

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet YETİŞEN

**DOĞAL BULANIK LİMON SUYUNA LİMON KABUK YAĞI
İLAVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLER
ÜZERİNE ETKİSİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL BULANIK LİMON SUYUNA LİMON KABUK YAĞI
İLAVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLER ÜZERİNE
ETKİSİ**

Mehmet YETİŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez/.../.... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr. Serkan SELLİ
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr. Turgut CABAROĞLU
ÜYE

.....
Prof.Dr. Haşim KELEBEK
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2018-11288

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge
ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat
Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞAL BULANIK LİMON SUYUNA LİMON KABUK YAĞI İLAVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Mehmet YETİŞEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Serkan SELLİ
Yıl: 2019, Sayfa: 89
Jüri : Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

Bu çalışmada, İlk kez Kütdiken cinsi limonlardan elde edilen bulanık limon suyunun aroma maddelerinin belirlenmesi ve limon kabuk yağı eklenerek aroma-aktif bileşiklerinin zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada taze limon sularının pastörizasyon öncesi ve sonrasında eklenen limon kabuk yağı limon sularının aroma ve aroma-aktif bileşikleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Öte yandan, örneklerde toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, asitlik, pH ve renk özellikleri de araştırılmıştır. Örneklerin aroma maddeleri ekstraksiyonunda çözgen yardımıyla aroma evaporasyonu (SAFE) yöntemi kullanılmıştır. Analizler sonucunda limon sularının aromasını çoğunlukla terpen bileşiklerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, aroma ekstraktı seyreltme analizi (AESA) sonuçlarına göre limonen, γ -terpinen, β -pinen ve α -pinen gibi terpenlerin limon sularının karakteristik kokusundan sorumlu önemli aroma-aktif bileşikler olduğu belirlenmiştir. Pastörizasyon ve doğal limon kabuk yağı ekleme işlemlerinin limon sularının aroma, aroma-aktif bileşikleri, toplam fenolik bileşikleri ve antioksidan kapasitelerini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre en beğenilen örnek pastörizasyon sonrası kabuk yağı ilave edilen limon suları olmuştur.

Anahtar Kelimeler: cv. Kütdiken, bulanık limon suyu, pastörizasyon, aroma, limon kabuk yağı

ABSTRACT

MSc THESIS

AROMA AND AROMA-ACTIVE COMPOUNDS OF CLOUDY LEMON JUICE AS AFFECTED BY ADDITION OF LEMON PEEL OIL

Mehmet YETİŞEN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Serkan SELLİ
Year: 2019, Pages: 89
Jury : Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

In this study, it is aimed to enrich the aroma-active compounds by adding the lemon peel oil and determining the aroma substances of the lemon juice obtained from cv. Kütüden lemons for the first time. In study, the aroma and aroma-active compounds of lemon juice were studied and compared with fresh lemon juice before and after pasteurization process. On the other hand, total phenolic, antioxidant activity, acidity, pH and color properties of the samples were also investigated. Solvent assisted flavour evaporation (SAFE) method was used for aroma extraction of the samples. As a result of the analysis, it was determined that the aroma of lemon juice was mostly composed of terpene compounds. Similarly, terpenes such as limonene, γ -terpinene, β -pinene and α -pinene were found to be important aroma-active compounds responsible for the characteristic odor of lemon juice by the application of aroma extract dilution analysis (AEDA). It was determined that pasteurization and adding natural lemon peel oil significantly contributed the aroma, aroma-active compounds, total phenol amounts and antioxidant capacity of lemon juices. Based on the sensory analysis, the most preferred sample was the lemon juice which was added lemon peel oil after pasteurization.

Key Words: cv. Kutdiken, cloudy lemon juice, pasteurization, aroma, lemon peel oil

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Limon, portakal, mandarin ve greyfurt gibi çeşitlerden meydana gelen turunçgillerin tamamını içeren *Rutaceae* familyasının *Citrus* cinsindendir. Turunçgillerin bir çoğu taze tüketilirken aynı zamanda sanayide ham madde olarak kullanılarak çeşitli meyve suları, marmelatlar, konsantreler şeklinde kullanılabilirler (Karahocagil ve ark., 2003).

Turunçgiller günümüzde en çok üretimi yapılan meyveler arasında gösterilmektedir. Çoğunlukla tropik ve subtropik alanlara sahip tarım arazilerinde üretilen bu meyvelerin, en çok bilinen türlerinden bir tanesi de limondur. Limon üretiminde dünyada Meksika ilk sırayı alırken, onu sırasıyla Çin, Brezilya, Hindistan, Türkiye ve A.B.D. takip etmektedir (FAO, 2017).

