. Uçkun ve Selli Kayseri ilinden elde edilen çiçek balında yaptıkları çalışmada 100 µg/kg miktarında metil-2-furoat bileşiğini tespit etmişlerdir [53]. Geven balı numunelerinde istatistiki olarak hem metil-2-furoat bileşiğinin hem de etilhegzadekanoat bileşiğinin miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Genel olarak bakıldığında daha yüksek rakımlarda ester bileşikleri toplam aroma maddeleri içerisinde oransal olarak artış göstermektedir. Metil-2-furoat bileşiği ester bileşikleri içerisinde rakım yükseldikçe %89, %95, %97 oranlarına sahip olurken etil hegzadekanoat bileşiğinin oranı ise rakım yükseldikçe düşüş göstermiştir.

4.2.4. Furanlar ve pıranlar

620 m, 1050 m ve 1700 m rakımlardan elde edilen geven balı örneklerindeki toplam furan ve pıran bileşikleri miktarı sırasıyla 3408.14 µg/kg, 10195.27 µg/kg ve 3592.69 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Furan ve Pıran bileşiklerinin toplam aroma maddeleri miktarı içerisindeki oranları rakım sırasına göre, % 23, % 34 ve % 21 olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen furan ve pıran bileşiklerinin miktarlarının 1050 metre rakımlı geven balı numunelerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Furan bileşikleri ballarda yetersiz ısı işlem ve depolama koşullarının bir sonucu olarak bulunabilmektedir. Aynı zamanda bu furan türevi bileşikler arıcıların arıları kovandan çıkarmak ve agresifliklerini en aza indirmek için kullanılan dumanla da ilişkilendirebilmek mümkündür [62].

Furfural, Maillard reaksiyonunun bir ürünü olup, bir pentozdan kaynaklanan bir dehidroredüktonun siklizasyonu ve dehidrasyonu ile meydana gelir [49]. Alkolik ve yanmış koku ile karakterize edilen furfural bileşiğinin algılama eşik değeri 720 µg/kg'dır [84]. Tespit edilen furfural bileşiğinin koku aktiflik değeri yalnızca 1050 metre rakımlı numunede 1'in üzerinde tespit edilmiş ve bu değer 1.02 olarak bulunmuştur. 620 metre rakımlı geven balında 186.99 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 739.51 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 288.61 µg/kg miktarlarında tespit edilen furfural bileşiğinin miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$)

5-Hidroksi-metil-furfural bileşiğinin toplam furan ve pıran bileşikleri miktarları içerisindeki oranları incelendiğinde, bu bileşiğin 620 metre rakımlı geven balı numunesinin % 85'ini, 1050 metre ve 1700 metre rakımlı geven balı numunelerinin ise % 86'sını oluşturduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). 5-Hidroksi-metil-furfural bileşiğinin algılama eşik değerinin 100000 µg/kg olduğu bildirilmektedir [87]. Bu bileşiğin koku aktiflik değeri üç numune de de 1'den küçük olarak hesaplanmıştır. 5-hidroksi-metil-furfural bileşiği depolama sırasında artışlar gösterebilmektedir. Bu bileşiğin aynı zamanda heksozlardan (glikoz ve fruktoz) kaynaklanan bir dehidroredüktonun hidrasyonu ve siklizasyonu ile Maillard reaksiyonu sonucu oluştuğu bilinmektedir [49].

Furfural alkol 620 metre rakımlı numunede 148.84 µg/kg, 1050 metre rakımlı numunede 190.96 µg/kg ve 1700 metre rakımlı numunede 79.41 µg/kg miktarlarında tespit

edilmiştir ($p<0.05$). Niu ve arkadaşları tarafından algılama eşik değeri 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak bildirilen furfural alkol bileşiğinin koku aktiflik değeri 3 bal numunesinde de 1'den küçük olarak hesaplanmıştır [77].

5-Metil-2-furankarboksaldehit bileşiği ise, 620 metre rakımlı geven balında 42.72 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1050 metre rakımlı geven balında 80.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1700 metre rakımlı geven balında 38.04 $\mu\text{g}/\text{kg}$ miktarlarında bulunmuştur ($p<0.05$).

Genel olarak bakıldığında furan ve piran bileşiklerinin toplam miktarlarının rakım değişikliklerinden etkilenmediği görülmüştür. Rakımın yükselmesi ile 5-hidroksimetil-furfural bileşiğinin ve furfural bileşiğinin furan ve piran bileşikleri içerisindeki oranının artış gösterdiği 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-4H-piran-4-on bileşiğinin ise furan ve piran bileşikleri içerisinde oranının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.5. Laktonlar

Lakton bileşikleri içecek ve gıdalarda sık rastlanılan aroma maddeleri arasındadır. Lakton bileşikleri içerisinde önemli bir grup olan γ - ve δ -laktonlar bazı fermente gıdalarda ve meyvelerde doğal olarak bulunurlar ve hoş bir koku karakteristiğine sahiptirler. Gıdalarda küf ve maya türlerinden bazılarının lakton bileşiklerini fermantasyon yoluyla ürettikleri belirlenmiştir. Örnek olarak γ -dekalakton, uzun zincirli hidroksi yağ asitlerinin bazı mayalar tarafından dönüşümüyle elde edilmektedir. Önemli lakton bileşiklerinin birçoğunun meyvemsi koku (şeftali, hindistan cevizi, anason, mantar v.b.) karakterine sahip oldukları da bildirilmektedir [94].

Geven balı numunelerinin tamamında toplam 6 adet lakton bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin miktarı, toplam aroma maddeleri miktarının % 1-3 'lük kısmını oluşturmaktadır. Toplam lakton bileşikleri miktarı bakımından, en fazla lakton bileşiği 507.65 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ile 620 metre rakımlı geven balında bulunmuş, bunu 353.62 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ile 1050 metre rakımı geven balı numunesi ve 355.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ile 1700 metre rakımlı geven balı numunesi takip etmiştir. Lakton bileşikleri içerisinde kızarmış ekmek kokusu ile karakterize edilen pantolakton bileşiği toplam lakton miktarının rakım sırasına göre, % 36'sını, % 59'unu ve % 42'sini oluşturduğu tespit edilmiştir [84]($p<0.05$). Algılama eşik değeri 2200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak belirtilen pantolakton' un koku aktiflik değeri üç numunede de 1'den küçük olarak hesaplanmış ve karakteristik geven balı aroması

üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır [84].

Algılama eşik değeri 1000 µg/kg olarak belirtilen γ-bütirolakton'un miktarları 620 metre rakımlı geven balında 96.76 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 111.06 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 90.24 µg/kg olarak tespit edilmiştir [84](p>0.05). γ-Bütirolakton' un koku aktiflik değeri 3 bal numunesinde de 1'den küçük olarak hesaplanmıştır. Seisonen ve arkadaşları farklı çiçek ballarının aroma profili inceledikleri çalışmada bal kokusu ile karakterize ettikleri γ-bütirolakton'u 9 farklı bal çeşidinde tespit etmişlerdir[95]. Şeri lakton olarak bilinen dihidro-5-(1-hidroksietil)-2-(3H)-furanon bileşiği 1050 metre rakımlı geven balında tespit edilemezken 620 metre rakımlı geven balında 37 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 44.76 µg/kg miktarında tespit edilmiştir (p<0.05).

Genel olarak incelendiğinde lakton bileşiklerinin toplam miktarı düşük rakımlı geven ballarında daha yüksek bulunmuştur. Rakımın yükselmesiyle α-bütirolakton bileşiğinin miktarı azalırken; γ-bütirolakton bileşiğinin lakton bileşikleri içerisindeki oranının artış gösterdiği tespit edilmiştir.

4.2.6. Norizoprenoidler

Norizoprenoidler doğada tanımlanan aroma bileşikleri içinde önemli sınıflardan biridir. Özellikle başta tütün olmak üzere birçok bitkide bulunabilen norizoprenoidler, genel olarak karotenoidlerin degradasyonu sonucu meydana gelirler [96]. Ayrıca norizoprenoidlerin birçoğunun kaynağı çiçek kökenli olduğu için baldan da izole edilebilirler. Meyve veya meyve suyu gibi daha düşük şeker içerikli gıdalar için, norizoprenoidleri ve bunların glikozidik olarak bağlı formlarını izole etmek için bir çok prosedür geliştirilmiştir. Ancak norizoprenoidlerin ünifloral ballarda yarattıkları potansiyel bakımından dikkat çekici bir grup gibi görünmelerine rağmen, zengin şeker içeriğinde tespit edilmelerindeki zorluk nedeniyle bu bileşik grubunun tespiti ile ilgili yeterince çalışmaya rastlanmamaktadır [97].

Geven balı numunelerinin toplam aroma maddeleri miktarının % 0,2-5' ini oluşturan norizoprenoidler, en fazla 620 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde (757.24 µg/kg) tespit edilmiş, bunu sırasıyla 1700 metre rakımdan (370.21 µg/kg) ve 1050 metre rakımdan (81.17 µg/kg) elde edilen bal numuneleri takip etmiştir.

Norizoprenoidler içinde bal aroması ile karakterize edilen 3-okzo-ionol yalnızca 1700 metre rakımlı geven balı numunelerinde 221.2 µg/kg miktarında tespit edilmiştir [84]. Castro Vazquez ve arkadaşları monofloral turunçgil, biberiye, okaliptüs, lavanta ve kekik ballarının aroma profilinin ayırımı yaptıkları bir çalışmada okaliptüs balında ketoizoforon'u yüksek konsantrasyonlarda tanımlamışlar ve 8,9-dehidroteaspiro ve 3-okzo- α -ionon' ün Avusturalya okaliptüs balları için belirteçler olarak kullanıldığını bildirmişlerdir [46]. Soria ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada α -izoforon ve 4-okzoizoforon gibi uçucu norizoprenoidleri püren balında düşük konsantrasyonlarda tespit etmişlerdir [45]. 3-Okzo- α -ionol bileşiğinin 1700 metre rakımdan elde edilen geven balındaki varlığı, polen analizinde okaliptüs'e rastlanmış olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Daha önce de açıklandığı gibi, 1700 metre rakımda okaliptüs ağacı yetişmemektedir. Ancak bu rakımda üretilen geven balının polenlerinde okaliptüse rastlanması, üreticinin kovanları ovadan 1700 metre yükseltiye taşırken arıların aç kalmaması için, kovanda bırakmış olduğu baldan kaynaklandığı düşünülmektedir.

9-Hidroksi-megastigm-7-en-3-on bileşiğinin miktarı ise, 620 metre rakımlı geven balında 121.66 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 81.17 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 47.25 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu bileşiğin miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Yine önemli norizoprenoid bileşiklerinden biri olan 3-hidroksi- β -damaskon'un miktarı 620 metre rakımlı geven balında 334.57 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında ise 101.76 µg/kg olarak belirlenmiştir ($P < 0.05$).

Norizoprenoid bileşiklerinin toplam miktarları genel itibariyle düşük rakımlarda yüksek miktarda bulunmuştur. Bu bileşiklerin kaynağının çiçek kökenli olduğu bilinmektedir [97]. Yüksek rakımlarda norizoprenoid bileşiklerinin miktarlarının düşük olması çiçek ve bitki çeşitliliğinin yükselti arttıkça azalmasıyla bağlantılı olabilir.

4.2.7. Terpen ve terpenoidler

Terpen bileşiklerinin glikoz ve aminoasitlerin çeşitli reaksiyonları sonucu oluştuğu bildirilmektedir [98]. Toplam terpen ve terpenoid miktarı bakımından 1769.14 µg/kg ile 1050 metre rakımlı geven balı ilk sırada yer alırken, bunu 570.79 µg/kg ile 620 metre rakımlı geven balı numunesi ve 498.01 µg/kg ile 1700 metre rakımlı geven balı

numunesi takip etmiştir. Toplam aroma maddeleri miktarı içerisinde geven balı numunelerinde saptanan terpen ve terpenoidlerin oranları sırasıyla 620 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde % 3.9, 1050 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde % 5.8 ve 1700 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde % 3 olarak tespit edilmiştir. Terpen ve terpenoid bileşiklerinden bazılarının karakteristik geven balı aromasının oluşumu üzerinde önemli derecede etkili oldukları saptanmıştır. Baldaki terpenlerin ve türevlerinin orijini, bal arıları tarafından toplanan çiçek nektarı ve bal özü ile ilişkilendirilmektedir [45]. Yapılan çalışmalarda terpen ve terpenoid bileşiklerinin tamamının kokulu olmadığı, bunlar içerisinde kimyasal olarak 10 C'lu bileşikler olan monoterpenollerin aromatik açıdan önemli olduğu, bunların başlıcalarının ise linalol, jeraniol, nerol, sitronellol, hotrienol ve α -terpineol olduğu bildirilmektedir[98].

