

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAL VE BAL SİRKESİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇEN DİLEK ALAK

DENİZLİ, EYLÜL - 2015

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BAL VE BAL SİRKESİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇEN DİLEK ALAK

DENİZLİ, EYLÜL - 2015

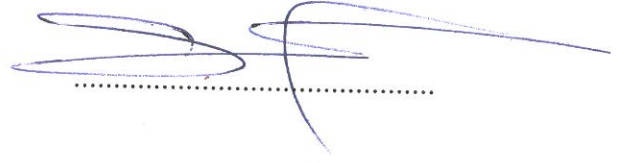
KABUL VE ONAY SAYFASI

Gökçen Dilek ALAK tarafından hazırlanan “**Bal ve Bal Sirkesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 01.09.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

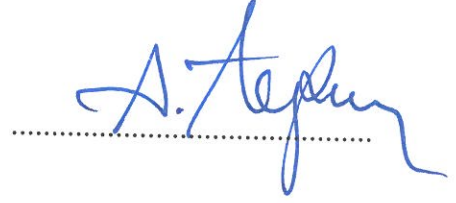
Jüri Üyeleri

İmza


Danışman
Prof. Dr. Sebahattin NAS
(Pamukkale Üniversitesi)



Üye
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ
(Akdeniz Üniversitesi)



Üye
Doç. Dr. Çetin KADAKAL
(Pamukkale Üniversitesi)



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16/09/2015 tarih ve 35/11 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez alışması PAÜ BAP tarafından 2014FBE054 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

GÖKÇEN DİLEK ALAK



ÖZET

**BAL VE BAL SİRKESİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GÖKÇEN DİLEK ALAK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. SEBAHATTİN NAS)

DENİZLİ, EYLÜL - 2015

Sirke değişik hammaddelerden, farklı yöntemlerle elde edilen bir fermantasyon ürünüdür. Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen bazı bal çeşitlerinin bazı fiziksel ve kimyasal içeriği belirlenerek; incelenen ballardan seçilen Adana çiçek ve çam ballarından laboratuvar koşullarında sirke üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizin çeşitli yerlerinden (İstanbul, Muğla) ve yurtdışından (İtalya) alınan bal sirkeleri ve bal örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kıyaslaması yapılmıştır. Bu amaçla Adana, Muğla, İzmir, Kayseri ve Aydın’dan toplanan çam, çiçek, kargan, narenciye, kekik, hayıt, kestane, bozağan, lavanta ve funda (püren) ballarının nem, renk, viskozite, kül, serbest asitlik, pH, HMF, antioksidant, toplam fenolik madde ve organik asit analizleri yapılmıştır. Bal örneklerinin renk değerleri L^* 2.53-18.43; a^* 1.08-18.88 ve b^* 2.91-28.35, viskozite 10.25-69 Pa.s; nem değerleri % 14.6-18.4, kül miktarı % 0.036-0.97, serbest asitlik değerleri formik asit cinsinden 4.46-41.11 meq/kg, pH değerleri 3.66-5.61, HMF içeriği 1.35-57.12 mg/kg, toplam fenol içerikleri 170.27-814.63 mg_{GAE}/kg kuru ağırlık, antioksidant miktarı 983.52-1508.62 mg_{trolox}/kg kuru ağırlık (DPPH), organik asit içeriği tartarik asit, malik asit, sitrik asit, suksinik asit, asetik asit için sırasıyla; 1.18-5.36, 10.56-21.25, 0.61-10.52, 6.44-226, 0.09-8.42 mg/kg olarak bulunmuştur. Sonuçların Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne uygun olup olmadığı ve diğer örneklerle benzerlik gösterip göstermediği kontrol edilmiştir. Bazı örneklerin HMF içeriklerinin, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne uygun olmadığı görülmüştür. Bal sirkeleri örneklerinde de renk, kuru madde, kül, serbest asitlik, pH, alkol, yoğunluk, antioksidant içeriği, toplam fenol içeriği ve organik asit analizleri yapılmıştır. Bal sirkeleri örneklerinin renk değerleri L^* 0.58-33.00; a^* 0.17-15.76 ve b^* 2.91-28.35, kül miktarı 0.11-2.72 g/l, kuru madde 1.23-5.92 g/l; toplam asitlik değerleri asetik asit cinsinden 7.80-46.20 g/l, pH değerleri 2.19-3.35, yoğunluk 1.00346-1.157346 g/cm³, toplam fenol içerikleri 105.18-890.27 mg_{GAE}/kg kuru ağırlık, antioksidant miktarı 233.01-1431.01 mg_{trolox}/kg kuru ağırlık (DPPH), organik asit içeriği tartarik asit, malik asit, sitrik asit, suksinik asit, asetik asit için sırasıyla; 183.796-603.55, 106.32-534.81, 305.25-1852.02, 1248.91-48624.69 ve 11010.34-39199.39 mg/kg olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bal, Bal Sirkesi, Fiziksel ve Kimyasal Özellik

ABSTRACT

SOME PHYSICAL, CHEMICAL PROPERTIES OF THE HONEY VINEGAR AND THE HONEY

MSC THESIS

GOKCEN DILEK ALAK

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: Prof. Dr. SEBAHATTIN NAS)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2015

Vinegar is the product of a fermentation obtained from different raw materials in various way. In this study, determining the physical and chemical content of some varieties of honey produced in Turkey; vinegar production in laboratory conditions by selected Adana flower and pine honey analyzed were carried out. From various parts of Turkey (Istanbul, Mugla) and from abroad (Italy) received honey vinegar is compared with each other. Honey samples were collected from Adana, Muğla, Kayseri, Izmir and Aydın. The honeys were honeydew, flower, vitex, thyme, lavender, chestnut, citrus, flos lavendulae romanae, omalotheca leucopilina, heatherhoney. Colour, moisture, viscosity, ash, free acidity, pH, HMF, antioxidant content, total phenol content and organic acid analysis were performed in honey. The color values of honey samples were 2.53-18.43 L*, and 1.08-18.88 a* and 2.91-28.35 b*, humidity values 14.6-18.4 %, viscosity 10.25-69 Pa.s, ash contents 0.036-0.97 %, free acidity values 4.46-41.11 meq/kg formic acid, pH values 3.66-5.61, HMF contents 1.35-57.12 mg/kg, total phenol contents 170.27-814.63 mg_{GAE}/kg (dry weight), the antioxidant activities 983.52-1508.62 mg_{trolox}/kg (DPPH), the organic acid content of tartaric acid, malic acid, citric acid, succinic acid, acetic acid respectively 1.18-5.36, 10.56-21.25, 0.61-10.52, 6.44-226 and 0.09-8.42 mg/kg. The results has checked out Turkish Food Codex Honey Directives values and the other samples results. Some results of HMF content were found to be in accordance with the standard. Colour, dry matter, ash, free acidity, pH, alcohol, density, antioxidant content, total phenol content and organo acid analysis were performed in vinegar examples. The color values of honey vinegar samples were 0.58-33 L*, and 0.17-15.76 a* and 2.91-28.35 b*, dry matter 1.23-5.92 g/L, ash contents 0.11-2.72 g/l, total acidity values 7.80-46.20 g/l acetic acid, pH values 2.19-3.35, density 1.0035-1.1573 g/cm³, total phenol contents 105.18-890.27 mg_{GAE}/kg (dry weight), the antioxidant activities 233.01-1431.01 mg_{trolox}/kg (DPPH), the organic acid content of tartaric acid, malic acid, citric acid, succinic acid, acetic acid respectively 183.796-603.55, 106.32-534.81, 305.25-1852.02, 1248.91-48624.69 and 11010.34-39199.39 mg/kg.

Key Words: Honey, Honey Vinegar, Physical and Chemical Properties

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xi
ÖNSÖZ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Bal	2
1.2 Balda Fermentasyon	8
1.3 Sirke.....	8
1.3.1 Asetik Asit Bakterileri ve Üretilmesi	11
1.3.2 Sirke Üretim Teknikleri.....	13
2 LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	15
3 MATERYAL VEYÖNTEM	22
3.3 Bal Numuneleri	22
3.4 Sirke Numuneleri	23
3.5 Bal Sirkesi Üretimi	23
3.6 Balların Fiziksel ve Kimyasal Analizleri	25
3.4.1 Renk Analizi.....	25
3.4.2 Viskozite Analizi.....	25
3.4.3 Rutubet (Nem) Tayini	25
3.4.4 Kül Analizi	26
3.4.5 Toplam Asitlik Tayini	26
3.4.6 pH.....	26
3.4.7 HMF Analizi	26
3.4.8 Toplam Fenolik Madde	27
3.4.9 Antioksidan Aktivite	27
3.4.10 Organik Asit Analizi	27
3.5 Sirkelerin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri.....	29

3.5.1	Renk analizi.....	29
3.5.2	Yoğunluk.....	29
3.5.3	Alkol.....	29
3.5.4	Toplam Kuru Madde	30
3.5.5	Toplam Asit.....	30
3.5.6	pH.....	30
3.5.7	Kül.....	30
3.5.8	Toplam Fenolik Madde	30
3.5.9	Antioksidant Aktivite	31
3.5.10	Organik Asit Analizi	31
3.6	İstatiksel Analiz.....	32
4	ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	33
4.4	Renk.....	33
4.5	Viskozite.....	36
4.6	Kül	38
4.7	Nem miktarı.....	42
4.8	Kuru madde	44
4.9	pH değerleri	46
4.10	Serbest Asitlik	49
4.11	Yoğunluk	53
4.12	Alkol içeriği.....	54
4.13	HMF İçeriği	55
4.14	Organik Asit İçeriği.....	58
4.15	Toplam Fenolik Madde	71
4.16	Antioksidan Aktivite	74
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	79
6	KAYNAKLAR.....	82
7	EKLER.....	88
8	ÖZGEÇMİŞ.....	99

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Brookfield Programmable DV-II+ Viscometer	25
Şekil 3.2: HPLC' de organik asit standart karışımın çıkış zamanları	29
Şekil 4.1 : Bal numunelerinin L^* , a^* , b^* değerleri.	34
Şekil 4.2 : Bal sirkesi numunelerinin L^* , a^* , b^* değerleri.	35
Şekil 4.3 : Bal örneklerinin 20°C'deki viskozite değerleri.	38
Şekil 4.4 : Bal örneklerinin yüzde kül içerikleri.	39
Şekil 4.5 : Bal sirkesi örneklerinin yüzde kül içerikleri.	41
Şekil 4.6 : Bal örneklerinin yüzde nem içerikleri.	44
Şekil 4.7 : Bal sirkesi örneklerinin kuru madde içerikleri.	45
Şekil 4.8 : Bal örneklerinin pH miktarları.	47
Şekil 4.9 : Bal sirkesi örneklerinin pH miktarları.	48
Şekil 4.10 : Bal örneklerinin serbest asitlik miktarları.	51
Şekil 4.11 : Bal sirkesi örneklerinin toplam asitlik miktarları.	52
Şekil 4.12 : Bal sirkesi örneklerinin yoğunluk değerleri.	54
Şekil 4.13 : Bal örneklerinin HMF içeriği.	57
Şekil 4.14 : Bal örneklerinin tartarik asit miktarları.	59
Şekil 4.15 : Bal örneklerinin malik asit miktarları.	60
Şekil 4.16 : Bal örneklerinin sitrik asit miktarları.	61
Şekil 4.17 : Bal örneklerinin suksinik asit miktarları.	61
Şekil 4.18: Bal örneklerinin asetik asit miktarları.	62
Şekil 4.19 : Bal sirkesi örneklerinin sitrik asit miktarları.	65
Şekil 4.20 : Bal sirkesi örneklerinin tartarik asit miktarları.	66
Şekil 4.21 : Bal sirkesi örneklerinin malik asit miktarları.	67
Şekil 4.22 : Bal sirkesi örneklerinin suksinik asit miktarları.	68
Şekil 4.23 : Bal sirkesi örneklerinin asetik asit miktarları.	69
Şekil 4.24 : Bal örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.	72
Şekil 4.25 : Bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.	73
Şekil 4.26 : Bal örneklerinin DPPH yöntemi ile antioksidan miktarları.	76
Şekil 4.27 : Bal sirkesi örneklerinin DPPH yöntemi ile antioksidan miktarları.	77

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. 1: Türk Gıda Kodeksi (2012/58) Bal Tebliği'ne göre ballara ait özellikler (Anonim 2012)	4
Tablo 3. 1: Bal örneklerinin alındığı iller, orijinleri ve kodları.	22
Tablo 3. 2 : Bal sirkesi örneklerinin alındığı yerler, orijinleri ve kodları.	23
Tablo 3. 3: Organik asit tespitinde kullanılan kromatografi koşulları (Suarez-Luque ve diğ. 2002) ve HPLC cihazının özellikleri.....	28
Tablo 4. 1 : Bal örneklerinin orijin ve illere göre renk analizi sonuçları.	33
Tablo 4. 2 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre renk analizi sonuçları.....	35
Tablo 4. 3 : Bal örneklerinin orijine göre 20°C'deki viskozite analizi sonuçları.	37
Tablo 4. 4 : Bal örneklerinin orijinine ve illere göre yüzde kül miktarları.	39
Tablo 4. 6 : Bal örneklerinin orijinine ve illere göre kırılma indisleri ve yüzde nem miktarları.	43
Tablo 4. 7 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre kuru madde analizi sonuçları.	44
Tablo 4. 8 : Bal örneklerinin orijine ve illere göre pH değerleri.....	46
Tablo 4. 9 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre pH analizi sonuçları.....	48
Tablo 4. 10 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre serbest asitlik miktarları (meq/kg formik asit).	50
Tablo 4. 11 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre toplam asit analizi sonuçları.	52
Tablo 4. 12 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre yoğunluk analizi sonuçları.	53
Tablo 4. 13 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre alkol analizi sonuçları.....	55
Tablo 4. 14 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre HMF içeriği.....	56
Tablo 4. 15 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre organik asit miktarları.	58
Tablo 4. 16 : Bal sirkesi örneklerinin orijine göre organik asitler analizi sonuçları..	64
Tablo 4. 17 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre toplam fenolik madde içerikleri.	71
Tablo 4. 18 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre toplam fenolik madde içerikleri.	73
Tablo 4. 19 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre antioksidan miktarları.	75
Tablo 4. 20 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre antioksidan analizi sonuçları.	77

SEMBOL LİSTESİ

% : Yüzde
°C : Santigrat derece
µl : Mikrolitre
g : Gram
kg : Kilogram
M : Molar
mAU : Mili Amper Unit
meq : Miliekivalent ağırlık
mg : Miligram
ml : Mililitre
nm : Nanometre
Pa.s : Paskal . saniye

KISALTMALAR

CIE : Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage)

DPPH : 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

GAE : Gallik Asit Eşdeğeri

HMF : Hidroksimetil Furfural

HPLC : Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi

MÖ: Milattan Önce

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca değerli görüş ve düşünceleriyle her konuda desteğini gördüğüm, yönlendirmeleri sayesinde kendimi geliştirmemi sağlayan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Sebahattin NAS' a;

Sirke üretim aşamasındayardımlarını esirgemeyen değerli Yrd. Doç. Dr. Özlem AYTEKİN' e, HPLC ile ilgili tüm soru ve sorunlarda yardımcı olan değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Çetin KADAKAL, Yrd. Doç. Dr. Hakan KARACA 'ya;

Laboratuar çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Seher ARSLAN, Arş. Grv. Betül KAPLAN, Arş. Grv. Engin DEMİRAY, Arş. Grv. Aysun YURDUNUSEVEN' e;

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların projelendirilmesinde maddi katkı sağlayan Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne;

Tüm hayatım boyunca desteğini esirgemeyen ve bugün burada olmamı sağlayan annem Şengül ALAK ve babam Turhan ALAK' a;

Sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

1. GİRİŞ

Arıların dünyamızda milyonlarca yıldır, geniş düzlüklerin bitki örtüsüyle kaplanmaya başladığı üçüncü jeolojik çağdan beri görüldüğü belirtilmektedir. Çok eski çağlarda insanların ağaç ve kayalarda yuvalanan oğul arıları öldürerek; bunların ballarından yararlandıkları bilinmektedir. Eski Hint, Mısır, Roma, Yunan, Sümer, Hitit ve Babil medeniyetleri incelendiğinde arı ve bal ile ilgili önemli bilgilere rastlanılmıştır. Arıların gen merkezleri Orta-Doğu ülkeleri olduğundan arıcılığın yapılmaya başlanması bu ülkeleri işaret etmektedir. Bu medeniyetlere ait çeşitli resim, heykel, para, eşya, hikaye, yasa, mağara ve mezarlarda arı ve bal ile ilgili önemli bulgulara rastlamak mümkündür. Ayrıca balın tek başına tüketilmesinin yanında başka yiyeceklerin hazırlanmasında kullanıldığı ve hastalıkları tedavi edici özelliğinden faydalandığı anlaşılmaktadır (Sarıöz 2010).

Kutsal kitaplardan; Kur'an, İncil, Tevrat ve Zebur'da balla ilgili ayetler bulunmaktadır. Kur'an ayetlerinden, Mekke'de indirilen Nahl Suresi'ne ait 68. ve 69. ayetlerde arı ve baldan bahsedilmektedir (Sarıöz 2010).

Tarihsel süreç içerisinde taş devrinden itibaren; ağaç kütükleri ve mantarlar daha sonraları ise toprak ve kilden yapılmış kaplar kovan olarak kullanılmıştır. Günümüze gelindiğinde ise arıcılık ve bal üretimi, verimi yüksek modern kovanlarla ve ileri arıcılık teknikleri ile sürdürülmektedir. Arıcılıkta ekonomik değeri bulunan diğer ürünler olarak arı sütü, propolis, polen, bal mumu ve arı zehiri üretimi yapılmakta ve bu ürünler üzerine tedavi amaçlı olarak tıp dünyasında apiterapi adı altında çalışmalar yapılmaktadır (Sarıöz 2010).

Sirke değişik hammaddelerden farklı yöntemlerle elde edilen bir fermantasyon ürünüdür. Sirke, asetik asit fermantasyonunda etil alkolün, asetik asit bakterileri tarafından asetik asite (sirke asidi) dönüştürüldüğü bir biyokimyasal olayın ürünüdür (Aktan ve Yıldırım 2011).

Bu çalışma ile, ülkemizde değerli bir ürün olan bal ile balın piyasaya sürülemeyen, kalitesiz veya petek kırıntılarındaki arta kalan balların kullanılarak sirke üretimi yoluyla değerlendirilmesi ele alınmıştır. Bal sirkesi daha çok arı veya bal işiyle uğraşanlar arasında geleneksel ve eksik bilgiyle üretilmekte olup ürün hakkında tüketici ve üretici çok fazla bilgiye sahip değildir, Türkiye’de de bu konuyla ilgili çalışma yapılmamış olup sadece gazetelerde veya tüketenler arasında ifade edilen bilgilere rastlanılmaktadır. Bu çalışmayla ürünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında fikir sahibi olmanın yanı sıra bal sirkesinin hammaddesi olan bala da benzer fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak balın da bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve elde edilen bulgular ve literatürdeki bal ve diğer hammaddelerden üretilen sirkelerin ortak analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.1 Bal

Türk Gıda Kodeksi (2012/58) Bal Tebliği’nde, bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün olarak tanımlanmaktadır. Modern kovanlarda, içerisinde temel petek kullanılmadan, arılar tarafından peteği ile beraber üretilen bala doğal petekli bal; içerisinde temel petek kullanılmadan, karakovanlarda arılar tarafından peteği ile beraber üretilen bala karakovan balı; yabancı tat ve kokuya sahip veya fermantasyona başlamış veya fermente olmuş veya yüksek sıcaklıkta işlem görmüş, endüstriyel veya daha sonra işlenecek diğer gıda maddelerinde bileşen olarak kullanılma amaçlı bala ise fırıncılık balı denir (Anonim 2012).

Bal kaynağına göre;

1) Çiçek balı: Bitki nektarından elde edilen bal,

2) Salgı balı: Bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin -Hemiptera- salgılarından elde edilen bal, olarak ikiye ayrılır.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Anonim 2012) kapsamında piyasaya sunulan veya insan tüketimi amacıyla herhangi bir gıda maddesinde bileşen olarak kullanılan bala ait özellikler aşağıda ve Tablo 1.1' de verilmiştir:

a) Bala gıda katkı maddeleri de dâhil olmak üzere dışarıdan hiçbir madde katılamaz. Balın doğal bileşiminde bulunmayan organik ve inorganik maddelerden arı olması gerekir. Fırıncılık balı dışında bal; bala ait olmayan yabancı tat ve kokuda, fermantasyonu başlamış, asitliği yapay olarak değiştirilmiş veya içerdiği doğal enzimleri parçalayacak ya da önemli düzeyde inaktive edecek şekilde ısıtılamaz.

b) Balın tadı ve aroması, balın kaynağına ve üretildiği bitkinin türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, balın kendine özgü koku ve tada sahip olması gerekir.

c) Balın rengi su beyazından koyu amber renge kadar değişebilir. Salgı balının rengi pfund skalaya göre en az 60 olmalıdır.

d) Temel petekte balmumunun doğal yapısında bulunmayan, parafin, serezin, iç yağı, reçine, oksalik asit gibi organik maddeler ile ağartıcı maddeler gibi inorganik maddeler bulunamaz. Ayrıca bir gram petekte Amerikan Yavru Çürüklüğü etkeni *Paenibacillus larvea* spor ve vejetatif formu ile Nosemosis etkenleri *Nosema apis* ve *Nosema cerenesporları* bulunamaz.

e) Petekli ballarda, peteğin en az % 80'i sırlanmış olması gerekir.

f) Etiketinde botanik orijini belirtilen ballarda, balların bu özelliklerinin polen analizi ile uyumlu olması gerekir.

g) Karakovan balı ve doğal petekli ballar süzme bal olarak piyasaya arz edilemez.

h) Karakovan balı ve doğal petekli bal adıyla piyasaya arz edilecek ballarda peteğin parçalanmaması ve süzme bal ilave edilmemesi gerekir (Anonim 2012).

Tablo 1. 1: Türk Gıda Kodeksi (2012/58) Bal Tebliği'ne göre ballara ait özellikler (Anonim 2012)

	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık Balı
Nem (en fazla)	% 20	% 20	% 20	% 23
	% 23 Püren (<i>Calluna</i>) ballarında			Püren (<i>Calluna</i>) kaynaklı fırıncılık ballarında
Sakaroz (en fazla)	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g
	10g/100g (Yalancı akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i>) Adi yonca (<i>Medicago sativa</i>) Menzies Banksia (<i>Banksia menziesii</i>) Tatlı yonca (<i>Heathysarum</i>) Kırmızı okaliptüs (<i>Eucalyptus camadulensis</i>) Meşin ağacı (<i>Eucryphia lucida</i> , <i>Eucryphia milligamii</i>) ve Narenciye ballarında)	10g/100g (Kızıl çam (<i>Pinus brutia</i>) ve Fıstık çamlarından (<i>Pinus pinea</i>) elde edilen salgı ballarında)		
	15 g/100 g Lavanta çiçeği (<i>Lavandula spp.</i> , <i>Borago officinalis</i>) ballarında			
Fruktoz +Glukoz (en az)	100 g'da 60 g	100 g'da 45 g	100 g'da 45 g	-
Fruktoz / Glukoz	0,9 - 1,4	1,0-1,4	1,0-1,4	-
	1,0-1,85 Kestane (<i>Castanea sativa</i>)			
	1,2-1,85 Akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i>)			
	1,0-1,65 Kekik (<i>Thymus spp.</i>)			
Suda çözünmeyen madde (en fazla) *	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g
Serbest asitlik (en fazla)	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg	80 meq/kg

Tablo 1. 2: (devam) Türk Gıda Kodeksi (2012/58) Bal Tebliği'ne göre ballara ait özellikler (Anonim 2012)

Elektrik iletkenliği	En fazla 0,8 mS/cm (Kocayemiş (<i>Arbutus unedo</i>), Çanotu (<i>Erica</i>), Okaliptus, İhlamur (<i>Tilia spp.</i>), Süprügeçalı (<i>Calluna vulgaris</i>), Okyanus mersini (<i>Leptospermum</i>) Çay ağacı (<i>Melaleuca spp.</i>) ve Pannuk (<i>Gossypium spp.</i> 'dan elde edilenler hariç)	En az 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm
	En az 0,8 mS/cm (Kestane balında)		En az 0,8 mS/cm (Kestane balı ve salgı balı karışımlarında)	
Diastaz sayısı (en az)	8	8	8	-
	3 (Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda)			
HMF (en fazla) **	40 mg/kg	40 mg/kg	40 mg/kg	-
Balda protein ve ham bal delta C13 değerleri arasındaki fark	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif
Balda protein ve ham bal delta C13 değerlerinden hesaplanan C4 şekerleri oranı (en fazla)	%7	%7	%7	%7
Prolin miktarı (en az)	300 mg/kg	300 mg/kg	300 mg/kg	180 mg/kg
	180 mg/kg (Kanola, ihlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında)			
	120 mg/kg (Biberiye, akasya ballarında)			
Naftalin miktarı (en fazla)***	10 ppb	10 ppb	10 ppb	10 ppb

Balın rengi yapısındaki çeşitli maddelerin farklı dalga boyundaki ışınları değişik ölçülerde absorplamasıyla ortaya çıkan optik bir özelliktir. Balın yapısında bulunan antosiyoninler, fenolik asitler, flavonoidler, karotenoidler, ksantofil, klorofil türevleri gibi renk maddeleri, kül içeriği, aminoasit/şeker oranı, depolama koşulları ve bekleme süresi balın rengini etkileyen faktörlerdir (Öder 1981).

Viskozite, balın içeriğine göre; yapısındaki şekerlerin kompozisyonuna (disakkaritler daha fazla viskozite kazandırmaktadır), içerdiği küçük kristallerin ve

hava kabarcıklarının miktarına ve nem oranına bağlıdır. Bal işlemede kullanılan ekipmanların dizayn edilmesinde ve kullanılmasında balın viskozitesi göz önünde bulundurulmaktadır (Karadal ve Yıldırım 2012).

Juszczak ve Fortuna (2006) yapmış oldukları bir çalışmada, 10-40 °C arasındaki yedi farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen ölçümlerde, akasya balı için, 10 °C’ de 126.9 Pa.s olarak belirlenen viskozite değeri 20 °C’ de 28.3 Pa.s, 40 °C ‘de ise 2.3 Pa.s olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada ıhlamur balının 10 °C’deki viskozite değeri 233.6 Pa.s, 20 °C’ de 43.8 Pa.s, 40 °C’de ise 3,4 Pa.s olarak tespit edilmiştir.

Genel olarak balın yaklaşık %80’i değişik şekerlerden (% 35 glukoz, %4 0 fruktoz, %5 sukroz), % 17’si sudan meydana gelir. Geri kalan % 3'lük kısım başta enzimler olmak üzere, aminoasitler, glukonik asit, fenol bileşikleri, lakton, mineraller ve çeşitli vitaminler gibi 180 kadar farklı maddeden oluşur. Balda ayrıca, demir, bakır, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, silisyum, aliminyum, krom, nikel ve kobalt gibi değerli mineraller vardır. Balın ayırıcı özelliklerini, nektar ve bal arısından kaynaklanan birçok küçük bileşen belirlemektedir. Balın özel lezzetini ve biyolojik özelliklerini sağlayan bu bileşenlerin çoğu ısıya dayanıksızdır (Karadal ve Yıldırım 2012).

Balın nem miktarına; bitki kaynağı, sıcaklık, yağış, sıklama durumu, süzme ve pazarlama sırasındaki işlemler, balın olgunlaşma derecesi, depolanan odanın rutubeti etkili olmaktadır (Tolon 1999).

Balın tatlılığı, içerdiği asit karakterdeki maddelerden dolayı, benzer miktarda şeker içeren besinlere göre daha az hissedilmektedir. Serbest asitlerin, laktonların ve esterlerin toplamı baldaki toplam asitliği belirlemektedir. Serbest asitlik lezzete katkıda bulunur, mikroorganizmalara karşı dayanıklılık sağlar, kimyasal reaksiyonları, antibakteriyel ve antioksidan özelliği artırır ayrıca balın kaynağı hakkında bazı bilgiler verir. Balın asitliği, glukonik asit başta olmak üzere çeşitli organik asitlerden ve fosfat ve klorid gibi inorganik iyonlardan kaynaklanır. Serbest asitlerin artışı balda fermentasyonun göstergesi sayılmaktadır. Çünkü bal şekerleri ve alkoller baldaki mayalar tarafından asitlere dönüştürülmektedir (Karadal ve Yıldırım 2012). Balda kesin olarak tespit edilen asitler; asetik asit, bütirik asit, sitrik asit,

formik asit, laktik asit, malik asit, süksinik asit, glikonik asit, oksalik asittir (Ötleş 1995).

Salgı ve karışım ballarında, topraktaki tampon, tuz ve demir miktarının yüksekliğine bağlı olarak, asitlik düzeyi düşük, dolayısı ile pH daha yüksektir (Keskin 1982).

Balın pH'sı ise iyonize asitlere ve mineral maddelere bağlıdır. Mikroorganizma gelişimine, enzimatik aktiviteye, tekstüre ve diğer özelliklere etki eder. Balın pH'sı 3.9 (3.5- 5.5 arasında) civarındadır (Karadal ve Yıldırım 2012).

Güler (2005), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde üretilen ballar üzerine yaptığı bir araştırmada 30 bal numunesinde, pH 4,05-5,48; Kamal ve diğ. (2002), Pakistan'da çeşitli ballar üzerine yaptıkları bir araştırmada, pH değerleri 3,33-6,30; Şahinler ve diğ. (2001), Hatay yöresine ait 50 bal örneğinde yapılan bir araştırmada ortalama olarak, pH 3,88; Przybylowski ve Wilczynska (2001), Hollanda'nın Pomeranian bölgesindeki 15 adet çam balında yaptıkları analizlerde ortalama pH değerini 3.9 olarak; Zappala ve diğ. (2005), narenciye ballarında pH 3,43-3,49 aralığında tespit etmişlerdir.

Baldaki kül kapsadığı mineral maddelerden yani fosfor, demir, potasyum, magnezyum, mangan, sodyum, klor, kükürt, iyot ve diğerlerinden oluşmaktadır. Külün yapısında yüksek düzeyde mineral madde bulunması nedeni ile çam ballarının kül düzeyinin yüksek olmasına bağlı olarak yoğun mineral madde içerdiği belirtilmiştir. Ayrıca baldaki kül, balın rengi ve içeriğindeki aminoasit/şeker oranı ile de yakından ilgilidir. Balın renginin koyuluğu ile kül miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca koyu renkli ballarda aminoasitler ve şekerler arasında yoğun bir etkileşim olduğu öne sürülmektedir (Eniştegil 1977).

HMF (hidroksimetilfurfural), ısı işlem sonucu şekerler ve aminoasitler arasındaki tepkime ile oluşan ve birçok mamulde aşırı ısı uygulamasını önlemek için miktarı sınırlanan bir bileşiktir. HMF işlem sırasında ısıtılmakla olduğu gibi uzun süre bekletilen ballarda da zamanla oluşabilmektedir. HMF taze ballarda çok az miktarda bulunur ve oluşumu pH, sıcaklık, ısıtma süresi ve şeker konsantrasyonuna

bağlı olduğundan balın kalitesini belirlemede kullanılan en önemli kriterlerdendir (Yıldız ve diğ. 2010).

1.2 Balda Fermentasyon

Bal içinde nektar ve polenden kaynaklanan mantar ve mayaların bulunması doğaldır. Balın su aktivitesi 0.593- 0.637 arasında olup bu değer neredeyse bütün mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmektedir. Ancak balın nem içeriği % 20'yi geçtiğinde balda 2×10^3 - 3×10^4 kob/g düzeyinde bulunan ozmofil mayalar ve mantarlar gelişebilmektedir. Ozmofil mayalar, fruktoz ve glukozdan karbondioksit, etanol ve uçucu ya da uçucu olmayan asitler meydana getirip, oksijen ile birlikte asetik asit oluşturabilmektedir. Balda yüksek düzeyde maya, gliserol, bütandiol ve etanol bulunması ile birlikte ekşi bir tat ile kendini gösteren bu olaya fermentasyon denir. Dünyada ozmofilik mayaları inhibe etmek için 63 °C'de 7.5 dakika ve 69 °C'de 1 dakika gibi pastörizasyon uygulamaları yapılmaktadır (Karadal ve Yıldırım 2012).

Balın fermantasyonu; mayalanması veya bozulması anlamına gelmektedir. Su oranı yüksek olan ballarda şekere dayanıklı mayalar, şekeri parçalayarak alkol ve karbondioksit oluşturur ve bal köpürür. Fermantasyonu önlemenin en önemli yolu balın olgunlaştıktan sonra hasad edilmesidir. Çünkü, sırlanmış ve olgunlaşmış balların su oranı daha az ve şeker oranı yüksek olduğu için fermantasyonu daha zordur (Doğaroğlu 1999).