Türkiye’de üretimi yapılan turunçgil türleri içerisinde limon (*C. limon*), portakal (*C. sinensis*), greyfurt (*C. paradisi*), mandalina (*C. reticulata*) ve turunç (*C. aurantium*) türleri bulunmaktadır (Tuzcu, 1990; Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001; Gölükçü ve ark., 2015). Öte yandan limon Türkiye’de ihracat bakımından turunçgiller arasında birinci sırada yer almaktadır (Demir ve ark., 2015).

Limon genellikle taze ürün olarak tüketilir. Bunun yanı sıra gıda endüstrisinde genişçe bir alanda meyve sularında ve diğer işlenmiş gıda ürünlerinde kullanılır. Besin içeriği açısından oldukça zengin olan limon suyu; C vitamini, mineraller, sitrik asit ve sağlık açısından faydalı birçok biyoaktif bileşikler de içermektedir ve içerdiği C vitamini, suda en iyi çözünen antioksidandır (Gironés –Vilaplana ve ark., 2012a).

Limonun biyoaktif rolü göz önüne alındığında kansere, kardiyovasküler hastalıklara, yağ metabolizmasına ve özellikle obezite gibi rahatsızlıklara karşı önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Adibelli ve ark., 2009; Hertog ve ark., 1993; Gironés-Vilaplana ve ark., 2012b). Limon turunçgiller arasında tıpta sıklıkla kullanılan meyvelerden bir tanesidir çünkü yapısında bulundurduğu alkaloidler

sayesinde anti kanser ve anti bakteriyel potansiyeline sahiptir (Kawai ve ark., 2000).

Turunçgil meyvelerinin genel bileşenlerini % 90 terpenler, % 5 oksijenli bileşikler ve % 1'den az uçucu olmayan bileşikler oluşturmaktadır (Colecio-Juárez ve ark., 2012; Alzawqari ve ark., 2016).

Bu çalışmada kullanılan Kütdiken cinsi limon suyu ve bu çeşidin limon kabuk yağı örnekleri Adana ilindeki ticari bir işletmeden 2018 yılı içerisinde temin edilmiştir. Analizlerde bulanık limon suyu (T-Ps), pastörize edilmiş limon suyu (P-Ls), pastörize öncesi ve sonrasında kabuk yağı eklenmesiyle elde edilmiş limon suları olmak üzere 4 farklı limon suyu örneği kullanılmıştır. Örnekler -20 °C'de şoklanmış şekilde buz içerisinde Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne getirilip analizleri yapılmıştır. Örneklerin genel bileşim, toplam fenol, antioksidan aktivite, aroma ve aroma-aktif profilleri belirlenmiştir.

Limon suyu örneklerinde suda çözünür kuru madde miktarı (⁰Briks), pH, toplam asitlik, renk bildirilmiş (L*, a* ve b*), toplam fenolik ve antioksidan aktivite değerleri incelenmiştir. Limon suyu örneklerinde yapılan analizler sonucunda taze (T-Ls), pastörize (P-Ls), kabuk yağı eklenmiş pastörize edilmiş (POKY-Ls) ve pastörizasyondan sonra kabuk yağı eklenmiş limon suları (PSKY-Ls) örneklerinde suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) sonuçları sırasıyla 8.0, 8.5, 8.6 ve 8.5 olarak bulunmuştur. Toplam fenolik bileşiklerinin (TF) miktarı T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 603, 651, 672 ve 681 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak belirlenmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Limon sularına uygulanan farklı işlemlerin örneklerin TF ve AA değerlerini önemli miktarda etkilediği ve hem pastörizasyon hem de kabuk yağı ilavesinin bu değerlerde artışa sebep olduğu belirlenmiştir.

GC-MS yöntemiyle T-Ls örneğinde toplam 41 adet aroma bileşiği belirlenmiştir. Terpen grubu aroma maddeleri çeşit ve miktar bakımından en baskın uçucu maddeler olmuştur. P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 43,

44, ve 42 adet aroma bileşikleri tespit edilmiştir. Terpen grubu bileşikler T-Ls örneğinde olduğu gibi sayı ve miktar bakımından aroma maddelerinin en fazla kısmını oluşturan uçucu bileşikler olarak belirlenmiştir.