(E)-Linaloloksit bileşiğinin miktarı 620 metre rakımlı geven balında 107.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1050 metre rakımlı geven balında 318.08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ve 1700 metre rakımlı geven balında 80.14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Z)-Linaloloksit bileşiğinin miktarı ise 620 metre rakımlı geven balında 46.52 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1050 metre rakımlı geven balında 83.82 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ve 1700 metre rakımlı geven balında 18.33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Taze ve çiçeksiz koku ile karakterize edilen (E)-Linaloloksit ve (Z)-Linaloloksit'in algılama eşik değerinin 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olduğu bildirilmiştir [90]. (E)-Linaloloksit'in koku aktiflik değerleri hesaplandığında, en yüksek koku aktiflik değeri 53.01 ile 1050 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde bulunmuştur. Bunu sırasıyla 17.87'lik koku aktiflik değeri ile 620 metreden elde edilen bal numunesi ve 13.35'lik koku aktiflik değeri ile 1700 metre rakımdan elde edilen bal numunesi takip etmiştir. (E)-Linaloloksit bileşiğinin geven balının tazelik ve çiçeksiz kokusunun oluşmasında önemli derecede etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte (Z)-Linaloloksit'in koku aktiflik değerleri incelendiğinde (E)-Linaloloksit bileşiğindeki değerlendirmeye benzer olarak, yine en fazla koku aktiflik değeri 13.97 ile 1050 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde bulunmuştur. Bu değeri sırasıyla 7.75'lik koku aktiflik değeri ile 620 metreden elde edilen bal numunesi ve 3.05'lik koku aktiflik değeri ile 1700 metre rakımdan elde edilen bal numunesi takip etmiştir. Görüldüğü üzere, (Z)-Linaloloksit bileşiği de geven balı numunelerinin karakteristik aromasının oluşumuna büyük katkı sağlamaktadır.

Hotrienol bileşiğinin çiçek orijinli balların birçoğunda özellikle lavanta ballarında tespit

edildiği bildirilmektedir [99]. Bu bileşikler, balın olgunlaşması sırasında oluşabildiği gibi terpendiol I veya 8-hidroksilinalol bileşiklerinin termal degradasyonu sonucu da oluşabilmektedir. Ayrıca hotrienol (E)-8-hidroksilinalol'ün leylak alkollere izomerizasyonu ile oluşabilen leylak aldehytlerin sonraki aşamada oksidasyonu ile de oluşabilir [100]. Çiçeksi koku [101] ile karakterize edilen algılama eşik değeri 110 µg/kg [90] olan hotrienol bileşiği 620 metre rakımlı geven balında tespit edilemezken, 1050 metre rakımlı geven balında 212.99 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 56.07 µg/kg miktarlarında tespit edilmiştir (p<0.05). Hotrienol'ün koku aktiflik değeri 1700 metre rakımlı geven balında 1'den küçük olarak hesaplanmış ancak 1050 metre rakımlı geven balında hotrienol'ün koku aktiflik değerinin 1.94 olduğu bulunmuştur. Barra ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada turunçgil ballarında ve farklı orijinli ballarda bulunan (özellikle lavanta balı) çiçeksi ve meyvemsi koku karakterlerine sahip aroma bileşikleri ile bal aromasına katkı sağlayan hotrienol bileşiğini bulmuşlardır [48].

Yapılan çalışmalara göre ballarda linalol bileşiği ve türevlerine rastlanması, arıların uğradıkları çiçeklerin florasından yani bu bileşiklerin bal üretimi için kullanılan substratların toplanması sırasında bitkilerden bala taşınmasından kaynaklandığı, bu bitkilerde ise linalol ve türevlerinin karatenoidlerin oksidatif bozunmasından meydana geldiği bildirilmektedir [49]. Bu bileşik 620 metre rakımlı numunede 52.58 µg/kg, 1050 metre rakımlı numunede 82.48 µg/kg miktarlarında tespit edilmiş ve miktarları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çiçeksi ve yeşilimsi koku ile karakterize edilen linalol'ün algılama eşik değeri 25 µg/kg olarak bildirilmektedir [89]. 620 metre rakımlı geven balında linalol'ün koku aktiflik değeri 2.10 olarak, 1050 metre rakımlı geven balında ise 3.30 olarak tespit edilmiştir. Bu tespite göre linalol'ün ilk iki numunenin karakteristik geven balı aromasının oluşumu üzerinde önemli rol oynadığı görülmüştür.

Limonen bileşiğinin miktarı ise, 620 metre rakımlı geven balında 70.84 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 60.27 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 38.51 µg/kg olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Portakal benzeri ve meyvemsi koku ile karakterize edilen limonen bileşiğinin algılama eşik değeri 60 µg/kg olarak bildirilmiştir [89]. Bu değer dikkate alındığında, koku aktiflik değerleri yalnızca 620 metre ve 1050 metre rakımlardan elde bal numunelerinde 1'in üzerinde bulunmuştur. Buna göre 620 metre rakımdan elde edilen bal numunesinde limonen'in koku aktiflik değeri 1.18

olarak hesaplanmıştır. 1050 metre rakımdan elde edilen bal numunesindeki limonen'nin koku aktiflik değeri ise 1 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre limonen'in 620 metre ve 1050 metre rakımlardan elde edilen balların karakteristik aroması üzerine etkisinin olduğu görülmektedir. linalol ve limonen gibi bazı terpen ve terpenoid bileşiklerinin 1700 metre rakımlı geven balı numunesinde saptanamamasının nedeninin rakımın yükselmesiyle bitki çeşitliliğinin orantılı olarak azalması olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak rakım yükseldikçe (E)-Linaloloksit, (Z)-Linaloloksit, L-mentol ve linalol bileşiklerinin terpen ve terpenoid bileşikleri içerisindeki oranı azalış gösterirken; (Z)-8-hidroksi linalol bileşiğinin oranı artış göstermiştir. Ayrıca limonen bileşiğinin miktarı da rakımın yükselmesi ile azalmıştır.

4.2.8. Uçucu asitler

Bal numunelerindeki toplam uçucu asitlerin miktarları incelendiğinde; 620 metre rakımlı geven balında 4033.94 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 9458.42 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balında 6556.20 µg/kg uçucu asit tespit edilmiştir. Uçucu asitler, 1700 metreden elde edilen bal numunesinde toplam aroma maddeleri miktarının % 40'ını oluştururken, bunu % 31.65 ile 1050 metre ve % 27.62 ile 620 metreden elde edilen bal numuneleri takip etmiştir. Tespit edilen miktarlar ve oranlar incelendiğinde geven balında rakımın yükselmesiyle aromayı oluşturan uçucu asit miktarları artış göstermektedir.

Benzoik asit 1700 metre rakımlı geven balında tespit edilemezken 620 metre rakımlı geven balında 100.46 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 104.93 µg/kg miktarlarında tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Moreira ve arkadaşları, tropik şartlar altında depolanan brezilya ballarının kimyasal değişimini incelediği çalışmasında benzoik asit'in ballarda aroma üzerine etkili olduğunu bildirmiştir [49]. Algılama eşik değeri 1000 µg/kg olan benzoik asit'in koku aktiflik değeri iki numunede de 1'den küçük olarak hesaplanmış ve geven balı aroması üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir [87].

Asetik asit bileşiği 620 metre rakımlı numunede 207.27 µg/kg, 1050 metre rakımlı numunede 255.41 µg/kg ve 1700 metre rakımlı numunede 190.92 µg/kg miktarlarında tespit edilmiştir. Sirke kokusu ile karakterize edilen bu bileşiğin algılama eşik değeri 33 µg/kg olarak belirtilmiştir [79]. Asetik asit' in koku aktiflik değeri 620 metre rakımlı

geven balında 6.28, 1050 metre rakımlı geven balında 7.74, 1700 metre rakımlı geven balında 5.78 olarak tespit edilmiş ve asetik asit' in karakteristik geven balı aroması üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, asetik asit gibi kısa zincirli karboksilik asitler ballara baharatlı bir aroma ve koku verirken, tereyağında bulunan bütanoik asit ve hekzanoik asit gibi asitler bala hoş a gitmeyen bir aroma verebildikleri bildirilmiştir [93].

620 metre rakımlı geven balında 2303.39 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 5489.02 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 4295.59 µg/kg miktarlarında tespit edilen hegzadekanoik asit'in algılama eşik değeri 10000 µg/kg olarak belirtilmiştir [78]. Hekzadekanok asit'in koku aktiflik değeri her üç bal numunesinde de 1'den düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada propanoik asit bileşiğinin algılama eşik değerinin 20000 µg/kg, 3-metil-bütanoik asit bileşiğinin algılama eşik değerinin de 700 µg/kg olduğu bildirilmiştir [79]. Hekzanoik asit bileşiğinin algılama eşik değeri ise 420 µg/kg olarak hesaplanmıştır [84]. Ransit ve peynirimsi koku ile karakterize edilen Propanoik asit, 3-metil-bütanoik asit ve hekzanoik asit' in koku aktiflik değerleri 3 geven balı numunesinde de birden küçük olarak hesaplanmış ve geven balı aroması üzerinde etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir.[77, 79]

4.2.9. Uçucu fenol bileşikleri

Toplam uçucu fenol bileşikleri miktarı bakımından bal numuneleri incelendiğinde; 620 metre rakımlı geven balı numunesinde 366.87 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 169.20 µg/kg ve 1700 metre rakımlı geven balı numunesinde 79.93 µg/kg uçucu fenol bileşiği tespit edilmiştir. Fenol bileşiklerinin rakımın yükselmesiyle miktarlarının azaldığı belirlenmiştir.

Baharatımsı koku ile karakterize edilen 2-Metoksi-4-vinil-fenol'ün algılama eşik değeri 5 µg/kg olarak bildirilmektedir [84]. 2-Metoksi-4-vinil-fenol, 620 metre rakımlı geven balı numunesinde 11.85 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balı numunesinde 48.55 µg/kg miktarında tespit edilmiştir. 1050 metre rakımlı geven balı numunesinde ise 2-metoksi-4-vinil fenol saptanamamıştır. Koku aktiflik değeri 620 metre rakımlı örnekte 2.37, 1700 metre rakımlı örnekte 9.71 hesaplanmıştır. 2-metoksi-4-vinil fenol'ün iki geven

balının karakteristik aromasının oluşumunda önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir.

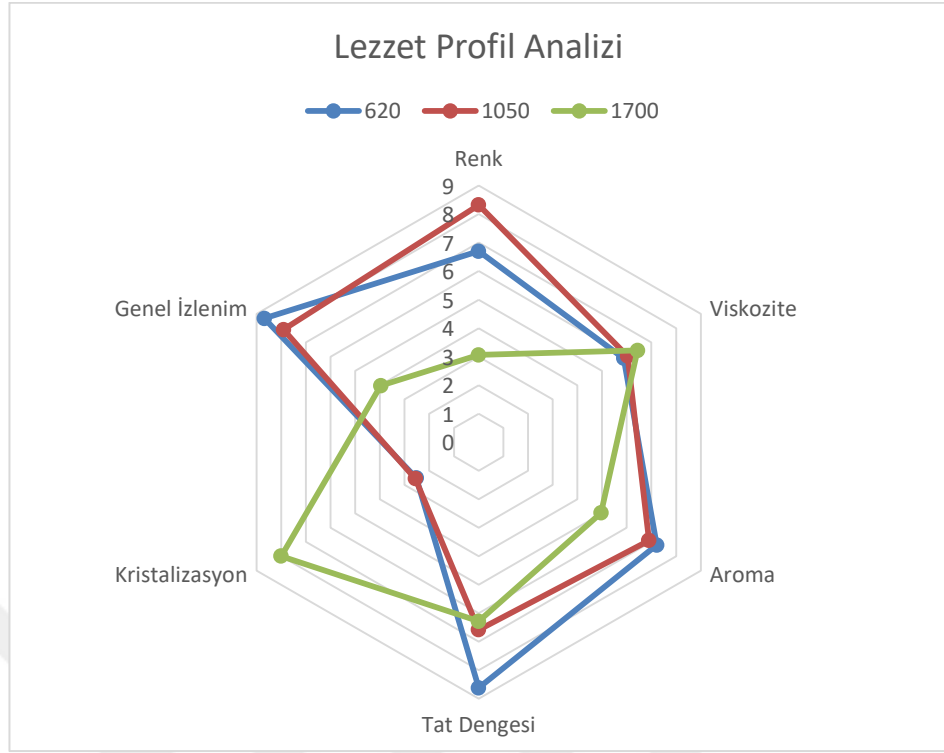
Orsinol bileşiği miktarı ise 620 metre rakımlı geven balında 201.58 µg/kg ve 1050 metre rakımlı geven balında 153.18 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 1700 metre rakımlı geven balında ise orsinol bulunamamış ve rakımın yükselmesi ile orsinol'ün miktarında azalma tespit edilmiştir. Tornuk ve arkadaşları 20 adet çiçek balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada 1 adet çiçek balında orsinol bileşiğini tespit etmişlerdir [56].