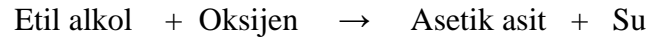
1.3 Sirke

TSE 1880 EN 13188 sirke standardına göre ise sirke; "Tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki aşamalı alkol ve asetik asit fermantasyonuyla, biyolojik yolla üretilen kendine özgü ürün" olarak tanımlanmaktadır. Bu standartta (Anonim 2003), sirke çeşitleri, üretiminde kullanılan hammaddelere göre; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, alkol sirkesi, tahıl sirkesi, malt sirkesi, aromalı sirke ve diğer sirkeler olarak verilmiştir (Anonim 2003).

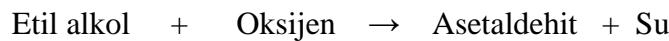
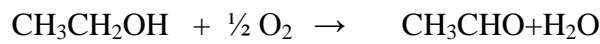
Sirke, berrak, sulu, renksiz veya hammaddenin rengine sahip bir sıvıdır. Türkiye’de piyasaya 100 gram’ da en az 4 g asetik asit içerecek bileşim ile verilme zorunluluğu vardır. Başta Almanya olmak üzere diğer birçok ülkede bu oran en az 5 g olup 7 veya 10 g sirke asidi içerecek farklı bileşimlerde de olabiliyor. Sirkenin bileşiminde bulunan diğer maddeler fermantasyonda kullanılan hammaddeye bağlı olarak farklılık gösterir. Sirkede asetik asit konsantrasyonuna göre yoğunluk, kaynama noktası, donma noktası, yüzey gerilim ve viskozite değişim gösterir.- Sirkenin pH değeri, içerdiği asit oranına bağlı olarak 2.0-3.5 arasında değişir (Aktan ve Yıldırım 2011).

Sirkenin; %80 gibi büyük bir kısmını su oluşturmaktadır, geriye kalan %20’lik kısım ise organik asitler, alkoller, polifenoller, aminoasitler vb.’den oluşmaktadır (Casale ve diğ. 2006).

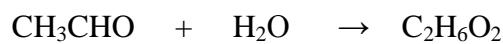
Asetik asit fermantasyonu bir oksidatif fermantasyondur. Bu olay seyreltilmiş haldeki etil alkolün Acetobacter ve hava (oksijen) ile asetik aside (sirke asidi) ve suya okside olmasıdır (Aktan ve Yıldırım 2011).



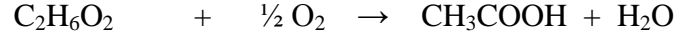
Asetik asit fermantasyonunun kimyasal mekanizmasının birinci aşamasında, etil alkolden dehidraz enzimi ile bir molekül su ve bir molekül asetaldehit meydana gelmektedir. Alkolün asetaldehide dönüşmesinde oksijen, hidrojen yakalayıcı görevi görmektedir.



İkinci aşamada, asetaldehit ve sudan asetaldehit hitratı meydana gelir.



Üçüncü aşamada, aetaldehit hitratı oksijene iki hidrojen vererek asetik asit meydana gelir.



Formüllerde de görüldüğü üzere reaksiyonda iki kez dehidrogenasyon olmakta ve aetaldehit hidratından ayrılan hidrojen havanın oksijeni tarafından bağlanmaktadır.

King Cheldering 1954 yılında *Acetobacter suboksydan*' dan NAD'ye bağlı olan ve aetaldehide etkietmeyen bir alkoldehidrogenaz ve ko-enzim olarak NADP gerektiren aetaldehidrogenaz enzimlerini saflaştırmaya başarmışlardır. Bu bulgular alkolün oksidasyonunda en az iki ayrı enzimin görev aldığını ve ara ürün olarak aetaldehit oluştuğunu göstermektedir.

Nakayama tarafından 1959-1961'de yürütülen çalışmalarda, durdurucu (önleyici) protein içeren ve 553 nm'de absorpsiyon maksimumu gösteren, sitokrom taşıyan, alkol oksidasyonu gerçekleştiren bir enzimi izole etmiştir. Bu enzim alkol varlığında değişik oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları ile renk maddelerini indirgediği halde NADP ve NAD'yi indirgemez. Etil alkol, sitokrom -553- redüktaz (E1) ile aetaldehide okside edilir. Bu sırada elektronlar E1'in durdurucu demirine geçer. Oluşan aetaldehit ya ko-enzime bağlı olmayan aldehitdehidrogenaz (E2) veya NADP'ye bağlı aldehitdehidrogenaz (E3) ile okside edilir. E2 ile oksidasyon durumunda da elektronlar aynı şekilde E1'in durdurucu demirine geçer. İndirgenen sitokrom- 553 hücrede var olan sitokrom-oksidad tarafından oksitlenir. E3 ile aetaldehit oksidasyonunda serbest kalan elektronlar NADP' yi, NADPH₂' ye indirgerler. NADPH₂ tarafından asetik asitin üç karbon asidi zinciri üzerinden daha ileriye oksidasyonu önlenir (Aktan ve Yıldırım 2011).

Fermantasyonun normal süreyi aşarak uzaması halinde alkol tamamen biterek alkol oranı % 0 olur. Bu olay toplam ham madde konsantrasyonu düşük olan fermantasyonlarda daha hızlı, yüksek toplam konsantrasyonlarda ise daha yavaş gerçekleşir. Aşırı oksidasyon ilk etapta bu aşamada başlar. Diğer yandan aşırı oksidasyon bakteri gelişimi ile ilişkilidir. Yüksek konsantrasyonlarda düşük

konsantrasyonlara oranlandığında daha yavaş gelişir. Aşırı oksidasyon eğer bir kez gerçekleşmiş ise, alkol oksidasyonu ile birlikte de yürümeye devam eder. Bu durum kötü bir verime, yani verim düşüklüğüne neden olur (Aktan ve Yıldırım 2011).

1.3.1 Asetik Asit Bakterileri ve Üretilmesi

Şarap, bira gibi alkol ve gereksinim duyulan diğer gıda maddelerini içeren sıvılar, bir kapta üstü açık olarak bol hava alacak şekilde bırakılınca sıcaklıkta uygun ise sıvının üzerinde jelatinimsi bir zar meydana gelir. Sirke bakterilerinden oluşan bu zara “sirke anası” denir. Sirke bakterileri doğada şeker içeren organik maddelerin özellikle olgun meyvelerin üzerinde, aynı zamanda havada bulunur.

Asetik asit fermantasyonu ekzotermik bir olay olduğundan açığa çıkan 118 kal. enerji ile kendileri için gerekli olan enerjiyi sağlamış olurlar. Diğer taraftan sirke bakterilerinin faaliyeti ile meydana gelmiş olan asetik asit içinde kendileri yaşadıkları halde diğer birçok mikroorganizmalar yaşayamazlar (Aktan ve Yıldırım 2011).

Sirke bakterilerinin çalışması ve dolayısıyla asetik asit fermantasyonu üzerine pH, sıcaklık, etanol ve asit konsantrasyonu, kükürt dioksit, oksijen ve diğer besin elementleri veya inhibitörler gibi faktörler etki eder (Gomez ve Cantero, 1998).

Asetik asit bakterilerinin pratikte kullanıldıkları yerlere göre adlandırılması:

- a. Malt şırası ve mayşe sirke bakterileri
- b. Bira sirkesi bakterileri
- c. Şarap sirkesi bakterileri
- d. Çabuk usul sirke bakterileri

Asetik asit ya da sirke bakterileri kısa çubuk bakteriler olup, enleri 0,2-1,2 mikron, uzunlukları ise 1,0-2,7 mikron arasındadır. Buna göre bazıları kök görünüşte olur. Asetik asit bakterilerinin optimum sıcaklık istekleri çoğunlukla 25-35°C olmakla beraber, bazılarında 18-24 °C olup, max. 40 °C ve min. 5-10 °C'dir. 65 °C de ise 5-10 dakikada ölürler.

Asetik asit bakterilerinin çoğu hareketsiz olup tek, ikili, ya da uzun diziler halinde görülür. Bu gibi uzun diziler yapanlarda diziler çok defa birbirine paralel olurlar ve parmak izini andırırlar. *Acetobacter schutzenbachi* ve *A. curuum* türlerinde de eğilmiş orak şeklinde hücreler bulunur. Bazı türlerinde cillia'lar (kamçılar) bulunur ve bunlar hücreye hareket yeteneği verirler (Aktan ve Yıldırım 2011).

Asetik asit bakterisinin üretimi için en uygun besi ortamı şarap veya meyve şaraplarıdır. Elde iyi bir asetik asit bakterisi olmadığı zaman, iyi süzülmemiş, pastörize edilmemiş, aromalı keskin bir sirke kullanılır. Basit olarak starteri üretmek için derinliği az, fakat mümkün olduğu kadar geniş ağızlı çelik, emaye, cam, veya toprak kaplar kullanılır. İçine alkollü % 8 dolayında olan şarap veya mayşe şarabı konur. Yaklaşık 60-65 °C' ye kadar ısıtılır, sonra 30-35 °C ye kadar soğutularak üzerine asidi yüksek hoş aromalı sirkeden kaptaki şarabın 1/3 oranına kadar katılır. Böylece şarap bakteri ile aşılınmış olur. Bu kap 25-30 °C lik bir odada, içine yabancı maddelerin girmesi önlemek üzere tülbent veya uygun bir örtü ile kapatılır. Fakat şarabın hava ile temas etmesi için gerekli önlem alınır. Bir süre sonra kabın üzerinde önce odacıklar halinde, sonra da tüm yüzeyi kaplayan bir zar meydana gelir. Bu zar asetik asit bakterisinin karakteri hakkında bize bilgi verir. İyi bir sirke bakterisinin zarı yukarıda belirttiğimiz gibi ince ipek gibi olur (Aktan ve Yıldırım 2011).

Sirkeleşme kaplarında sirkeleştirilecek sıvının hava ile geniş ölçüde temasta olmasına çalışılır. Asetik asit bakterilerinin hava ile temas yüzeyi ne kadar geniş olursa o kadar fazla ve hızlı çoğalırlar, dolayısıyla, sirkeleşme olayı da süratli gerçekleşir. Asetik asit bakterilerinin dayanabildiği alkol konsantrasyonları farklı oluyor. Bunlar genellikle en fazla % 13-14 alkollü mayşelerde faaliyet gösterebilirler. Son yıllarda Frings firması tarafından geliştirilmiş olan bakteriler ise % 20 etil alkolde bile aktivite göstererek % 20 oranına kadar asetik asit üretebilmektedirler. Ancak Submers yönteminin dışında kalan diğer yöntemlerde aktivite gösteren bütün asetik asit bakterileri bu kadar yüksek orandaki alkolde çalışamazlar. Bu bakımdan mayşedeki alkol konsantrasyonu genellikle en çok % 10 seviyelerinde olacak şekilde su ile seyreltilir. Alkol derecesi % 8-9 olan mayşeler çok uygun görülmektedir.

Diğer taraftan fermantasyon sonunda üst oksidasyona meydan vermemek ve

aroma maddeleri içinde önemli ölçüde yer alan esterlerin değişime uğramasını önlemek amacı ile ortamındaki alkol bitmeden, alkol konsantrasyonu % 0,4-1,0 kadar fermantasyon durdurulur (Aktan ve Yıldırım 2011).

Sirke bakterilerini izole etmek için en çok petri kutusu yönetiminden (Drigoliski metodu) yararlanır. Asetik asit bakterilerinin geliştirilmesinde sıvı besi ortam olarak şarap bira, meyve şarabı (düşük alkollü) ve % 2 alkollü bira şırası katı besi yeri olarak da jelatinli şıra veya agar agarlı ve % 2 alkollü malt şırası kullanılır.

Aşılama materyali şu şekilde hazırlanır.

Yatık agar üzerinde geliştirilmiş saklama kültüründen aşı gözü ile alınan bir miktar bakteri steril ve yaklaşık % 5 hacim alkol ilave edilmiş 10 ml sıvı besi yerine (malt şırası, maya suyu vb. aşılanarak 30 °C de gelişmeye bırakılır. Gelişme bulanma ve zar oluşumu ile izlenir. Yeterli gelişmeye ulaşıldıktan sonra aynı şekilde 100, 500, 1000, 5000 ml' lik geniş yüzeyli cam kaplarda steril olarak hazırlanmış alkollü besi yerine sırasıyla ve yeterli gelişmeye ulaşıldıkça arttırılarak miktar çoğaltılır. Bu miktarda teknik üretim için yeterli olmayacağından, üretimde kullanılacak alkollü mayşe ile steril ortamlar hazırlanarak asıl aşılmayı karşılayacak miktara ulaşınca kadar çoğaltma sürdürülür. Çoğaltma sırasında sıcaklık sürekli 30 °C de tutulur ve gerekli havalandırma sağlanır. Son aşamada çoğaltmış kültür asil fermantasyon için aşılama kullanılır. Aşılama yavaş yöntemde olanaklar ölçüsünde yüzeydeki zarı bozmayacak şekilde geniş yüzeyli bir kaptaki bulunan fermente edilecek alkollü mayşeye yavaşça daldırılarak, çabuk yöntemde jeneratörden geçirerek veya jeneratöre doldurularak, daldırma yöntemde ise asetatörde aşılama sonrası mayşenin alkollü yaklaşık % 5 ve asidi % 7-8 olacak şekilde yapılır.

Sirke imalatında kullanılmak üzere, yarı ve tam otomatik fermentörler vasıtasıyla sürekli olarak pilot çapta asetik asit bakterileri üretilmektedir (Aktan ve Yıldırım 2011).

1.3 Sirke Üretim Teknikleri

Sirke üretimi için anahtar mikroorganizma *Acetobacter* spp. dir. *Acetobacter*

aceti, *Acetobacter pastorianus* ve *Acetobacter hansenii* suşları yaygın olarak bilinen asetik asit bakterileridir. Kullanılan bakterinin özelliklerine bağlı olarak sirke üretimi için gerekli olan oksijen ihtiyacı, optimum sıcaklık aralığı ve reaksiyon süresi değişir (Özkaya ve diğ. 1991).

Sirkeler yavaş yöntem, hızlı yöntem ve derin kültür (submers) yöntemi olmak üzere başlıca üç yöntemle üretilmektedir. Sirke üretim yöntemleri arasından, derin kültür yöntemi daha hızlı ve ekonomik olmasına karşın, yavaş yöntem kalite açısından daha iyi sonuç vermektedir. Hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi, ekonomik açıdan ve üretim süresi açısından, yavaş yöntemle göre daha avantajlı olduklarından ticari olarak sirke üretiminde en çok bu yöntemler kullanılmaktadır (Morales ve diğ. 2001).

Garcia-Parrilla ve diğ. (1999), sirke üretiminde kullanılan yöntem ve hammaddenin sirkelerdeki fenolik madde içeriğinde doğrudan etkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar sirkeleri coğrafi kökenlerine ve üretim yöntemlerine göre ayırt etmede fenolik maddelerin kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır.

2 LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Rong-shan ve Dan (2009), bal sirkesinin fermantasyon teknikleri üzerine yapmış oldukları çalışmada; hammadde olarak balı kullanılarak sirke üretilmiş ve tek-faktör ve ortogonal testleri kullanılarak optimum teknoloji koşulları belirlenmiştir. Deney sonuçlarında; alkol içeriğinin % 8, pH 5.5, sıcaklığın 32 °C, ürünün toplam asitliğinin 5.22 g/L'a ulaştığı görülmüştür. Ürün aynı zamanda bal aroması ile iyi bir lezzete sahip ve besleyici özellikte bir sirke çeşidi olmuştur.

Zhang ve diğ. (2011), bal sirkesinin aromabileşenleri üzerine yaptıkları çalışmada; katı faz mikro-ekstraksiyon (SPME) ile aroma bileşenleri ekstrakte edildikten sonra GC-MS ile analiz edilmiştir. Asit, ester, alkol, aldehit, keton, fenol ve az miktarda diğer bileşenleri içeren 50 farklı bileşen tanımlanmış olup her bir bileşenin yüzdeleri pik alanı normalizasyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Asit miktarı % 27.4, esterler % 30.38, alkoller % 18.79, aldehitler % 15.22, ketonlar % 3.09, fenoller % 2.51 ve hidrokarbonlar % 1.07 olarak bulunmuştur. Bu bileşenlerin bal sirkesinin lezzetinin oluşmasında önemli bir katkısı bulunmaktadır.

Ilha ve diğ. (2000), (*Apis mellifera*) balından laboratuvar koşullarında sirke üretmişlerdir. Şıra , % 21 toplam katı olacak şekilde distile su içinde seyreltilerek ve amonyum sülfat ve amonyum fosfat eklenerek hazırlanmıştır. *Saccharomyces cerevisia*, şıraya aşılanmıştır (4 g/L). Oda sıcaklığında ve 84 saat boyunca etanol üretimi gerçekleşmiştir. Alkol fermentasyonu verimi % 81,34 olmuştur. Deney, % 9 asetik asit (w/v) ve yaklaşık % 1 alkol (v/v) içeren sirke ile sonuçlanmıştır. Asetik fermantasyon verimi % 91.24-97.21 arasındadır. 1 kg baldan % 9 asetik asit (w/v) içeren yaklaşık 5 L bal sirkesi elde edilmiştir. % 95.37 dış görünüş, % 94.81 renk, % 79.07 koku ve % 75.56 lezzet oranında tüketici isteklerine uymakta olduğu görülmüştür.

S̃vecova' ve diğ. (2015) Çekoslavakya' daki bal şarapları üzerinde yapmış oldukları çalışmada, glukoz ve früktoz miktarları sırasıyla 68–237 g/L ve 62–243 g/L; hidrosimetilfurfural (HMF) içeriği 27-209 mg/L; organik asitler sırasıyla glukonik asit ortalama içeriği 14.27–49.51 g/L. formik asit 4.7 mg/kg–1.9 g/kg,

malik asit 35.5–878 mg/kg, sitrik asit 44–465 mg/kg ve suksinik asit 23.4–232 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Anlı ve diğ. (1997), pamuk, ayçiçek, çam balından üretilen bal şarabı üzerinde yaptıkları bir çalışmada, alkol oranları sırasıyla 8.5-9.7, 7.9-8.6, 8.1-10.2; indirgen şeker içeriği 35-39, 41-43, 29-33 g/L; kuru madde 26.3-27.6, 26.7-28.4, 27.5-28.2 g/L; genel asit 6.7-7.1g/L, 6.8-6.9 g/L, 6.6-6.7 g/L;pH 3.05-3.07, 3.18-3.32, 3.12-3.21; kül miktarını 2.35-2.52, 2.67-2.73, 3.14-3.21 g/L olarak tespit etmişlerdir.

Kadar ve diğ.(2010), limon (*Citrus limon*) ve portakal (*Citrus spp.*) ballarının ortalama renk değerlerinin L^* 47.23-49.01; a^* 7.15-5.35; b^* 27.78-27.25 olduğunu; balların gruplandırılmasında b^* değerinin ayırt ediciliği görülmezken; limon balının portakal balından daha kırmızı (daha yüksek a^* değeri) ve daha mat (daha düşük L^* değeri) olduğu sonucuna varılmıştır. Rodriguez ve diğ. (2010), İspanya’da üretilen turunçgil balları üzerinde yaptıkları renk analizinde L^* değerini 89.72–95.18; a^* değerini (-)1.28–1.05; b^* değerini 16.99–21.79 arasında tespit etmişlerdir.

Bal örneklerinin L değeri >50 ise balın açık renkte, L değeri ≤50 ise koyu renkte olduğunu göstermektedir (Saxena ve diğ. 2010). a^* pozitif ise kırmızı, negatif ise yeşil, b^* pozitif ise sarı, negatif ise mavi renk bileşenini ifade etmektedir (Ajlouni ve diğ. 2010).

Zappala ve diğ. (2005), narenciye ballarında elektriksel iletkenlik 0.22-0.35 mS/cm, pH 3.43-3.49, serbest asitlik 26.0-29.8 meq/kg, nem % 16.6 -19.5, kül % 0.046-0.12, HMF 8.1-45.2 mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Serrano ve diğ. (2006), Güney İspanya’da ticari olarak satılan ve ısıtılmayan 49 adet farklı bal örneğinde HMF miktarı 0.19-41.16 mg/kg aralığında bulmuşlardır ve HMF yüksekliğinin Güney İspanya’nın iklim koşullarından kaynaklandığı belirtilmişlerdir. Downey ve diğ. (2005), İrlanda ballarında HMF miktarının 0.4-37.3 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 7.0 mg/kg olduğu bulmuşlardır. Azeredo ve diğ. (2003), Brezilya piyasasında satışa sunulan farklı orjinli ballarda ortalama HMF miktarı 35.7 mg/kg; İpek (2012), Türkiye’deki

bal örneklerinde yaptığı HMF analizinde bal örneklerine ait HMF miktarlarını 1.47-17.67 mg/kg aralığında bulmuştur.

Shimoji ve diğ. (2002), Kurosu çeşidi pirinç sirkelerinde bulunan dihidroferulik asit ve dihidrosinapik asidin, ferulik ve sinapik aside göre daha yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu; Terehara ve diğ. (2003), mor renkli tatlı patatesten üretilen kırmızı sirkenin diğer beyaz ve siyah sirkelere göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu saptamışlardır. Yüksek antioksidatif aktiviteye sahip en önemli bileşiğin bir antosiyan olan caffeoylsoporse olduğunu ve tatlı patates antosiyaninlerinin, antimutajenik, hepatoprotektif ve antidiyabet etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Saeki ve diğ. (1997), ısıya dayanıklı (termotolerant) farklı asetik asitbakterileri tarafından gerçekleştirilen sirke fermantasyonu üzerine sıcaklığın 90 saatlik süre sonunda asetik asit üretimi bakımından en uygun sıcaklığın 38 °C olduğunu ve daha sonra bunu sırasıyla 39 °C ve 40 °C'nin izlediğini bildirmişlerdir.

Kirk ve Sawyer (1991), sirkenin kimyasal özellikleri öncelikle doğal ve yapay sirkenin birbirinden ayrımı bakımından önemlidir. Yapay sirkeler asetik asit fermantasyonu sırasında oluşan bazı fermantasyon yan ürünlerini (kül, tiamin, riboflavin, pantotenik asit, nikotinik asit vb.) içermediğinden, doğal sirke ile yapay sirke kolayca ayırt edilebileceğini belirtmişlerdir.

Şahin ve Kılıç (1981), tarafından yapılan çalışmada farklı yöntemlerle üretilmiş 45 adet doğal sirke örneği gerçek durumlarıyla ve teknik asetik asit, kuru madde arttırıcı ve renk verici maddelerle değişik oranlarda tağşiş edildikten sonra analiz edilmiş ve hileli sirkelerin saptanmasında kullanılabilecek kontrol önlemleri ortaya konmuştur. Sonuç olarak kullanılan klasik yöntemlerle sirkelere yapılan hilelerin saptanmasının olanaksız olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacılar tarafından uçucu asit/kuru madde, uçucu asit/şekersiz kuru madde, uçucu asit/uçmayan asit ve uçucu asit/kül olmak üzere 4 oranın, işletmelerde üretilen her parti sirke için önceden belirlenmek koşuluyla hile kontrolünde etkili bir şekilde kullanılabileceği ileri sürülmüştür. Gerçek sirke ile tağşişli ya da tamamen yapay sirkenin ayrımı için en yoğun kullanılan yöntem olan asetil-metil testinin yalnızca asetik asit katılarak ½ oranında tağşiş edilmiş sirkelerde bile en geç iki saat içinde olumlu sonuç verdiğini

ve bu nedenle bu testin tek başına sirkenin doğallığının tespitinde yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Gürarda ve Aktan (1991), doğal sirkelerle sentetik asit katkılı sirkelerin birbirinden ayırt edilmesinde kullanılan asetil-metil karbinol (AMK) testinin tek başına hiçbir şekilde kullanılamayacağını belirtmişlerdir. Araştırmacılar % 80 oranında asetik asit katkılı sirkelerde bile asetil-metil karbinol testinin pozitif sonuç verdiğini saptamışlardır. Araştırma sonucunda, ancak % 100 sentetik sirkenin bu yöntemle belirlenmesinin mümkün olduğu ve bu durumda asetil-metil karbinol testine ilaveten uçmayan asit miktarı, toplam kuru madde, kül miktarı, oksidasyon sayısı, iyot sayısı, ester sayısı, uçar asit gibi analizlerinde yapılması gerektiği bildirilmiştir.

Gerbi ve diğ. (1998), İtalyan, Fransız, İspanyol ve İsveç marketlerinden toplanan 65 sirke örneğinde (49 şarap, 12 elma ve 4 alkol), elma ve şarap sirkelerinin kuru madde miktarı bakımından en zengin sirkenin elma sirkesi olduğunu, bunu sırayla şarap sirkesi ve alkol sirkesinin izlediğini; asitlerden, şarap sirkesinin tartarik asit bakımından, elma sirkesinin malik asit ve laktik asit bakımından ve alkol sirkesinin ise sitrik asit bakımından zengin olduğunu; fenol bileşikleri bakımından ise en zengin sirkenin elma sirkesi olduğunu; mineral maddeler bakımından şarap sirkesinin potasyumca oldukça zengin bulunduğunu, yüksek alkol miktarının elma ve şarap sirkelerinde alkol sirkesine göre daha fazla olduğunu ve elma sirkesinin diğerlerine göre oldukça fazla miktarda sorbitol içerdiğini saptamışlardır.

Kılıç (1976), tarafından yapılan çalışmada normal ve normale yakın olarak bildirilen memleketimiz sirkelerinde şeker miktarları 0.87-4.46 g/L, uçmayan asit miktarları % 0.02-0.46 arasında belirlenmiştir.

Xu ve diğ. (2006), sirke üretimi sırasında meydana gelen maillard reaksiyonları ile oluşan koyu renkli polimerlerden olan melanoidinlerin sirkenin duyuşal özelliği ve karakteristiği üzerine birinci derece de etkili olduğunu ve yine bu bileşiklerin sağlığı koruyan antioksidan aktivitesi gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca depolama ve yıllandırma gibi faktörlerin sirkenin melanoidin ve antioksidan aktivitesini etkileyebildiğini belirlemiştir.

Şahin ve diğ. (1977), kuru üzümde yavaş yöntemle ürettikleri sirkelerin kuru madde miktarlarının 9.9-11.9 g/L, yoğunluklarının 1.0100-1.019 g/cm³, oksidasyon sayısının 294.8-524.0, iyot sayısının 292.0-382.0 aralığında değiştiği; öğütülmüş kuru üzümde elde edilen sirkelerde kül miktarı 1.820-2.158 g/L, öğütülmemiş elde edilen sirkelerde kül miktarı 1.575-2.158 g/L bulunmuştur. Sonuç olarak glikoz şurubu, (NH₄)₂HPO₄, MgSO₄, K₂HPO₄, malt çimi, malt suyu gibi farklı katkı maddelerinin uygun zaman ve miktarlarda kullanımının sirkede asetik asit fermantasyonunu kısaltıcı yönde etkiler yarattığı belirlenmiştir. Alkol fermantasyonu sırasında öğütülmüş kuru üzüm mayşesi, öğütülmemiş mayşeye oranla fermantasyonu daha erken tamamlamıştır. Fakat asetik asit fermantasyonu sırasında katkı maddelerinin ilavesi sonunda öğütülmüş kuru üzüm şaraplarının aşırı tortulanması, katkı maddelerinin etkisini azalmasına neden olmuş ve bununla beraber sirkeleşmenin daha uzun sürmesi sonucunu doğurmuştur. Araştırma sonunda yapılan verim hesapları öğütmenin sirke verimi üzerine herhangi bir etkisi olmadığını kanıtlamıştır.

Şahin ve Kılıç (1981), tarafından yapılan çalışmada sirkelerdeki kuru madde miktarının 5.44-17.62 g/100 mL aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Ünal (2007), yaptığı çalışmada farklı yöntemlerle üretimlerini yaptığı şarap sirkelerindeki toplam asitliği 4.14-6.59 g/100 mL, indirgen şeker miktarını 0.8-3.2 g/L, kuru madde miktarını 10.85-12.60 g/L, yoğunlukları 1.0110-1.0135 g/cm³ ve sirkelerdeki toplam fenol bileşikleri miktarını gallik asit cinsinden 423.9-499.9 mg/L arasında tespit etmiştir.

Cocchi ve diğ. (2006), balzamik sirkede, yıllandırmanın farklı dönemlerinde alınan örneklerdeki şeker ve organik asit miktarlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yıllandırmanın farklı dönemlerinde, madde miktarlarının farklı olduğunu (malik asit 6.6-15.5 g/kg, tartarik asit 4.0-9.7 g/kg, sitrik asit 0.6-1.5 g/kg ve süksinik asit 0.36-0.62 g/kg ve glikoz 153-294 g/kg, fruktoz 131-279 g/kg, ksiloz 0.11-0.39 g/kg, riboz 0.078- 0.429 g/kg, ramnoz 0.061-0.195 g/kg, galaktoz 0.136-0.388 g/kg, mannoz 0.41-1.46 g/kg, arabinoz 0.33-1.00 g/kg ve sükroz 0.46-6.84 g/kg) saptamışlardır.

Budak (2010) yaptığı çalışmada, üzüm sirkesi üretim aşamaları örneklerinde titrasyon asitliği % 0.53-12.29, pH 2.87-3.91, yoğunluk 0,9955-1.0981 g/cm³, çözümlü kuru madde 6.50-22.5 g/L, toplam kuru madde % 1.66-22.58, kül 1.9-4.8 g/L; üzüm suyunda 260.90 g/L toplam şeker ve üzüm şarabında % 14.05 etil alkol; elma sirkesi üretim aşamaları örneklerinde titrasyon asitliği % 0.19-7.37, pH 2.87-4.30, yoğunluk 0.9987-1.0517 g/cm³, çözümlü kuru madde % 3.83-11.67, toplam kuru madde % 1.37-10.26, kül 1.7-4.7 g/L aralığında tespit edilmiştir. Antioksidan kapasite tayinleri, Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) ve oksijen radikal absorbans kapasitesi (ORAC) yöntemine göre sırasıyla en yüksek antioksidan aktivite 12.07 mM ve 69.10 µmol TE/mL değerleri ile üzüm şarabında belirlenmiştir. Üzüm sirkesinde 2690.66–2461.66 mg/L, elma sirkesinde 867,93-365,49 mg/L toplam fenolik madde miktarı tespit edilmiştir. Elma sirkesinde asetik asit ve malik asit, üzüm sirkesinde asetik asit ve tartarik asitbaskın organik asittir.

Plessi ve diğ. (2006), balzamik sirkedeki fenolik bileşikleri belirlemek için bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlar ve sıvı-sıvı ekstraksiyonu için diatom toprağı kartuşu ve poliamidik SPE kartuşu test etmişler ve geliştirdikleri yöntem ile balzamik sirkede bulunan 9 fenolik asidi (4-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, protokateşuik asit, siringik asit, izoferulik asit, *p*-koumarik asit, gallik asit, ferulik asit ve kafeik asit) tanımlamışlar ve bu asitlerin sirkede doğal antioksidan olarak katkı yaptığını saptamışlardır.

Zhang ve diğ. (2006), Çin sirkelerinin karakterizasyonu için elektronik bir burun geliştirmeyi amaçlamışlar ve karakterizasyon için çeşit, hammadde, toplam asitlik, fermantasyon yöntemi ve üretim bölgesi gibi kriterleri ele almışlardır. Çalışma sonucunda fermantasyon yönteminin karakterizasyonda daha etkili olduğunu belirlemişlerdir. Öte yandan, karakterizasyonda test edilen sirke ölçümlerinin doğruluğu tahmini olarak; çeşide göre % 72.1, hammaddeye göre % 76.5, toplam asitliğe göre % 77.9, fermantasyon yöntemine göre % 94.1 ve üretim bölgesine göre % 82.4 bulunmuştur.

Ubeda ve diğ. (2013), çilek meyvesinin üretim fazlası ve artıklarını kullanarak bu meyveden çift fermantasyon (alkol ve asetik) ile sirke yapmışlardır. Bu çalışma ile sirke üretimi boyunca antioksidan aktivite, toplam fenol ve monomerik antosiyanin gelişimini görmeyi amaçlamışlardır. Sülfürdioksit ve pektolitik enzimler

substrata eklendiğinde parametreler artmıştır. Bütün ölçülen parametreler double fermentasyon boyunca azalmıştır. Genel olarak asetifikasyon aşaması, yüksek bir antioksidan kaybına neden olmuştur.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Bal Numuneleri

Bu araştırmada materyal olarak Muğla, Aydın, Kayseri, Adana ve İzmir illerinde 2015 yılında üretilmiş olan am, iek, kargan, narenciye, kestane, püren, kekik, hayıt, bozağan ve lavanta balları kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan bal örneklerinin tümü Türkiye Arı Yetiştiricileri Birliği'ne bağlı arıcılardan temin edilmiştir. Bal örnekleri, cam kavanozlarda temin edilmiş ve analiz anına kadar ağzı kapalı olarak karanlıkta oda koşullarında depolanmıştır. Tüm bal örnekleri kodlanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3. 1: Bal örneklerinin alındığı iller, orijinleri ve kodları.