4.2.10. Uçucu kükürtlü bileşikler

Üç bal örneğinde de 1 adet uçucu kükürtlü bileşik tespit edilmiştir. Tespit edilen benzotiyazol 620 metre rakımlı geven balında 57.52 µg/kg, 1050 metre rakımlı geven balında 149.41 µg/kg, 1700 metre rakımlı geven balında 68.01 µg/kg miktarlarında bulunmuştur. Tornuk ve arkadaşları 2013 yılında 20 adet çiçek balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada 18 adet çiçek balında benzotiyazol tespit etmişlerdir [56]. Yosunumsu, kızarmış [102] koku ile karakterize edilen benzotiyazol'ün algılama eşik değerinin 80 µg/kg olduğu bildirilmiştir [78]. 620 metre rakımlı ve 1700 metre rakımlı geven ballarında Benzotiyazol'ün koku aktiflik değeri 1'den küçük bulunmuştur. 1050 metre rakımlı geven balında ise Benzotiyazol'ün koku aktiflik değeri 1.67 olarak hesaplanmıştır. Benzotiyazol'ün sadece 1050 metre rakımlı geven balının karakteristik aromasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Geven Ballarının Duyusal Değerlendirmesi

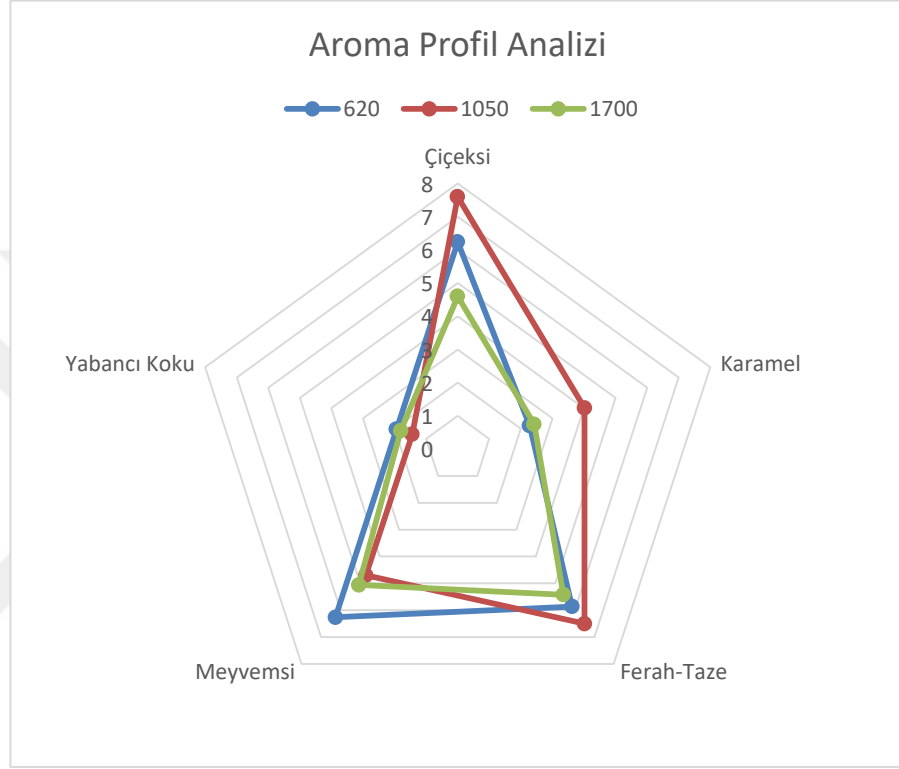
Geven balı örneklerinin duyusal değerlendirilmesi iki yöntemle gerçekleştirilmiştir. İlk olarak lezzet profil analizi ile balların renk, viskozite, aroma, tat dengesi, kristalizasyon ve genel izlenim kriterleri temelinde panelistler tarafından değerlendirilmesi istenmiştir. Lezzet profil analizinden elde edilen veriler Şekil 4.1.'de örümcek ağı diyagramı üzerinde verilmiştir.



Şekil 4.1. Geven Ballarının Lezzet Profil Analizi

Lezzet profil analizi sonuçlarına göre renk bakımından 1050 metre rakımdan temin edilen geven balı en yüksek puanı (8.32) almıştır. Bunu 620 metre rakımdan elde edilen geven balı (6.7) ve 1700 metre rakımdan elde edilen geven balı (3.06) izlemiştir. Renk bakımından istatistiksel olarak 1700 metre rakımdan elde edilen geven balı diğer balardan önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Panelistler viskozite açısından geven balı numunelerinin üçüne de birbirine yakın puanlar vermiş olup istatistiki olarak numuneler arasında herhangi bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Aroma ve tat dengesi bakımından en yüksek puanı 620 metre rakımdan elde edilen geven balı (7.22 ve 8.62) almıştır. Bunu 1050 metre rakımdan elde edilen geven balı (6.9 ve 6.58) ve 1700 metre rakımdan elde edilen geven balı (4.96 ve 6.28) takip etmiştir ($p < 0.05$). Kristalizasyon bakımından 620 metre rakımlı geven balı (2.52) ile 1050 metre rakımlı geven balı (2.56) yakın puanlar almış, 1700 metre rakımlı geven balı (8) diğer numunelerden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Panelistler genel izlenim olarak en yüksek puanı 620 metre rakımlı geven balına (8.68), en düşük puanı 1700 metre rakımlı geven balına (3.96) vermişlerdir. Bu bakımdan 1700 metre rakımlı geven balı diğer numunelerden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Panelistlerin son olarak aroma profil analizi ile balları çiçeksi, karamel, ferah-taze, meyvemsi ve yabancı koku açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Aroma profil analizinden elde edilen veriler Şekil 4.2.'de örümcek ağı diyagramı üzerinde verilmiştir.



Şekil 4.2. Geven Ballarının Aroma Profil Analizi

Aroma profil analizi sonuçlarına göre çiçeksi koku bakımından 1050 metre rakımlı geven balı (7.6) ilk sırayı, 620 metre rakımlı geven balı (6.24) ikinci sırayı, 1700 metre rakımlı geven balı (4.6) üçüncü sırayı almıştır ($p>0.05$). Çiçeksi koku ile karakterize edilen terpen ve terpenoid bileşiklerinin kaynağının çiçekler olduğu bilinmektedir [45]. Bilindiği üzere 1050 metre rakımlı geven balında yüksek miktarda terpen ve terpenoid bileşiği tespit edilmiştir. Panelistlerin bu bal numunesine diğerlerine göre daha yüksek puan vermiş olmasının, terpen ve terpenoid bileşiklerinin miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Karamelimsi koku bakımından 620 metre rakımlı geven balı (2.28) ile 1700 metre rakımlı geven balı (2.42) panelistler tarafından yakın puanlarla değerlendirilmiş, en

yüksek puanı 1050 metre rakımlı geven balı (4.02) almıştır ($p>0.05$). Karamelize koku ile karakterize edilen furan ve piran bileşikleri Maillard reaksiyonunun bir ürünü olarak bildirilmektedir [62]. Furan ve piran bileşiklerinden özellikle furfural ve furfuril alkol bileşiklerinin 1050 metre rakımlı geven balı numunesinde yüksek miktarlarda bulunması panelistlerin bu numuneye karamelize koku bakımından daha yüksek puanlar vermesine neden olduğu düşünülmektedir.

Ferah-taze koku bakımından panelistler numunelerin tamamına birbirine yakın puanlar vermişlerdir ($p>0.05$). Terpen ve terpenoidlerden L-mentol, (E),(Z) linalol oksit ve hotrienol bileşiklerinin ferah - taze kokudan sorumlu olduğu bilinmektedir [91]. Panelistlerin puan sıralaması yüksekten düşüğe doğru 1050 metre rakımlı geven balı, 620 metre rakımlı geven balı ve 1700 metre rakımlı geven balı şeklinde olmuştur. Puan sıralamasında L mentol, hotrienol, (E) ve (Z) linalol oksit bileşiklerinin kokusunun etkili olduğu düşünülmektedir.

Meyvemsi koku bakımından 1050 metre rakımlı geven balı (4.7) ile 1700 metre rakımlı geven balı (5.06) panelistler tarafından yakın puanlarla değerlendirilmiş, 620 metre rakımlı geven balı (6.26) daha yüksek puan almıştır ($p>0.05$). Lakton bileşiklerinin bir çoğu meyvemsi koku verebilmektedirler [94]. Meyvemsi kokudan limonen bileşiğinin de sorumlu olduğu bildirilmektedir [89]. Ayrıca ester bileşiklerinin birçoğu da meyvemsi koku verirler [93]. Geven balı numunelerinde limonen bileşiğinin birbirine yakın miktarda ancak 620 metre rakımlı numunede daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Lakton bileşiklerinin toplam miktarı da 620 metre rakımlı geven balında daha yüksek tespit edilmiştir. Panelistlerin yaptığı değerlendirmede lakton bileşiklerinin ve limonen bileşiğinin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Panelistler geven balı numunelerinin üçüne de yabancı koku (naftalin, ilaç v.b.) bakımından birbirine yakın puanlar vermiştir ($p>0.05$).

Genel olarak lezzet profil analizinde panelistler 620 metre rakımdan elde edilen geven balını daha çok beğenmişlerdir. Bunu 1050 metre rakımdan elde edilen geven balı ve 1700 metre rakımdan elde edilen geven balı takip etmektedir. Panelistlerin değerlendirmesi göz önüne alındığında rakımın yükselmesiyle renk, aroma, tat dengesi gibi parametrelerin puanlarında düşüş belirlenmiştir. Kristalizasyon puanları ise rakım yükseldikçe artış göstermiştir. Aroma profil analizinde panelistler 1050 metre rakımdan

elde edilen geven balını daha çok beğenmişlerdir. Bunu 620 metre rakımdan elde edilen geven balı ve 1700 metre rakımdan elde edilen geven balı takip etmiştir. Panelistlerin değerlendirmesi göz önüne alındığında 1700 metre rakımlı geven balı numunesinin düşük puan almasının yüksek rakımlarda bitki çeşitliliğinin azalması sonucu aroma maddelerinin sayısının daha düşük olmasıyla alakalı olduğu düşünülebilir. Panelistlerin rakım gözetmeksizin yabancı koku puanlarının tüm bal numunelerinde yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir



BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Adana İlinin farklı rakımlı (620 metre, 1050 metre ve 1700 metre) bölgelerinden elde edilen geven ballarının fiziko-kimyasal özellikleri ve aroma maddeleri belirlenmiştir.

Geven ballarında fiziko-kimyasal özelliklerden polen oranı, elektriksel iletkenlik, pH, toplam asitlik, nem içeriği, prolin miktarı, karbon izotop oranı, diastaz sayısı, HMF içeriği ve şeker miktarı belirlenmiştir. Geven ballarının tamamı genel bileşim açısından ulusal ve uluslararası standartlara uygun bulunmuştur. Rakım yükseldikçe geven ballarında nem oranında küçük de olsa bir azalma olmuş, buna paralel olarak kuru madde miktarında da kısmi bir artış meydana gelmiştir. Bal üreticilerinden temin edilen tüm balların geven bitkisi bakımından dominant polen olduğu belirlenmiştir. Geven balında rakımın yükselmesiyle dominant polenin oranında azalma meydana gelmiştir. Benzer şekilde rakımın yükselmesiyle geven ballarının asitliği ve diastaz sayısı da artış göstermiştir. Yine rakımın yükselmesiyle Fruktoz + Glikoz miktarı, Fruktoz / Glikoz oranı ve HMF miktarı bir miktar artış göstermiştir. Prolin miktarı rakım değişikliklerinden etkilenmemiştir.

Çalışmada 3 farklı rakımdan elde edilen geven ballarında toplam 60 farklı aroma maddesi belirlenmiştir. En fazla aroma maddesi (54 adet) 620 metre rakımdan elde edilen geven balında bulunmuştur. Aroma maddelerinin toplam miktarı en yüksek olan (29882.90 µg/kg) bal örneği ise, 1050 metre rakımdan elde edilen geven balı olmuştur.

620 metre ve 1700 metre rakımlı geven balı örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri uçucu asitler olurken bu bileşikleri sırasıyla furanlar ve pıranlar, alkoller, aldehitler ve ketonlar takip etmiştir. 1050 metre rakımlı geven balı örneklerinde ise miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleri furanlar ve pıranlar olurken bu bileşikleri sırasıyla uçucu asitler, alkoller, terpen ve terpenoidler, aldehitler ve ketonlar takip etmiştir.

Genel olarak bakıldığında aldehit ve keton bileşiklerinin toplam miktarları rakımın yükselmesiyle değişiklik göstermemiştir. 3-hidroksi-2-bütanon bileşiğinin ve 1-

hidroksi-2-bütanon bileşiğinin rakım yükseldikçe miktarlarında yükselme görülürken 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon bileşiğinin ve benzaldehit bileşiğinin miktarları rakım yükseldikçe azalmıştır.

Alkol bileşiklerinin miktarı ise, rakım yükseldikçe oransal olarak toplam aroma maddeleri miktarı içerisinde azalmıştır. Buna karşın, 3-metil-1-bütanol bileşiğinin ve benzilalkol bileşiğinin miktarları rakımın yükselmesiyle artış göstermiştir. Yine rakımın yükselmesiyle 3-penten-2-ol bileşiğinin toplam alkol bileşikleri içerisindeki oranı artarken, 1,2-etanediol bileşiği alkol bileşikleri içerisinde oransal olarak azalış göstermiştir.