Kod No	Orijin	Lokasyon	
		İl	İe
1	Kargan	Aydın	Merkez
2	Narenciye	Aydın	Sultanhisar
3	Kestane	İzmir	Ödemiş
4	Hayıt	Aydın	Koçarlı
5	Kekik	Muğla	Marmaris
6	Bozağan	Muğla	Marmaris
7	Lavanta	Muğla	Marmaris
8	Funda (püren)	Muğla	Marmaris
9	Funda (püren)	Muğla	Marmaris
10	am	Adana	Kozan
11	am	Aydın	Karacasu
12	am	Muğla	Marmaris
13	am	İzmir	Tire
14	iek	Adana	Kozan
15	iek	Kayseri	Merkez
16	iek	Muğla	Marmaris
17	iek	İzmir	Tire

3.2 Sirke Numuneleri

Adana Kozan yöresinden temin edilen çam ve çiçek ballarından Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında 2, 3, 4, 5 nolu bal sirkeleri üretilmiştir. Analizlerde, laboratuvarda üretilen bal sirkeleri ile Muğla, İstanbul ve İtalya'dan (Modena) getirilen organik bal sirkeleri kullanılmıştır.

Tablo 3. 2: Bal sirkesi örneklerinin alındığı yerler, orijinleri ve kodları.

Kod No	Lokasyon	Orijin
1	İtalya Modena	İtalya Organik Bal Sirkesi
2	Adana Kozan	Çam Balı Sirkesi
3	Adana Kozan	Elma -Çam Balı Sirkesi
4	Adana Kozan	Çiçek Balı Sirkesi
5	Adana Kozan	Elma - Çiçek Balı Sirkesi
6	İstanbul Fatih	İstanbul Bal Sirkesi
7	Muğla Milas	Muğla Bal Sirkesi

3.3 Bal Sirkesi Üretimi

Bal örneklerinden 10 ve 14 kod numaralı Adana Kozan çam ve çiçek balları, Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında, su ile karıştırılarak brixi % 14 e ayarlanmıştır. Briks ayarlaması yapılırken, 2 ve 4 nolu bal sirkesi örneğine elma suyu eklenmezken, 3 ve 5 nolu bal sirkesine çözeltinin % 10' u oranında elma suyu eklenerek briksi % 14'e ayarlanmıştır. Fabian (1935), yaptığı çalışmada bal sirkesinin fermantasyonunun iyileştirilmesi açısından 3 çeşit formulasyon belirtmiştir. Birinci formulasyonda; mineral madde sağlama için potasyum tartarat ve amonyum fosfat; ikinci formulasyonda amonyum klorid, potasyum bikarbonat, sodyum fosfat; üçüncü formulasyonda kimyasal yerine bal çözeltisinin 1:4 oranında elma ilave edilebileceğini belirtmiştir. Fermantasyonu hızlandırması, fermantasyon aşamasında gerekli mineralleri sağlama ve saf halde üretilen bal sirkesi ile aralarında farkın olup olmayacağını gözlenmesi açısından 3 ve 5 nolu bal sirkesi örneklerine elma suyu ilave edilmiştir. 65°C de 10 dk tutulmuştur.

Bal çözeltileri 28-30 °C'e geldiğinde, mayanın (*Saccharomyces cerevisiae*) % 2'lik süspansiyonundan % 5 oranında aşılama yapılmıştır ve aşılama işleminden sonra fermantasyon kabının özel başlığı kapatılıp; şekerli şıra 28-30 °C de tüm şeker bitinceye kadar fermente edilmiştir. Fermantasyon boyunca her gün gaz çıkışı ve ağırlık azalışı ile fermantasyon takip edilmiştir. Fermantasyon kabından gaz çıkışı sona erip, ağırlık azalışı durunca fermantasyon bitirilmiştir. Alkol üretimi 10-11 gün sürmüştür fakat elma içeren şıralarda alkol üretim aşaması daha hızlı olduğu görülmüştür. Fermantasyon biten sıvıda şeker analizi sakkarimetre ile; alkol analizi ise alkolometre ile yapılmıştır. Balın şekeri tamamen alkole dönüşmesi beklendiği için şekeri olmayan, alkol değeri % 7 oranında mayşeler elde edilmiştir.

Alkol oranı % 7' e standardize edilen mayşelere iyi kalitede süzülmemiş sirke kullanılarak aşılama yapılmıştır ve 28 °C' de üst yüzey yöntemi ile asetik asit fermantasyonuna bırakılmıştır. Sirke sinekleri veya herhangi bir yabancı maddenin girmemesi için, kabın ağzı temiz bir tülbent veya sıkı olmayan bir pamuk ile kapatıldı. Fermantasyon süresince 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerde asitlik kontrolü yapılmıştır.

Sıvının yüzeyinde adacıklar halinde ince, şeffaf bir zar meydana gelmiş, bu zar yavaş yavaş genişleyerek bütün yüzeyi kaplamıştır. Yüzeydeki sirke zarı oluşuktan sonra, bu zarın bozulmamasına dikkat edilmiştir.

Ulaşılması beklenen asitlik değerine yaklaşıldığında alkol testide yapılarak % 0.5-1 alkol kaldığında fermantasyona son verilmiştir. Sirkeleşme 4-5 hafta sonunda tamamlanmıştır. Elma içeren şıraların asetik asit aşaması daha hızlı gerçekleşmiştir. Bal sirkeleri cam şişelere konularak, analiz olana kadar buzdolabında 4 °C' de saklanmıştır

3.4 Balların Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

3.4.1 Renk Analizi

Renk analizi, HUNTERLAB kolorimetre kullanılarak L* (100: beyaz, 0: siyah), a* (+: kırmızı, -: yeşil) ve b* (+: sarı, -: mavi) değerleri tespit edilmiştir (Rommel ve diğ. 1990). Homojenize edilmiş bal numunelerinden alınan 50 gramlık numune homojen bir cam kabın içine konularak ölçüm yapılmıştır.

3.4.2 Viskozite Analizi

Bal numunelerinin viskozitesi, 20°C sıcaklıkta Şekil 3.1.'deki Brookfield Programmable DV-II+ Viscometer marka viskozimetreye ölçülmüştür (Lazaridou 2004).



Şekil 3.1: Brookfield Programmable DV-II+ Viscometer

3.4.3 Rutubet (Nem) Tayini

Balda rutubet tayininin esası; kırılma indisinden faydalanarak % rutubet miktarının bulunması ilkesine dayanır. Bal örneği, Abbe refraktometresinin prizmaları arasına konulmuştur. Balın optik kırılma indisi okunarak kaydedilmiştir. Kırılma indisinin karşılığı olan % su miktarı tespit edilmiştir (AOAC 1995).

3.4.4 Kül Analizi

Kül analizi, balın 550 °C'de kül fırınında yakılmasıyla saptanmıştır (AOAC 1990). Bal numuneleri 2 gram olacak şekilde tartılarak porselen krozelere konulmuştur. Sonuç, yüzde olarak hesaplanmıştır.

3.4.5 Toplam Asitlik Tayini

10 g bal örneği, 75 ml saf su ile seyreltme işlemi yapılmıştır. 0.05 N NaOH ile fenolftalein indikatörlüğünde titrasyona tabi tutulan bal çözeltisi için harcanan NaOH miktarı tespit edilerek titrasyonda harcanan NaOH miktarına göre hesaplama yapılmıştır. Böylece 1 kg balda mevcut asitlerin toplamı formik asit cinsinden milieşdeğer sayısı hesaplanıp sonuç olarak verilmiştir (AOAC 1995).

3.4.6 pH

10 g bal numunesine 75 mL su ilave edilerek manyetik karıştırıcıda çözdürülmüştür. Crison marka Basic 20+ model masa tipi pH metre cihazının elektrotu bal çözeltisi içerisine daldırılarak, balın pH değeri dijital pH metre ekranından okunarak kaydedilmiştir (AOAC 1995).

3.4.7 HMF Analizi

HMF analizi için kullanılan White yöntemine göre, 5 gram bal yaklaşık 25 ml saf suda çözülerek 50 ml hacimli balonjojeye aktarılmış ve üzerine 0,5 ml Carrez – I ve 0,5 ml Carrez – II çözeltileri eklenerek saf su ile çizgisine tamamlanmıştır. Filtre kağıdından geçirilen filtrattan 5'er ml alınarak 2 ayrı tüpe konularak, tüplerden birine 5 ml saf su, diğerine 5 ml Sodyum Bisüfit koyarak karıştırılmış ve 284 nm ve 336 nm'ye ayarlanmış PG Instruments LTD. T80 UV/VIS (İngiltere) Marka çift ışık yollu spektrofotometrede absorbanı okunmuştur. Sonuç, mg/kg cinsinden hesaplanmıştır (White 1979).

3.4.8 Toplam Fenolik Madde

Toplam fenol içeriği, Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. 10 g bal örneği alınarak 50 ml'lik balon jode saf suyla çözümlenerek çizgisine tamamlanmıştır. Hazırlanan bal çözeltilisinden 500 µl alınarak üzerine 2,5 ml % 10'luk Folin-Ciocalteu, 2 ml Na₂CO₃ eklenerek 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda PG Instruments LTD. T80 UV/VIS (İngiltere) Marka çift ışık yollu spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Standart çözeltili olarak gallik asit çözeltilisi kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon grafiği EK A' da yer alan Şekil A.1 'de gösterilmiştir. Sonuçlar, mg_{GAE}/kg cinsinden hesaplanmıştır (Bertoncelj ve diğ. 2007).

3.4.9 Antioksidan Aktivite

Antioksidan aktivite DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 10 g bal örneği hassas terazide tartılarak, 1:1 oranında saf suyla seyreltilmiştir. Buradan 0,1 ml örnek alınarak test tüplerine konulmuştur. Örnek üzerine 1,9 ml DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ve 1 ml Sodyum asetat tampon çözeltilisi konulup karıştırılarak oda sıcaklığında karanlıkta 90 dakika beklenmiştir. Süre sonunda PG Instruments LTD. T80 UV/VIS (İngiltere) Marka çift ışık yollu spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Bertoncelj ve diğ., 2007). Antioksidan standart eğrisi, trolox ile hazırlanmıştır (Şekil A.3). Sonuçlar, mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

3.4.10 Organik Asit Analizi

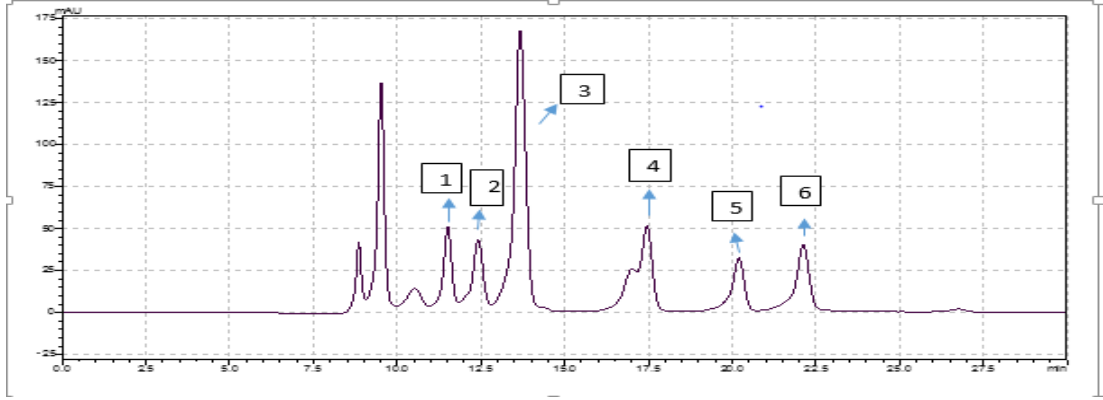
Organik asit analizi, Suarez-Luque ve diğ. (2002) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. 7,5 gram bal örneği 75 ml ultra saf suda çözümlenmiştir. Yöntemde belirtildiği üzere, önce 0,1 M NaOH kullanılarak pH 10,5'e getirilerek, manyetik karıştırıcıda 15 dakika karıştırılmış sonra 0,1 M H₂SO₄ ile pH 5,0'e getirilmiştir. 100 ml hacimli balonjojeye alınarak ultra saf suyla hacme tamamlanmıştır. 10 ml örnek alınıp 0,45 µm gözenek büyüklüğüne sahip selüloz asetat membran filtreden (Agilent Technologies, Captiva Syringe Filters)

geçirilmiştir. İyon değiştirici kartuşu aktive etmek için 10 ml 0,1 M NaOH kartuştan geçirilip, 10 ml ultra saf su ile NaOH uzaklaştırılmıştır. pH 5,0'a getirilip filtreden geçirilen örnek (10 ml) iyon değiştirici kartuştan (Agilent Technologies, Bond Elut Plexa PAX, anion exchange cartridge, 3 ml) geçirilmiştir. Kartuştan 4 ml 0,1 M H₂SO₄ geçirilerek tüplere toplanan süzüntüden 20 µl Shimadzu marka HPLC'ye verilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar HPLC saflığındadır. HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları Tablo 3.3'te görölmektedir.

Tablo 3. 3: Organik asit tespitinde kullanılan kromatografi koşulları (Suarez-Luque ve diğ. 2002) ve HPLC cihazının özellikleri.

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Kolon	Bio Rad Aminex HPX-87 ion exclusion column (300x7.8 mm ²)
Kolon Dolgu Materyali	Sülfonatlı divinil benzen-stiren kopolimeri
Dedektör ve alışma Koşulları	SPD-M20A model Diode Array dedektör, 214 nm dalga boyu
Kolon Fırını ve alışma Sıcaklığı	Shimadzu marka CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış Hızı	0.4 ml/dak
Mobil Faz (İsokratik sistem)	0.005 M Sülfürik Asit
Enjeksiyon hacmi	20 µl

Organik asit analizinde tespit edilen organik asitler şunlardır; sitrik asit, tartarik asit, malik asit, suksinik asit, asetik asit. Tespit edilen organik asitlerin alıkonma zamanları şekil 3.2' de ve organik asitlerin standart kalibrasyon grafikleri ise EK A 'da yer alan şekil A.5, şekil A.6, şekil A.7, şekil A.8 ve şekil A.9'da görölmektedir.



Şekil 3.2: HPLC’ de organik asit standart karışımın çıkış zamanları (1: Sitrik asit; 2: Tartarik asit; 3 : Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5 : Formik asit; 6: Asetik asit)

3.5 Sirkelerin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

3.5.1 Renk analizi

Renk analizi, HUNTERLAB kolorimetre kullanılarak L* (100: beyaz, 0: siyah), a* (+:kırmızı, -:yeşil) ve b* (+:sarı, -:mavi) değerleri tespit edilmiştir. Sirke numuneleri, homojen bir cam bardak içine konularak ölçüm yapılmıştır (Rommel ve diğ. 1990).

3.5.2 Yoğunluk

Sirkelerde yoğunluk 20 °C'de piknometrik yöntemle tayin edilmiştir (Kılıç 1976).

3.5.3 Alkol

Bir damıtma balonuna 100 ml sirke, ortamın alkali olması için içine derişik NaOH çözeltisi ve köpürme olmaması için parafin eklenip yaklaşık ¾ kısmı

damıtılmıştır. Damıtma ürünü damıtık su ile 100 ml' ye tamamlanıp, piknometre ile 20 °C'deki yoğunluğu, bu yoğunluktan yüzde hacim alkol miktarı bulunmuştur (Aktan ve Yıldırım 2011).

3.5.4 Toplam Kuru Madde

Darası alınmış bir porselen kapsüle, 10 ml sirke konulup, kaynar su banyosunda 30 dakika bırakıldıktan sonra değişmez ağırlığa kadar 103±2 °C'de etüvde kurutularak yapılmıştır. Sonuçlar g/L olarak verilmiştir (Aktan ve Yıldırım 2011).

3.5.5 Toplam Asit

Toplam asitlik, sirke örneklerinin fenolftalein belirteci kullanılarak 0.1 N NaOH ile titre edilmesi suretiyle belirlenmiştir. Sonuçlar, asetik asit cinsinden, 100 mililitrede gram (g/100mL) olarak verilmiştir (Aktan ve Yıldırım 2011).

3.5.6 pH

Sirkelerin pH' sı doğrudan pH metre (Crison marka Basic 20+ model masa tipi) ile ölçülmüştür (Aktan ve Yıldırım 2011).

3.5.7 Kül

Kül tayini 500-525°C'de kül fırınında yapılmıştır. Sonuçlar g/L olarak verilmiştir (Aktan ve Yıldırım 2011).

3.5.8 Toplam Fenolik Madde

Toplam fenol içeriği, Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiş olup bal sirkesi örnekleri 0,45 µm gözenek büyüklüğüne sahip selüloz asetat membran

filtreden (Agilent Technologies, Captiva Syringe Filters) geçirilmiştir. Filtrattan 4ml alınarak üzerine 2 ml % 10'luk Folin-Ciocalteu, 1,6 ml Na₂CO₃eklenerek 90 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda PG Instruments LTD. T80 UV/VIS (İngiltere) Marka çift ışık yollu spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Standart çözelti olarak gallik asit çözeltisi kullanılmıştır (Şekil A.2). Sonuçlar, mgGAE/kg cinsinden hesaplanmıştır (Singleton ve Rossi 1965).

3.5.9 Antioksidant Aktivite

Antioksidant aktivite DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiş olup, bal sirkesi örnekleri 0,45 µm gözenek büyüklüğüne sahip selüloz asetat membran filtreden (Agilent Technologies, Captiva Syringe Filters) geçirilmiştir. Filtrattan 0,1 ml alınarak üzerine 5 ml DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) konulup vorteks ile karıştırılarak karanlıkta 13 dakika beklenmiştir. Süre sonunda PG Instruments LTD. T80 UV/VIS (İngiltere) Marka çift ışık yollu spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Antioksidant standart eğrisi, trolox ile hazırlanmıştır (Şekil A.4). Sonuçlar, mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

3.5.10 Organik Asit Analizi

Organik asit analizinde, Sanarico ve diğ. (2006) tarafından belirtilen yöntemmodifiye edilerek uygulanmıştır. Bu yönteme göre; 5 ml örnek alınıp 0,45 µm gözenek büyüklüğüne sahip selüloz asetat membran filtreden (Agilent Technologies, Captiva Syringe Filters) geçirilmiştir ve 1,5 ml'lik viallere toplanan süzüntüden 20 µl Shimadzu marka CTO-20A model kolon fırını ve SPD-M20A model Diode Array dedektöre sahip HPLC'ye verilmiştir. Kullanılan kolon Bio Rad Aminex HPX-87 ion exclusion column (300x7.8mm²)' dur. Kullanılan tüm kimyasallar HPLC saflığındadır. HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları Tablo 3.3'te belirtilmiştir.

Organik asit analizinde tespit edilen organik asitler şunlardır; sitrik asit, tartarik asit, malik asit, suksinik asit, asetik asit. Tespit edilen organik asitlerin

alıkonma zamanları Şekil 3.5 ve bal sirkelerinin standart kalibrasyon grafikleri EK A' da yer alan Şekil A.5, Şekil A.6, Şekil A.7, Şekil A.8, Şekil A.10' da belirtilmiştir.

3.6 İstatiksel Analiz

Örneklerin standart sapması, SPSS 22.0 istatistik programı kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm analizler iki tekrarlı olarak yürütülmüştür.

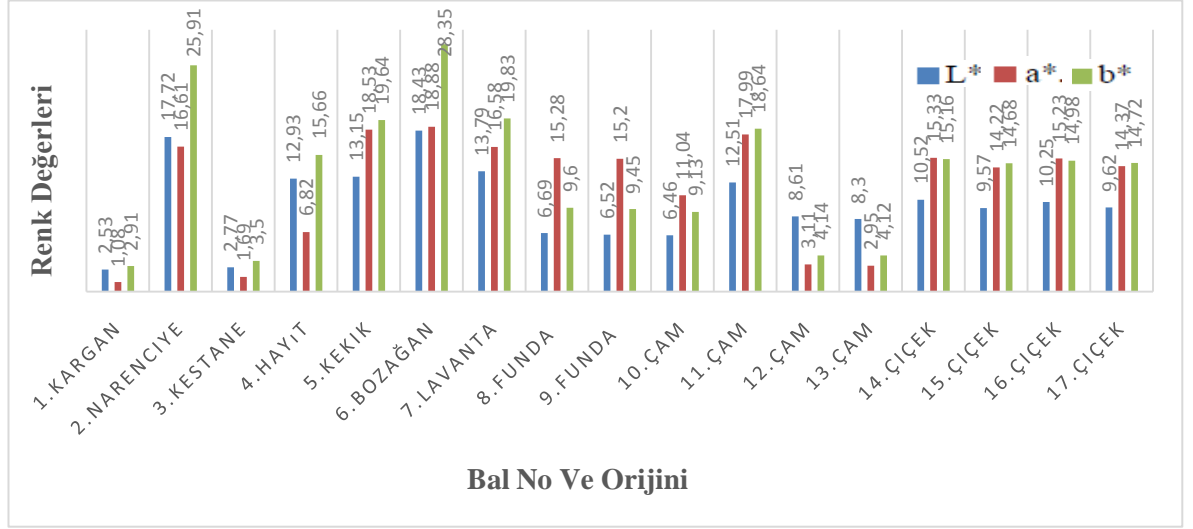
4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.4 Renk

Bal örneklerinin L* değerleri, 2.53-18.43; a* değerleri, 1.08-18.88 ve b* değerleri; 2.91-28.35 arasında bulunmuştur (Tablo 4.1). Balların L*, a* ve b* değerleri arasında; en yüksekdeğerler Bozağan ballarında bulunurken, en düşük L*, a* ve b* değerleri kargan ballarında bulunmuştur (Şekil 4.1).

Tablo 4. 1 : Bal örneklerinin orijin ve illere göre renk analizi sonuçları.

Orijin	İl	Renk		
		L*	a*	b*
Kargan	Aydın	2,53±0,01	1,08±0,04	2,91±0,02
Narenciye	Aydın	17,72±0,01	16,61±0,03	25,91±0,02
Kestane	İzmir	2,77±0,04	1,69±0,01	3,50±0,03
Hayıt	Aydın	12,93±0,01	6,82±0,02	15,66±0,01
Kekik	Muğla	13,15±0,04	18,53±0,05	19,64±0,03
Bozağan	Muğla	18,43±0,01	18,88±0,04	28,35±0,01
Lavanta	Muğla	13,79±0,02	16,58±0,05	19,83±0,01
Funda (püren)	Muğla	6,69±0,04	15,28±0,01	9,60±0,01
		6,52±0,01	15,2±0,04	9,45±0,01
Çam	Adana	6,46±0,03	11,04±0,06	9,13±0,04
	Aydın	12,51±0,01	17,99±0,03	18,64±0,01
	Muğla	8,61±0,03	3,11±0,04	4,14±0,01
	İzmir	8,3±0,01	2,95±0,01	4,12±0,02
Çiçek	Adana	10,52±0,02	15,33±0,01	15,16±0,01
	Kayseri	9,57±0,01	14,22±0,04	14,68±0,03
	Muğla	10,25±0,01	15,23±0,03	14,98±0,04
	İzmir	9,62±0,04	14,37±0,01	14,72±0,01



Şekil 4.1: Bal örneklerinin L*, a*, b* değerleri.

Kadar ve diğ. (2010), limon (*Citrus limon*) ve portakal (*Citrus spp.*) ballarının ortalama renk değerlerinin L^* 47.23-49.01; a^* 7.15-5.35; b^* 27.78-27.25 arasında olduğunu; kıyaslandığında balların gruplandırılmasında b^* değerinin ayırt ediciliği görülmezken; limon balının portakal balından daha kırmızı (daha yüksek a^* değeri) ve daha mat (daha düşük L^* değeri) olduğu sonucuna varmışlardır. Rodriguez ve diğ. (2010), İspanya’da üretilen turuncgil balları üzerinde yaptıkları renk analizinde L^* değerini 89.72–95.18; a^* değerini (-)1.28–1.05; b^* değerini 16.99–21.79; Anupama ve ark, (2003) Hindistan ballarında L^* , a^* , b^* değerlerini sırası ile 23.77-43.69, 3.40-27.83, 39.11-68.54; Bertonselj ve diğ. (2007), Slovenya ballarında L^* , a^* , b^* değerlerini 42.12-64.60, (-)3.41-10.14, 17.95-46.45; Ölmez (2009), Türkiye’nin farklı bölgelerinden topladığı ballarda L^* , a^* , b^* değerlerini 24.56-41.21, 0.11-1.00, 0.87-9.84; Sharma ve diğ. (2010), Hindistan ballarında L^* , a^* , b^* değerlerini 26.3-36.8, 0.1-4.9 ve 0.7-14.4 olarak belirlemiştir.

Devillers ve diğ. (2004), çam, kestane, ayçiçeği, kolza, akasya gibi farklı orijin ballarda, en koyu renkli balın kestane, en açık renkli balın ise akasya olduğunu açıklamıştır.

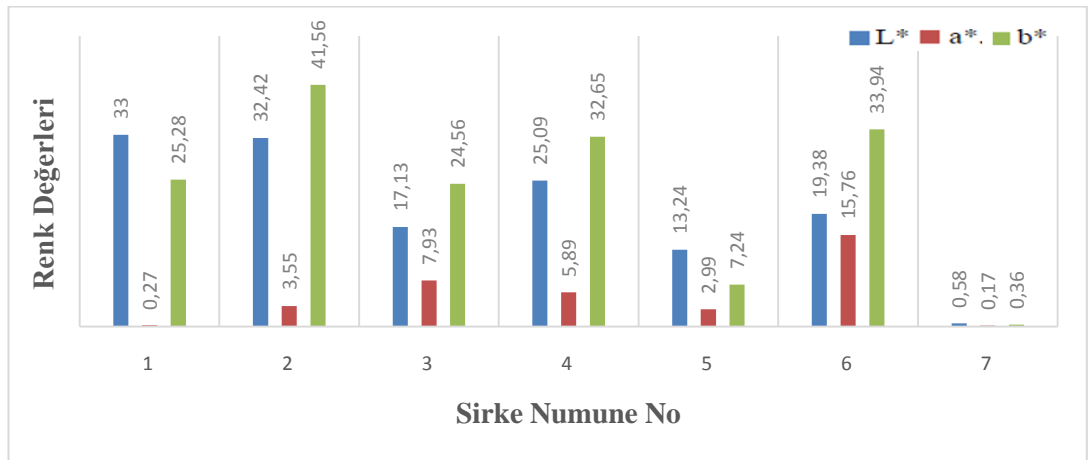
Bal örneklerinin L değeri >50 ise balın açık renkte, L değeri ≤ 50 ise balın koyu renkte olduğunu göstermektedir (Saxena ve diğ. 2010). a^* pozitif ise kırmızı, negatif ise yeşil; b^* pozitif ise sarı, negatif ise mavi renk bileşenini ifade etmektedir (Ajlouni ve diğ. 2010).

Bu araştırmadaki balların renk değerleri diğer araştırmalarla farklılık göstermektedir. Bu durumun, balların farklı orijinli oluşundan, üretildiği coğrafi ve muhafaza edildiği farklı koşullardan kaynaklandığı düşünölmektedir.

Tablo 4. 2 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre renk analizi sonuçları.

Kod No	Lokasyon		Orijin ve Adı	Renk		
				L*	a*	b*
1	İtalya	Modena	İtalya Organik Bal Sirkesi	33,00±0,01	0,27±0,02	25,28±0,01
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	32,42±0,03	3,55±0,01	41,56±0,04
3	Adana	Kozan	Elma -Çam Balı Sirkesi	17,13±0,01	7,93±0,02	24,56±0,03
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	25,09±0,02	5,89±0,05	32,65±0,01
5	Adana	Kozan	Elma -Çiçek Balı Sirkesi	13,24±0,04	2,99±0,02	7,24±0,05
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	19,38±0,02	15,76±0,01	33,94±0,04
7	Muğla	Milas	Muğla Bal Sirkesi	0,58±0,05	0,17±0,06	0,36±0,06

Bal sirkesi örneklerinin L* değerleri, 0.58-33.00; a* değerleri, 0.17-15.76 ve b* değerleri; 2.91-28.35 arasında bulunmuştur (Tablo 4.2). Bal sirkesi örneklerinin L* değerleri arasında; en yüksek değerler 1 nolu İtalya organik bal sirkesinde bulunurken, en düşük L* değerleri ise Muğla'nın Milas ilçesinin Hisarönü köyünden getirilen 7 nolu Muğla bal sirkesinde bulunmuştur. a* ve b* değerleri arasında ise en yüksek değerler 6 nolu İstanbul bal sirkesinde bulunurken, en düşük a* ve b* değerleri ise Muğla'nın Milas ilçesinin Hisarönü köyünden getirilen 7 nolu Muğla bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Bal sirkesi numunelerinin L*, a*, b* değerleri.

Çam balı sirkesinin L^* , a^* değerleri çiçek balı sirkesinden yüksek iken; b^* değeri ise düşüktür.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından Pamukkale Üniversitesi Gıda mühendisliği Laboratuvarında üretilen 2 nolu çam balı sirkesinin renk değerleri karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin L^* ve b^* değerleri çam balına göre yüksek iken, a^* değeri düşük çıkmıştır.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında üretilen 4 nolu çiçek balı sirkesinin renk değeri ile Adana Kozan çiçek balının renk değerleri karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin L^* ve b^* değerleri Adana Kozan çiçek balına göre yüksek iken, a^* değeri daha düşük çıkmıştır.

Öztürk ve diğ. (2015), farklı hammaddelerden üretilmiş geleneksel ev yapımı sirkeler üzerine yapmış oldukları çalışmada; L^* değerlerini 0.28-18.67; a^* değerlerini 0.09-14.88; b^* değerlerini ise 0.43-14.11 olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmada kullanılan bal sirkesi numunelerinin renk değerleri ile Öztürk ve diğ. (2015) yapmış oldukları çalışmadaki renk analizinde L^* , a^* , b^* değerleri uyumluysen, bazı bal sirkelerindeki L^* ve b^* değerleri daha yüksek çıkmıştır.

4.5 Viskozite

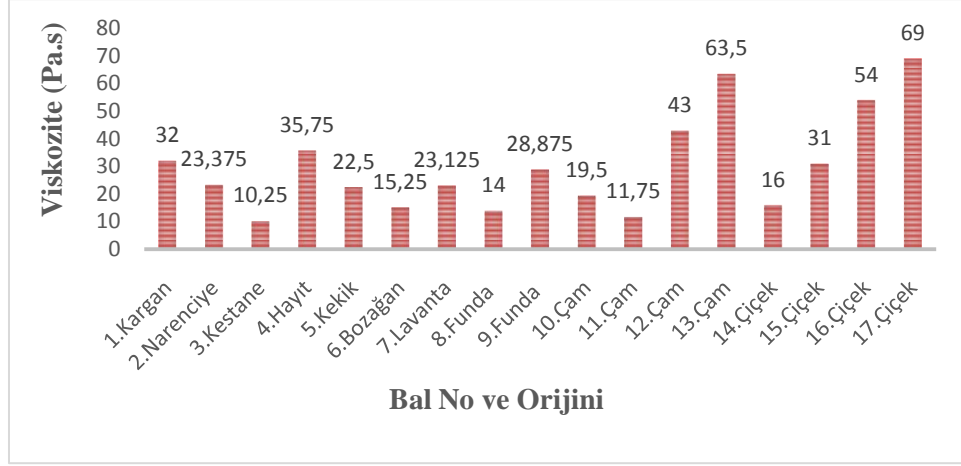
Bal örneklerinin viskozite değerleri, 10.25-69.00 Pa.s arasında bulunmuştur (Şekil 4.3). Çiçek ballarının viskozite değerleri ortalama 16-69 Pa.s arasında değişirken, çam ballarında 11.25-63.5 Pa.s, funda (püren) balları 14-28.875 Pa.s, kargan balında 32 Pa.s, narenciye ballarında 23,375 Pa.s, kestane balında 10.25 Pa.s, hayıt ballarında 35.75 Pa.s, kekik balında 22.5 Pa.s, bozağan balında 15.25 Pa.s, lavanta balında 23.125 Pa.s 'dir (Tablo 4.3).

Tablo 4. 3 : Bal örneklerinin orijine göre 20°C'deki viskozite analizi sonuçları.

Orijin	İl	Viskozite (Pa.s)
Kargan	Aydın	32±0,00
Narenciye	Aydın	23,375±0,00
Kestane	İzmir	10,25±0,00
Hayıt	Aydın	35,75±0,01
Kekik	Muğla	22,5±0,00
Bozağan	Muğla	15,25±0,00
Lavanta	Muğla	23,125±0,00
Funda (püren)	Muğla	14±0,00
	Muğla	28,875±0,00
Çam	Adana	19,5±0,02
	Aydın	11,75±0,00
	Muğla	43±0,00
	İzmir	63,5±0,00
Çiçek	Adana	16±0,01
	Kayseri	31±0,00
	Muğla	54±0,00
	İzmir	69±0,01

Çam ballarının illere göre viskozite değerleri karşılaştırıldığında ise; en yüksek viskozite değeri 63.5 Pa.s ile İzmir (Tire), en düşük değeri 11.25 Pa.s ile Aydın çam balı olduğu tespit edilmiştir. Aynı kıyaslama çiçek ballarında da yapıldığında; çiçek ballarında en yüksek viskozite değeri 69 Pa.s ile İzmir (Tire), en düşük değeri 16 Pa.s ile Adana (Kozan) çiçek balında bulunmuştur (Tablo. 4.3).

Balların viskozite değerleri arasında; en yüksek değerler İzmir (Tire) çiçek ballarında bulunurken, en düşük viskozite değerleri kestane ballarında bulunmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Bal örneklerinin 20°C'deki viskozite değerleri.

Bal örneklerinin viskozite değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Kestane–Çam (Aydın)–Funda (8 no)–Bozağan–Çiçek (Adana)–Çam (Adana)–Kekik–Lavanta–Narenciye–Funda (9 no)–Çiçek (Kayseri)–Kargan–Hayıt–Çam (Muğla)–Çiçek (Muğla)–Çam (İzmir)–Çiçek (İzmir) şeklindedir.

Juszcak ve Fortuna (2006) yapmış oldukları bir çalışmada, 10-40 °C arasındaki yedi farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen ölçümlerde, akasya balı için, viskozite değeri 20 °C'de 28.3 Pa.s, ıhlamur balının 20 °C'de 43.8 Pa.s olarak tespit edilmiştir. Anupama ve diğ. (2002), Hindistan 'da üretilen 11 bal örneğinin 25 °C'da viskozite değerlerini 1.79-13.80 Pa.s arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

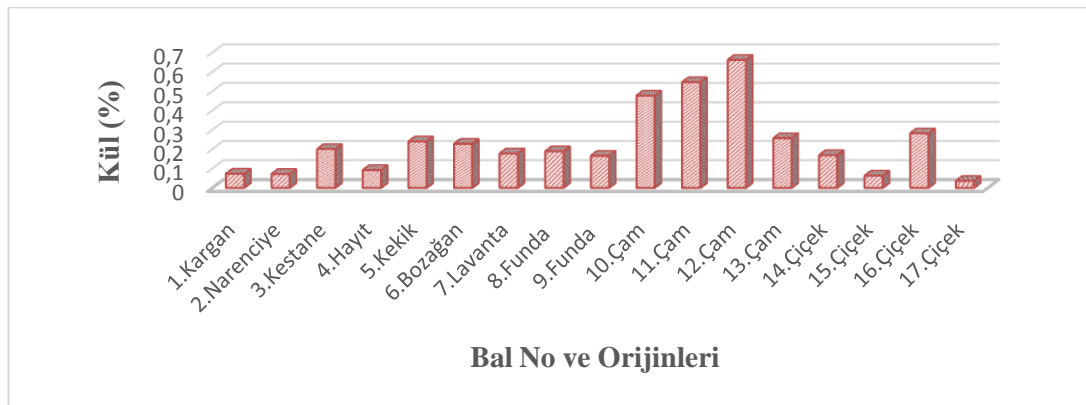
4.6 Kül

Araştırmada kullanılan bal örneklerinin kül miktarı % 0.036-1.653 arasında değişmektedir. Çiçek ballarının kül miktarları ortalama % 0.036-0.169 arasında değişirken, çam ballarında % 0.057-0.662, funda (püren) balları % 0.166-0.189, kargan balında % 0.073, narenciye ballarında % 0.72,kestane balında % 0.201, hayıt ballarında % 0.092, kekik balında % 2.4, bozağan balında % 0.228, lavanta balında % 0.178, 'dir (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4 : Bal örneklerinin orijinine ve illere göre kül miktarları.

Örnek No	İl	Orijin	Kül (%)
1	Aydın	Kargan	0,073±0,00
2	Aydın	Narenciye	0,072±0,00
3	İzmir	Kestane	0,201±0,00
4	Aydın	Hayıt	0,092±0,02
5	Muğla	Kekik	0,24±0,01
6	Muğla	Bozağan	0,228±0,01
7	Muğla	Lavanta	0,178±0,03
8	Muğla	Funda (püren)	0,189±0,12
9	Muğla	Funda (püren)	0,166±0,02
10	Adana		0,477±0,15
11	Aydın	Çam	0,547±0,04
12	Muğla		0,662±0,07
13	İzmir		0,257±0,01
14	Adana		0,169±0,01
15	Kayseri	Çiçek	0,063±0,02
16	Muğla		0,282±0,04
17	İzmir		0,036±0,00

Bal örnekleri arasında, en yüksek kül miktarı Muğla çam balı iken en düşük kül miktarı İzmir (Tire) çiçek balında bulunmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Bal örneklerinin yüzde kül içerikleri.

Bal örneklerinin kül değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Çiçek (İzmir)–Çiçek (Kayseri)–Narenciye–Kargan–Hayıt–Funda (9 No)–Çiçek (Adana)–Lavanta–Funda (8 No)–Kestane–Bozağan–Kekik–Çam (İzmir)–Çiçek (Muğla)– Çam (Adana)–Çam (Aydın)–Çam (Muğla) şeklindedir.

Türk Standartları Enstitüsü Bal Standardı'na göre bal örneklerinde bulunması gereken maksimum kül miktarı çiçek balları için % 0.6 iken salgı balları için % 1.2'dir (Anonim 2012). Tüm Bal numunelerinin kül içeriği, TSE Bal Standardında yer alan maksimum değerlerin altındadır.

Analiz sonuçlarına göre çam ballarının ortalama kül miktarları, çiçek ballarına göre daha yüksektir. Fakat İzmir çam balı, İzmir, Kayseri, Adana çiçek balına oranla kül miktarı fazla olmasına rağmen; Muğla çiçek balına göre kül miktarı düşük çıkmıştır. Bunun sebebinin Muğla çiçek balının mineral içeriğinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

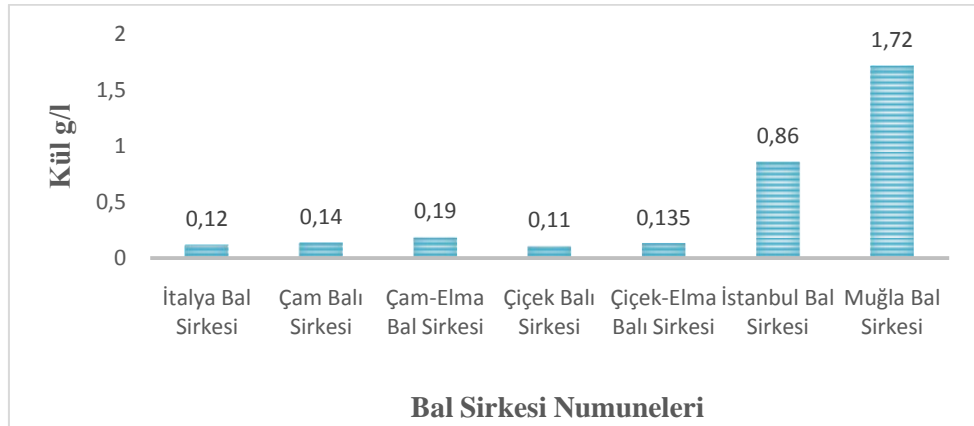
Sahinler ve diğ. (2000), Hatay yöresinde üretilen yayla balında ortalama kül oranı % 0.13, ayçiçek balında % 0.5; Mendes ve diğ. (1998), Portekiz'de marketlerden aldıkları 25 bal örneğinde % 0.1-0.4; Silva ve diğ. (2009), Portekiz'in Luso bölgesinden toplanan 38 adet bal örneğinde % 0.35; Ünal ve diğ. (2001), Ankara'da tüketime sunulan 35 adet süzme çiçek ve çam balında % 0.11-0.72; Terrab ve diğ. (2004), inceledikleri kekik ballarında % 0.16-0.60; Zappala ve diğ. (2005), narenciye ballarında % 0,046-0,12 olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada yapılan kül analizi sonuçları diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.4: Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre kül analizi sonuçları

Kod No	Orijin	Kül (g/l)
1	İtalya Organik Bal Sirkesi	0,12±0,02
2	Çam Balı Sirkesi	0,14±0,05
3	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	0,19±0,01
4	Çiçek Balı Sirkesi	0,11±0,01
5	Çiçek Elma Balı Sirkesi	0,135±0,01
6	İstanbul Bal Sirkesi	1,86±0,08
7	Muğla Bal Sirkesi	2,72±0,09

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin kül miktarı 0.11-2.72 g/l arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi kül miktarları ortalama 0.12 g/l, çam balı sirkesi 0.14 g/l, elma-çam bal sirkesi 0.19 g/l, çiçek balı sirkesi 0.11 g/l, çiçek elma balı sirkesi 0.135 g/l, İstanbul bal sirkesi 0.72 g/l, Muğla bal sirkesi 2.72 g/l'dir (Tablo 4.5).



Şekil 4.5: Bal sirkesi örneklerinin yüzde kül içerikleri.

Analiz sonuçlarına göre çam ballarından elde edilen sirkelerin ortalama kül miktarları, çiçek balları sirkelerine göre daha yüksektir.

Gerbi ve diğ. (1998), şarap sirkesindeki kül miktarının 2.03-2.61 g/L arasında değiştiğini; Şahin ve diğ. (1977), öğütülmüş kuru üzümünden elde edilen sirkelerde kül

miktarı 1.820-2.158 g/L, öğütülmeksizin elde edilen sirkelerde kül miktarı 1.575-2.158 g/L bulunmuştur

Anlı ve diğ.(1997), bal şarabı üzerine yaptıkları bir araştırmada; pamuk, ayçiçek, ve çam ballarından yaptıkları şarapların kül değerleri; pamuk balı şarabının 2.52-2.35 g/l, ayçiçek balı şarabının 2.67-2.73 g/l, çam balı şarabının 3.14-3.21 g/l olduğunu tespit etmişlerdir.

Kül sirkede yanmayan maddelerin toplamıdır bu maddeler inorganik yapıda anyonik ve katyonik iyonlardır. Kül içinde, potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir, bakır, kurşun, çinko, arsenik; katyonik iyonlar ve fosfatlar, sülfatlar, karbonat ve klorürler; anyonik iyonlar olarak yer alırlar (Cabaroğlu, 1991). 6 ve 7 kod numaralı bal sirkeleri dışındaki sirke örneklerindeki kül değerleri, üzüm sirkeleri üzerinde yapılan çalışmalarda bildirilmiş kül miktarlarından oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

4.7 Nem miktarı

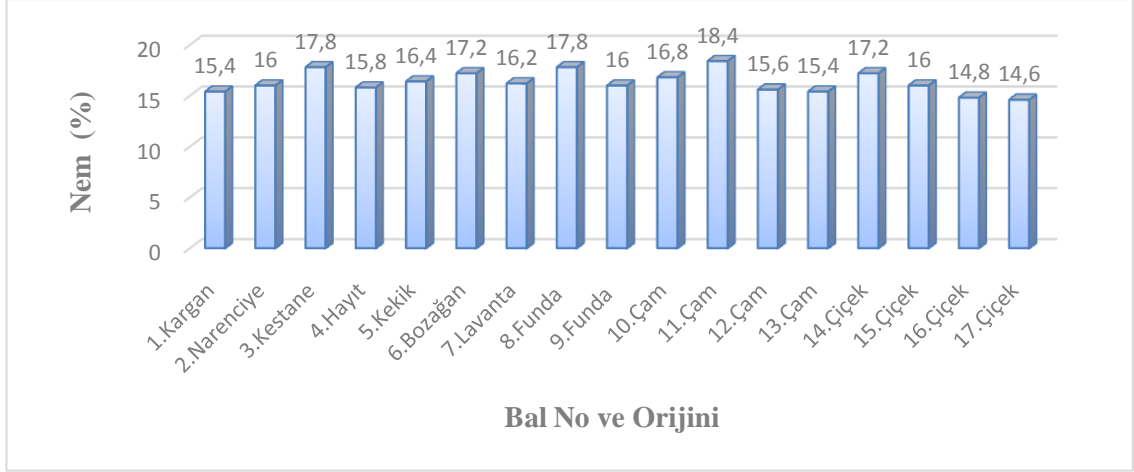
Araştırmada kullanılan bal örneklerinin nem miktarı % 14.6-18.4 arasında değişmektedir (Şekil 5.2). Çiçek ballarının nem miktarları ortalama % 14.6-17.2 arasında değişirken, çam ballarında % 15.4-18.4, funda (püren) balları % 16-17.8, kargan balında %15.4, narenciye ballarında % 16, kestane balında % 17.8, hayıt ballarında % 15.8, kekik balında % 16.4, bozağan balında % 17.2, lavanta balında % 16.2'dir (Tablo 4.6).

Tablo 4. 5: Bal örneklerinin orijinine ve illere göre kırılma indisleri ve yüzde nem miktarları.

Örnek No	İl	Orijin	Kırılma İndisi	Nem (%)
1	Aydın	Kargan	1,498	15,4±0,00
2	Aydın	Narenciye	1,4965	16,0±0,00
3	İzmir	Kestane	1,492	17,8±0,00
4	Aydın	Hayıt	1,497	15,8±0,00
5	Muğla	Kekik	1,4955	16,4±0,00
6	Muğla	Bozağan	1,4935	17,2±0,00
7	Muğla	Lavanta	1,496	16,2±0,00
8	Muğla	Funda (püren)	1,492	17,8±0,00
9			1,4965	16,0±0,00
10	Adana	Çam	1,4945	16,8±0,00
11	Aydın		1,4905	18,4±0,00
12	Muğla		1,4975	15,6±0,00
13	İzmir		1,498	15,4±0,00
14	Adana		1,4935	17,2±0,00
15	Kayseri	Çiçek	1,4966	16,0±0,00
16	Muğla		1,4998	14,8±0,00
17	İzmir		1,501	14,6±0,00

Bal örneklerinin nem değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Çiçek (İzmir)–Çiçek (Muğla)–Çam (İzmir)-Kargan–Çam (Muğla)–Hayıt–Çiçek (Kayseri)-Funda(9 No)-Narenciye–Lavanta–Kekik–Çam (Adana)–Çiçek (Adana)-Bozağan–Kestane–Funda(8 No)–Çam (Aydın) şeklindedir (Şekil 4.6).

Bal örnekleri arasında, en yüksek nem miktarı Aydın çam balı iken en düşük kül miktarı İzmir (Tire) çiçek balında bulunmuştur (Şekil 4.6). Kargan balının nem değeri ile İzmir çam balının nem değeri ve benzer şekilde funda balı ile Kayseri çiçek balının nem değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



Şekil 4.6: Bal örneklerinin nem içerikleri.

Tebliğ numarası 2012/58, 28366 sayılı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği' ne göre çiçek ve salgı balında en fazla nem miktarı % 20 iken Püren (*Calluna*) ballarında en fazla nem miktarının % 23 olabileceği belirtilmiştir. Bu verilere göre araştırmada kullandığımız balların nem içeriği, standarda göre uygunluk göstermektedir (Anonim 2012).

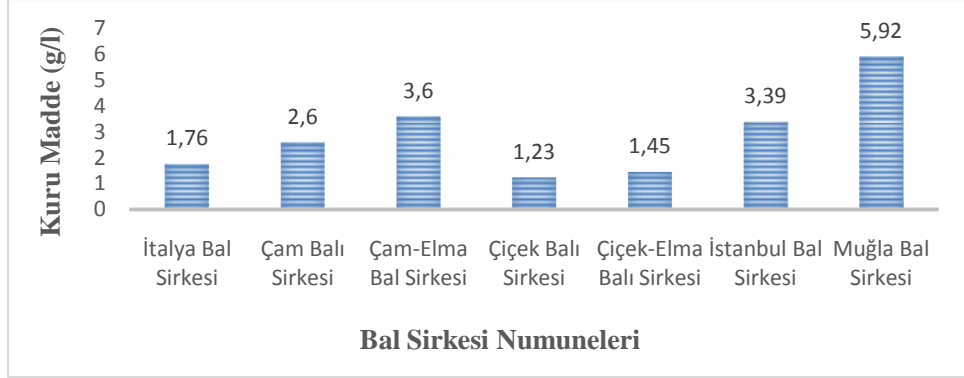
4.8 Kuru madde

Tablo 4. 6: Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre kuru madde analiz sonuçları.

Kod No	Orijin	Kuru Madde (g/l)
1	İtalyan Bal Sirkesi	1,76±0,00
2	Çam Balı Sirkesi	2,6±0,16
3	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	3,6±0,00
4	Çiçek Balı Sirkesi	1,23±0,07
5	Çiçek Elma Balı Sirkesi	1,45±0,03
6	İstanbul Bal Sirkesi	3,39±0,04
7	Köy Bal Sirkesi	5,92±0,10

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin kuru madde miktarları 1.23-5.92 g/l arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi kuru madde miktarları ortalama

1.76 g/l, çam balı sirkesi 2.6 g/l, çam ve elma karışımı bal sirkesi 3.6 g/l, çiçek balı sirkesi 1.23 g/l, çiçek elma balı sirkesi 1.45 g/l, İstanbul bal sirkesi 3.39 g/l, Muğla bal sirkesi 5.92 g/l'dir (Tablo 4.7).



Şekil 4.7: Bal sirkesi örneklerinin kuru madde içerikleri.

Bal sirkesi örnekleri arasında, en yüksek kuru madde miktarı Muğla bal sirkesinde iken en düşük kuru madde miktarı Adana Kozan balından ürettiğimiz çiçek balı sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.7). Çam balı sirkesinin kuru madde değerleri, çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Çam ve çiçek bal üretirken fermantasyon aşamasında elma eklenmiş olan örneklerin kuru madde miktarları eklenmemiş olanlara göre daha fazla çıkmıştır.

Anlı ve diğ.(1997), bal şarabı üzerine yaptıkları bir araştırmada; pamuk, ayçiçek ve çam ballarından yaptıkları şarapların kurumadde değerleri; pamuk balı şarabının 27.6-26.3 g/l, ayçiçek balı şarabının 28.4-26.7 g/l, çam balı şarabının 28.2-27.5 g/l olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin ve diğ. (1977), kuru üzümünden yavaş yöntemle ürettikleri sirkelerin kuru madde miktarlarının 9.9-11.9 g/L; Şahin ve Kılıç (1981), tarafından yapılan çalışmada sirkelerdeki kuru madde miktarının 5.44-17.62 g/100 mL; Ünal (2007) yaptığı çalışmada farklı yöntemlerle üretimlerini yaptığı şarap sirkelerindeki kuru madde miktarını 10.85-12.60 g/L, Morales ve diğ. (2001), sirkelerdeki kuru madde miktarının 10.3-12.9 g/L arasında olduğunu tespit etmiştir.

Analizi yapılan bal sirkelerinin kuru madde içeriği bal şarabı ve üzüm sirkelerinde yapılan çalışmalardaki kuru madde içeriğine göre çok düşük çıkmıştır.

4.9 pH değerleri

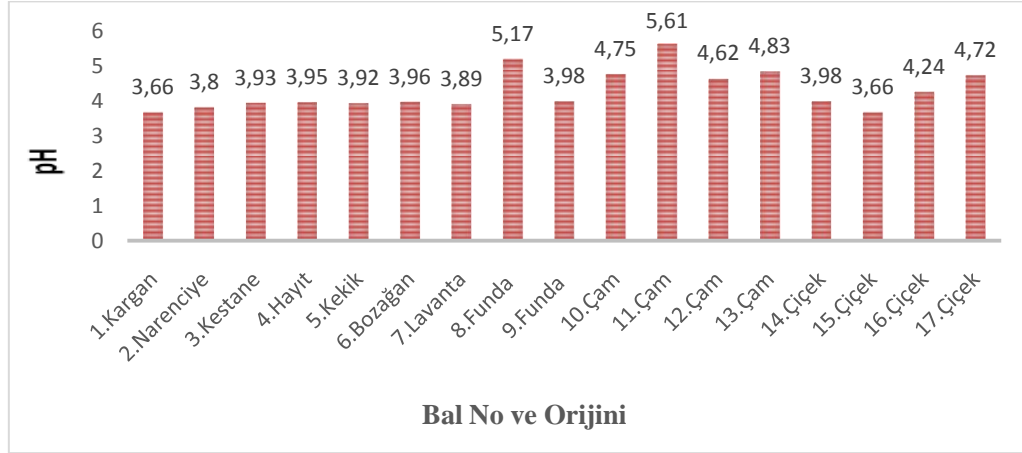
Bal rneklerinin pH değerleri 3.66-5.61 arasında değişmektedir (şekil 4.8). iek ballarının pH değerleri ortalama 3.66–4.72 arasında değişirken, am ballarında 4.62-5.61, funda (püren) balları 3.98-5.17, kargan balında 3.66, narenciye balında 3.8, kestane balında 3.93, hayıt balında 3.95, kekik balında 3.92, bozağan balında 3.96, lavanta balında 3.89'dur(Tablo 4.8).

Tablo 4. 7 : Bal rneklerinin orijine ve illere göre pH değerleri.

rnek No	il	Orijin	pH
1	Aydın	Kargan	3,66±0,00
2	Aydın	Narenciye	3,80±0,02
3	İzmir	Kestane	3,93±0,01
4	Aydın	Hayıt	3,95±0,04
5	Muğla	Kekik	3,92±0,01
6	Muğla	Bozağan	3,96±0,00
7	Muğla	Lavanta	3,89±0,00
8	Muğla	Funda (püren)	5,17±0,04
9	Muğla	Funda (püren)	3,98±0,02
10	Adana		4,75±0,00
11	Aydın	am	5,61±0,00
12	Muğla	am	4,62±0,00
13	İzmir	am	4,83±0,00
14	Adana	am	3,98±0,00
15	Kayseri	iek	3,66±0,00
16	Muğla	iek	4,24±0,01
17	İzmir	iek	4,72±0,00

Bal rneklerinin pH değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; iek (Kayseri)-Kargan–Narenciye–Lavanta–Kekik–Kestane–Hayıt–Bozağan–Funda (9 No)-iek (Adana)–iek (Muğla)–am (Muğla)–iek (İzmir)–am (Adana)–am (İzmir)–Funda (8 No)–am (Aydın) şekindedir (şekil 4.8).

Ortalama en düşük pH değeri Kayseri çiçek ve kargan ballarında bulunurken, ortalama en yüksek pH değeri Aydın çam ballarında bulunmuştur (Şekil4.8). Kayseri ilinin çiçek balı ile kargan balının ve 9 numaralı funda balı ile de Adana çiçek balının pH değerleri benzer çıkmıştır.



Şekil 4.8: Bal örneklerinin pH değerleri.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Bal Tebliği'nde pH için herhangi bir sınır belirtilmemişken Türk Standartları Enstitüsü Bal Standardı'nda balların pH'sının 3.4-6.1 arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, çam ballarının pH değerleri çiçek ballarından yüksek iken sadece İzmir çiçek balının pH değeri Muğla çam balından yüksek bulunmuştur. Bu durumun İzmir'in bitki florasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

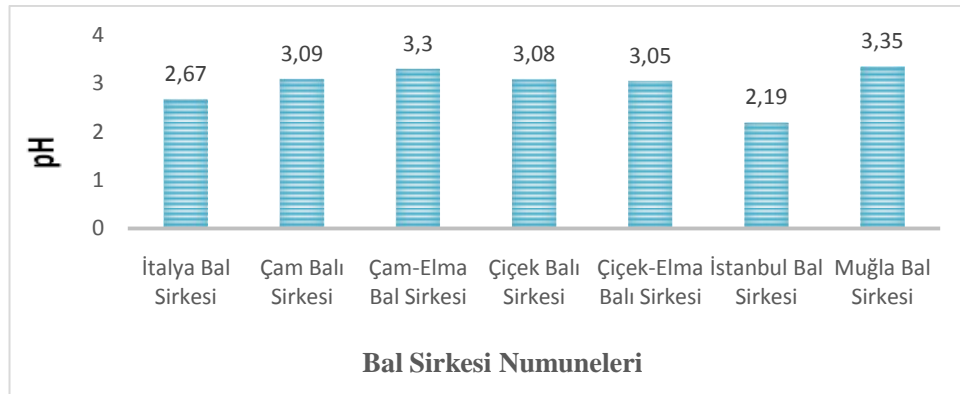
Güler (2005), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde üretilen ballar üzerine yaptığı bir araştırmada 30 bal numunesinde, pH 4,05-5,48 aralığında; Kamal ve diğ. (2002), Pakistan'da çeşitli ballar üzerine yaptıkları bir araştırmada, pH değerleri 3,33-6,30 aralığında; Şahinler ve diğ. (2001), Hatay yöresine ait 50 bal örneğinde yapılan bir araştırmada ortalama değerler olarak, pH 3,88; Przybylowski ve Wilczynska (2001) Hollanda'nın Pomeranian bölgesindeki 15adet çam balında yaptıkları analizlerde ortalama pH değerini 3.9 olarak; Zappala ve diğ. (2005), narenciye ballarında pH 3,43-3,49 aralığında tespit etmişlerdir.

Analizde kullanılan bal numunelerinin pH değerleri, diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. 8 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre pH analizi sonuçları.

Kod No	Lokasyon		Orijin	pH
1	İtalya	Modena	İtalyan Bal Sirkesi	2,67±0,00
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	3,09±0,01
3	Adana	Kozan	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	3,3±0,00
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	3,08±0,00
5	Adana	Kozan	Çiçek Elma Balı Sirkesi	3,05±0,00
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	2,19±0,00
7	Muğla	Milas	Muğla Bal Sirkesi	3,35±0,01

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin pH değerleri 2.19-3.35 arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi pH değerleri ortalama 2.67, çam balı sirkesi 3.09, çam ve elma karışımı bal sirkesi 3.3, çiçek balı sirkesi 3.08, çiçek elma balı sirkesi 3.05, İstanbul bal sirkesi 2.19, Muğla bal sirkesi 3.35'dir (Tablo 4.9).



Şekil 4.9: Bal sirkesi örneklerinin pH miktarları.

Bal sirkesi örnekleri arasında, en yüksek pH değeri Muğla'dan getirilen bal sirkesinde iken en düşük pH değeri İstanbul balı sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.9). Laboratuvarında ürettiğimiz çam balı sirkesinin pH değerleri, çiçek balı sirkesinin pH değerlerine göre fazla çıkmıştır. Çam ve çiçek balından sirke üretirken fermantasyon aşamasında elma eklenmiş olan elma karışımı çam balı sirkesinin pH değeri de; elma karışımı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarında ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin pH değeri ile Adana Kozan çam balının pH

değerlerinin karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin pH değeri çam balına göre daha düşük çıkmıştır.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin pH değeri ile Adana Kozan çiçek balının pH değerlerinin karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin pH değeri Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek çıkmıştır. Bal sirkesi örneklerinin pH aralığı, bal örneklerinin pH aralığı içinde olduğu tespit edilmiştir.

Anlı ve diğ.(1997), bal şarabı üzerine yaptıkları bir araştırmada; pamuk, ayçiçek ve çam ballarından yaptıkları şarapların pH değerleri; pamuk balı şarabının 3.05-3.07, ayçiçek balı şarabının 3.18-3.32, çam balı şarabının 3.12-3.21 olduğunu tespit etmişlerdir.

Öztürk ve diğ. (2015), farklı hammaddelerden üretilmiş geleneksel ev yapımı sirkeler üzerine yapmış oldukları çalışmada; pH 2.70-3.90 değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Üzüm sirkelerinin pH değerleri 2.70-3.90 aralığında iken; elma sirkelerinin 2.71-3.5; enginar sirkesinin 3.79; nar sirkesinin 2.88-3.69; limon sirkesi 2.63; vişne sirkesi 3.05 değerlerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Aktan ve Kalkan (1998)'a göre üzüm sirkelerindeki pH değeri 2.5-3.0 arasında; Gerbi ve diğ. (1998) yaptıkları bir çalışmada, sirkedeki pH değerini 2.78 olarak bulmuşlardır.

4.10 Serbest ve Toplam Asitlik

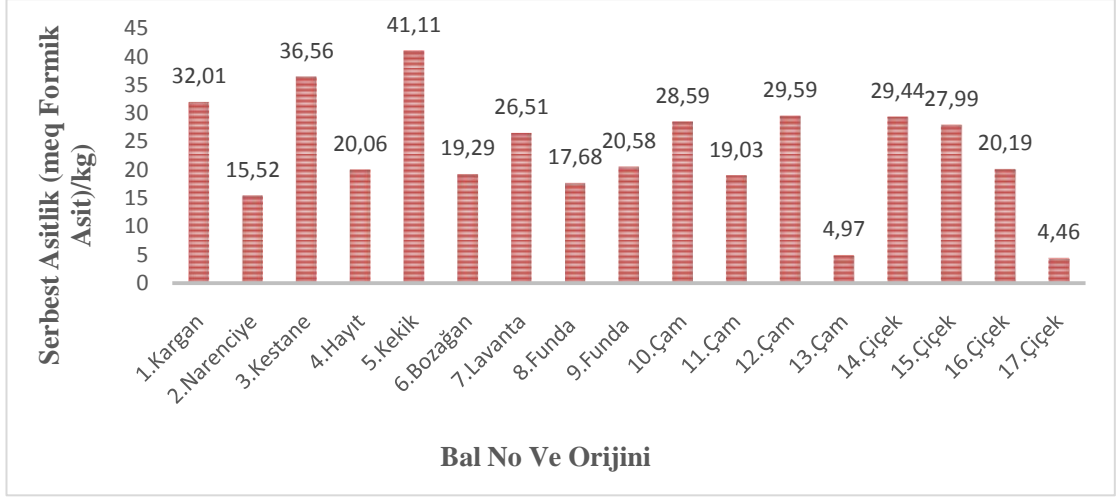
Araştırmada kullanılan bal örneklerinin serbest asitlik analizi sonuçları formik asit cinsinden 4.46-41.11 meq/kg arasında bulunmuştur. Çiçek ballarının serbest asitlik analizi sonuçları formik asit cinsinden ortalama 4.46-29.44 arasında değişirken, çam ballarında 4.97-28.59, funda (püren) balları 17.68-20.58, kargan balında 32.01, narenciye balında 15.52, kestane balında 36.56, hayıt balında 20.06, kekik balında 41.11, bozağan balında 19.29, lavanta balında 26,51 meq/kg 'dur (Tablo 4.10).

Tablo 4. 9 :Bal örneklerinin illere ve orijine göre serbest asitlik miktarları

Örnek No	İl	Orijin	Serbest Asitlik (meq/kg formik asit cinsinden)
1	Aydın	Kargan	32,01±0,08
2	Aydın	Narenciye	15,52±0,05
3	İzmir	Kestane	36,56±0,24
4	Aydın	Hayıt	20,06±0,16
5	Muğla	Kekik	41,11±0,18
6	Muğla	Bozağan	19,29± 0,00
7	Muğla	Lavanta	26,51±0,27
8	Muğla	Funda (püren)	17,68± 0,01
9			20,58±0,13
10	Adana	Çam	28,59±0,10
11	Aydın		19,03±0,04
12	Muğla		29,59±0,25
13	İzmir		4,97±0,32
14	Adana	Çiçek	29,44±0,15
15	Kayseri		27,99±0,09
16	Muğla		20,19±0,21
17	İzmir		4,46±0,17

Bal örneklerinin serbest asitlik değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Çiçek (İzmir)–Çam (İzmir)–Narenciye–Funda (8 No)–Çam (Aydın)–Bozağan–Hayıt–Çiçek (Muğla)–Funda (9 No)–Lavanta–Çiçek (Kayseri)–Çam (Adana)–Çiçek (Adana)–Çam (Muğla)–Kargan–Kestane–Kekik şeklindedir (Şekil 4.10).

En düşük asitlik İzmir çiçek ballarında iken en yüksek serbest asitlik değeri kekik balında bulunmuştur (Şekil 4.10). Çam ballarını iller bazında kıyaslandığında İzmir çam balı en düşük değere sahip iken Muğla çam balı en yüksek değere sahiptir. Çiçek balları iller bazında kıyaslandığında ise İzmir çiçek balı en düşük değere sahip iken Adana çiçek balı en yüksek değere sahiptir (Tablo 4.10).



Şekil 4.10: Bal örneklerinin serbest asitlik miktarları.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde, ballar için kabul edilebilir maksimum serbest asitlik 50 meq/kg' dır ve çalışmada kullanılan örneklerin hepsi 50 meq/kg sınırının altında bulunmuştur.