Furan ve piran bileşiklerinin toplam miktarlarının rakım değişikliklerinden etkilenmediği görülmüştür. Ancak bu grup bileşikler içerisinde 5-hidroksimetil-furfural ve furfural bileşiklerinin rakımın yükselmesi ile toplam furan ve piran bileşikleri içerisindeki oranlarında bir artış olduğu, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-4H-piran-4-on bileşiğinin oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Lakton bileşiklerinin toplam miktarı düşük rakımlı geven ballarında daha yüksek bulunmuştur. Rakımın yükselmesiyle α -bütirolaktam bileşiğinin miktarı azalırken; γ -bütirolakton bileşiğinin lakton bileşikleri içerisindeki oranının artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Norizoprenoid bileşiklerinin toplam miktarları genel itibariyle düşük rakımlarda yüksek miktarda bulunmuştur. Yüksek rakımlarda norizoprenoid bileşiklerinin miktarlarının düşük olması çiçek ve bitki çeşitliliğinin yükselti arttıkça azalmasıyla bağlantılı olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak rakım yükseldikçe (E)-Linaloloksit, (Z)-Linaloloksit, L-mentol ve linalol bileşiklerinin toplam terpen ve terpenoid bileşikleri içerisindeki oranında bir azalış belirlenmiş; (Z)-8-hidroksi linalol bileşiğinin oranında ise bir artış meydana gelmiştir. Ayrıca limonen bileşiğinin miktarı da rakımın yükselmesi ile azalmıştır. Linalol ve Limonen gibi bazı terpen ve terpenoid bileşiklerinin 1700 metre rakımlı geven balı numunesinde saptanamamasının nedeninin rakımın yükselmesiyle bitki çeşitliliğinin orantılı olarak azalması olduğu düşünülmektedir.

Uçucu fenol bileşiklerden olan orsinol bileşiğinin miktarı rakım yükseldikçe azalma göstermiştir.

Bal numunelerinin karakteristik aroması üzerine etkili olan bileşikler ele alındığında, farklı yükseltilerde farklı bileşiklerin balların karakteristik aroması üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Bunlar içerisinde özellikle (E)-Linaloloksit ve (Z)-Geven Geven ballarında linaloloksit bileşiklerinin miktarlarının dikkat çekici düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin koku aktiflik değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Linaloloksit bileşikleri dışında 2-metil-2-bütanol, furfural, hotrienol, linalol, limonen, asetik asit ve 2-metoksi-4-vinil fenol bileşiklerinin koku aktiflik değerlerinin de 1'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak geven balı; taze, tatlımsı, çiçeğimsi, portakal benzeri-meyvemsi, kâfur ağacı benzeri-odunumsu, baharatımsı, hafif yanık ve hafif keskin kokularla karakterize edilebileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan geven ballarının koku karakteristiğini kesin olarak belirlenmesi ancak GC-O tekniğinin uygulanması ile mümkündür.

Bal numunelerinin lezzet profili analizlerinde panelistler birkaç kriter dışında tüm kriterlere birbirine yakın puanlar vermiştir. Renk bakımından en yüksek (8.32) puanı 1050 metre rakımdan elde edilen geven balı alırken, aroma bakımından en yüksek (7.22) puanı 620 metre rakımdan elde edilen geven balı almıştır. Panelistler kristalizasyon açısından 1700 metre rakımdan elde edilen geven balını (8) diğer bal numunelerinden önemli derecede farklı bulmuştur. Aroma profil analiz sonuçlarına göre çiçeksi koku açısından (7.6) ve ferah-taze koku açısından (6.5) en yüksek puanları 1050 metre rakımdan elde edilen geven balı numunesi almıştır. 620 metre rakımdan elde edilen geven balı numunesi ise meyvemsi koku açısından en yüksek (6.26) puanı almıştır.

Son yıllarda aroma bileşikleri gıdaları karakterize eden markör bileşikler olarak görülmektedir. İnsanların beslenmesinde önemli bir gıda olan balın aroma maddeleri üzerine yapılmış bir çok çalışma mevcuttur. Ancak literatürde farklı yüksekliklerden elde edilen balların aroması üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, elde edilen verilerle farklı rakımların geven balı aroması üzerine etkisi ortaya konmuş ve bu çalışma bu kapsamdaki kaynaksal boşluğu dolduracak ilk çalışma

niteliğindedir. Bununla benzer çalışmaların diğer bal türleri içinde yapılması ve bu konun derinlemesine araştırılması yararlı olabilir.



KAYNAKLAR

1. Kan, C., "Bingöl İli'nde Arıcılık Faaliyetleri", *Türk Coğrafya Dergisi*, (60), P. 1-12., 2013.
2. Kekeçoğlu, M., Gürcan, E.,K., ve Soysal, M.,I., "Türkiye Arı Yetiştiriciliğinin Bal Üretimi Bakımından Durumu", *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4(2), 2007.
3. Sancak, K., Aygören, E, Zan Sancak, A., "Dünya ve Türkiye'de Arıcılık." *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 5(10), Aralık 2013.
4. İnternet: "Food and Agriculture Organization of The United Nations", Fao, www.fao.org , Erişim Tarihi: 15.04.2019.
5. Doğaroğlu, M., "Çiçekten Sofraya Balın Öyküsü", *Yapı Kredi Yayınları*, 2593 (1), 2007.
6. Korkmaz, D.,A., "Arıcılık", T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, 2010.
7. Kaçaroğlu, N., "Turunçgil Balının Aroma Profilinin Belirlenmesi ve Bunun Nektar Kaynakları ile İlişkisi", *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Antalya, 2011.
8. İnternet: "Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği" (2012/58)". 27.7.2012. 28366 Sayılı, Erişim Tarihi: 15.04.2019.
9. İnternet: "TSE, Türk Standardı", . Ts 3036 ve 3036/T1. Bal. 2002/ Ocak 2010/ Eylül 2013, Erişim Tarihi: 15.04.2019.
10. White, J., Riethof, M.,L., Kushnir I., "Composition Of Honey. Vi. The Effect Of Storage On Carbohydrates, Acidity And Diastase Content". *Journal of Food Science*, 26(1), P. 63-71, 1961.
11. İnternet: "Ülkemizin 2018 Yılı Bal Üretimi", Türkiye İstatistik Kurumu, Tuik, www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 15.04.2019.
12. Konak, F., "Türkiye'de Arıcılığın Gelişimi ve Verimlilik Çalışmaları" *Standart Ekonomik ve Teknik Dergisi*. Tse Yayını, 51(601), P. 34-39, 2012.
13. Yılmaz, E., "Gıda Matrislerinden Aroma Maddelerinin Salınımının Fiziksel Esasları.", Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,

Gıda Mühendisliği Bölümü, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 2004.

14. Çayhan, G.,G., "Doğu Akdeniz'den Avlanan Kefal (Mugil Cephalus Linnaeus, 1758) Balığının Aroma-Aktif Bileşikleri", *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Adana, 2009.
15. Cuevas-Glory, L.,F., Pino, J.,A., Santiago L.,S., "A Review Of Volatile Analytical Methods For Determining The Botanical Origin Of Honey". *Food Chemistry*, 103(3), P. 1032-1043, 2007.
16. Anklam, E., Radovic, B., "Suitable Analytical Methods For Determining The Origin of European Honey". *American Laboratory*, 33(10), P. 60-64.,2001.
17. Akan, H, Fırat, M., Ekici, M., "Astragalus Bahcesarayensis (Leguminosae-Papilionoideae), A New Species Of Section Alopecuroidei Dc. From Turkey." *Botanical Journal Of The Linnean Society*, 156, 439–444, 2008.
18. Maassoumi, A.,A., "Astragalus In The Old World Check-List". 1998: *Research Institute of Forests and Rangelands.*, 1998.
19. Kadioğlu, B., Kadioğlu, S., Turan Y., "Gevenlerin (Astragalus Sp.) Farklı Kullanım Alanları ve Önemi", *Alinteri* 14 (B) Issn: 1307-3311, 2008.
20. Kaçmaz, S., "Kıymeti Bilinmeyen Bitki: Geven", *Ekoloji Magazin Dergisi*, 13, 2007.
21. Aydın, B.,D., Sezer, C., Oral, N.,B.,"Determination of Quality Components of Strained Honey Marketed In Kars", *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2008.
22. Kılıç Altun, S., Dinç, H., Paksoy, N., "Analyses of Mineral Content And Heavy Metal of Honey Samples From South and East Region of Turkey By Using Icp- Ms". *Int J Anal Chem*, P. 6391454, 2017.
23. Hışıl, Y., Börekçioğlu, N., "Balın Bileşimi ve Bala Yapılan Hileler", *Gıda/The Journal of Food*, 11(2), 1986.
24. Turan, F., "Kırklareli İzole Bölgesinde Yaşayan Trakya Arısı (Apis Mellifera Carnica) Kolonilerinden Elde Edilen Balların Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi." *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ, 2012.

25. Çınar, S.,B., "Türk Çam Balının Analitik Özellikleri." *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Doktora Tezi, Ankara, 2010.
26. White, J.,W., "Honey". P. 287-374, 1978.
27. Meda, A., Lamien, C.,E., Romito, M., Millogo, J., "Determination of The Total Phenolic, Flavonoid and Proline Contents In Burkina Fasan Honey, As Well As Their Radical Scavenging Activity", *Food Chemistry*, 91(3): P. 571-577, 2005.
28. Sunay, A.,E., "Balda Orijin Tespiti", *Istanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
29. Perez-Arquillu, C., Conchello, P., Arifio, A., Juan T., Herrera, A., "Quality Evaluation Of Spanish Rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) Honey". *Food Chemistry*. 51 207 210, 1994.
30. Terrab, A., Diez, M.,J., Herdia, F.,J., "Palynological, Physico-Chemical and Colour Characterization of Moroccan Honeys I. River Red Gum (*Eucalyptus Camaldulensis Dehnh*) Honey." *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 379–386, 2003.
31. Azeredo, L.,C., Azeredo, M.,A., De Souza, S.,R., Dutra, V.,M.,L., "Protein Contents and Physicochemical Properties In Honey Samples of *Apis Mellifera* of Different Floral Origins". *Food Chemistry* 80 (2003), 249–254, 2003.
32. Sanz, M.,L., Gonzales, M., De Lorenzo, C., Sanz, J., "A Contribution to The Differentiation Between Nectar Honey and Honeydew Honey." *Food Chemistry*, 91(2), P. 313-317, 2005.
33. Gomes, S., Dias, L.,G., Moreira, L.,L., Rodriques, P., "Physicochemical, Microbiological and Antimicrobial Properties of Commercial Honeys From Portugal". *Food Chem Toxicol*, 48(2), P. 544-8, 2010.
34. Gangwar, S.,K., Gebremariam, H., Ebrahim, A., Tajebe, S., "Characteristic of Honey Produced By Different Plant Species In Ethiopia." *Abr* 1 (1) June 2010: P. 101 105, 2010.
35. Durmuş, R., "Ülkemizde Üretilen Bazı Balların Çeşitli Fizikokimyasal Özellikleri ve Camsılığa Geçiş Sıcaklığının Tespiti", *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2013.

36. Batu, A, Küçük, E., Çimen M., "Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri Çiçek Ballarının Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değerlerinin Belirlenmesi", *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8*, No: 1, (52-62), 2013.
37. Bergamo, G., Seraglio, S.,K.,T., Gonzaga, L.,V., Fett R., "Physicochemical Characteristics of Bracatinga Honeydew Honey and Blossom Honey Produced In The State of Santa Catarina: An Approach To Honey Differentiation." *Food Research International*, 16: P. 745-754, 2019.
38. Bonvehi S., J., Coll, F.,V., Bermejo, J.,F.,O., "Characterization of Avocado Honey (*Persea Americana Mill.*) Produced In Southern Spain". *Food Chem*, 2019. 287: P. 214-221, 2019.
39. Bogdanov S., "Charakterisierung Von Schweizer Sortenhonigen", *Agrarforschung* 4 (10): ~27-130. 1997.
40. Guyot, C., Bouseta, A., Scheirman, V., "Floral Origin Markers of Chestnut and Lime Tree Honeys", *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 46(2), P. 625-633, 1998.
41. Castro-Vasquez L., Diaz Maroto, M.,C., Rez-Coello, M.,S.,P., "Volatile Composition and Contribution to The Aroma of Spanish Honeydew Honeys Identification of A New Chemical Marker", *J. Agric. Food Chem.* 54, 4809–4813, 2006.
42. Odeh, I., Abu Lafi, S., Dewik, H., Al-Najjar, I., Imam, A., "A Variety of Volatile Compounds As Markers In Palestinian Honey From *Thymus Capitatus*, *Thymelaea Hirsuta*, and *Tolpis Virgata*.", *Food Chemistry*, 101(4), P. 1393-1397, 2007.
43. Mannaş, D., Altuğ, T., "Spme/Gc/Ms and Sensory Flavour Profile Analysis For Estimation of Authenticity of Thyme Honey.", *International Journal of Food Science & Technology*,. 42(2), P. 133-138., 2007
44. Kaškonienė, V., Venskutonis, P.,R., Čeksterytė, V., "Composition of Volatile Compounds of Honey of Various Floral Origin and Beebread Collected In Lithuania.", *Food Chemistry*, 111(4), P. 988-997, 2008.
45. Soria, A.,C., Martínez-Castro, I., Sanz, J., "Some Aspects of Dynamic Headspace Analysis of Volatile Components In Honey.", *Food Research International*, 41(8),

- P. 838-848, 2008.
46. Castro-Vázquez, L., Diaz Maroto, M.,C., "Differentiation of Monofloral Citrus, Rosemary, Eucalyptus, Lavender, Thyme and Heather Honeys Based on Volatile Composition and Sensory Descriptive Analysis.", *Food Chemistry*, 112(4), P. 1022-1030., 2009.
 47. Castro-Vázquez, L., Díaz Maroto, M.,C., De Torres, C., Pérez-Coello, M.,S., "Effect of Geographical Origin on The Chemical and Sensory Characteristics of Chestnut Honeys.", *Food Research International*, 43(10): P. 2335-2340., 2010.
 48. Barra, M.,P.,G., Ponce Diaz M.,C., Venegas-Gallegos, C., "Volatile Compounds in Honey Produced in The Central Valley of Ñuble Province, Chile.", *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(1):75-84 January-March, 2010.
 49. Moreira, R.,F.,A., De Maria, C.,A.,B., Pietroluongo, M., Trugo, L.,C., "Chemical Changes in The Volatile Fractions of Brazilian Honeys During Storage Under Tropical Conditions.", *Food Chemistry*, 121(3): P. 697-704., 2010.
 50. Uçkun, O., "Narenciye ve Geven Ballarının Aroma ve Aroma Aktif Bileşiklerinin Belirlenmesi.", *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Adana, 2011.
 51. Bayraktar, D., Onoğur, T.,A., "Investigation of The Aroma Impact Volatiles In Turkish Pine Honey Samples Produced In Marmaris, Datça and Fethiye Regions By Spme/Gc/Ms Technique.", *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5): P. 1060-1065., 2011.
 52. Alissandrakis, E., Tarantilis, P.,A., Capps, C., "Investigation of Organic Extractives From Unifloral Chestnut (*Castanea Sativa L.*) and Eucalyptus (*Eucalyptus Globulus Labill.*) Honeys and Flowers To Identification of Botanical Marker Compounds", *Lwt - Food Science And Technology*, 44(4): P. 1042-1051., 2011.
 53. Uçkun, O., Selli, S., "Kayseri İli Çiçek Balının Aroma Maddeleri Bileşimi." *Gıda* 37 (3); P. 157 164, 2012.
 54. Pino, J.A., "Analysis of Odour-Active Compounds of Black Mangrove (*Avicennia Germinans L.*) Honey By Solid Phase Microextraction Combined with Gas

- Chromatography–Mass Spectrometry and Gas Chromatography–Olfactometry.", *International Journal Of Food Science & Technology*, 47(8), P. 1688-1694., 2012.
55. Revell, L.,E., Morris, B.,Manley-Harris, M., "Analysis of Volatile Compounds in New Zealand Unifloral honeys By Spme–Gc–Ms and Chemometric-Based Classification of Floral Source." *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8(2), P. 81-91., 2014.
 56. Tornuk, F., Karaman, S., Öztürk, I., Toker, O.,S., "Quality Characterization of Artisanal and Retail Turkish Blossom honeys: Determination of Physicochemical, Microbiological, Bioactive Properties and Aroma Profile". *Industrial Crops and Products*, 46, P. 124-131., 2013.
 57. Karabagias, I.K., Badeka, A., Kontakos, S., "Characterization and Classification of Thymus Capitatus (L.) Honey According to Geographical Origin Based on Volatile Compounds, Physicochemical Parameters and Chemometrics." *Food Research International*, 55, P. 363-372., 2014.
 58. Sukmawati, S., Noor, A.,Zenta, F., "Analysis of Volatile Organic Compound of Mallawa Honey." *Marina Chimica Acta*, 17(2), 2016.
 59. Karabagias, I.K., Nikolaou, C., Karabagias, V.,K., "Volatile Fingerprints of Common and Rare honeys Produced in Greece: in Search of Phvms with Implementation of The Honey Code.", *European Food Research and Technology*, 245(1), P. 23-39., 2018.
 60. Ao, C.,W., Wu, X.,J., Zhao, Z.,H., Liu, M.,J., "Analysis of Aroma Components From Jujube Flowers and Honey." *Shipin Kexue/Food Science*, 39(20), P. 182-189., 2018.
 61. Makowicz, E., Kafarski, P., Jasicka-Misiak, I., "Chromatographic Fingerprint of The Volatile Fraction of Rare Hedera Helix Honey and Biomarkers Identification.", *European Food Research and Technology*, 244(12), P. 2169-2179., 2018.
 62. Tanleque-Alberto, F., Juan-Borras, M., Escriche, I., "Quality Parameters, Pollen and Volatile Profiles of Honey From North and Central Mozambique.", *Food Chem*, 277, P. 543-553., 2019.

63. Costa, A.,C.,V., Garruti, D.,S., Madruga, M.,S., "The Power of Odour Volatiles From Unifloral Melipona Honey Evaluated By Gas Chromatography-Olfactometry Osme Techniques.", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019.
64. 10760, DIN., "Analysis of Honey, Determination of The Relative Frequency of Pollen, Deutches Institut Für Normung", Berlin, 2002.
65. Kurt, A., Yamankaradeniz, R., "Erzurum İli Merkezinde Tüketilen Süzme Ballar Üzerinde Bir Araştırma.", *Gıda/The Journal of Food*, 7(3)., 1982.
66. 10753, DIN., "Analysis of Honey, Determination of The Electrical Conductivity", Deutsches Institut Für Normung, Berlin, 2000.
67. Manzanares, A.,B., Garcia, Z.,H., Galdon, B.,R., Rodrigues, E.,R., "Differentiation of Blossom and Honeydew Honeys Using Multivariate Analysis on The Physicochemical Parameters and Sugar Composition.", *Food Chemistry*, 126(2), P. 664-672., 2011.
68. Aoac Official Method 977.20. "Separation of Sugars in Honey - Liquid Chromatographic Method", Officials methods of analysis of AOAC International, 17th edn. AOAC International, Gaithersburg, MD, 2000.
69. 3036, T., "Bal Standardı", . *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2002.
70. Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., Verzera, A., "Methods for The Determination of Hmf in Honey: A Comparison.", *Food Control*, 16(3), P. 273-277., 2005.
71. Rudnitskaya, A., Kirsanov, D., Legin, A., Beullens, K., "Analysis of Apples Varieties–Comparison of Electronic Tongue with Different Analytical Techniques.", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 116(1-2), P. 23-28., 2006.
72. Jerković, I., Et Al., "Composition of Sulla (*Hedysarum Coronarium L.*) Honey Solvent Extractives Determined By Gc/Ms: Norisoprenoids and Other Volatile Organic Compounds.", *Molecules*, 15(9), P. 6375-6385., 2010.
73. Schneider, R., et al., "Monoterpenic and norisoprenoidic glycoconjugates of Vitis vinifera L. cv. Melon B. as precursors of odorants in Muscadet wines.", *Journal of Chromatography A*, 936(1-2), P 145-157., 2001.
74. Schneider, R., et al., "Volatile compounds involved in the aroma of sweet fortified wines (Vins Doux Naturels) from Grenache Noir.", *Journal of Agricultural and*

Food Chemistry, 46(8), P. 3230-3237., 1998.

75. Van Den Dool, H., "A Generalization of The Retention Index System Including Linear Temperature Programmed Gas-Liquid Partition Chromatography.", *J. Chromatogr. A*, 11: P. 463-471., 1963.
76. Padovan, G., J., Rodrigues, L., P., Leme, I., A., De Jong D., Marchini, J., S., "Presence of C4 Sugars in Honey Samples Detected by The Carbon Isotope Ratio Measured by Irms.", *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, Volume 2, Number 3, P. 135 141., 2007.
77. Niu, Y., Et Al., "Characterization of Odor-Active Compounds of Various Cherry Wines by Gas Chromatography-Mass Spectrometry, Gas Chromatography-Olfactometry And Their Correlation With Sensory Attributes.", *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 879(23), P. 2287-93., 2011.
78. Leffingwell, J.,C., Leffingwell A.,D., "Gras Flavor Chemicals Dedection Thresholds.", *Parfumer And Flavorist*/3, 16 January / February 1991.
79. Bonvehí, J.S., "Investigation of Aromatic Compounds in Roasted Cocoa Powder.", *European Food Research And Technology*, 2005. 221(1-2): P. 19-29., 2005.
80. Lewis, R.,A., Hawley, G.,G., "Hawley's Condensed Chemical Dictionary.", *John Wiley & Sons.*, 2016.
81. Güçlü, G., Et Al., "Determination of Volatiles by Odor Activity Value and Phenolics of Cv. Ayvalik Early-Harvest Olive Oil.", *Foods*, 5(3)., 2016.
82. Pino, J.,A., Febles, Y., "Odour-Active Compounds In Banana Fruit Cv. Giant Cavendish.", *Food Chem*, 141(2), P. 795-801., 2013.
83. Ruth, J.,H., "Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review.", *American Industrial Hygiene Association Journal*, 47(3), P. A-142-A-151., 2010.
84. Forero, D.,P.,, Et Al., "Chemical and Sensory Comparison of Fresh and Dried Lulo (*Solanum Quitoense Lam.*) Fruit Aroma.", *Food Chem*, 169: P. 85-91., 2015.
85. Buttery, R.,G., Turnbaugh, J.,G., Ling, L.,C., "Contribution of Volatiles to Rice Aroma.", *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 36(5), P. 1006-1009., 1988.

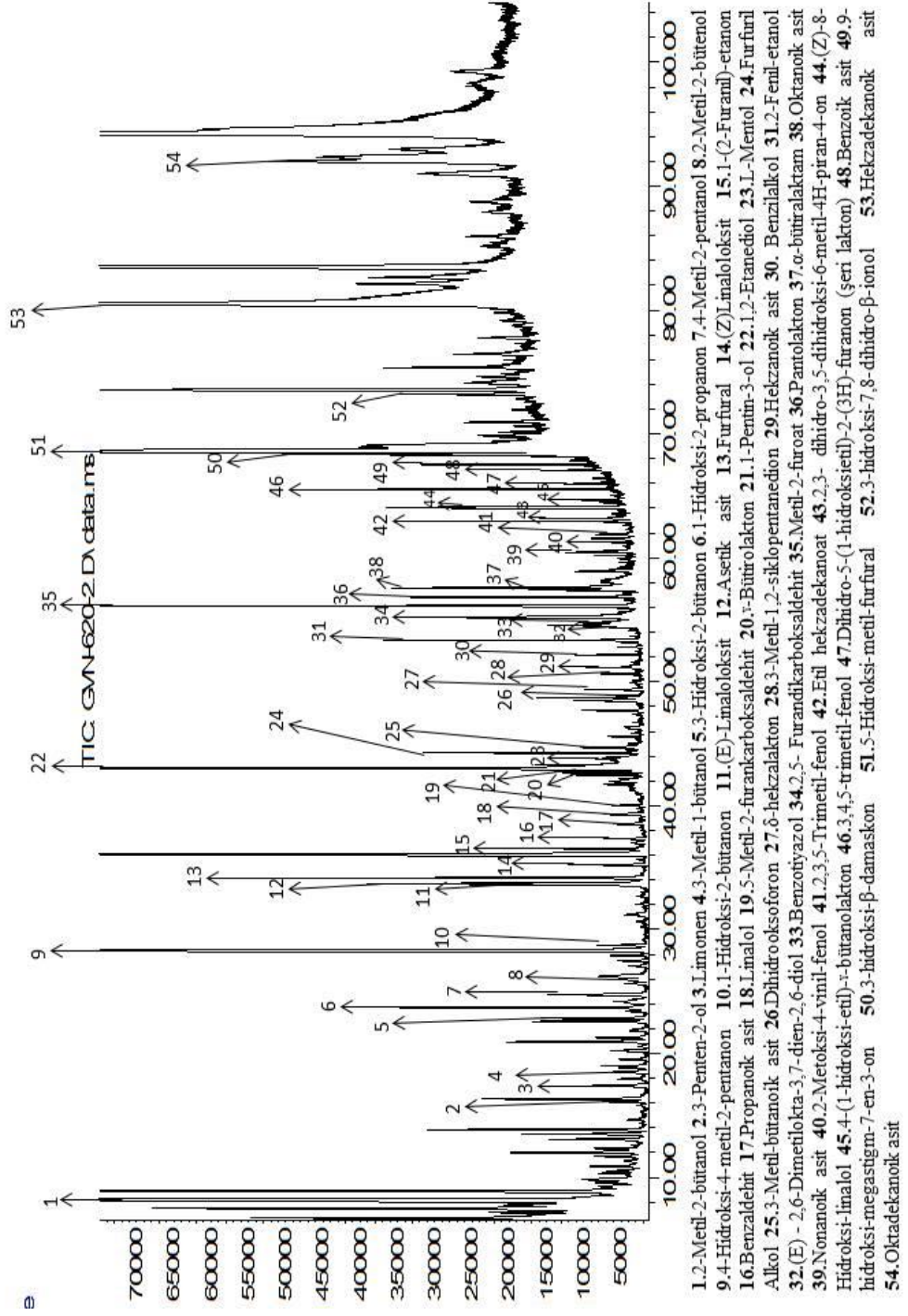
86. Fariña, L., Et Al., "Volatile Composition and Aroma Profile of Uruguayan Tannat Wines.", *Food Research International*, 69, P. 244-255., 2015.
87. Ana Escudero, E.,C., Farina, L., Cacho, J., Ferreira, V., "Analytical Characterization of The Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into The Role of Odor Families and The Concept of Fruitiness Of Wines.", *J. Agric. Food Chem.*, 55, 4501–4510., 2007.
88. Buttery, R., G., Orts, W.,J.,Takeoka, G.,R., Nam, Y., "Volatile Flavor Components of Rice Cakes.", *J. Agric. Food Chem*, 47, 4353–4356, 1999.
89. Selli, S. Kelebek, H., "Aromatic Profile and Odour-Activity Value of Blood Orange Juices Obtained From Moro and Sanguinello (*Citrus Sinensis L. Osbeck*).", *Industrial Crops And Products*, 33(3), P. 727-733., 2011.
90. Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M.,C., Pérez-Coello, M.,S., "Aroma Composition and New Chemical Markers of Spanish Citrus Honeys.", *Food Chemistry*, 103(2), P. 601-606., 2007.
91. Amore, J.,E., Venstrom, D., "Sensory Analysis of Odor Qualities in Terms of The Stereochemical Theory.", *Western Regional Research Laboratory*, Western Utilization Research and Development Division, of Agriculture U. S. Department Albany, California 94710, P. 118 128., 1966.
92. Xie, J., Et Al., "Volatile Flavor Constituents in Roasted Pork of Mini-Pig.", *Food Chemistry*, 109(3), P. 506-514., 2008.
93. Tian, H., Et Al., "Aroma Features of Honey Measured by Sensory Evaluation, Gas Chromatography-Mass Spectrometry, and Electronic Nose.", *International Journal Of Food Properties*, 21(1), P. 1755-1768., 2016.
94. Yılmaztekin, M., Erten, H., "Biyoteknolojik Yollarla Aroma Maddeelerinin Üretimi.", *Gıda (2008)* 33 (1), P. 35-41, 2008.
95. Seisonen, S., Kivima, E.,Vene, K., "Characterisation of The Aroma Profiles of Different Honeys and Corresponding Flowers Using Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry/Olfactometry.", *Food Chem*, 169, P. 34-40., 2015.
96. Cabaroğlu, T., Günata Z., Canbaş, A., "Bornova Misketi Şarabının Aroma