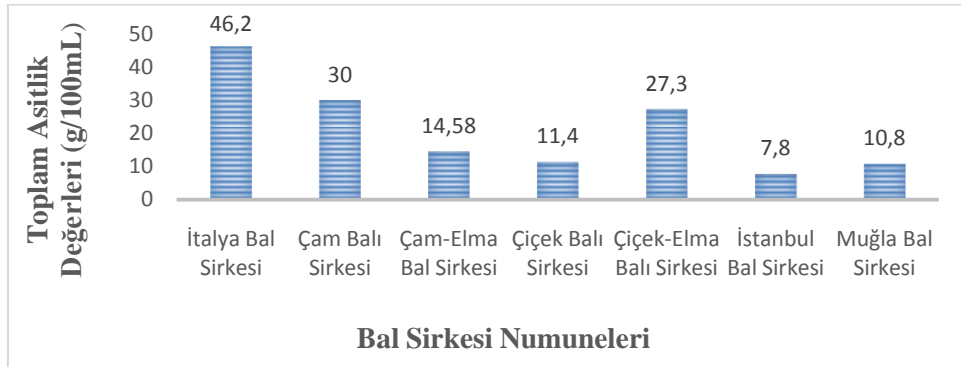
Kartal (2012), yaptığı çalışmada Bolu yöresinde üretilen 40 çiçek balına ait ortalama serbest asitlik değeri 24,87 meq/kg; Ölmez (2009), Türkiye'nin farklı lokasyonlarında üretilen 8 farklı balın, çam, fiğ, akasya+fiğ, sedir, çakır diken, pamuk, üçgül, gökbas, ortalama asitliğinin 18.2-47.5 meq/kg; Azeredo ve diğ. (2002) Brezilya'da üretilen 12 farklı orijinde bal örneğinin bazı kimyasal özelliklerini belirledikleri bir çalışmada, toplam asitlik 3.65–34.3 meq/kg arasında; Nanda ve diğ. (2003), Hindistan'da üretilen 7 farklı orijinde bal örneğinin toplam asitlik ise 16.67-32.65 meq/kg aralığında ve narenciye balı ve ayçiçek balında diğer ballara göre yüksek bulunduğunu; Manzanares ve diğ. (2008) ise Kanarya Adaları'nın farklı yerlerinden topladıkları 21 adet salgi balında serbest asitlik değerini 35.6 meq/kg; Soria ve diğ. (2004), İspanya'nın Madrid kentinde toplanan salgi ve çiçek ballarının serbest asitlik, 13.1-51.2 meq/kg arasında bulunmuştur

Bu çalışmada bulunan serbest asitlik değerleri yukarıdaki çalışmalardaki buldukları sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. 10: Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre toplam asit analizi sonuçları.

Kod No	Lokasyon		Orijin ve Adı	Toplam asit miktarı(asetik asit cinsinden)(g/100ml)
1	İtalya	Modena	İtalyan Bal Sirkesi	46,20±0,42
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	30,00±0,00
3	Adana	Kozan	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	14,58±0,38
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	11,40±0,26
5	Adana	Kozan	Çiçek Elma Balı Sirkesi	27,30±0,29
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	7,80±0,00
7	Muğla	Milas	Köy Bal Sirkesi	10,80±0,00

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin toplam asit miktarı 7.8-46.2 g/100 ml arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi toplam asit miktarı ortalama 46.2 g/100 ml, çam balı sirkesi 30 g/100 ml, çam ve elma karışımı bal sirkesi 14.58 g/100 ml, çiçek balı sirkesi 11.4 g/100 ml, çiçek elma balı sirkesi 27.3 g/100 ml, İstanbul bal sirkesi 7.8 g/100 ml, Muğla bal sirkesi 10.8 g/100 ml 'dir (Tablo 4.11).



Şekil 4.11: Bal sirkesi örneklerinin serbest asitlik miktarları.

Bal sirkesi örnekleri arasında, en yüksek toplam asitlik değeri İtalya'dan getirilen organik bal sirkesinde iken en düşük toplam asitlik değeri İstanbul bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.11). Laboratuvarında ürettiğimiz çam balı sirkesinin toplam asitlik değerleri, çiçek balı sirkesinin değerlerine göre fazla çıkmıştır.

Anlı ve diğ. (1997), bal şarabı üzerine yaptıkları bir araştırmada; pamuk, ayçiçek ve çam ballarından yaptıkları şarapların genel asit değerleri; pamuk balı şarabının 6.7-7.1 g/l, ayçiçek balı şarabının 6.8-6.9 g/l, çam balı şarabının 6.6- 6.7 g/l olduğunu tespit etmişlerdir.

Öztürk ve diğ. (2015), farklı hammaddelerden üretilmiş geleneksel ev yapımı Türk sirkeleri üzerine yapmış oldukları çalışmada; asetik asit cinsinden toplam asit miktarı % 2.70-7.20 değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir, üzüm sirkelerinin asetik asit cinsinden toplam asit miktarı % 0.32-5.72 aralığında iken; elma sirkelerinin % 0.66-7.20; enginar sirkesinin % 1.22; nar sirkesinin % 1.04-3.38; limon sirkesi % 4.34; vişne sirkesi % 5.5 değerlerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Gerbi ve diğ. (1998), 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada şarap ve elma sirkelerinde toplam asitliğin 5.4-6.6 g/100 mL aralığında; Ünal (2007), tarafından yapılan çalışmada, şarap sirkelerinde toplam asit miktarının 4.14-6.59 g/100 mL arasında değiştiğini ayrıca, yavaş yöntemle elde edilen sirkelerde asit içeriğinin derin kültür yöntemi ile üretilenlere kıyasla daha yüksek (5.79-6.59 g/100 mL) olduğu tespit edilmiştir.

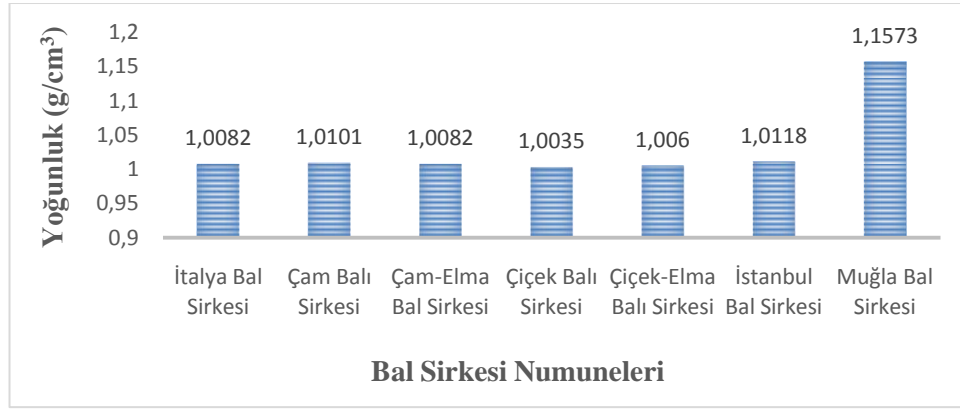
4.11 Yoğunluk

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin yoğunlukları ortalama 1.0035-1.1573 g/cm³ arasında değişmektedir. İtalya bal sirkesi yoğunluğu ortalama 1.0082 g/cm³, çam balı sirkesi 1.0101 g/cm³, çam ve elma karışımı bal sirkesi 1.0082 g/cm³, çiçek balı sirkesi 1.0035 g/cm³, çiçek elma balı sirkesi 1,0060 g/cm³, İstanbul bal sirkesi 1.0118 g/cm³, Muğla bal sirkesi 1.1573 g/cm³ dir (Tablo 4.12).

Tablo 4. 11 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre yoğunluk analizi sonuçları.

Kod No	Lokasyon		Orijin ve Adı	Yoğunluk (g/cm ³)
	İl	İlçe		
1	İtalya	Modena	İtalyan Bal Sirkesi	1,0082±0,04
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	1,0101±0,06
3	Adana	Kozan	Elma Ve Çam Balı Sirkesi	1,0082±0,02
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	1,0035±0,11
5	Adana	Kozan	Elma ve Çiçek Balı Sirkesi	1,0060±0,08
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	1,0118±0,01
7	Muğla	Milas	Muğla Bal Sirkesi	1,1573±0,02

Bal sirkesi örnekleri arasında, yoğunluk değeri en yüksek, Muğla bal sirkesinde iken; en düşük yoğunluk değeri çiçek balı sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.12). Laboratuarda ürettiğimiz çam balı sirkesinin yoğunluk değerleri, çiçek balı sirkesinin yoğunluğuna göre fazla çıkmıştır. Elma karışımlı çam balı sirkesinin yoğunluk değeri de; elma karışımlı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımlı olması çam balı sirkesinin yoğunluğunu düşürürken, çiçek balı sirkesinin yoğunluğunu artırmıştır.



Şekil 4.12: Bal sirkesi örneklerinin yoğunluk değerleri.

Şahin ve diğ. (1977), kuru üzümünden yavaş yöntemle ürettikleri sirkelerin yoğunluklarının 1.0100-1.019 g/cm³; Ünal (2007), yaptığı çalışmada farklı yöntemlerle üretimlerini yaptığı şarap sirkelerindeki yoğunlukları 1.0110-1.0135 g/cm³; Plessi (2003), yoğunluğun şarap sirkelerinde 1.0130-1.0200 g/cm³, balzamik sirkelerde 1.042-1.361 g/cm³ ve elma sirkelerinde 1.013-1.024 g/cm³ aralığında değiştiği belirlemiştir.

4.12 Alkol içeriği

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin alkol oranları aşağıdaki tabloda görülmektedir (Tablo 4.13).

Tablo 4.12: Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre alkol analizi sonuçları.

Kod No	Orijin	Alkol oranı (% , v/v)
1	İtalyan Bal Sirkesi	0,50±0,15
2	Çam Balı Sirkesi	0,50±0,08
3	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	0,50±0,19
4	Çiçek Balı Sirkesi	0,50±0,12
5	Çiçek Elma Balı Sirkesi	0,50±0,24
6	İstanbul Bal Sirkesi	0,4±0,09
7	Muğla Bal Sirkesi	0,50±0,27

Kalıntı alkol oranı şarap sirkesi üretimindeki işlem esas alınarak üretilen şarap sirkesi dışındaki sirkelerden hacimce % 0,5, şarap sirkelerinde hacimce % 1,5 ve özel sirkelerde hacimce % 3'ten fazla olamaz.

Şahin ve diğ. (1977), %10 alkollü şaraptan sirke üretmişler ve fermantasyonsonunda kalan alkol miktarını % 0.3-0.7 arasında bulmuşlardır.

4.13 HMF İçeriği

Ballardaki HMF içeriği 1.35-57.12 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 4.13). Çiçek ballarının HMF içeriği ortalama 19.76–57.12 mg/kg arasında değişirken, çam ballarında 4.27–6.5 mg/kg, funda (püren) balları 1.35-28.29 mg/kg, kargan balında 28.81 mg/kg, narenciye balında 15.42 mg/kg, kestane balında 14.37 mg/kg, hayıt balında 47.75 mg/kg, kekik balında 32.04 mg/kg, bozağan balında 20.66 mg/kg, lavanta balında 31,36 mg/kg 'dur (Tablo 4.14).

Tablo 4. 13 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre HMF içeriği.

Örnek No	İl	Orijin	HMF (mg/kg)
1	Aydın	Kargan	28,81±0,18
2	Aydın	Narenciye	15,42±0,24
3	İzmir	Kestane	14,37±0,09
4	Aydın	Hayıt	47,75±0,17
5	Muğla	Kekik	32,04±0,21
6	Muğla	Bozağan	20,66±0,37
7	Muğla	Lavanta	31,36±0,29
8	Muğla	Funda (püren)	1,35±0,32
9			28,29±0,01
10	Adana	Çam	4,27±0,08
11	Aydın		4,5±0,43
12	Muğla		6,5±0,05
13	İzmir		6,35±0,17
14	Adana	Çiçek	22,08±0,05
15	Kayseri		57,12±0,39
16	Muğla		29,49±0,04
17	İzmir		19,76±0,08

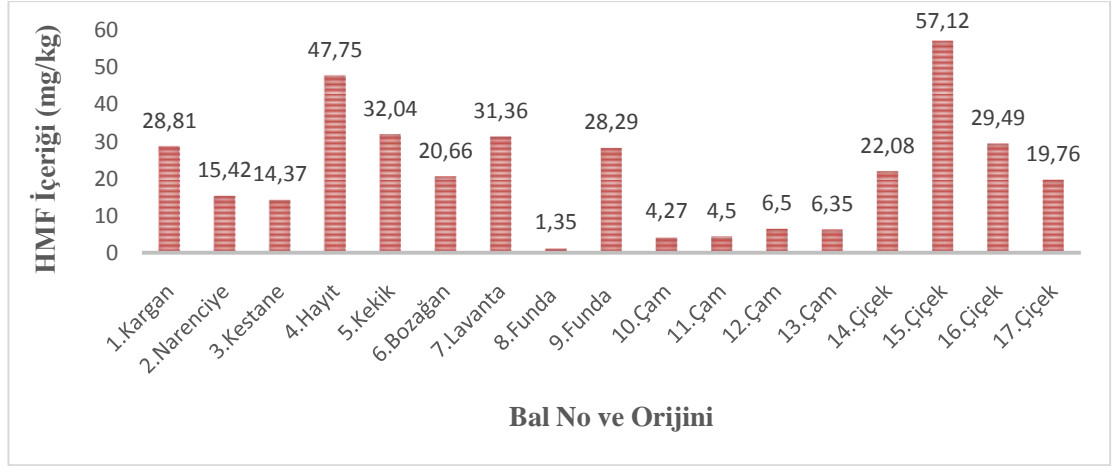
Bal örneklerinin HMF değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Funda (8 No)–Çam (Adana)–Çam (Aydın)–Çam (İzmir)–Çam (Muğla)–Kestane–Narenciye–Çiçek (İzmir)–Bozağan–Çiçek (Adana)–Funda (9 No)–Kargan–Çiçek (Muğla)–Lavanta–Kekik–Hayıt–Çiçek (Kayseri) şeklindedir (Şekil 4.13).

En düşük HMF içeriği ortalama 1.35 mg/kg ile İzmir çam ballarında bulunurken, en yüksek HMF içeriği ortalama 57.12 mg/kg ile Kayseri çiçek ballarında bulunmuştur (Tablo 4.14). Çam ballarının HMF değerleri çiçek ballarına oranla çok düşük bulunmuştur.

Çam ballarının HMF değerlerini iller bazında kıyaslandığında Adana çam balı en düşük değere sahip iken Muğla çam balı en yüksek değere sahiptir. Çiçek

balları iller bazında kıyaslandığında ise İzmir çiçek balı en düşük değere sahip iken Kayseri çiçek balı en yüksek değere sahiptir (Tablo 4.14).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde ballarda bulunabilecek maksimum HMF değeri 40 mg/kg olarak belirtilmektedir. Hayıt balları ve Kayseri çiçek balı haricindeki örneklerin tamamı maksimum değerinin altında yer alırken Aydın hayıt balı ve Kayseri çiçek balı sınırın oldukça üzerinde bulunmuştur.



Şekil 4.13: Bal örneklerinin HMF içeriği.

Serrano ve diğ. (2006), Güney İspanya'da ticari olarak satılan ve ısıtılmayan 49 adet farklı bal örneğinde HMF miktarı 0.19-41.16 mg/kg aralığında bulmuşlardır ve HMF yüksekliğinin Güney İspanya'nın iklim koşullarından kaynaklandığı belirtilmişlerdir. Downey ve diğ. (2005), İrlanda ballarında HMF miktarının 0.4-37.3 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 7.0 mg/kg olduğu bulmuşlardır. Azeredo ve diğ.(2003), Brezilya piyasasında satışa sunulan farklı orjinli ballarda ortalama HMF miktarı 35.7 mg/kg; İpek (2012), Türkiye'deki bal örneklerinde yaptığı HMF analizinde bal örneklerine ait HMF miktarlarını 1.47-17.67 mg/kg aralığında bulmuştur.

Çalışmada analizi yapılan balların HMF değerleri diğer çalışmalarla benzerlik göstermekle birlikte hayıt ballarının HMF içeriği oldukça yüksek bulunmuştur. Narenciye ballarının yapısında enzim miktarının doğal olarak az bulunması ve dolayısıyla HMF miktarının da az olması beklenmektedir sonuçlarda da benzerdir. Tüm bal örneklerinin analizleri yapıncaya kadar oda sıcaklığında ve karanlık yerde aynı şartlar altında muhafaza edildiği göz önüne alındığında bu durumun, hayıt bal

ve Kayseri çiçek balının temin edilmeden önce ısıtma işlemine tabi tutulmuş olabileceği veya balın doğal yapısından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.14 Organik Asit İçeriği

Çalışmada analizi yapılan bal örneklerinin sitrik asit, tartarik asit, malik asit, suksinik asit ve asetik asit içerikleri sırasıyla; 0.61-10.52 mg/kg, 1.18-5.36 mg/kg, 10.56-21.25 mg/kg, 6.44-226 mg/kg, 0.09-8.42 mg/kg olarak bulunmuştur (Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18). Bal örneklerinin illere ve orijine göre organik asit kromatogramları Ek B'da görülmektedir.

Tablo 4. 14 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre organik asit miktarları.

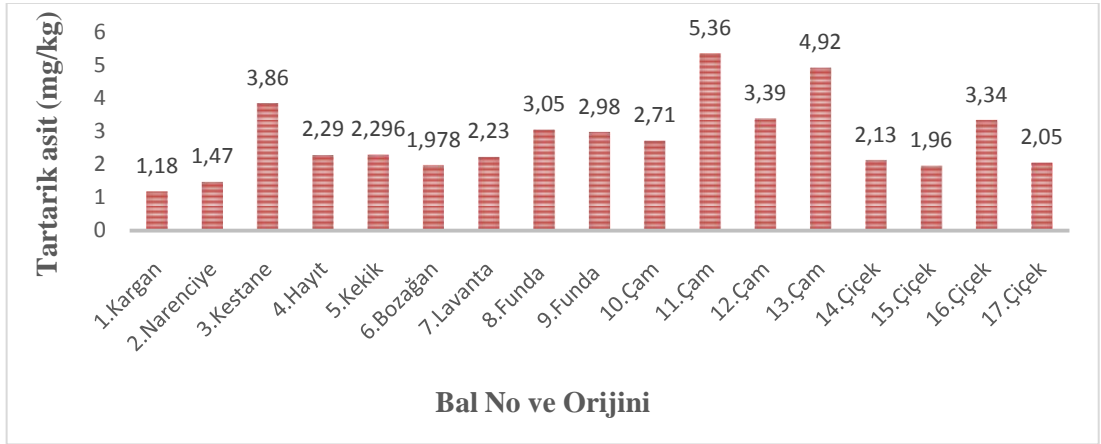
Örnek No	İl	Orijin	Organik Asit (Ortalama) (mg/kg)				
			Tartarik Asit	Malik Asit	Asetik Asit	Sitrik Asit	Süksinik Asit
1	Aydın	Kargan	1,18±0,26	12,06±0,19	1,29±0,25	2,795±0,18	37,88±0,50
2	Aydın	Narenciye	1,47±0,32	21,25±0,48	0,47±0,20	0,61±0,19	6,64±0,35
3	İzmir	Kestane	3,86±0,05	16,66±0,21	0,09±0,09	2,09±0,10	11,573±0,15
4	Aydın	Hayıt	2,29±0,09	18,4±0,15	1,33±0,10	3,497±0,19	210,18±0,42
5	Muğla	Kekik	2,296±0,42	11,75±0,49	0,35±0,08	1,03±0,40	20,28±0,70
6	Muğla	Bozağan	1,978±0,05	15,07±0,04	0,38±0,03	5,62±0,14	34,91±0,21
7	Muğla	Lavanta	2,23±0,14	15,54±0,12	0,47±0,20	2,77±0,21	34,33±0,24
8	Muğla	Funda (püren)	3,05±0,21	13,43±0,26	5,73±0,17	7,2±0,34	184,35±0,59
9			2,98±0,06	12,99±0,10	5,64±0,09	6,94±0,08	180,12±0,19
10	Adana	Çam	2,71±0,18	14,487±0,20	2,33±0,17	5,96±0,22	226±0,24
11	Aydın		5,36±0,41	11,14±0,28	8,42±0,33	10,52±0,31	10,65±0,29
12	Muğla		3,39±0,54	10,56±0,40	6,54±0,30	9,45±0,38	9,93±0,47
13	İzmir		4,92±0,65	10,87±0,50	6,98±0,27	10,26±0,46	10,22±0,59
14	Adana	Çiçek	2,13±0,24	16,78±0,32	1,55±0,27	5,31±0,39	125,8±0,47
15	Kayseri		1,96±0,12	14,01±0,09	1,03±0,08	4,98±0,24	118,07±2,98
16	Muğla		3,34±0,30	17,56±0,38	1,68±0,47	6,79±0,33	134,12±1,24
17	İzmir		2,05±0,22	14,12±0,18	1,24±0,27	5,16±0,19	120,45±0,40

Bal örneklerinin tartarik asit değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Kargan–Narenciye–Çiçek (Kayseri)–Bozağan–Çiçek (İzmir)–Çiçek (Adana)–Lavanta–Hayıt–Kekik–Çam (Adana)–Funda (9 No)–

Funda (8 No)–Çiçek (Muğla)–Çam (Muğla)–Kestane–Çam (İzmir)–Çam (Aydın) şeklindedir (Şekil 4.14).

Tartarik asit içeriği bakımından kargan bal örnekleri ortalama 1.18 mg/kg ile en düşük değere sahipken 5.36 mg/kg ile Aydın çam balı örnekleri en yüksek içeriğe sahiptir (Şekil 4.14).

Çam balı örnekleri çiçek balı örneklerinden daha fazla tartarik asit içermektedir fakat sadece Adana çam balının tartarik asit içeriği, Muğla çiçek balından düşük çıkmıştır (Tablo 4.15).

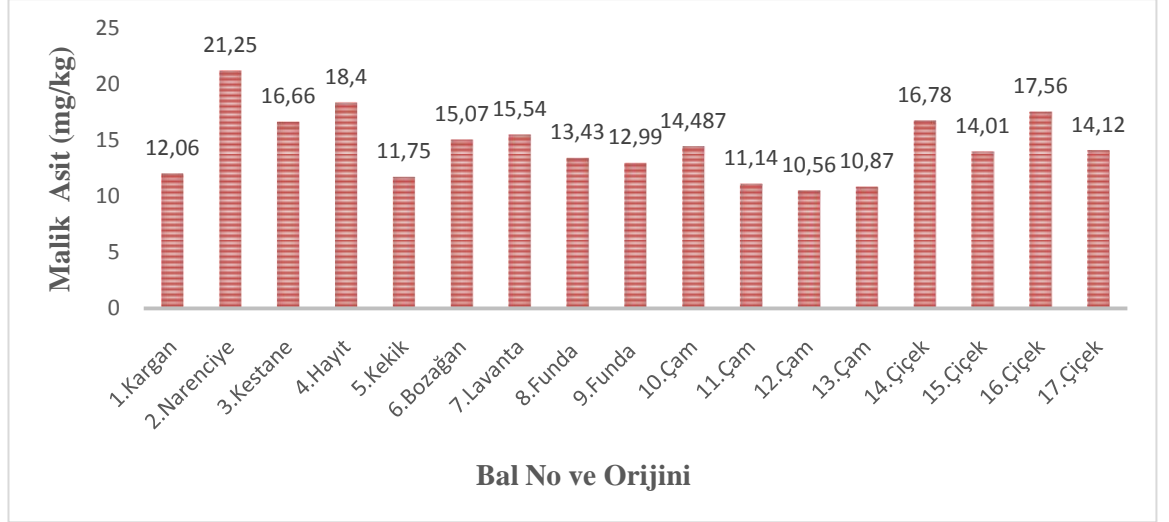


Şekil 4.14: Bal örneklerinin tartarik asit miktarları.

Malik asit içeriği bakımından narenciye balı 21.25 mg/kg ortalama ile en yüksek değere sahipken Muğla çam balı örnekleri 10.56 mg/kg ortalama değer ile en düşük malik asit içeriğine sahiptir (Şekil 4.15).

Bal örneklerinin malik asit değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın)–Kekik–Kargan–Funda (9 No)–Funda (8 No)–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir)–Çam (Adana)–Bozağan–Lavanta–Kestane–Çiçek (Adana)–Çiçek (Muğla)–Hayit–Narenciye şeklindedir (Şekil 4.15).

Çiçek ballarının malik asit değerleri çam ballarına göre daha fazla çıkmıştır, sadece Adana ilinin çam balı İzmir ve Kayseri ilinin çiçek balına göre fazla çıkmıştır.

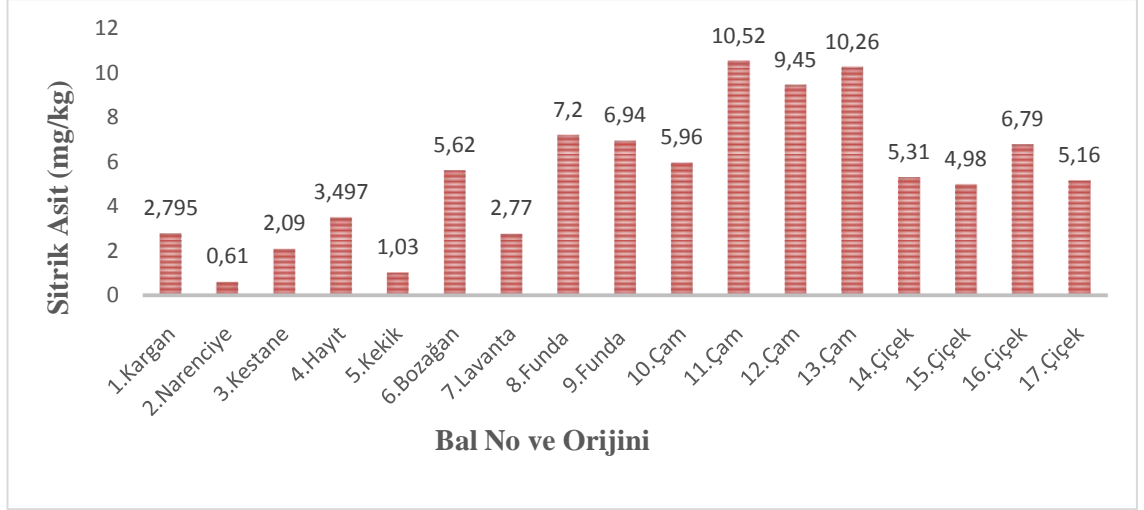


Şekil 4.15: Bal örneklerinin malik asit miktarları.

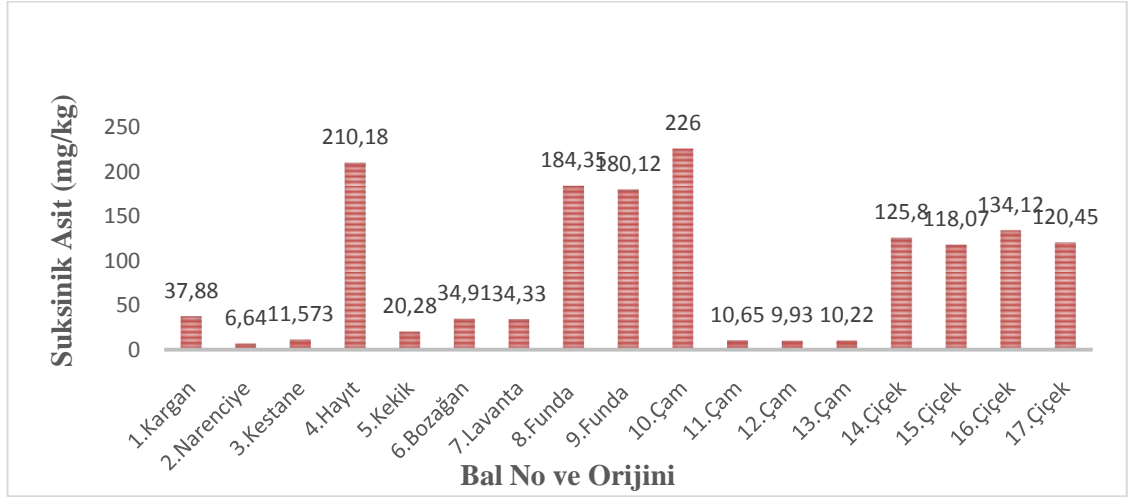
Bal örneklerinde en yüksek sitrik asit içeriğine sahip örnekler ortalama 10.52 mg/kg ile Aydın çam balı iken en düşük sitrik asit içeriğine sahip olan örnekler ise ortalama 0.61 mg/kg ile narenciye bal örnekleridir (Tablo 4.15).

Bal örneklerinin sitrik asit değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Narenciye–Kekik–Kestane–Lavanta–Kargan–Hayıt–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir)–Çiçek (Adana)–Bozağan–Çam (Adana)–Çiçek (Muğla)–Funda (9 No)–Funda (8 No)–Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın) şeklindedir (Şekil 4.16).

Çam balı örneklerinin sitrik asit miktarı çiçek balı örneklerinden fazladır fakat Muğla çiçek balı sadece Adana çambalından biraz yüksek çıkmıştır. Bu durumun Muğla bitki florasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



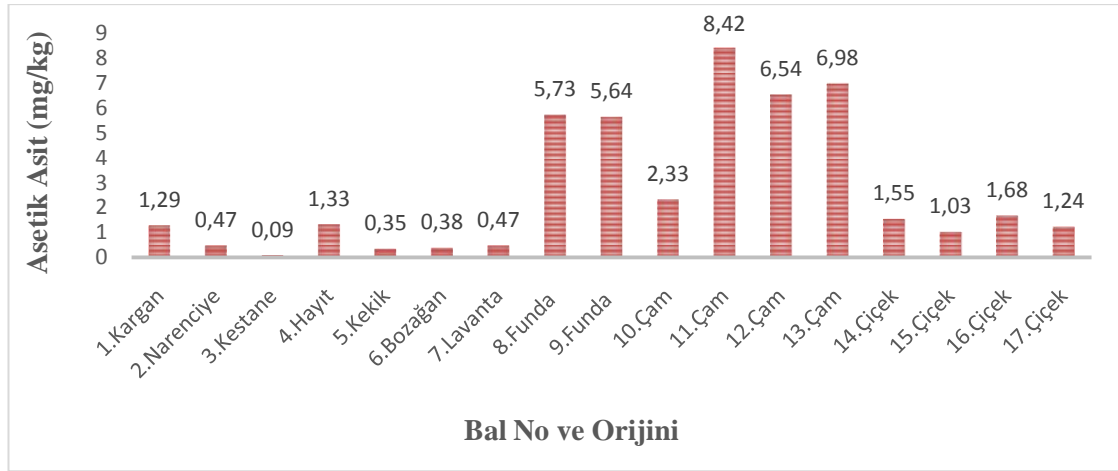
Şekil 4.16: Bal örneklerinin sitrik asit miktarları.



Şekil 4.17: Bal örneklerinin suksinik asit miktarları.

Suksinik asit miktarı bakımından Adanaçam balı örnekleri ortalama 226 mg/kg ile en yüksek değere sahipken, narenciye balı örnekleri ortalama 6.64 mg/kg ile en düşük suksinik asit miktarına sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4.15).

Bal örneklerinin süksinik asit değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Narenciye–Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın)–Kestane–Kekik–Lavanta–Bozağan–Kargan–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir)–Çiçek (Adana)–Çiçek (Muğla)–Funda (9 No)–Funda (8 No)–Hayıt –Çam (Adana) şeklindedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.18: Bal örneklerinin asetik asit miktarları.

Asetik asit miktarı bakımından Aydınçam balı örnekleri ortalama 8.42 mg/kg ile en yüksek değere sahipken, kestane balı örnekleri ortalama 0.09 mg/kg ile en düşük asetik asit miktarına sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4.15).

Bal örneklerinin asetik asit değerlerini, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Kestane–Kekik–Bozağan–Lavanta=Narenciye–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir)–Kargan–Hayıt–Çiçek (Adana)–Çiçek (Muğla)–Çam (Adana)–Funda (9 No)–Funda (8 No)–Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın) şeklindedir (Şekil 4.18).

Çam ballarının asetik asit içeriği çiçek ballarından daha fazla çıkmış olup, lavanta ile narenciye balının asetik asit değerleri eşit çıkmıştır.

Genel olarak organik asit içeriği bakımından en yüksek değere sahip balların Adana çam balı örneklerine ait olduğu, en düşük organik asit içeriğinin ise narenciye bal örnekleri olduğu görülmüştür.