- Maddeleri Üzerine Bir Araştırma." *Gıda*, 22:2 137-145., 1997.
97. Guyot-Declerck, C., Chavence F., Lermusieau, G., Collin, S., "Optimized Extraction Procedure for Quantifying Norisoprenoids in Honey and Honey Food Products.", *J. Agric. Food Chem.* 48, P. 5850–5855., 2005.
 98. Cabaroğlu, T., "Üzümlerde Aroma Maddeleri ve Şarapçılık Açısından Önemi.", *Gıda* 28 (6), 599 605., 2003.
 99. Marijanovic, Z., Jerkovic, I., "Screening of Volatile Composition of Lavandula Hybrida Reverchon İhoney Using Headspace Solid-Phase Microextraction and Ultrasonic Solvent Extraction.", *Chemistry & Biodiversity* – Vol. 6, P. 421 430., 2009.
 100. Kus, P.,M., Jerkovic, I., Ignazio, C., Tuberosoc, G., Arolic, M.,S., "The Volatile Profiles of a Rare Apple (*Malus Domestica Borkh.*) Honey: Shikimic Acid-Pathway Derivatives, Terpenes, and Others.", *Chemistry & Biodiversity* – Vol. 10, P. 1638 1652., 2013.
 101. Sunthonvit, N., Srzednicki, G.,Craske, J., "Effects of Drying Treatments on The Composition of Volatile Compounds in Dried Nectarines.", *Drying Technology*, 25(5), P. 877-881., 2007.
 102. Okabe, Y., Et Al., "Odor-Active Compounds Contributing to The Characteristic Aroma of Shrimp Cooked Whole, Including Shells and Viscera.", *European Food Research And Technology*, 245(1), P. 233-241., 2019.

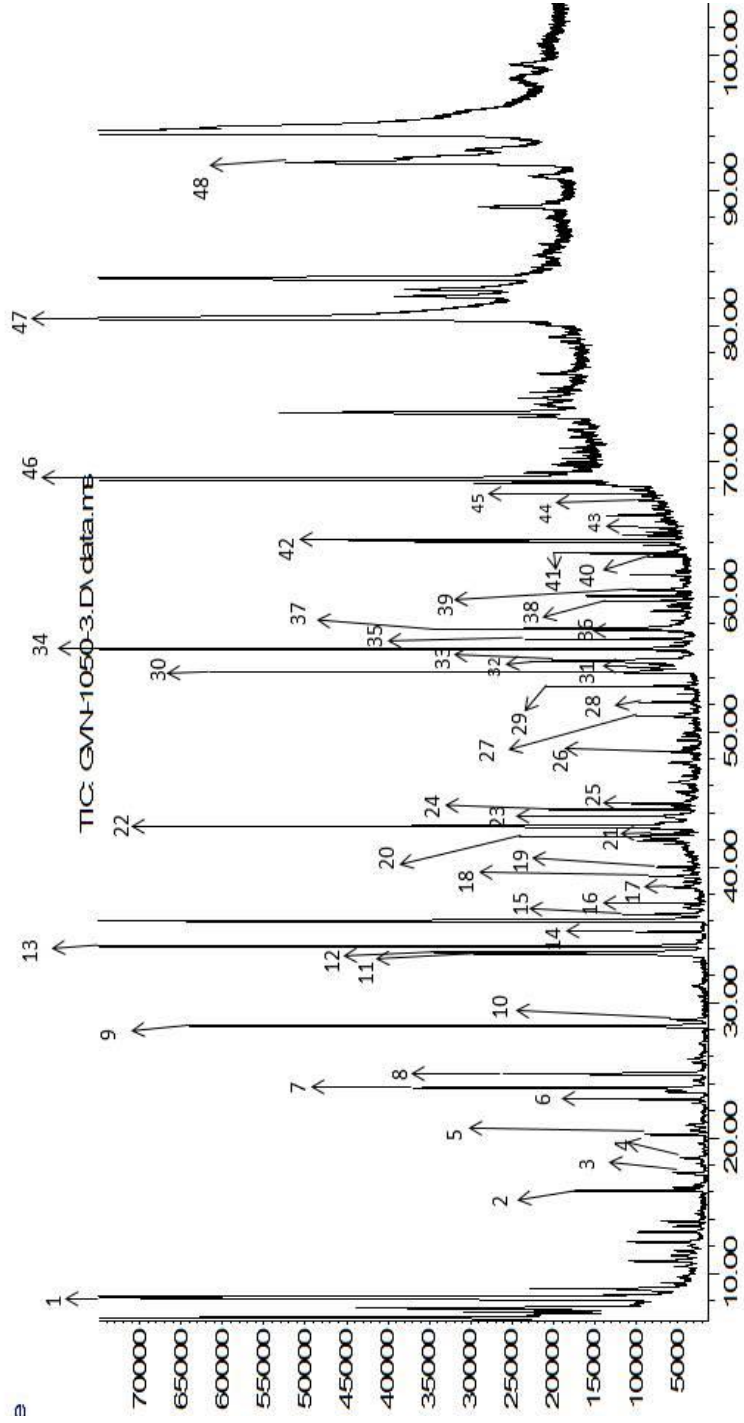


EKLER

Ek 1. 620 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Maddeleri Kromatogramı

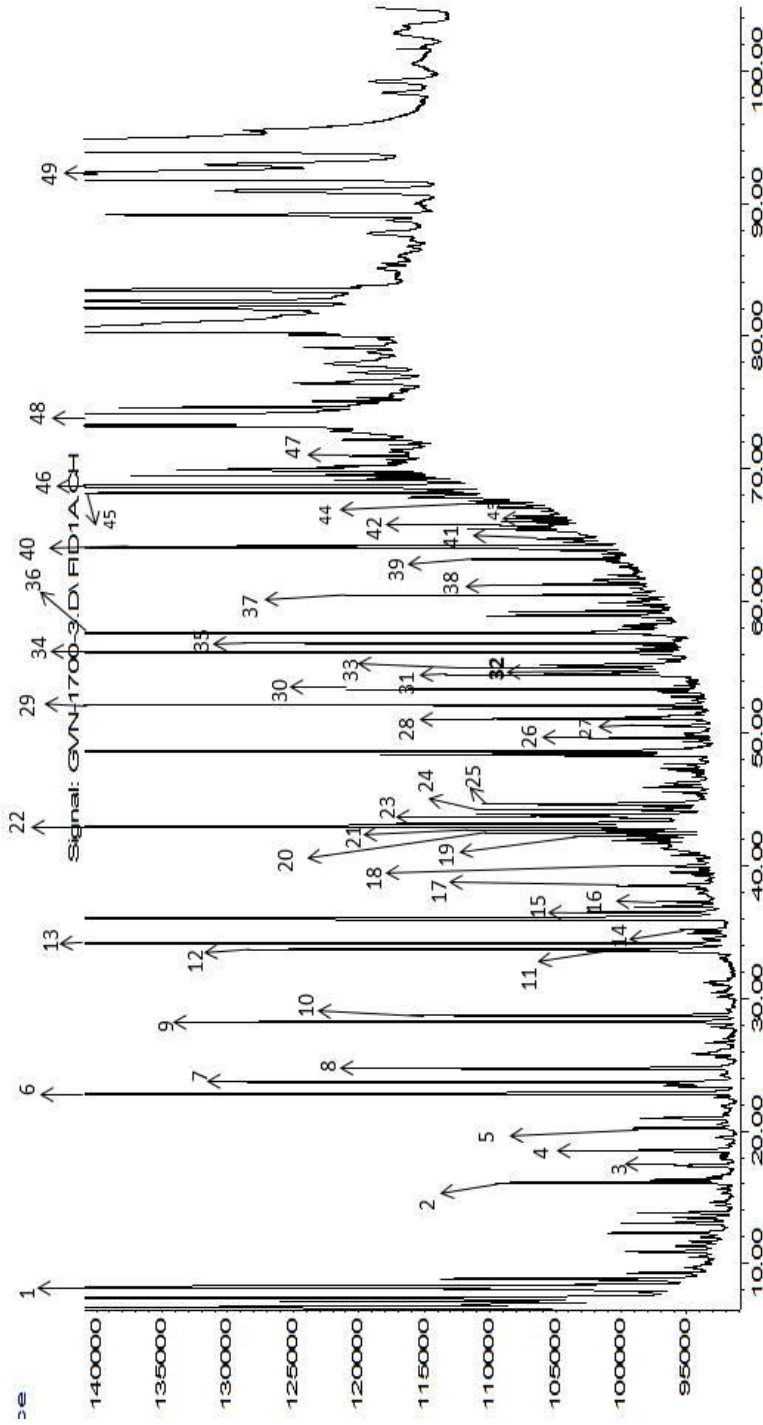


Ek 2. 1050 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Maddeleri Kromatogramı