Cherchi ve ark (1994) yaptıkları çalışmada farklı orijinlere sahip bal örneklerinde 2.0-11.6 g/kg glukonik asit, 8.9-67.7 mg/kg piruvik asit, 68.6-144.9 mg/kg malik asit, 64.0-159.9 mg/kg sitrik asit, 12.0-47.9 suksinik asit ve 0.5-2.6 mg/kg fumarik asit; Suarez-Luque ve diğ.(2002) İspanya'nın kuzeybatı bölgesinden topladıkları kestane, ökaliptus, üçgül ve karışık çiçek ballarının organik asit içeriğine bakmışlar ve 13-434 mg/kg malik asit, 0.12-4.67 mg/kg maleik asit, 20-394 mg/kg sitrik asit, 12-759 mg/kg suksinik asit ve 0.04-7.29 mg/kg fumarik asit tespit

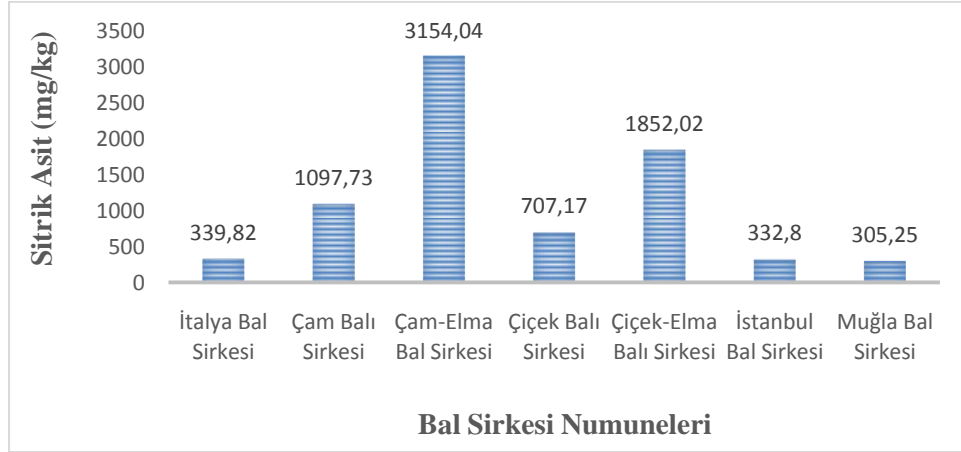
etmişlerdir. Üçgül balında malik ve suksinik asit tespit edilmemiştir. Nozal ve diğ. (1998), farklı orijine sahip ballarda sitrik, pirüvik, galaktronik, glukonik, malik, sitramalik, kinik, suksinik, fumarik ve formik asit içeriğine bakılmış ve organik asit içeriklerinin 5-4933 mg/kg aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmadaki bal örneklerinin organik asit içerikleri genel olarak diğer çalışmalarla benzerlik göstermekle birlikte bazı farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmada malik asit içeriği Cherchi ve ark (1994) çalışmalarındaki sonuçlardan daha az bulunmuş, Nozal ve diğ. (1998) ve Suarez-Luque ve diğ. (2002) çalışmasıyla benzerlik göstermiştir. Suksinik asit içeriği bakımından Cherchi ve diğ. (1994) çalışmasında benzerlikler olmasına rağmen, daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Sitrik asit içeriği yapılan çalışmalardan daha düşük bulunmuştur.

Tablo 4. 15 : Bal sirkesi örneklerinin orijine göre organik asitler analizi sonuçları.

Kod No	Orijin ve Adı	Organik asitler (mg/kg)				
		Sitrik	Tartarik	Malik	Süksinik	Asetik
1	İtalya Organik Bal Sirkesi	339,82±0,27	183,796±0,38	254,82±0,41	2892,74±1,67	39199,39±1.20
2	Çam Balı Sirkesi	1097,73±0,98	257,40±0,52	353,34±0,72	12883,25±2,24	27224,5±4.78
3	Elma ve Çam Bal Sirkesi	3154,04±0,62	301.75±0,50	534,81±0,57	13517,45±1,98	11707,72±1,22
4	Çiçek Balı Sirkesi	707,17±0,71	*	240,85±0,52	1248,91±1,29	11010,34±5.75
5	Elma ve Çiçek Balı Sirkesi	1852,02±0,31	233,23±0,21	267,65± 0,39	5045,51±2,28	23379,64±1,47
6	İstanbul Bal Sirkesi	332,8±0,75	603,55±0,81	106,32±47	48624,63±5,24	27361,07±4,22
7	Muğla Bal Sirkesi	305,25±0,98	221,22±0,67	202,23±0,24	1562,55±5,21	20265,05±1,85

Çalışmada analizi yapılan bal sirkesi örneklerinin sitrik asit, tartarik asit, malik asit, suksinik asit ve asetik asit içerikleri sırasıyla, 305.25-1852.02 mg/kg, 183.796- 603.55 mg/kg, 106.32-534.81 mg/kg, 1248.91–48624.63 mg/kg, 11010.34-39199.39 mg/kg olarak bulunmuştur (Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22). Bal sirkesi örneklerinin illere ve orijine göre organik asit kromatogramları Ek C’de görülmektedir.



Şekil 4.19: Bal sirkesi örneklerinin sitrik asit miktarları.

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin sitrik asit ortalama değerleri 305.25-1852.02 mg/kg arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi sitrik asit miktarı ortalama 339.82 mg/kg, çam balı sirkesi 1097.73 mg/kg, çam ve elma karışımı bal sirkesi 3154.04 mg/kg, çiçek balı sirkesi 707.17 mg/kg, çiçek elma balı sirkesi 1852.02 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 332.8 mg/kg, Muğla bal sirkesi 305.25 mg/kg ‘dır.

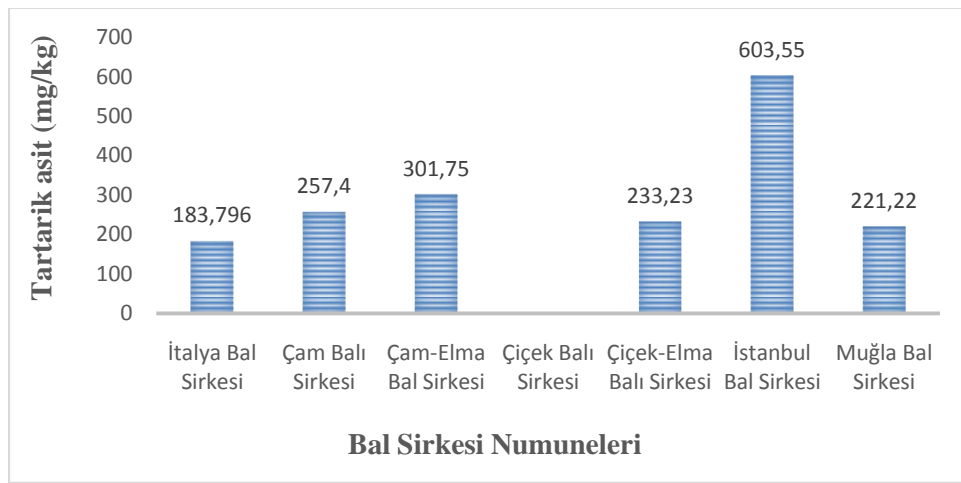
Bal sirkesi örnekleri arasında, sitrik asit içeriği en düşük, Muğla bal sirkesinde iken; en yüksek sitrik asit içeriği çam ve elma karışımı bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.19). Çam balı sirkesinin sitrik asit miktarı, çiçek balı sirkesine göre daha yüksek çıkmıştır. Elma karışimli çam balı sirkesinin sitrik asit içeriği de; elma karışimli çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışimli olması çam balı sirkesi ve çiçek balı sirkesinin sitrik asit içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarıda ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin sitrik asit içeriği karşılaştırıldığında; çam balı

sirkesinin sitrik asit miktarı çam balına göre daha yüksek olup, yaklaşık 184 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin sitrik asit miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin sitrik asit içeriği, Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek olup, yaklaşık 133 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal sirkesi örneklerinin sitrik asit içeriği, bal örneklerinin sitrik asit içeriğinden çok daha fazla çıkmıştır.



Şekil 4.20: Bal sirkesi örneklerinin tartarik asit miktarları.

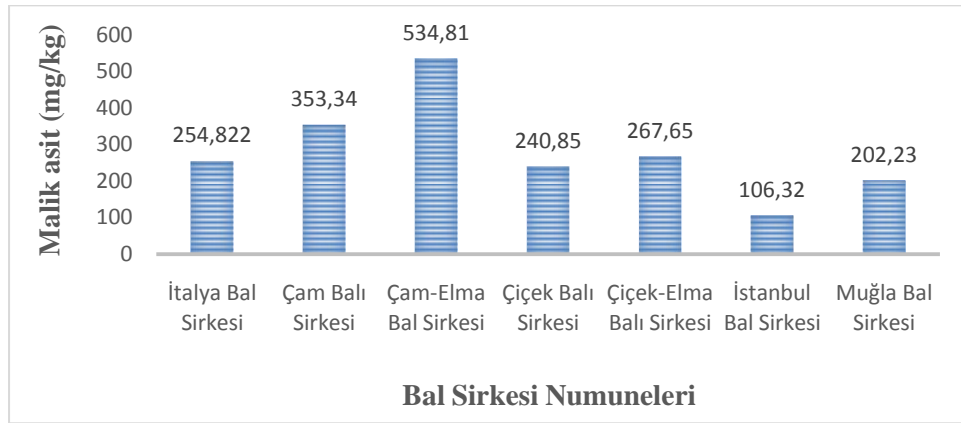
Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin tartarik asit ortalama değerleri 183.796-603.55 mg/kg arasında değişmektedir. İtalya bal sirkesi tartarik asit miktarı ortalama 183.796 mg/kg, çam balı sirkesi 257,40 mg/kg, çam ve elma karışımı bal sirkesi 301.75 mg/kg, çiçek elma balı sirkesi 233.23 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 603.55 mg/kg, Muğla bal sirkesi 221.22 mg/kg 'dir. Çiçek balı sirkesinde tespit edilememiştir.

Bal sirkesi örnekleri arasında, tartarik asit içeriği en düşük, İtalya organik bal sirkesinde iken; en yüksek tartarik asit içeriği İstanbul bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.20). Çam balı sirkesinin tartarik asit miktarı, çiçek balı sirkesine göre daha yüksek çıkmıştır. Çiçek balı sirkesinde tespit edilememiştir. Elma karışımı çam balı sirkesinin tartarik asit içeriği de; elma karışımı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımı olması çam balı sirkesinin tartarik asit içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarında ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin tartarik asit içeriği karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin tartarik asit miktarı çam balına göre yaklaşık 405 kat daha yüksek çıkmıştır.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin tartarik asit miktarı karşılaştırıldığında; Adana Kozan çiçek balının tartarik asit içeriği 2.13 mg/kg çıkarken, çiçek balı sirkesinde tespit edilememiştir.

Bal sirkesi örneklerinin tartarik asit içeriği, bal örneklerinin tartarik asit içeriğinden çok daha fazla çıkmıştır.



Şekil 4.21: Bal sirkesi örneklerinin malik asit miktarları.

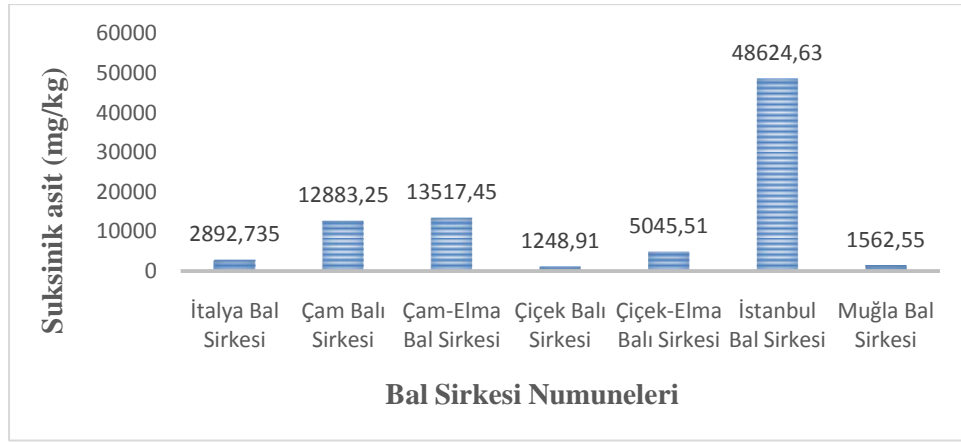
Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin malik asit ortalama değerleri 106.32-534.81 mg/kg arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi malik asit miktarı ortalama 254.82 mg/kg, çam balı sirkesi 353.34 mg/kg, çam ve elma karışımı bal sirkesi 534.81 mg/kg, çiçek balı sirkesi 240.85 mg/kg, çiçek elma balı sirkesi 267.65 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 106.32 mg/kg, Muğla bal sirkesi 202.23 mg/kg 'dir.

Bal sirkesi örnekleri arasında, malik asit içeriği en düşük, İstanbul bal sirkesinde iken; en yüksek malik asit içeriği çam ve elma karışımı bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.21). Çam balı sirkesinin malik asit miktarı, çiçek balı sirkesine göre daha yüksek çıkmıştır. Elma karışımı çam balı sirkesinin malik asit içeriği de; elma karışımı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımı olması çam balı sirkesi ve çiçek balı sirkesinin malik asit içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarında ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin malik asit içeriği karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin malik asit miktarı, çam balının yaklaşık 24 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin malik asit miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin malik asit içeriği, Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek olup yaklaşık 14 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal sirkesi örneklerinin malik asit içeriği, bal örneklerinin malik asit içeriğinden çok daha fazla çıkmıştır.



Şekil 4.22: Bal sirkesi örneklerinin suksinik asit miktarları.

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin suksinik asit ortalama değerleri 1248.91–48624.63 mg/kg arasında değişmektedir. İtalya bal sirkesi suksinik asit miktarı ortalama 2892.74 mg/kg, çam balı sirkesi 12883.25 mg/kg, çam ve elma karışımı bal sirkesi 13517.45 mg/kg, çiçek balı sirkesi 1248.91 mg/kg, çiçek elma balı sirkesi 5045.51 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 48624.63 mg/kg, Muğla bal sirkesi 1562.55 mg/kg 'dir.

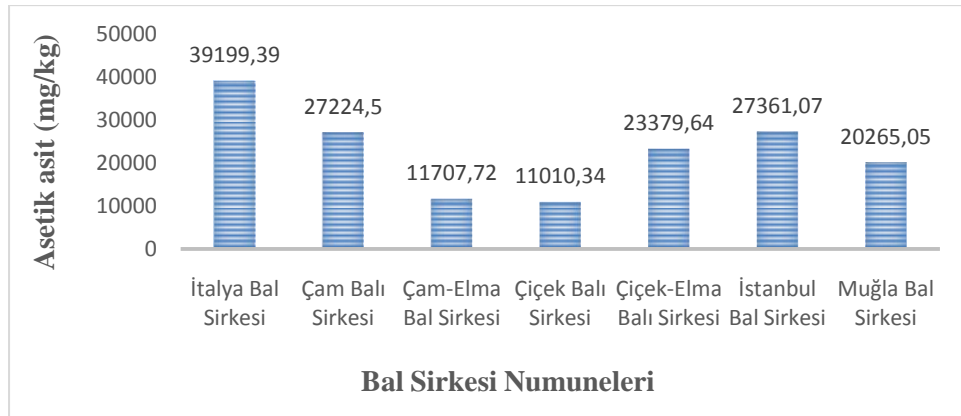
Bal sirkesi örnekleri arasında, suksinik asit içeriği en düşük, çiçek bal sirkesinde iken; en yüksek suksinik asit içeriği İstanbul bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.22). Çam balı sirkesinin suksinik asit miktarı, çiçek balı sirkesine göre daha yüksek çıkmıştır. Elma karışımı çam balı sirkesinin suksinik asit içeriği de; elma

karışımli çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımli olması çam balı sirkesi ve çiçek balı sirkesinin suksinik asit içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarıda ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin suksinik asit içeriği karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin suksinik asit miktarı, çam balına göre daha yüksek olup yaklaşık 57 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarıda ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin suksinik asit miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin suksinik asit içeriği, Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek olup yaklaşık 9.93 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal sirkesi örneklerinin suksinik asit içeriği, bal örneklerinin suksinik asit içeriğinden çok daha fazla çıkmıştır.



Şekil 4.23: Bal sirkesi örneklerinin asetik asit miktarları.

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin asetik asit ortalama değerleri 11010.34–39199.39 mg/kg arasında değişmektedir. İtalya bal sirkesi asetik asit miktarı ortalama 39199.39 mg/kg, çam balı sirkesi 27224.5 mg/kg, çam ve elma karışımı bal sirkesi 11707.72 mg/kg, çiçek balı sirkesi 11010.34 mg/kg, çiçek elma balı sirkesi 23379.64 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 27361.07 mg/kg, Muğla bal sirkesi 20265.05 mg/kg 'dir.

Bal sirkesi örnekleri arasında, asetik asit içeriği en düşük, çiçek balı sirkesinde iken; en yüksek asetik asit içeriği İtalya organik bal sirkesinde

bulunmuştur (Şekil 4.23). Çam balı sirkesinin asetik asit miktarı, çiçek balı sirkesine göre daha yüksek çıkmıştır. Elma karışumlu çam balı sirkesininasetik asit içeriği de; elma karışumlu çiçek balı sirkesine göre daha düşük çıkmıştır. Elma karışumlu olması çam balı sirkesinin asetik asit içeriğini düşürürken, çiçek balı sirkesinin asetik asit içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarıda ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin asetik asit içeriği karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin asetik asit miktarı, çam balına göre daha yüksek olup yaklaşık 3233 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarıda ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin asetik asit miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin asetik asit içeriği, Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek olup yaklaşık 7103 katı olduğu tespit edilmiştir.

Bal sirkesi örneklerinin asetik asit içeriği, bal örneklerinin asetik asit içeriğinden çok daha fazla çıkmıştır.

Cocchi ve diğ. (2006), balzamik sirkede, yıllandırmanın farklı dönemlerinde alınan örneklerdeki organik asit miktarlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda yıllandırmanın farklı dönemlerinde, madde miktarlarının [malik (6.6-15.5 g/kg), tartarik (4.0-9.7 g/kg), sitrik (0.6-1.5 g/kg) ve süksinik(0.36-0.62 g/kg) asitin farklı olduğunu saptamışlardır. Sanarico ve diğ. (2003), geleneksel balzamik sirkede 0-0.11 g/100 g sitrik asit, 0.38-0.77 g/100 g tartarik asit, 0.09-0.94 g/100 g glukonik asit, 0.51-1.20 g/100 g malik asit, 0.67-1.77 g/100 g suksinik asit, 1.64-3.08 g/ 100 g asetik asit tespit etmişlerdir. Morales ve diğ. (1998); farklı sirke örneklerinde sitrik asit içeriği 0-0.300 g/l, tartarik asiti 0.020-2.9 g/l, malik asiti 0.059-6.74 g/l; laktik asiti 0.181-0.648 g/l; asetik asiti 46.2-86.3 g/l aralığında tespit etmişlerdir.

Bal sirkesinin organik asit içeriği diğer sirkelerdeki çalışmalarla uyumludur.

4.15 Toplam Fenolik Madde

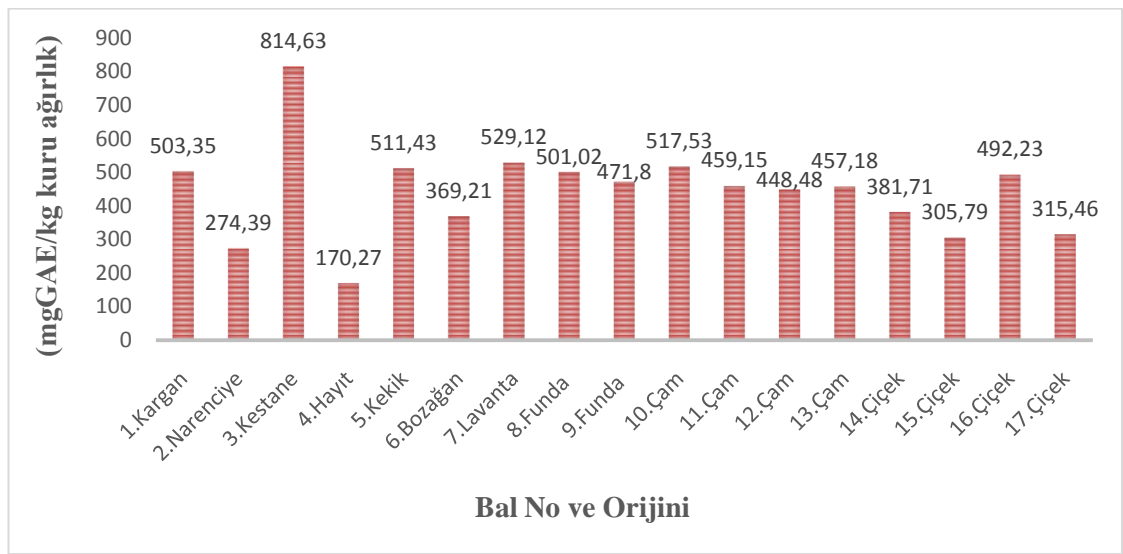
Toplam fenolik madde analizi sonucunda örneklerin toplam fenolik madde içerikleri 170.27-814.63 mg/kg kuru ağırlık arasında değişmektedir (Şekil 4.24).Çiçek ballarının toplam fenolik madde içeriği ortalama 305.79–492.23 mg/kg arasında değişirken, çam ballarında 448.48–517.53 mg/kg, funda (püren) balları 471.8 -501.02 mg/kg, kargan balında 503.35 mg/kg, narenciye balında 274.39 mg/kg, kestane balında 814.63 mg/kg, hayıt balında 170.27 mg/kg, kekik balında 511.43 mg/kg, bozağan balında 369.21 mg/kg, lavanta balında 529.12 mg/kg'dır (Tablo 4.17).

Tablo 4. 16 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre toplam fenolik madde içerikleri.

Örnek No	İl	Orijin	Toplam Fenolik Madde (mg _{GAE} /kg kuru ağırlık)
			Ortalama
1	Aydın	Kargan	503,35±0,29
2	Aydın	Narenciye	274,39±0,34
3	İzmir	Kestane	814,63±1,28
4	Aydın	Hayıt	170,27±0,77
5	Muğla	Kekik	511,43±0,21
6	Muğla	Bozağan	369,21±0,10
7	Muğla	Lavanta	529,12±0,14
8	Muğla	Funda (püren)	501,02±0,37
9			471,8±0,07
10	Adana		517,53±0,19
11	Aydın	Çam	459,15±2,78
12	Muğla		448,48±0,01
13	İzmir		457,18±0,08
14	Adana		381,71±24
15	Kayseri	Çiçek	305,79±1,20
16	Muğla		492,23±0,09
17	İzmir		315,46±0,32

Bal örneklerinin toplam fenolik madde miktarı, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Hayıt –Narenciye–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir) –Bozağan–Çiçek (Adana)–Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın)– Funda (9 No) –Çiçek (Muğla)–Funda (8 No)–Kargan–Kekik–Çam (Adana)–Lavanta–Kestane şeklindedir.

En az toplam fenolik madde içeriğine sahip örnek ortalama 170.27 mg/kg ile Hayıt balı iken en fazla toplam fenolik madde içeriği ortalama 814.63 mg/kg ile kestane balı örneğine aittir.



Şekil 4.24: Bal örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.

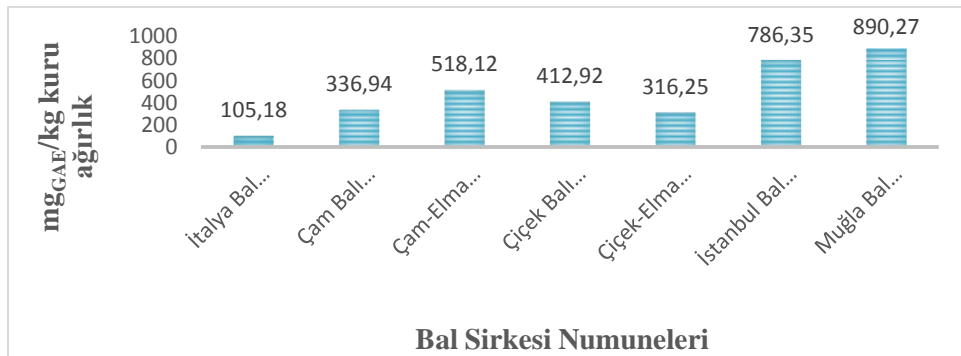
Sanz ve diğ. (2005)'e göre, İspanya ballarında toplam polifenol içeriği ortalama 780 mg/kg'dır. Malezya'da yapılan bir çalışmada toplam polifenol içeriğinin en yüksek tualang balında (840 mg/kg GAE) ve en düşük ananas balında (280 mg/kg GAE) olduğu belirlenmiştir (Halim ve diğ. 2011). Beretta ve diğ. (2005), farklı orijinlere sahip ballarda yaptıkları analizlerinde toplam fenolik madde içeriğinin en yüksek kocayemiş balında, en düşük ise karahindiba çiçeği balında olduğu ve 52-789 mg/kg GAE arasında değiştiğini göstermişlerdir. Sharma ve diğ. (2010), Hindistan ballarında yaptıkları bir çalışmada örneklerin toplam fenolik madde içeriklerini 470-980 mg/kg GAE olarak bulmuştur. Wilczynska (2010), Polonya ballarında toplam fenolik madde içeriğini 175.7-1895.2 mg/kg aralığında bulmuştur.

Çalışmadan elde edilen toplam fenolik madde analizi sonuçları, Sanz ve diğ. (2005), Halim ve diğ. (2011), Beretta ve diğ. (2005), Wilczynska (2010) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. 17 : Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre toplam fenolik madde içerikleri.

Kod No	Lokasyon		Orijin	Toplam Fenolik Madde (mg _{GAE} /kg kuru ağırlık)
	İl	İlçe		
1	İtalya	Modena	İtalyan Bal Sirkesi	105,18±3.62
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	336,94±32.72
3	Adana	Kozan	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	518,12±11.51
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	412,92±3.32
5	Adana	Kozan	Çiçek Elma Balı Sirkesi	316,25±25.29
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	786,35±4.29
7	Muğla	Milas	Muğla Bal Sirkesi	890,27±0.14

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri ortalama 105.18-890.27 mg/kg arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi fenolik madde miktarı ortalama 105.18 mg/kg, çam balı sirkesi 336.94 mg/kg, çam balı ve elma karışımı bal sirkesi 518.12 mg/kg, çiçek balı sirkesi 412.92 mg/kg, çiçek balı ve elma karışımı balsirkesi 316.25 mg/kg, İstanbul bal sirkesi 786.35 mg/kg, Muğla bal sirkesi 890.27 mg/kg 'dir (Tablo 4.18).



Şekil 4.25: Bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.

Bal sirkesi örnekleri arasında, toplam fenolik madde içeriği en yüksek, Muğla bal sirkesinde iken; en düşük toplam fenolik madde içeriği İtalya bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.25). Laboratuvarında ürettiğimiz çiçek balı sirkesinin toplam fenolik değerleri, çam balı sirkesine göre fazla çıkmıştır. Elma karışımı çam balı sirkesinin toplam değeri de; elma karışımı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımı olması çam balı sirkesinin toplam fenolik madde içeriğini artırırken, çiçek balı sirkesinin içeriğini düşürmüştür.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarında ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin toplam fenolik madde miktarları karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin toplam fenolik madde miktarı çam balına göre daha düşük çıkmıştır.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin toplam fenolik madde miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin toplam fenolik madde miktarı, Adana Kozan çiçek balına göre daha yüksek çıkmıştır.

Bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde içeriği, bal örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ile hemen hemen benzer aralıktadır fakat İtalya bal sirkesinin toplam fenolik madde değerleri baldaki toplam fenolik madde değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

4.16 Antioksidan Aktivite

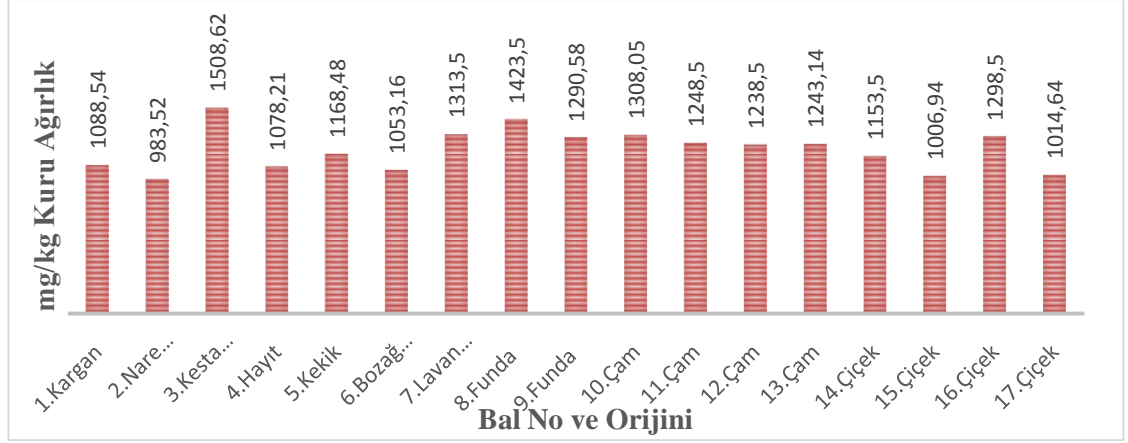
Örneklerin antioksidan aktivitelerini belirlemede DPPH yöntemi kullanılmış olup, DPPH yöntemine göre bal örneklerinin antioksidan aktiviteleri 983.52-1508.62 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 4.26). Çiçek ballarının antioksidan içeriği ortalama 1006.94–1298.5 mg/kg arasında değişirken, çam ballarında 1238.5–1308.05 mg/kg, funda (püren) balları 1290.58–1423.5 mg/kg, kargan balında 1088.54 mg/kg, narenciye balında 983,52 mg/kg, kestane balında 1508.62 mg/kg, hayıt balında 1078.21 mg/kg, kekik balında 1168,48 mg/kg, bozağan balında 1053.16 mg/kg, lavanta balında 1313.5 mg/kg 'dır (Tablo 4.19).

Tablo 4. 18 : Bal örneklerinin illere ve orijine göre antioksidant aktivitesi.

Örnek No	İl	Orijin	Antioksidant Aktivitesi (mg _{trolox} /kg kuru ağırlık)
			DPPH Yöntemi
1	Aydın	Kargan	1088,54±0,56
2	Aydın	Narenciye	983,52±0,21
3	İzmir	Kestane	1508,62±0,17
4	Aydın	Hayıt	1078,21±0,29
5	Muğla	Kekik	1168,48±0,15
6	Muğla	Bozağan	1053,16±0,07
7	Muğla	Lavanta	1313,5±0,44
8	Muğla	Funda (püren)	1423,5±1,09
9			1290,58±0,24
10	Adana	Çam	1308,05±0,11
11	Aydın		1248,50±0,03
12	Muğla		1238,50±0,21
13	İzmir		1243,14±0,09
14	Adana	Çiçek	1153,50±0,34
15	Kayseri		1006,94±0,51
16	Muğla		1298,50±0,08
17	İzmir		1014,64±0,14

Bal örneklerinin toplam antioksidant miktarı, en düşük değerden, en yüksek değere doğru sıralayacak olursak; Narenciye–Çiçek (Kayseri)–Çiçek (İzmir)–Bozağan–Hayıt–Kargan–Çiçek (Adana)–Kekik–Çam (Muğla)–Çam (İzmir)–Çam (Aydın)–Funda (9 No)–Çiçek (Muğla)–Çam (Adana)–Lavanta–Funda (8 No)–Kestane şeklindedir (Şekil 4.26).

En yüksek değer ortalama 1508.62 mg/kg ile kestane balı iken en düşük değer ortalama 983.52 mg/kg ile narenciye balı örneklerine aittir (Tablo 4.19). Diğer balların antioksidant içerikleri Narenciye balından daha yüksek bulunmuştur.



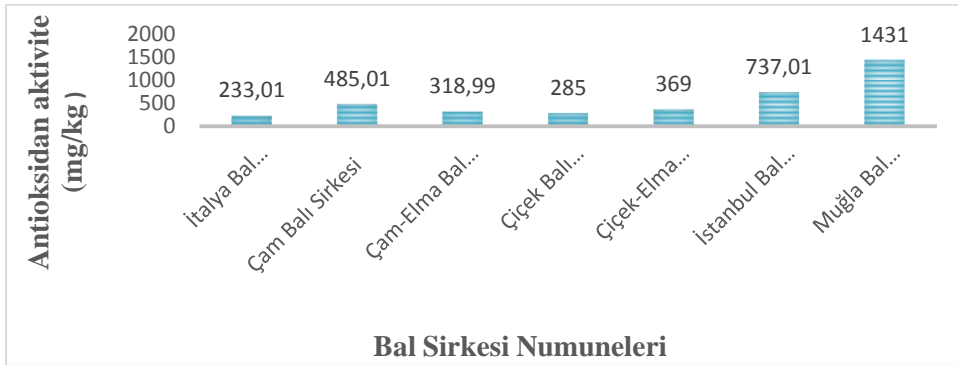
Şekil 4.26: Bal örneklerinin DPPH yöntemi ile antioksidant aktivitesi.

Malezya'da yapılan bir çalışmada DPPH yöntemine göre antioksidant aktivitesinin en yüksek tualang balında (5.80 mg/ml), en düşük ananas balında (10.86 mg/ml) (Halim ve diğ., 2011). Haroun (2006) tarafından çam ballarında belirlenen antioksidant aktivite 20.94-35.87 GAE/100g arasında bulunmaktadır. Sharma ve diğ. (2010), Hindistan ballarında yaptıkları bir araştırmada örneklerin DPPH yönteminde ise % 44-71 arasında tespit etmişlerdir. Beretta ve diğ. (2005), DPPH radikal temizleme aktivitesine ise en düşük (47.62 mg/ml) karahindiba çiçeği balının, en yüksek (1.63 mg/ml) kocayemiş balının sahip olduğu belirlenmiştir. Meda ve diğ.(2005) Burkino Faso balları üzerine yapılan bir araştırmada antioksidant aktivitesini belirlemek üzere yapılan analizlerde, DPPH radikal temizleme aktivitesi en yüksek (29.13 mg/ml) multifloral kaynaklı balda, en düşük (1.37 mg/ml) *Vitellaria* balında tespit edilmiştir. Gasic ve diğ. (2014), Sırbistan ballarında antioksidant miktarını DPPH yöntemiyle %1.31-25.61 bulmuşlardır.

Tablo 4. 19: Bal sirkesi örneklerinin orijin ve illere göre antioksidant analizi sonuçları.

Kod No	Lokasyon		Orijin	Antioksidant Aktivitesi
	İl	İlçe		
1	İtalya	Modena	İtalyan Bal Sirkesi	233,01±0,78
2	Adana	Kozan	Çam Balı Sirkesi	485,01±0,24
3	Adana	Kozan	Çam Ve Elma Bal Sirkesi	318,99±7,89
4	Adana	Kozan	Çiçek Balı Sirkesi	285±0,56
5	Adana	Kozan	Çiçek Elma Balı Sirkesi	369±2,99
6	İstanbul	Fatih	İstanbul Bal Sirkesi	737,01±0,15
7	Muğla	Milas	Muğla Bal Sirkesi	1431±0,46

Araştırmada kullanılan bal sirkesi örneklerinin antioksidan içerikleri ortalama 233.01-1431.00 mg/kg arasında değişmektedir. İtalyan bal sirkesi antioksidant miktarı ortalama 233.01 mg/kg, çam balı sirkesi 485.01 mg/kg, çam balı ve elma karışımı bal sirkesi 318,99 mg/kg, çiçek balı sirkesi 285 mg/kg, çiçek balı ve elma karışımı bal sirkesi 369 mg/kg, İstanbul Bal Sirkesi 737,01 mg/kg, Muğla bal sirkesi 1431 mg/kg 'dir (Tablo 4.20).



Şekil 4.27: Bal sirkesi örneklerinin DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitesi.

Bal sirkesi örnekleri arasında, antioksidan içeriği en yüksek, Muğla bal sirkesinde iken; en düşük antioksidan miktarı İtalya bal sirkesinde bulunmuştur (Şekil 4.27). Laboratuvarında ürettiğimiz çam balı sirkesinin antioksidan içeriği, çiçek balı sirkesine göre fazla çıkmıştır. Elma karışımı çam balı sirkesinin toplam değeri de; elma karışımı çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Elma karışımı

olması hem çam balı sirkesinin hem de çiçek balı sirkesinin antioksidan içeriğini artırmıştır.

Bal örneklerinden 10 nolu Adana Kozan çam balından laboratuvarında ürettiğimiz 2 nolu çam balı sirkesinin antioksidan miktarı karşılaştırıldığında; çam balı sirkesinin antioksidan miktarı çam balına göre daha düşük çıkmıştır.

Bal örneklerinden 14 nolu Adana Kozan çiçek balından laboratuvarında ürettiğimiz 4 nolu çiçek balı sirkesinin antioksidan miktarı ile Adana Kozan çiçek balının antioksidan miktarı karşılaştırıldığında; çiçek balı sirkesinin antioksidan miktarı Adana Kozan çiçek balına göre daha düşük çıkmıştır.

Bal sirkesi örneklerinin antioksidan miktarı, bal örneklerinin antioksidan miktarından daha düşük çıkmıştır fakat sadece 7 nolu Muğla bal sirkesinin antioksidan değerleri baldaki antioksidan değerlerine yakın çıkmıştır.

Budak (2010) elma ve üzümünden üretilen sirkelerdeki antioksidant kapasite tayinleri, Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) ve TEAC ve ORAC yöntemine göre sırasıyla en yüksek antioksidan aktivite 12,07 mM ve 69,10 µmol TE/mL değerleri ile üzüm şarabında belirlenmiştir. Pinsirodom ve diğ.(2008), distile sirkedeki antioksidant miktarı ortalama 5,6 µg TE/mL, beyaz şarap sirkesinde 3,04 µg TE/mL, elma sirkesi 4,71 µg TE/mL, kırmızı şarap sirkesi 3,63 µg TE/mL; Xu ve diğ. (2007), Zhenjiang aromatik sirkesinde antioksidan miktarını 40-50 µg TE/100mL olarak tespit etmişlerdir.

Mariana-Atena ve diğ. (2007), Romanya elmalarından elma sirkesi yapmış ve FRAP yöntemi ile antioksidan kapasitesini 0,45 mM/L olarak bulmuşlardır.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Adana, Muğla, İzmir, Kayseri ve Aydın'dan toplanan çam, çiçek, kargan, narenciye, kekik, hayıt, kestane, bozağan, lavanta ve funda(püren) ballarının nem, renk, viskozite, kül, serbest asitlik, pH, HMF, antioksidan içeriği, toplam fenol içeriği ve organik asit analizleri yapılmıştır. İncelenen ballardan seçilen Adana çiçek ve çam ballarından laboratuvar koşullarında sirke üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizin çeşitli yerlerinden (İstanbul, Muğla) ve yurtdışından (İtalya) bal sirkeleri alınmış, bal sirkesi örneklerine renk, kuru madde, kül, serbest asitlik, pH, alkol, yoğunluk, antioksidan içeriği, toplam fenol içeriği ve organik asit analizleri yapılmış ve kaynak bilgileriyle kıyaslama yapılmıştır.

Yapılan çalışmada çam, çiçek, kargan, narenciye, kekik, hayıt, kekik, bozağan, lavanta ve funda (püren) bal örneklerinden elde edilen nem, kül sonuçları Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Anonim 2012) uygun olduğu görülmüştür.

Analiz sonuçlarına göre çam ballarının ortalama kül miktarları, çiçek ballarına göre daha yüksektir. Benzer şekilde bal sirkesi örneklerinde de çam ballarından elde edilen sirkelerin de ortalama kül miktarları, çiçek bal sirkelerine göre daha yüksektir. 6 ve 7 kod numaralı bal sirkeleri dışındaki sirke örneklerindeki kül değerleri, üzüm sirkeleri üzerinde yapılan diğer araştırmaların sonuçlarında bildirilmiş kül miktarlarından oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bal numunelerin hepsinin ise bal şaraplarında bildirilmiş kül miktarına göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bal sirkesinin, üzüm sirkeleri ve bal şarabındaki örneklerden daha düşük mineral maddeye sahip olduğunu göstermektedir.

Bal örneklerinden kargan ve Kayseri çiçek balının HMF değerlerinin tebliğde verilen maksimum değerden daha yüksek çıktığı ve uygun olmadığı görülmüştür. Bu durumun, bal örneklerinin hasattan sonra ambalajlama sırasında ısıl işleme tabi tutulmuş veya depolama esnasında uygun olmayan sıcaklıklarda depolanmış

olabileceğine işaret etmekle birlikte balın kendine özgü yapısından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Balların viskozite değerleri arasında; en yüksek değerler İzmir (Tire) çiçek ballarında bulunurken, en düşük viskozite değerleri kestane ballarında bulunmuştur. Kestane balının, diğer ballara kıyasla daha akışkan olduğu tespit edilmiştir.

Çam balı sirkesinin kuru madde değerleri, çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Çam ve çiçek bal üretirken fermantasyon aşamasında elma eklenmiş olan örneklerin kuru madde miktarları eklenmemiş olanlara göre daha fazla çıkmıştır. Analizi yapılan bal sirkelerinin kuru madde içeriği bal şarabı ve üzüm sirkelerinde yapılan çalışmalardaki kuru madde içeriğine göre çok düşük çıkmıştır.

Bal örneklerinin serbest asitlik değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Anonim 2012)' ne uygun olduğu görülmüştür. Bal numunelerinin serbest asitlik ve pH değerleri yapılan diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik taşımaktadır. Bal sirkesi örneklerinin pH aralığı, bal örneklerinin ve diğer sirke üzerinde yapılan çalışmalarda belirtilen pH aralığı içinde olduğu tespit edilmiştir. Bal sirkelerinin asitlik değeri TS 1880 EN 13188 sirke standardına (Anonim 2003) uygunluk göstermektedir.

Laboratuvarda üretilen 2 nolu çam balı sirkesinin yoğunluğu, 4 nolu çiçek balı sirkesinin yoğunluğuna göre fazla çıkmıştır. 3 nolu elma karışumlu çam balı sirkesinin yoğunluk değeri de; 5 nolu elma karışumlu çiçek balı sirkesine göre daha fazla çıkmıştır. Bal sirkelerinin yoğunluk değerleri, diğer sirkeler üzerine yapılan çalışmalarla uygunluk göstermektedir.

Kalıntı alkol oranı TS 1880EN 13188 sirke standardına (Anonim 2003) uygunluk göstermektedir.

Genel olarak organik asit içeriği bakımından en yüksek değere sahip balların Adana çam balı örneklerine ait olduğu, en düşük organik asit içeriğinin ise narenciye bal örnekleri olduğu görülmüştür. Çalışmadaki bal örneklerinin organik asit içerikleri genel olarak diğer çalışmalarla benzerlik göstermekle birlikte bazı farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmada malik asit içeriği Cherchi ve ark (1994) çalışmalarındaki sonuçlardan daha az bulunmuş, Nozal ve diğ. (1998) ve Suarez-Luque ve diğ. (2002)

çalışmasıyla benzerlik göstermiştir. Süksinik asit içeriği bakımından Cherchi ve diğ. (1994) çalışmasında benzerlikler olmasına rağmen, daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Bal sirkesi örneklerinin sitrik, malik, tartarik, süksinik, asetik içeriği, bal örneklerinden çok daha fazla çıkmıştır. Bal sirkesinin organik asit içeriği diğer sirkelerdeki çalışmalarla uyumludur.

Bal örneklerinden elde edilen toplam fenolik madde analizi sonuçları diğer ballardaki çalışmalarla uyumludur. Bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde içeriği, bal örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ile hemen hemen benzer aralıktadır. Fakat 1 nolu İtalya bal sirkesinin toplam fenolik madde değerleri baldaki toplam fenolik madde değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

Bal sirkesi örneklerinin antioksidant miktarı, bal örneklerinin antioksidant miktarından daha düşük çıkmıştır. Fakat sadece 7 nolu Muğla bal sirkesinin antioksidan değerleri baldaki antioksidan değerlerine yakın çıkmıştır.

Bal sirkesi ülkemizde bazı dağ köylerinde ve arıcılık yapan bazı kişilerce bilinmekte olup, bu ürün hakkında insanlar yeteri bilgi sahibi değildir. Bal sirkesinin optimum üretim prosesi ve özellikleri üzerinde değişik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu yapılan çalışmalar sonucu değerlendirilmiştir.

6 KAYNAKLAR

Akbaş, M., Cabaroğlu, T., “Ülkemizde Üretilen Bazı Üzüm Sirkelerinin Bileşimleri ve Gıda Mevzuatına Uygunlukları Üzerine Bir Araştırma”, *Gıda*, 35(3), 183-188, (2010).

Aktan N, Yıldırım H., *Sirke Teknolojisi*, II. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 83, (2011).

Aljadi, A.M., Kamaruddin, M.Y., “Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys”, *Food Chemistry*,; 85, 513–518, (2004).

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., Battino, M., “Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds”, *Food Chemical Toxicology*, 48, 2490–2499, (2010).

Anlı, R.E., Denli, Y., Fidan, I., Bayram, G., “Bal Şarabı Üzerine Bir Araştırma”, *Gıda*, 22 (4), 257-261, (1997).

Anonim, TSE Sirke Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün Tarifler, Özellikler ve İşaretleme, TS 1880 EN 13188, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad. 112, Ankara, (2003).

Anonim, Türk Gıda Kodeksi 2012/58 Sayılı Bal Tebliği, <http://www.kkgm.gov.tr/TGK/Tebliğ/2012-58.html>, (2012).

Anupama, D., Bhat, K., Sapna, V., “Sensory and physicochemical properties of commercial samples of honey”, *Food Research International*, 36, 183-191, (2002).

AOAC, In K. Helrich (Ed.), *Official methods of analysis* (15th Ed.), Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, Inc, (1990)

AOAC, *Official methods of analysis*, 16th edn. Arlington, VA. Association of Official Analytical Chemists, (1995).

Azeredo, C., Dutra, V., “Protein contents and physicochemical properties in honeysamples of *Apis mellifera* of different floral origins”, *Food Chemistry*, 80, 249-254, (2002).

Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Facino, R.M., “Standardization of Antioxidant Properties of Honey by a Combination of Spectrophotometric/Fluorimetric Assays and Chemometrics”, *Analytica Chimica Acta*, 533, 185-191, (2005).

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

Budak, H.N., “Elma Ve Üzümünden Üretilen Sirkelerin Bileşenleri Ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Araştırma”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 44, (2010).

Cabaroğlu, T., “Nevşehir Ürgüp Bölgesinde Yetiştirilen Şaraplık Beyaz Emir Üzümü Üzerinde Teknolojik Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 37, (1991).

Casale, M., Abajo, M-J. S., Saiz, J-M.G., Pizarro, C., Fornia, M., “Study of the Aging and Oxidation Processes of Vinegar Samples from Different Origins during Storage by Near-Infrared Spectroscopy”, *Analytica Chimica Acta*, 557, 360-366, (2006).

Cherchi, A., Spanedda, L., Tuberoso, C., Cabras, P., “Solid-phase Extraction and High Performance Liquid Chromatographic Determination of Organic Acids in Honey”, *Journal of Chromatography A*, 669, 59-64, (1994).

Cocchi, M., Durante, C., Garndi, M., Lambertini, P., Manzini, D., Marchetti, A., “Simultaneous Determination of Sugar and Organic Acids in Aged Vinegars and Chemometric Data Analysis”, *Talanta*, 69 (5), 1165-1175, (2006).

Devillers, J., Morlot, M., Pham, M., “Classification of monofloral honeys based on their quality control data”, *Food Chemistry*, 86, 305-312, (2004).

Eniştigil, N., “Bal, bal hileleri, taklit, tahşiş ve mevzuat”, Batı Anadolu 1. Arıcılık Semineri”, 140-149, Menemen, (1977).

Garcia-Parrilla, M.C., Gonzalez, G.A., Heredia, F.J., Troncoso, M., “Differentiation of Wine Vinegars Based on Phenolic Composition”, *Journal Agriculture Food Chemical*, 45, 3487-3492, (1997).

Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A., Antonelli, A., “Characterization of White Vinegars of Different Sources With Artificial Neural Networks”, *Journal Science Food Agriculture*, 78, 415-425, (1998).

Gomez, J. M., Cantero, D., “Kinetics of Substrate Consumption and Formation in Closed Acetic Fermentation Systems”, *Bioprocess Engineering*, 18, 439-444, (1998).

Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C., Yavuz, O., “Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum officinarum* L.) syrup”, *Food Chemistry*, 105, 1119-1125, (2005).

Güleç, M., “Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Bazı İllerden Toplanan Bal Örneklerinde Metal Düzeylerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 57, (2007).

Gürarda, O., Aktan, N., “Sirkelerde Asetil Metil Karbinol Testi ile Oluşan Tortunun Miktarına Göre Tağışın Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma”, *Gıda-Yem Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, Bursa, 1(2), 26-30, (1991).

Haroun, M.I., “Türkiye’de Üretilen Bazı Çiçek ve Salgı Ballarının Fenolik Asit ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 110, (2006).

Ilha, E.C., Sant'Anna, E., Torres, R.C., Porto, A.C., Meinert, E.M., “Utilization of bee (*Apis mellifera*) honey for vinegar production at laboratory scale”, *Europe Pubmed Central*, 51(4), 231-235, (2000).

Juszczak L, Fortuna T., “Rheology of selected Polish honeys”, *Journal Food Engineering*, 75, 43–49, (2006).

Kadar, M., Juan-Borrás, M., Doménech, E., Escriche, I., “Physicochemical parameters and colour as a tool to distinguish lemon tree honey from orange tree honey”, *International Conference on Food Innovation*, (2010) .

Kamal, A., Raza, S., Rashid, N., Hameed, T., Gilani, M., Qureshi, M. A., Brewey, K. N.M., “Comparative Study of Honey Collected from Different Flora of Pakistan”, *Online Journal of Biological Sciences*, 2 (9), 626-627, (2002).

Karadal, F., Yıldırım, Y., “Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi”, *Veteriner Fakültesi Dergisi*. 9(3), 197-209, (2012).

Kartal, H., “Bolu Yöresi Ballarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi’ne Uygunluğunun İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bolu, 40, (2012).

Keskin, H., *Besin Kimyası*, Ankara, 450, (1982).

Kılıç, O., “Piyasada Satılan Sirkelerin Bileşimleri Üzerinde Bir Araştırma”, *Gıda Dergisi*, Ankara, 1(4/5), 121-125, (1976).

Kırk, R.S., Sawyer, R., *Pearson’s Composition and Analysis of Foods*. 9th. Edition, Longman Scientific & Technical, England, 705-710, (1991).

Ma, R.S, Guo, D., “Study on fermentation techniques of honey vinegar”, *China Condiment*; 2009-06, (2009).

Mariana-Atena, P., Gergen, I., Moigrădean, D., Târu, V., Dogaru, D., “Antioxidant properties evaluation for different types of apple vinegar with unalcoholic red wine concentrates addition”, *Bulletin USAMV-CN*, 63, 476-481, (2007).

Morales, M.L., Gonzalez, A.G., Troncoso, A.M., “Ion-exclusion Chromatographic Determination of Organic Acids in Vinegars”, *Journal of Chromatography A*, 822, 45-51, (1998).

- Morales, M.L., Tesyafe, W., Garcia-Parrilla, M.C., Casas, J.A., Troncoso, A.M., "Sherry Wine Vinegar: Physicochemical Changes During the Acetification Process", *Journal Science Food Agriculture*, 81, 610-620, (2001).
- Nagai, T., Sakai, M., Inoue, R., Inoue, H., Suzuki N., "Antioxidative activities of some commercially honeys, royal jelly, and propolis", *Food Chemistry*, 75, 237-240, (2001).
- Nanda, V., Sarkar, B., Sharma, H., "Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India", *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 613-619, (2003).
- Nombre, I., Schweitzer, P., Boussim, J.I., Rasolodimby, J.M., "Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso", *African Journal of Food Science and Technology*, 4(7), 458 – 463, (2010).
- Öder, E., "Bal İçerisindeki Maddeler ve Bunların Balın Özelliklerine Etkileri", *Gıda*, 6 (5), 31-38, (1981).
- Ölmez, Ç., "Türkiye'de Üretilen Farklı Çiçek ve Salgı Bal Çeşitlerinin Bazı Kalitatif ve Besinsel Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 23, (2009).
- Özkaya, H., Şahin, E., Türker, İ., *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, Ankara, 345, 443-467, (1991).
- Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, M., "Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars", *LWT - Food Science and Technology*, 63:144-151, (2015).
- Pinsirodom, P., Rungcharoen, J., Liumminful, A., "Quality of commercial winevinegars evaluated on the basis of total polyphenol content and antioxidant properties", *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 1(4), 232-241, (2008).
- Plessi, M., *Vinegar*, Umversita Degli Studi Modena, Elseiver Selence Ltd. 5996-6003, (2003).
- Przybylowski, P., Wilezynska, A., "Honey as Environmental Marker", *Food Chemistry*, 74, 289-291, (2001).
- Rodriguez, I., Salud, S., Hortensia, G., Luis, U.J., Jodral, M., "Characterisation of Sierra morena citrus blossom honey (*Citrus sp*)", *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2008-2015, (2010).
- Rommel, A., Heatherbell, D.A., Wrolstad, R.E., "Red raspberry juice and wine: Effect of processing and storage on anthocyanin pigment composition, colour and appearance", *Journal of Food Science*, 55, 1011-1017, (1990).

Sahinler, N., Gul, A., Akyol, E., Oksuz, A., “Heavy metals, trace elements and biochemical composition of different honey produce in Turkey”, *Asian Journal Chemistry*, 21(3), 1887-1896, (2009).

Sanorico, D., Motta, S., Betolini, L., Antonelli, A., “HPLC Determination of Organic Acids in Traditional Balsamic Vinegar of Reggio Emilia”, *Journal of Liquid Chromatography Related Technologies*, 26:13, 2177 – 2187, (2003).

Sanz, M.L., Dolores Del Castillo, M., Corzo, N., Olano, A., “2-Furoylmethyl amino acids and Hydroxymethylfurfural as indicators of honey quality”, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 51, 4278-4283, (2003).

Sariöz, P., ‘Arı Biziz, Bal Bizdedir‘ Düünden Bugüne Türkiye‘de Arıcılık. Balparmak yayınları, İstanbul, 192, (2006).

Sharma, A., Saxena, S. Gautam, S., “Physical, Biochemical and Antioxidant Properties of Some Indian Honeys”, *Food Chemistry*, 118, 391-397, (2010).

Singleton, V.L., Rossi, J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158, (1965).

Soria, A.C., Gonzales, M., De Lorenzo, C., Martinez-Castro, I., Sanz, J., “Characterization of Artisanal Honeys from Madrid (Central Spain) on the Basis of Their Melissopalynological, Physicochemical and Volatile Composition Data”, *Food Chemistry*, 85, 121-130, (2004).

Suárez-Luque, S., Mato, I., Huidobro, J.F., Simal-Lozano, J., Sancho, M.T., “Rapid Determination of Minority Organic Acids in Honey by High Performance Liquid Chromatography”, *Journal of Chromatography A*, 955, 207-214, (2002).

Svecova, B., Bordovska, M., Kalvachova, D., Hajek, T. 2015. Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38: 80–88.

Şahin, İ., Asit Fermantasyonları (Sirke, Laktik Asit ve Sitrik Asit fermantasyonları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No.78, 142, (1982).

Şahin, İ., Kılıç, O., “Kuru Üzüm ve Şarap Sirkelerinin Bileşimleri ve Kontrol Yöntemleri Üzerinde Araştırma”, *Gıda Dergisi*, 6(6): 5-15, (1981).

Şahin, İ., Yavaş, İ., Kılıç, O., “Kuru Üzüm Sirkesi Üretiminde Öğütme ve Çeşitli Katkı Maddelerinin Fermantasyon Süresi ve Verime Etkileri”, *Gıda Dergisi*, 2 (3), 95-110, (1977).

Tolon, B., “Muğla Yöresi Çam Ballarının Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 117, (1999).

Turkmen, N., Sarı, F., Poyrazoglu, E.S., Velioglu, Y.S., “Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey”, *Food Chemistry*, 95, 653–657, (2006).

Ünal, E., “Dimrit Üzümünden Değişik Yöntemlerle Sirke Üretimi Üzerinde Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 44, (2007) .

White, J.W., “Spectrophotometric Method for Hydroxymethylfurfural in Honey”, *Journal Association of Official Analytical Chemists*, 62, 509, (1979).

Wilczynska, “Phenolic Content and Antioxidant Activity Of Different Types of Polish Honey – A Short Report. Pol.”, *Journal of Nutrition and food sciences*, 60(4), 309-313, (2010).

Xu, Q., Tao, W., AO, Z., “Antioxidant Activity of Vinegar Melanoidins”, *Food Chemistry*, 103, 841-849, (2006).

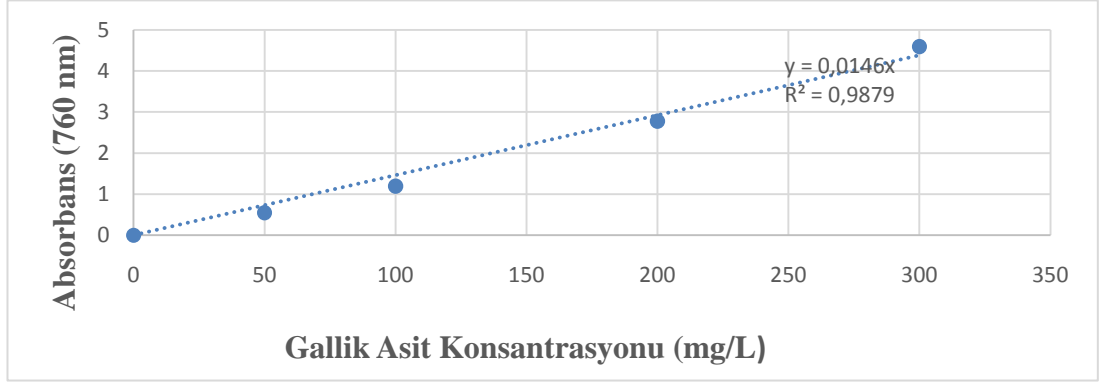
Yıldız, O., Sahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., “Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi”, *Akademik Gıda*, 8(6), 44-51, (2010).

Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., Verzera, A., “Methods for the determination of HMF in honey”, *Food Control*, 16, 273-277, (2005).

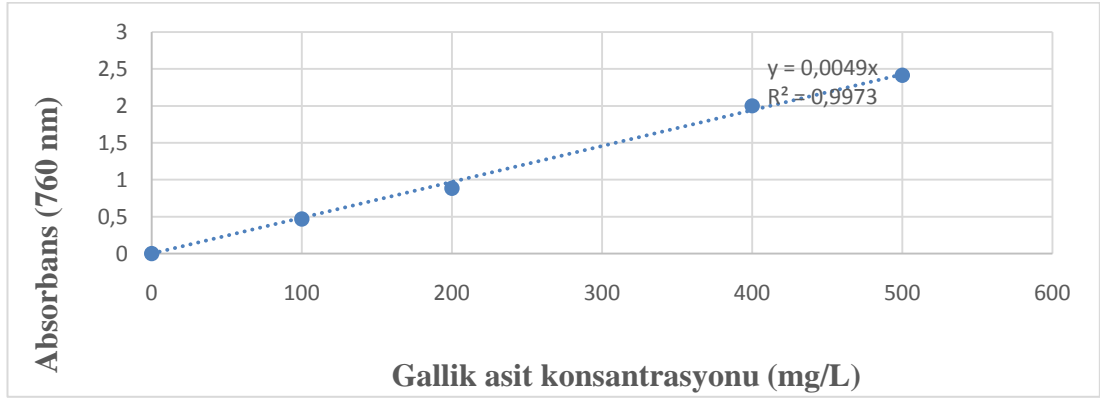
Zhang, L., Zeng Z., Wu, X., YAN, W., “Analysis of aroma components in Sapium discolor honey vinegar by GC/MS”; *China Condiment*; 2011-04, (2011).

7 EKLER

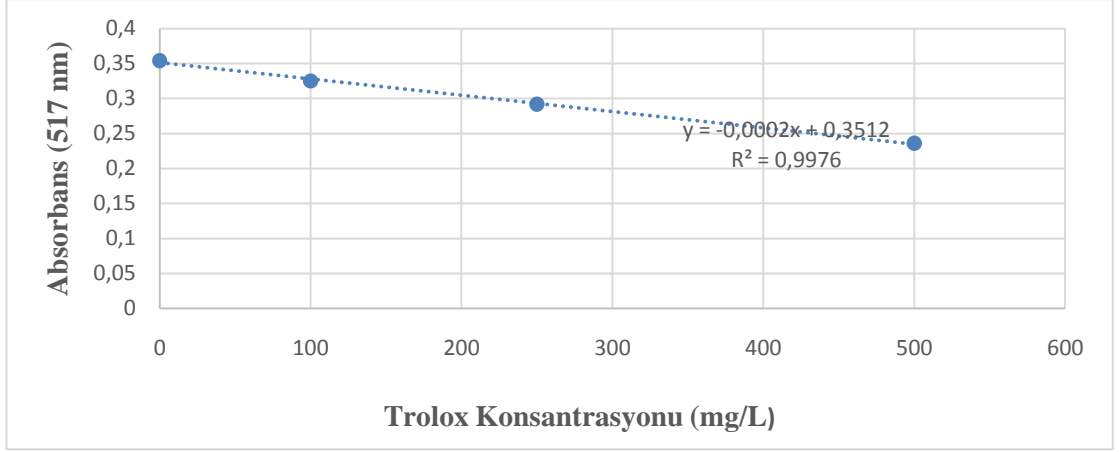
EK A. Analizlerin Standart Kalibrasyon Grafikleri



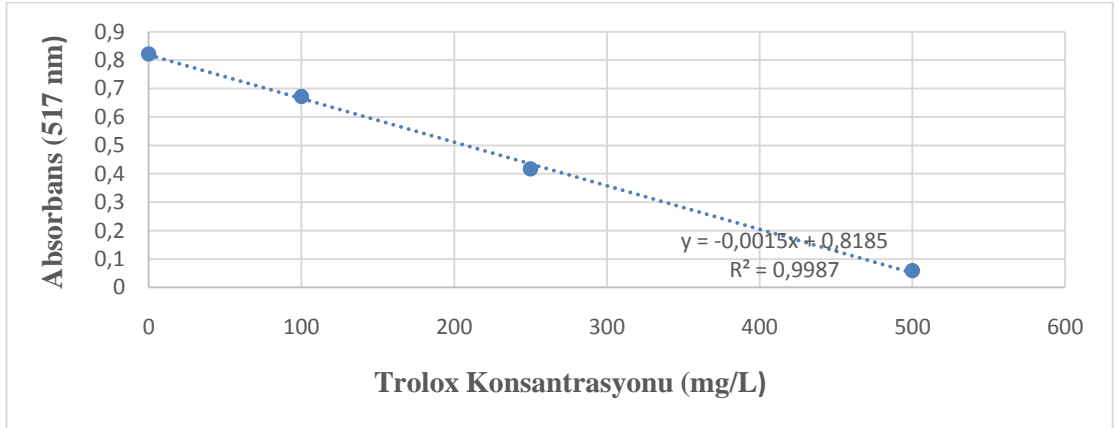
Şekil A.1: Bal örneklerinin toplam fenolik madde analizi için gallik asit kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon grafiği.



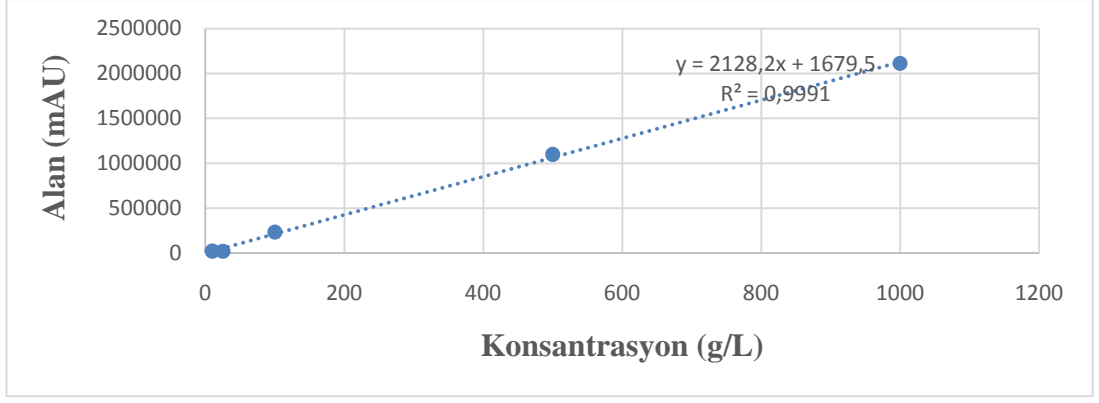
Şekil A.2: Bal sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde analizi için gallik asit kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon grafiği.



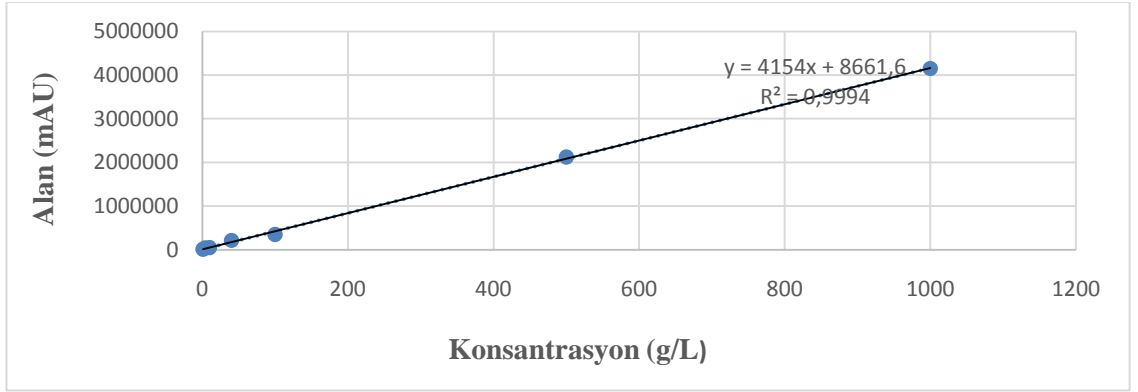
Şekil A.3: Bal örneklerinin antioksidant aktivite analizinde trolox kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon grafiği.