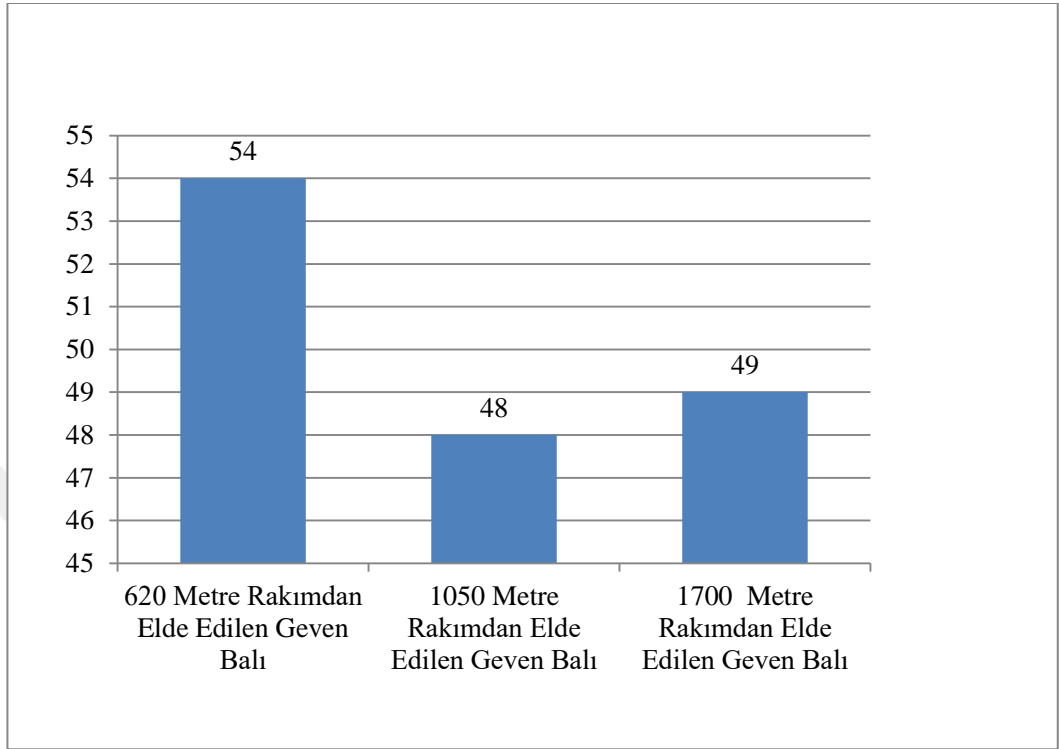
- 1.2-Metil-2-bütanol 2.3-Penten-2-ol 3.Limonen 4.3-Metil-1-bütanol 5.3-Hidroksi-3-metil-2-bütanon 6.3-Hidroksi-2-bütanon 7.1-Hidroksi-2-propanon 8.4-Metil-2-pentanol 9.4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon 10.1-Hidroksi-2-bütanon 11.(E)-Linaloloksit 12.Asetik asit 13.Furfural 14.(Z)Linaloloksit 15.1-(2-Furanil)etanon 16.Benzaldehit 17.Propanoik asit 18.Linalol 19.5-Metil-2-furankarboksaldehit 20.Hotrienol 21.1-Bütürolakton 22.1.2-Etanediol 23.L-Mentol 24.Furfürl Alkol 25.3-Metil-bütanoik asit 26.2-(2-bütoksi-etoksi)-etanol 27.Hekzanoik asit 28. Benzilalkol 29. 2-Fenil-etanol 30.(E) - 2,6-Dimetilokta-3,7-dien-2,6-diol 31.Benzotiyazol 32.2,5- Furandikarboksaldehit 33.Orsinol 34.Metil-2-furoat 35.Pantolakton 36.α-bütiralaktam 37.Oktaoik asit 38.6,10,14-trimetil-2-pentadekanon 39.Nonanoik asit 40. Etil hekzadekanoat 41. 2,3- dihidr o-3,5-dihidroksi-6-metil-4H-piran-4-on 42.(Z)-8-Hidroksi-linalol 43.3,4,5-trimetil-2-44.Benzoik asit 45.9-hidroksi-megastigm-7-en-3-on 46.5-Hidroksi-metil-furfural 47. Hekzadekanoik asit 48.Oktaadekanoik asit

Ek 3. 1700 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Maddeleri Kromatogramı

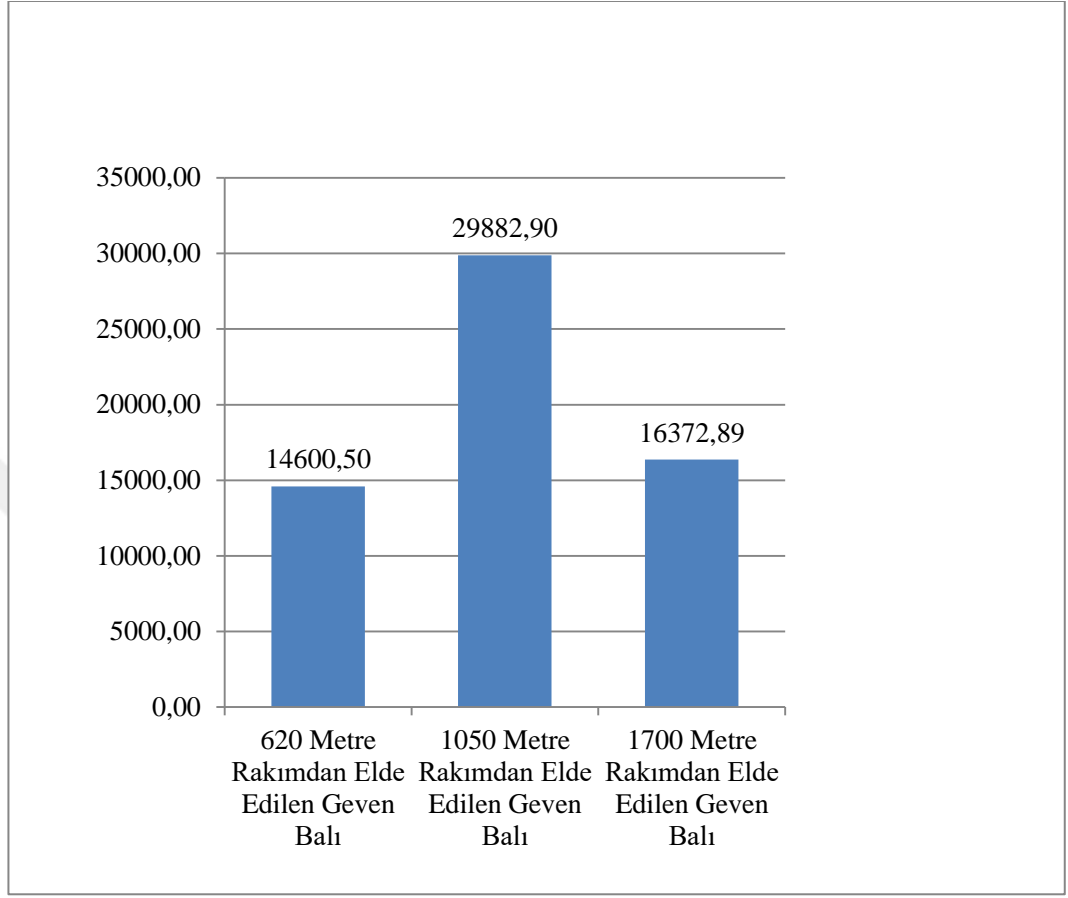


1.2-Metil-2-bütanol 2.3-Penten-2-ol 3.Limonen 4.3-Metil-1-bütanol 5.3-Hidroksi-3-metil-2-bütanol 6.3-Hidroksi-2-bütanol 7.1-Hidroksi-2-propanon 8.4-Metil-2-pentanol 9.4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon 10.1-Hidroksi-2-bütanol 11.(E)-Linaloloksit 12.Asetik asit 13.Furfural 14.(Z)Linaloloksit 15.1-(2-Furamyl)-etanon 16.Benzaldehit 17.Propanoik asit 18.5-Metil-2-furankarboksaldehit 19. Hottienol 20.γ-Butrolakton 21.1-Pentün-3-ol 22.1.2-Etanediol 23.L-Mentol 24.Furfuril Alkol 25.3-Metil-bütanoik asit 26.2-(2-bütoksi-etoksi)-etanol 27.3-Metil-1,2-siklopentanedion 28.Hekzanoik asit 29. Benzilalkol 30. 2-Fenil-etanol 31.(E)- 2,6-Dimetiloktra-3,7-dien-2,6-diol 32.Benzoizyazol 33.2,5- Furandikarboksaldehit 34.Metil-2-furoat 35.Pantolakton 36.Oktanok asit 37.Nonanok asit 38.2-Metoksi-vinil-fenol 39. Etil heksadekanoat 40.(Z)-8-Hidroksi-limalol 41.4-(1-hidroksi-etil)-γ-bütanolakton 42.3,4,5-trimetil-fenol 43.dhidr o-5-(1-hidroksietil)-2-(3H)-furanon (şeri lakton) 44.9-hidroksi-megastigm-7-en-3-on 45.3-hidroksi-β-damaskon 46.5-Hidroksi-metil-furfural 47.3-okzo-α-ionol 48. Hekzadekanoik asit 49.Oktradekanoik asit

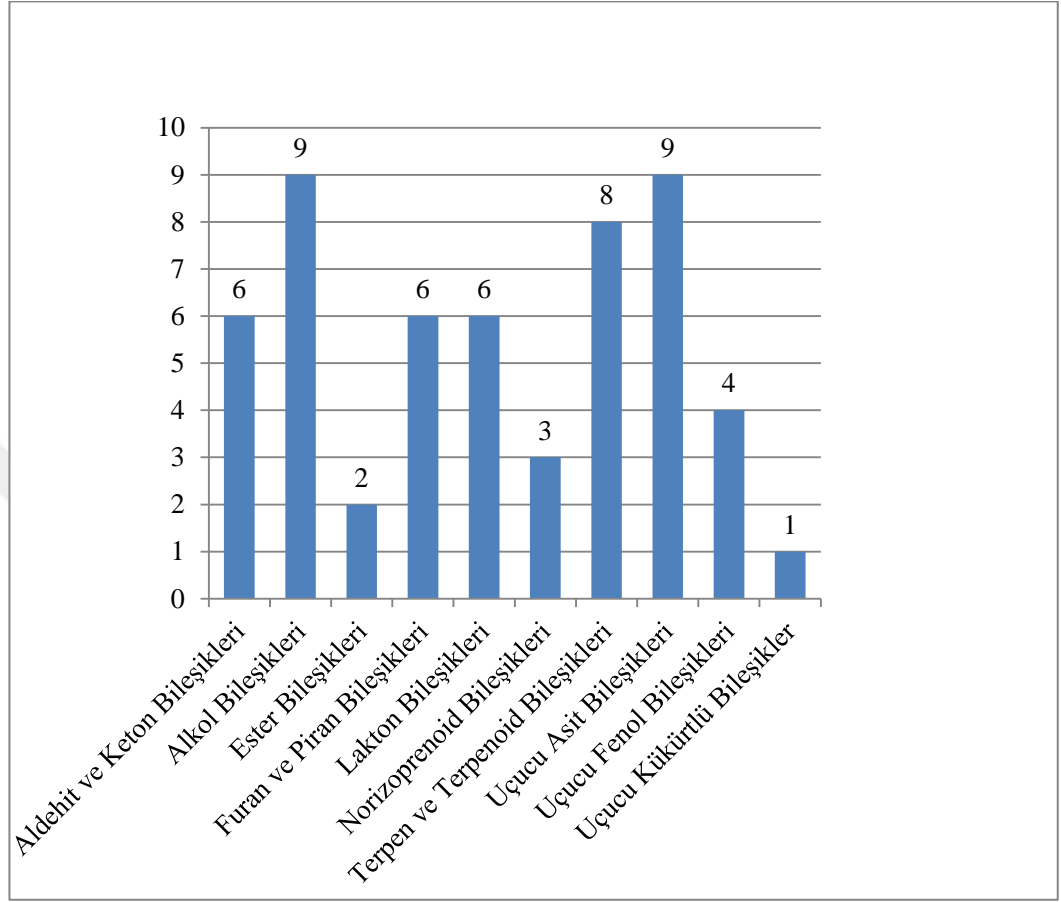
Ek 4. Geven Balında Tespit Edilen Aroma Maddeleri Sayısı



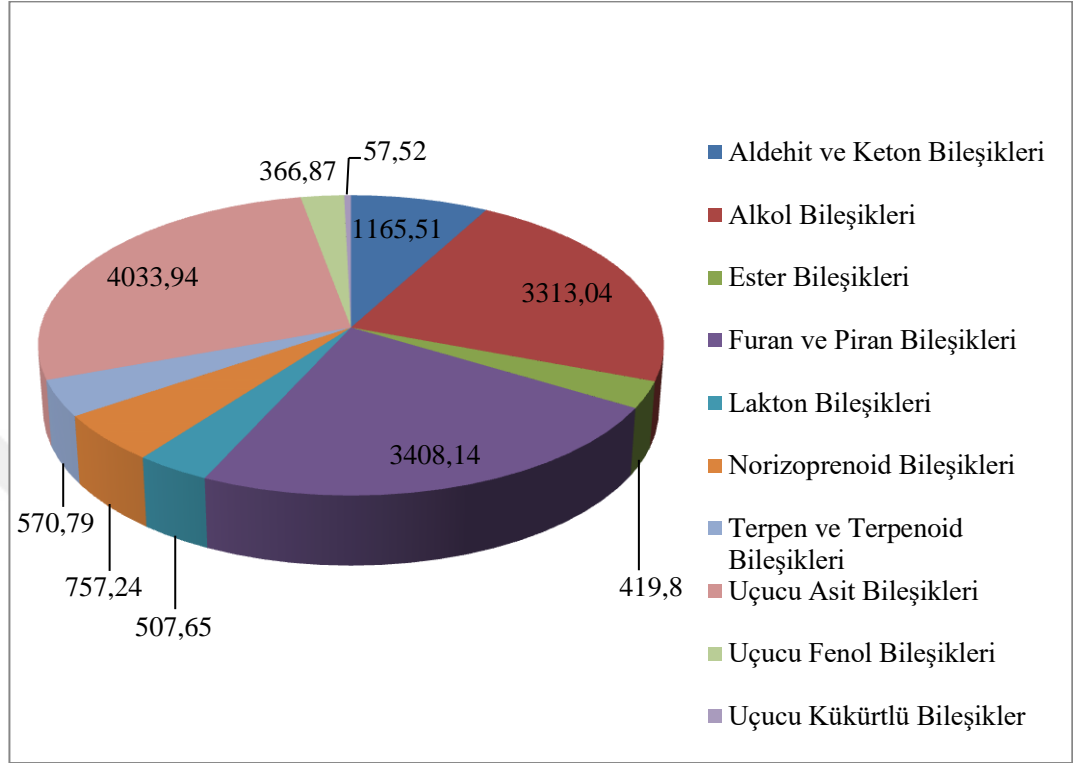
Ek 5. Geven Ballarının Aroma Maddelerinin Toplam Miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$)