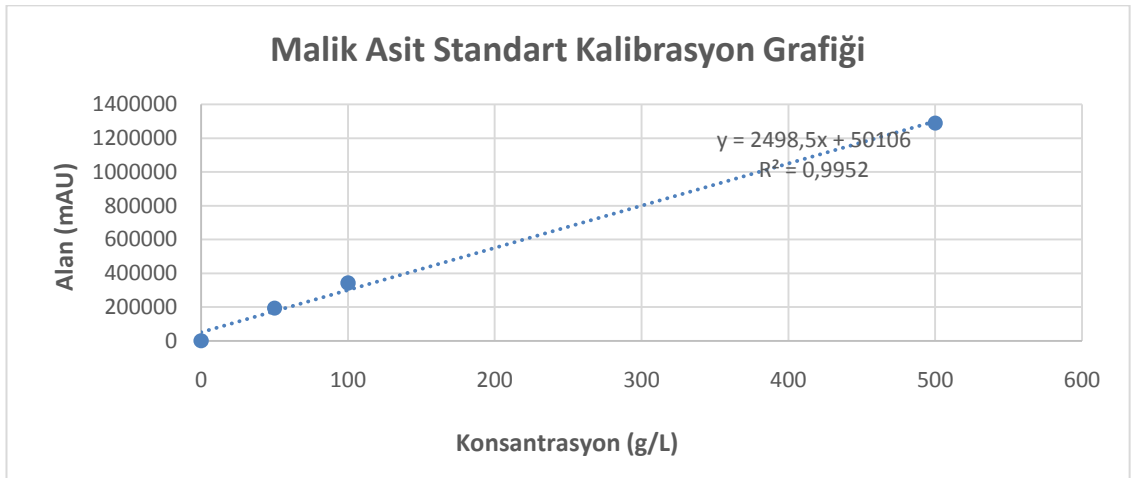
Şekil A.4: Bal sirkesi örneklerinin antioksidant aktivite analizinde trolox kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon grafiği.



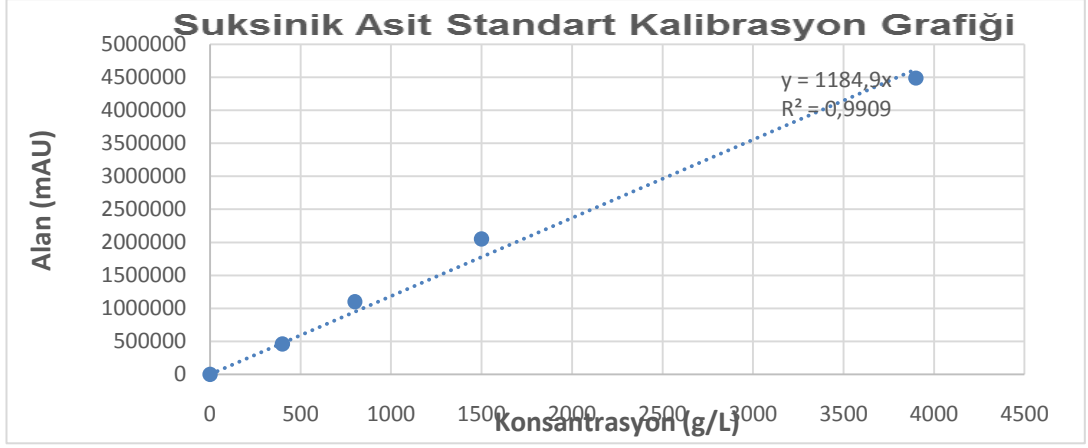
Şekil A.5: Sitrik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği.



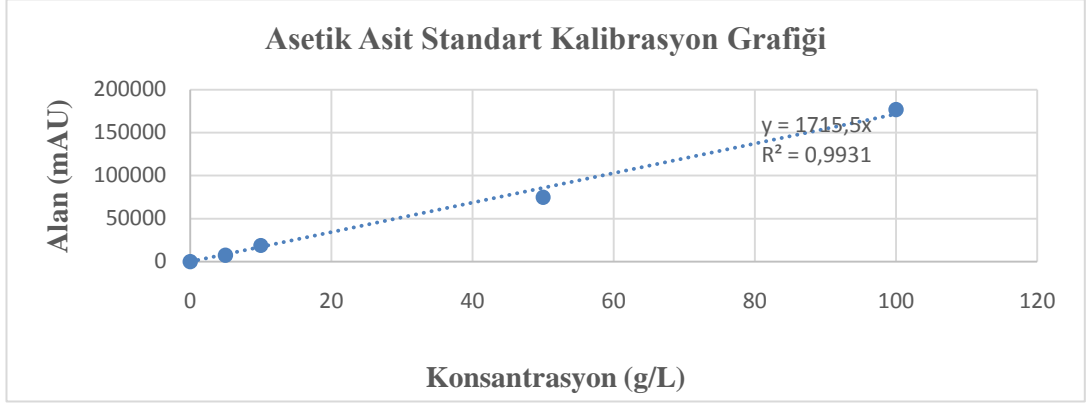
Şekil A.6: Tartarik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği



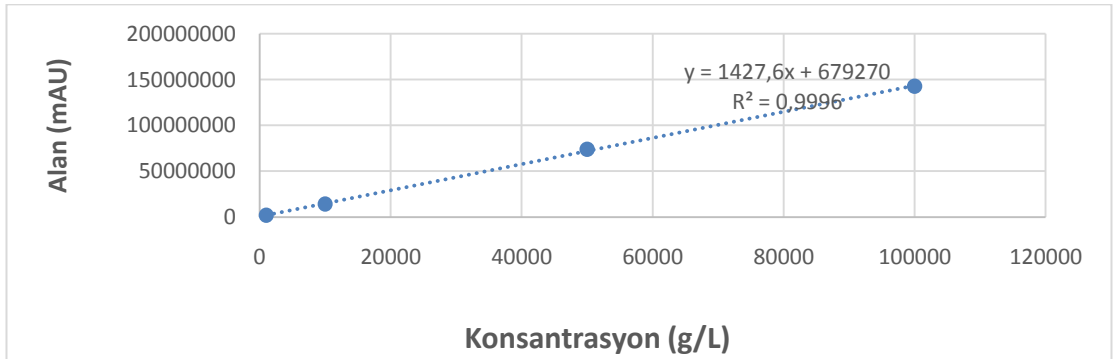
Şekil A.7: Malik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği



Şekil A.8: Suksinik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği

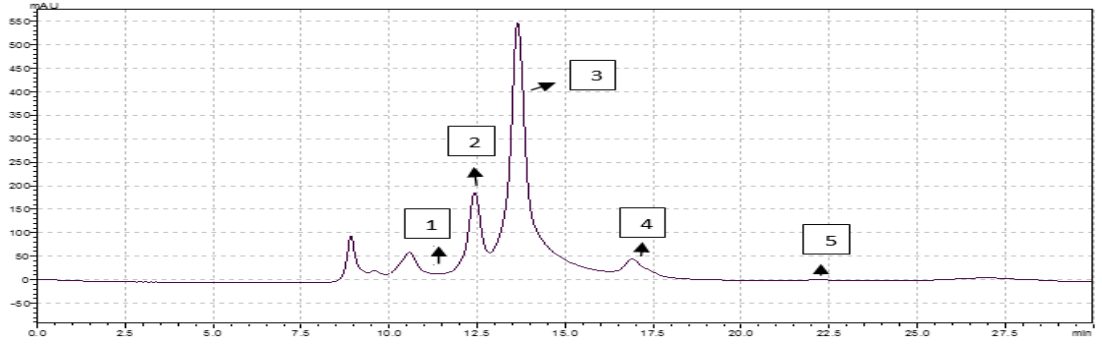


Şekil A.9: Balda asetik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği

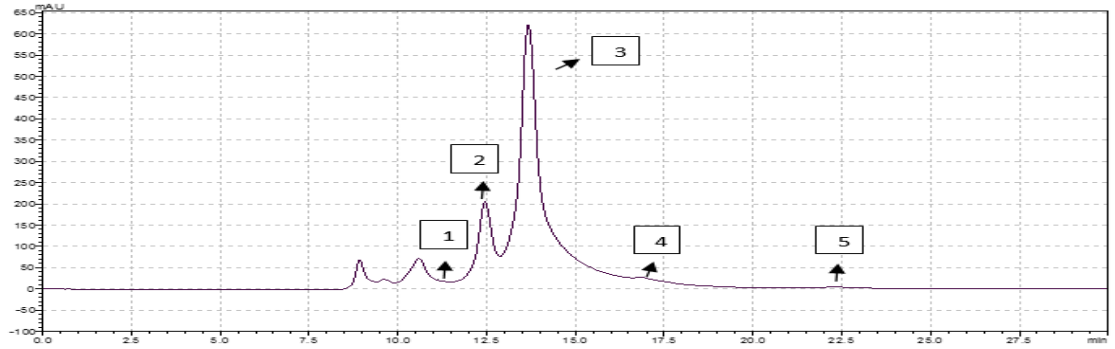


Şekil A.10: Bal sirkesinde, asetik asit analizi için standart kalibrasyon grafiği.

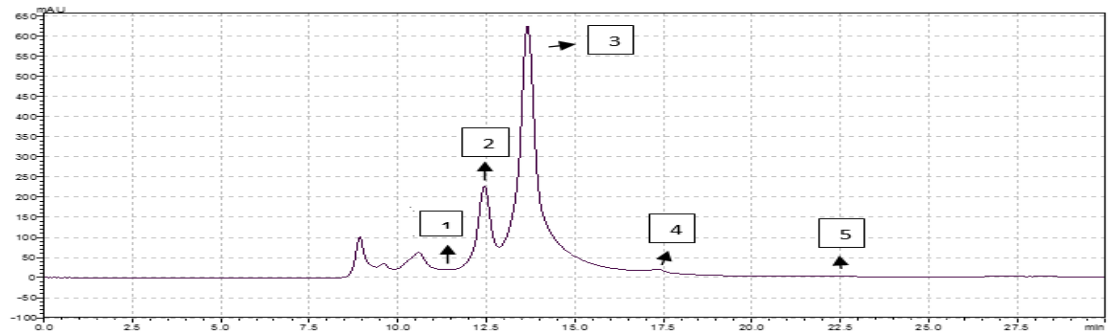
EK B.1 Bal örneklerinin HPLC kromatogramları



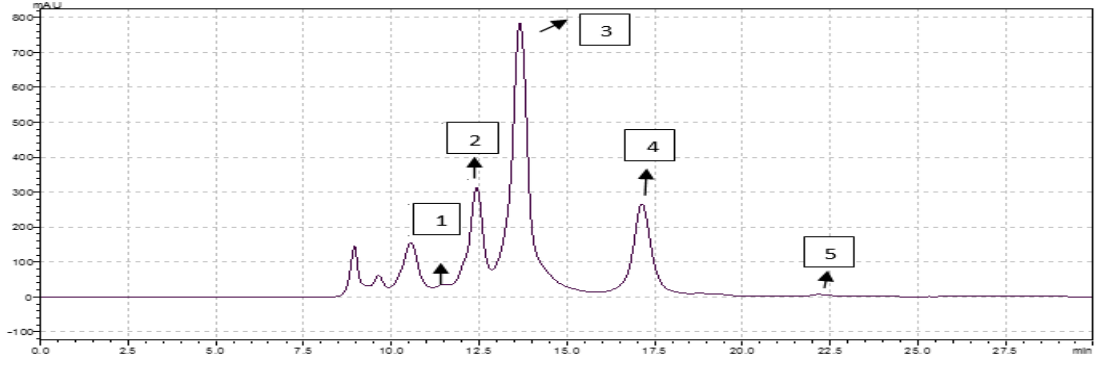
Şekil B.1: Kargan balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3 : Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5 : Asetik asit).



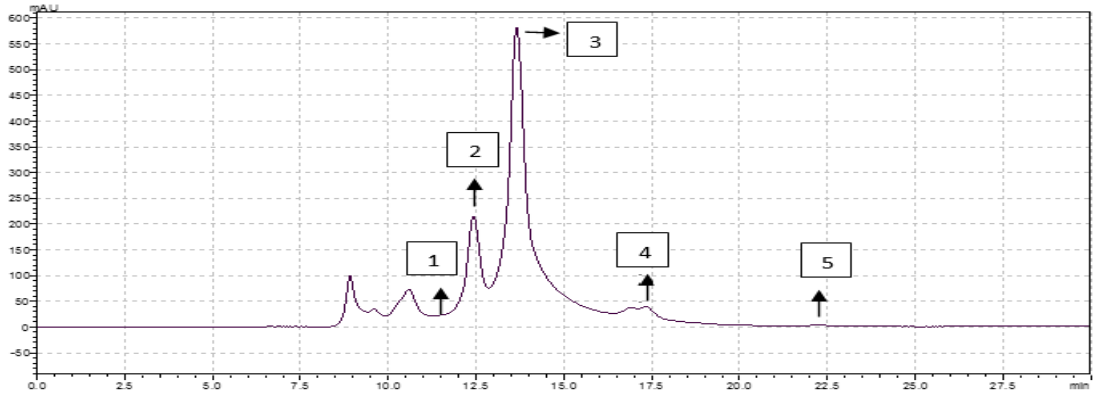
Şekil B.2 : Narenciye balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3 : Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5 : Asetik asit).



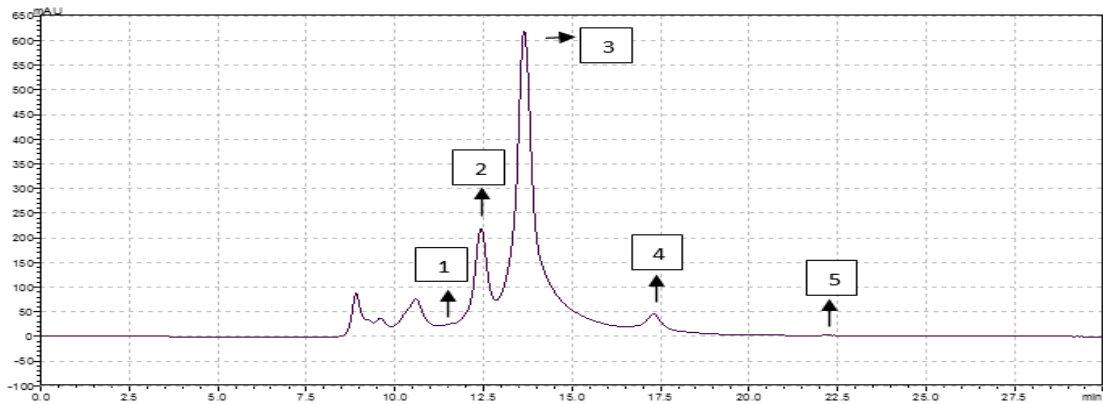
Şekil B.3: Kestane balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



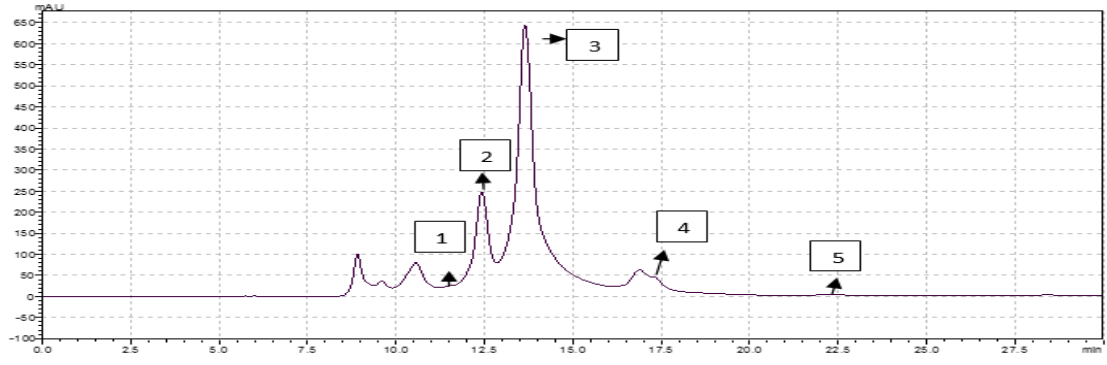
Şekil B.4: Hayıt balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



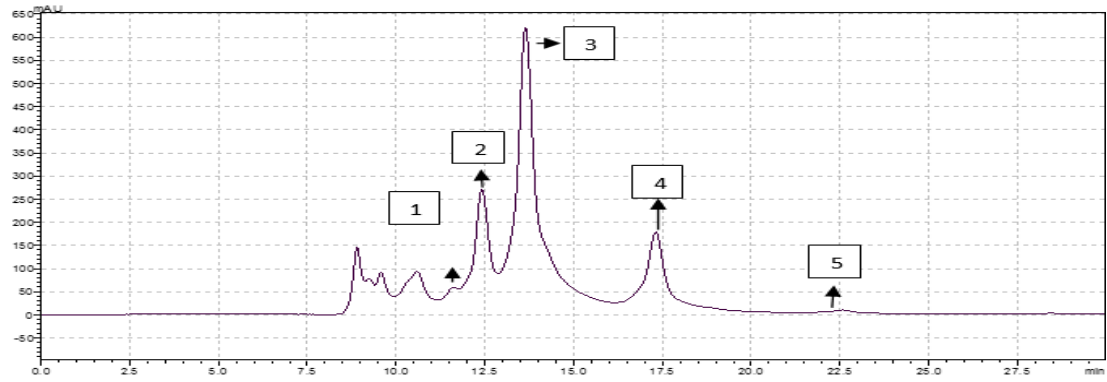
Şekil B.5: Kekik balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



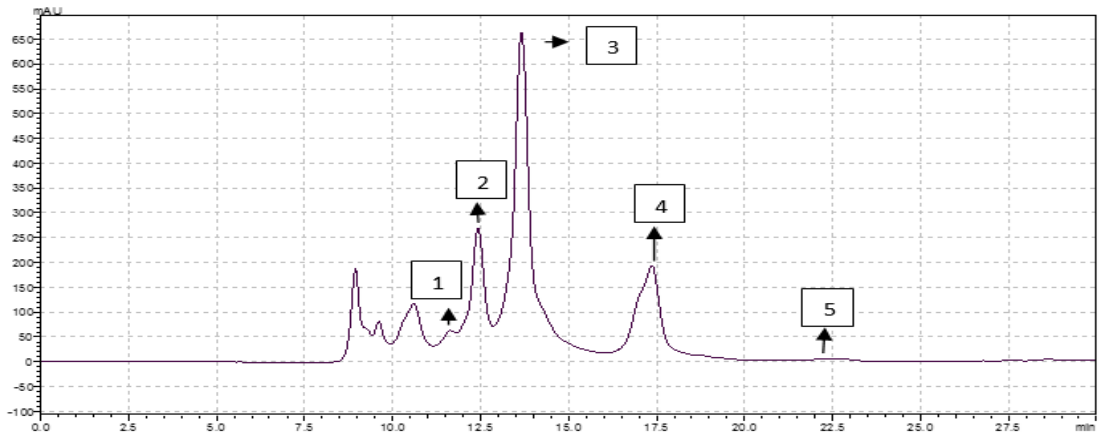
Şekil B.6: Bozağan balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



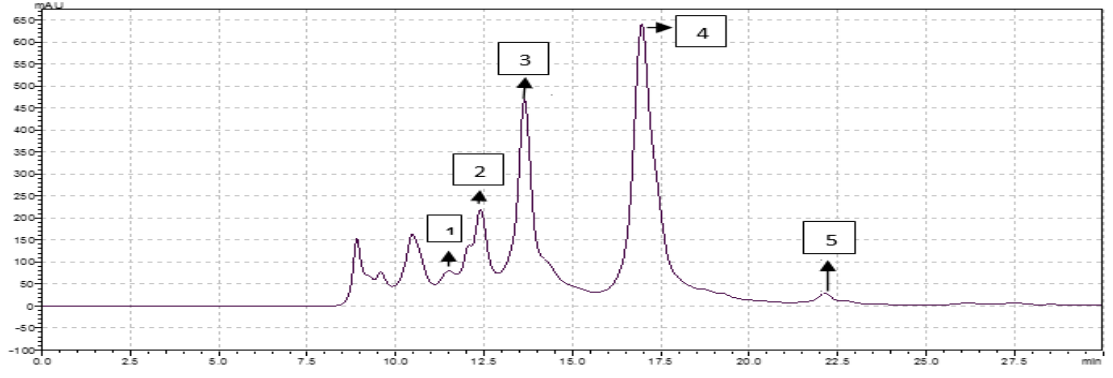
Şekil B.7: Lavanta balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



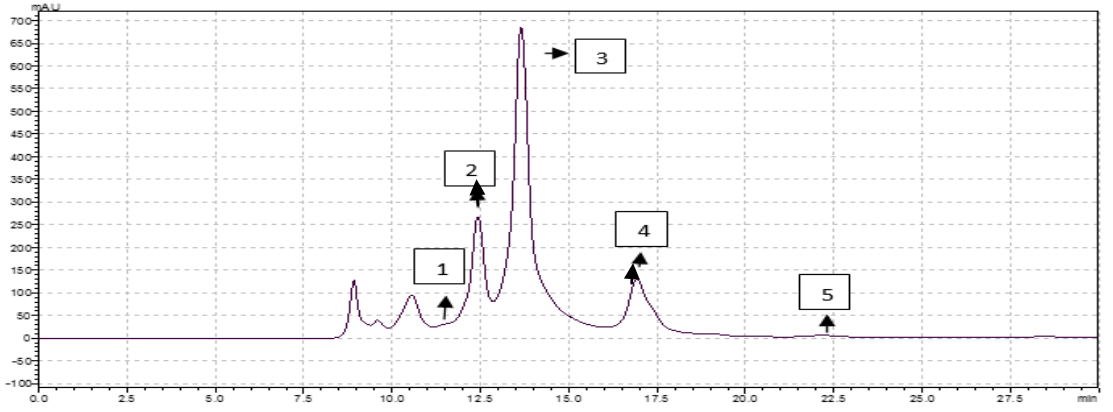
Şekil B.8: Funda (püren) balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



Şekil B.9: Adana çam balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).

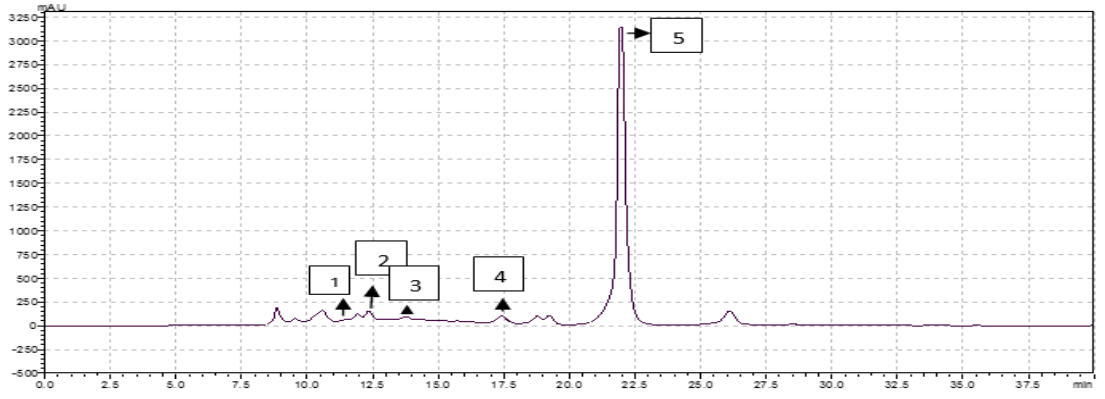


Şekil B.10: Aydın çam balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).

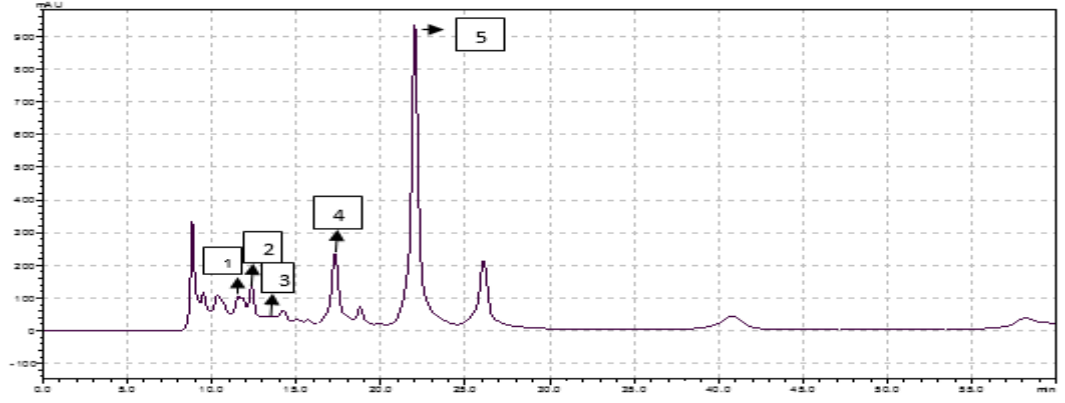


Şekil B.11: Adana çiçek balının HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).

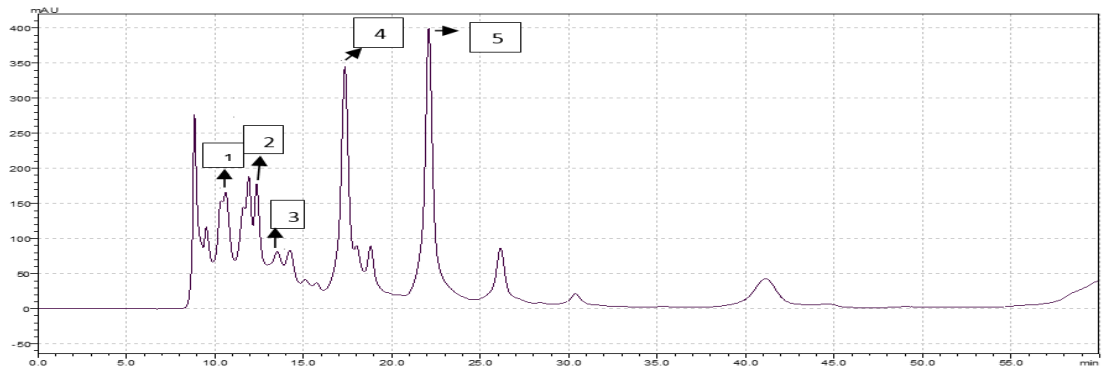
EK C. Bal sirkesi örneklerinin HPLC kromatogramları



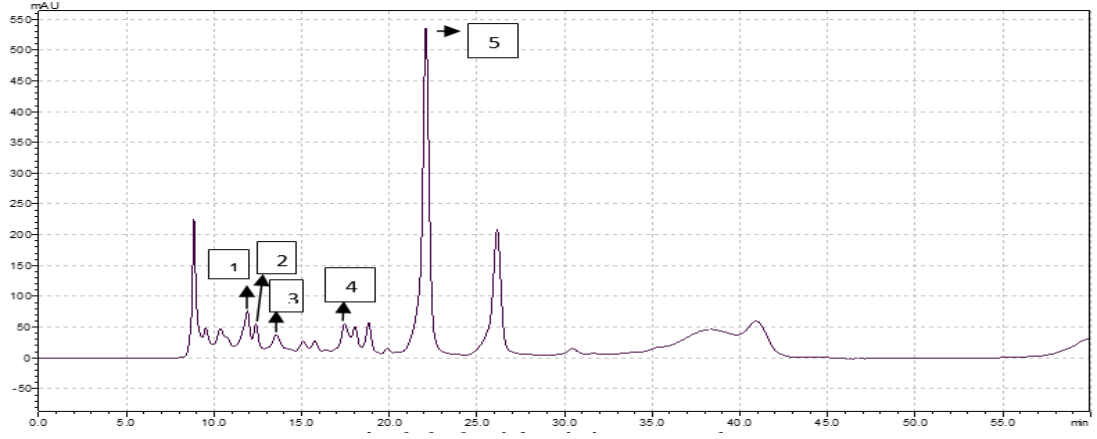
Şekil C.1: İtalya organik bal sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



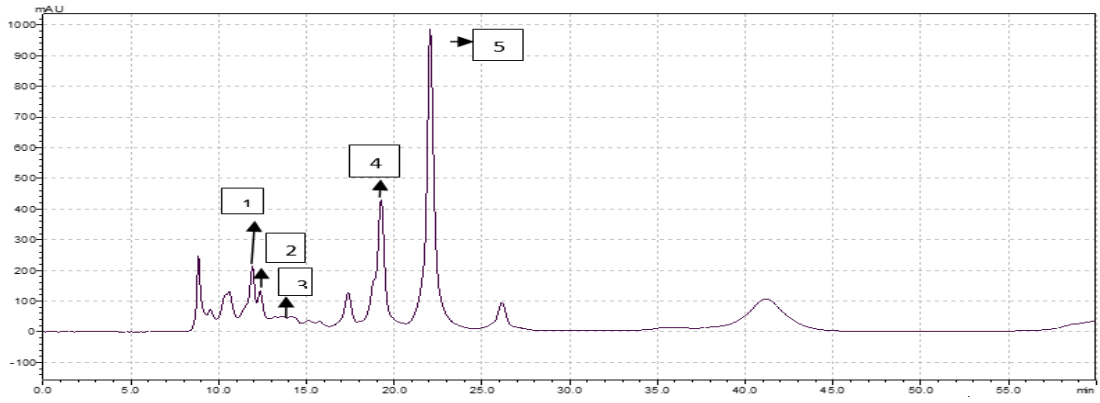
Şekil C.2: Çam balı sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit, 4: Suksinik Asit, 5: Asetik asit).



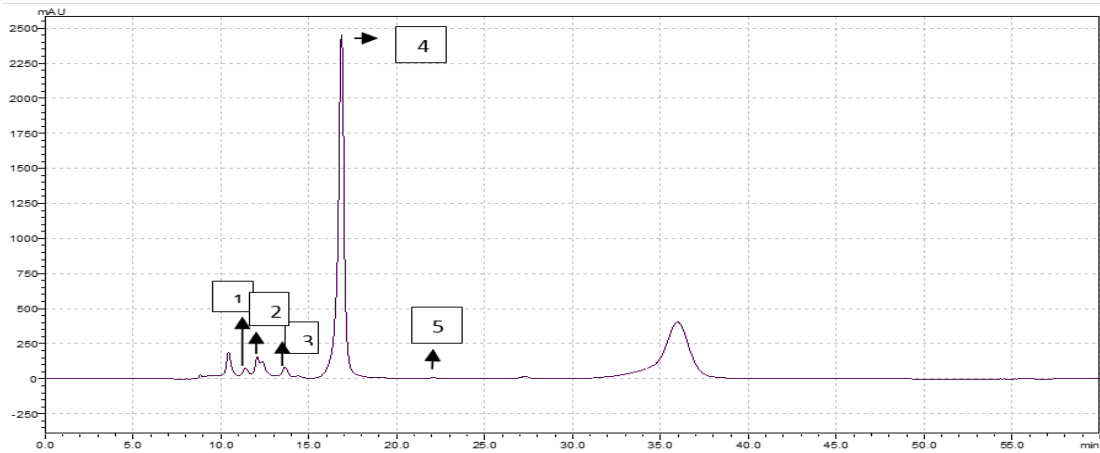
Şekil C.3: Elma-Çam balı sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



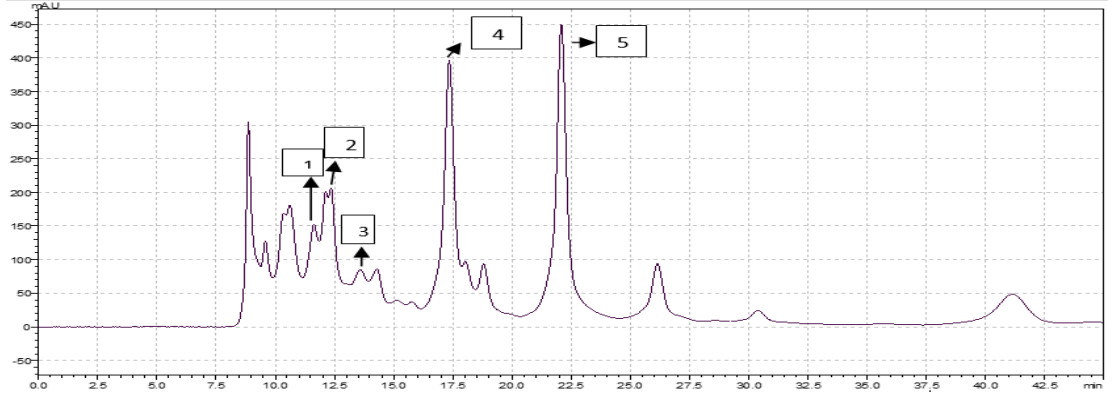
Şekil C.4: Çiçek balı sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



Şekil C.5: Elma-Çiçek balı sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



Şekil C.6: İstanbul bal sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).



Şekil C.7: Muğla bal sirkesinin HPLC kromatogramı(1: Sitrik asit, 2: Tartarik asit, 3: Malik asit; 4: Suksinik Asit; 5: Asetik asit).

8 ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökçen Dilek ALAK
Doğum Yeri ve Tarihi : AYDIN- 17/06/1988
Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Elektronik posta :gokcendilekalak@hotmail.com
İletişim Adresi :Köprülü Mahallesi, No:12 EFELER/AYDIN