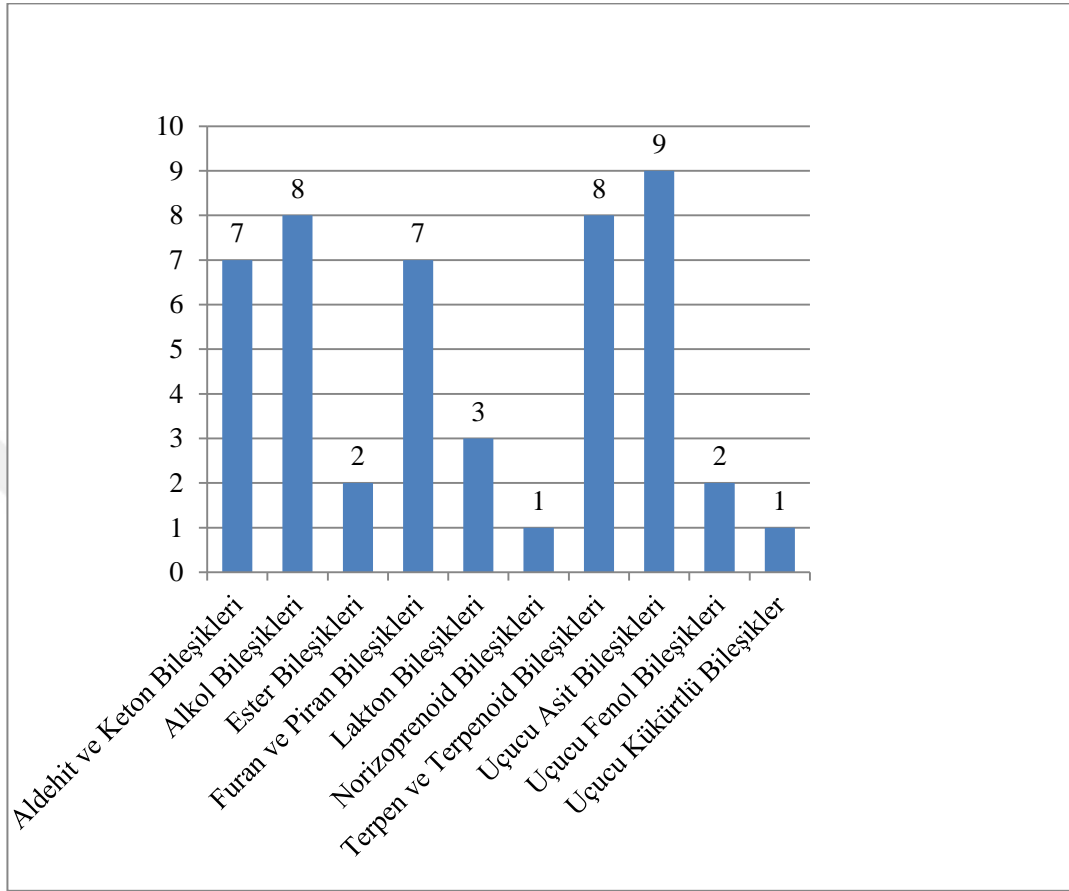
Ek 6. 620 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balında Tespit Edilen Aroma Bileşiklerinin Gruplara Göre Dağılımı



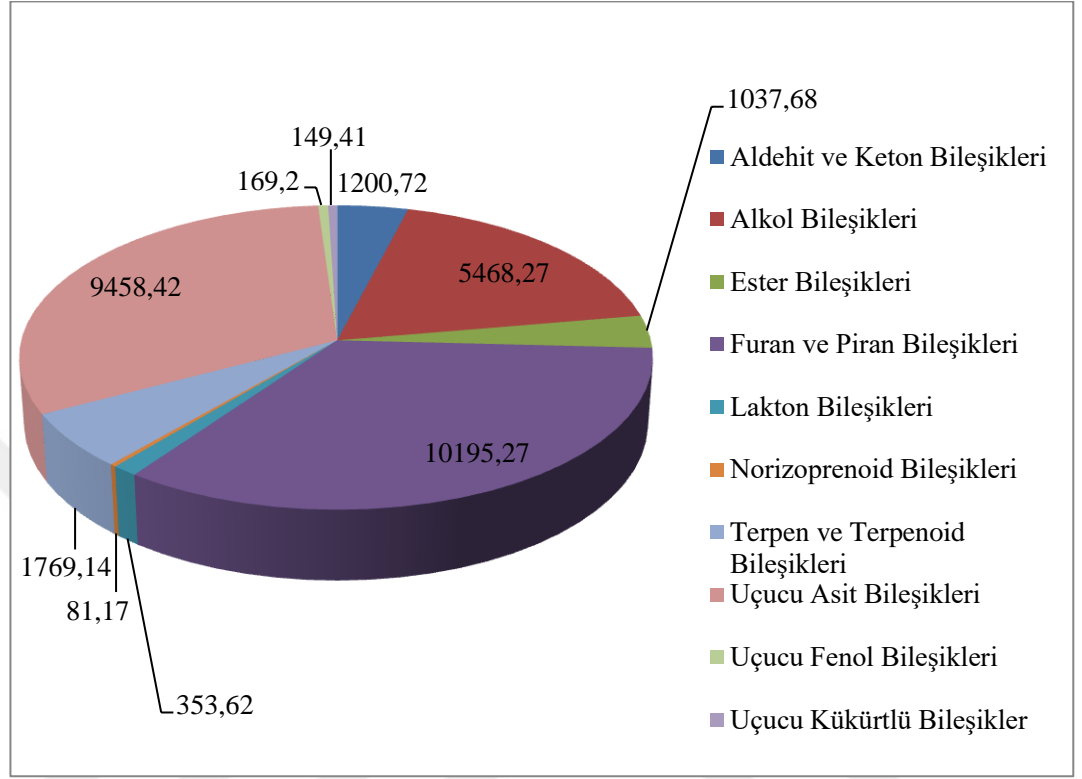
Ek 7. 620 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Bileşiklerinin Toplam Miktarının Gruplara Göre Dağılımı ($\mu\text{g}/\text{kg}$)



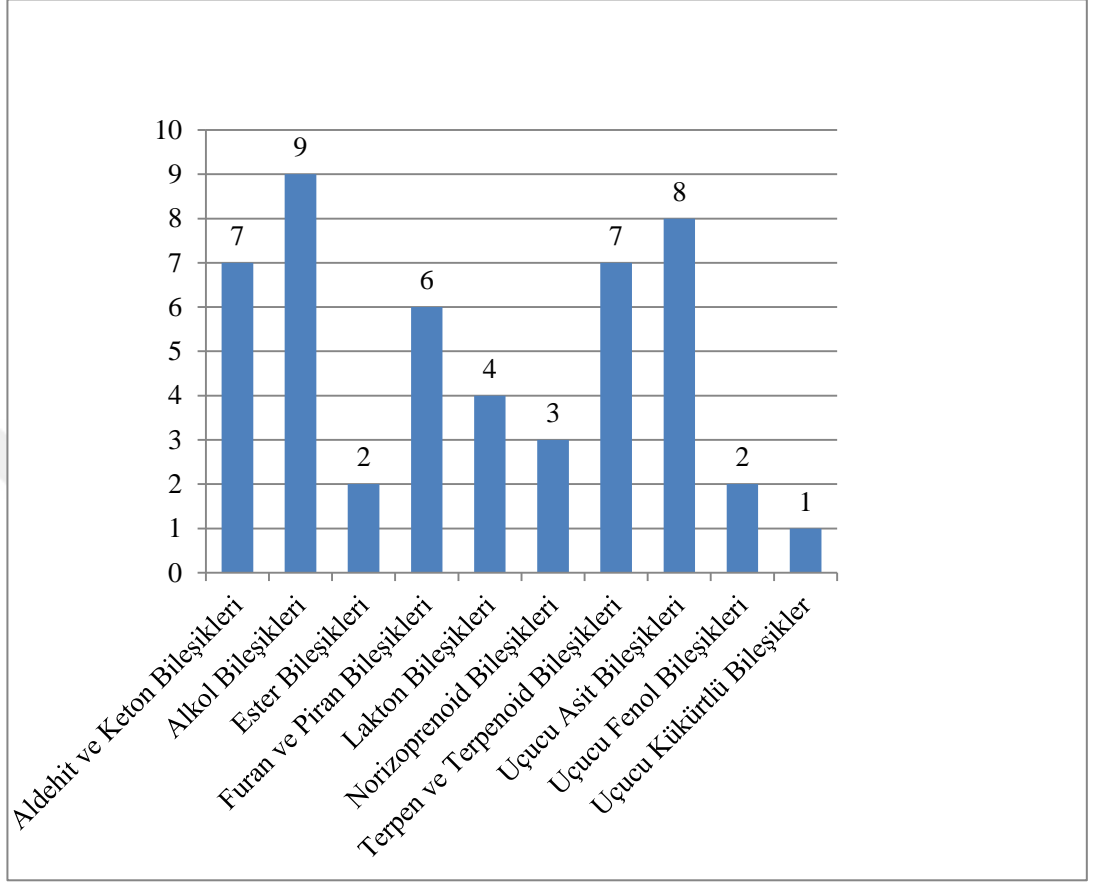
Ek 8. 1050 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balında Tespit Edilen Aroma Bileşiklerinin Gruplara Göre Dağılımı



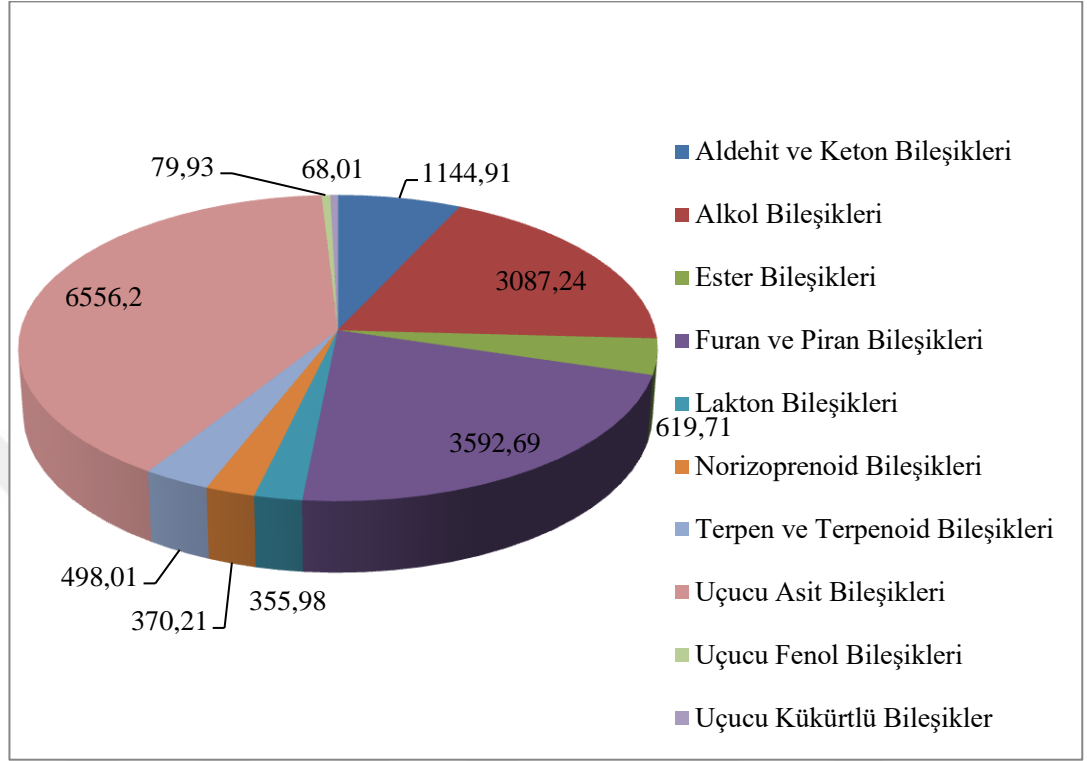
Ek 9. 1050 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Bileşiklerinin Toplam Miktarının Gruplara Göre Dağılımı (µg/kg)



Ek 10. 1700 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balında Tespit Edilen Aroma Bileşiklerinin Gruplara Göre Dağılımı



Ek 11. 1700 Metre Rakımdan Elde Edilen Geven Balının Aroma Bileşiklerinin Toplam Miktarının Gruplara Göre Dağılımı ($\mu\text{g}/\text{kg}$)



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Nevşehir ilinde doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Nevşehir’de tamamladım. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünden 2011 yılında mezun oldum. 4 yıl özel sektörde Gıda Mühendisi olarak çalıştım. 2015 yılında bir kamu kurumuna memur olarak atandım. Halen görevime devam etmekteyim. Evli ve 2 çocuk babasıyım.

E mail: gurkan.turk@gsb.gov.tr