Aroma-aktif bileşiklerine gelince T-Ls örneklerinde 22 adet aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Aroma-aktif bileşikler arasında d-limonen (2048), γ -terpinen (1024) ve β -pinen (512) T-Ls limon suyunun kokusuna en fazla katkıda bulunan bileşikler olarak belirlenmiştir. Limon sularına d-limonen bileşiğinin turunçgil, yeşilimsi kokusu; γ -terpinen bileşiği tatlımsı, turunçgil kokusu ve β -pinen bileşiğinin ise yeşilimsi ve çiçeksi kokular kazandırdığı belirlenmiştir. P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 21, 21 ve 22 adet aroma-aktif bileşikler belirlenmiştir. D-limonen bileşiğinin limon suyuna turunçgil, yeşilimsi kokusu; γ -terpinen bileşiği tatlımsı ve turunçgil kokusu; β -pinen bileşiği yeşilimsi, çiçeksi koku; α -terpineol bileşiği turunçgil ve limon kokusu kazandırdığı belirlenmiştir. Tüm analizler sonucunda limon kabuk yağı ilavesinin limon suyu üzerinde aroma ve aroma-aktif bileşikler zenginleştirdiği neticesine varılmıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bana görüş ve önerileriyle yol gösteren, beni her zaman destekleyen, bilgi ve deneyimlerini bana en doğru şekilde aktarmaya çalışan değerli danışman hocam Prof. Dr. Serkan SELLİ'ye,

Jüri üyesi olarak tezimi değerlendiren ve eğitimime önemli katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Haşım KELEBEK ve Prof.Dr. Turgut CABAROĞLU'na

Ayrıca çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen İstatistikçi Necla SÖNMEZER, Öğr. Gör. Onur SEVİNDİK, Dr. Öğr. Üyesi Başar SEVİNDİK'e

Emeği geçen tüm bölüm öğretim üyeleri ve tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Arş Gör. Gamze GÜÇLÜ, Öğr. Gör. Duygu KESER, ve diğer araştırma görevlilerine,

Gıda Mühendisliği bölümündeki öğretim üyelerine, bu tezin yapılması için maddi destek sağlayan Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Öğrenim hayatım ve tez aşamam sırasında ilgi, sabır ve manevi desteklerinden dolayı sevgili babam Muhsin YETİŞEN'e, annem Neslihan YETİŞEN'e ve kardeşim Berkay YETİŞEN'e;

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Limon Sularının Genel Bileşimi İle İlgili Çalışmalar.....	7
2.2. Limonların Aroma ve Aroma-Aktif Bileşikleri ile İlgili Çalışmalar.....	14
3. MATERYAL VE METOD	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Metot.....	27
3.2.1. Genel Kimyasal Analizler.....	27
3.2.1.1. Toplam Asitlik (TA)	27
3.2.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (SÇKM)	27
3.2.1.3. Renk Tayini.....	27
3.2.1.4. pH Tayini	27
3.2.2. Toplam Fenolik Madde (TF) Analizi.....	27
3.2.3. Antioksidan Aktivitenin (AA) Belirlenmesi	28
3.2.4. Aroma Maddeleri Analizleri	29
3.2.4.1. Bulanık Limon Suyu Aroma Maddeleri Ekstraksiyonu.....	29
3.2.4.2. GC-FID ve GC-MS-O Koşulları.....	32
3.2.4.3. Aroma Maddelerinin Miktarlarının Hesaplanması	33
3.2.4.4. Aroma-Aktif Bileşiklerin Analizleri	33

3.2.5. Duyusal Analizler (Temsili Test).....	33
3.2.5.1. Örneklerin hazırlanması ve panelistlere sunumu	34
3.2.5.2. Benzerlik testi	34
3.2.5.3. Aroma yoğunluk testi.....	35
3.2.5.4. Limon Sularında Duyusal Analiz.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Limon Sularının Genel Bileşimleri.....	37
4.1.1. Limon Sularının Kimyasal Özellikleri.....	37
4.1.2. Limon Sularının Toplam Fenolik ve Antioksidan Aktivite Değerleri.....	39
4.2. Limon Suyu Örneklerinin Aroma Profili.....	41
4.3. Limon Suyunun Aroma-Aktif Bileşikleri	54
4.4. Limon Suyu Örneklerinin Duyusal Özellikleri.....	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	85
EKLER.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Limon suyunun genel kimyasal özellikleri	37
Çizelge 4.2. Limon suyu toplam fenol ve antioksidan aktivite değerleri.....	41
Çizelge 4.3. Limon suyu aroma bileşikleri	43
Çizelge 4.4. Limon suyunun aroma-aktif bileşikleri (AS $\geq$ 4).....	55
Çizelge 4.5. Duyusal analiz sonuçları	59





ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Limon yetiştiriciliğinde öncü ülkelerin üretim miktarları (2017 yılı).....	1
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan cv. Küt diken cinsi limonlar	25
Şekil 3.2. Bulanık limon suyu üretimi akış şeması	26
Şekil 3.3. Toplam fenol analizleri	28
Şekil 3.4. Antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS) analizleri	29
Şekil 3.5. Çözgen yardımıyla aroma evaporasyonu (SAFE) düzeneği	30
Şekil 3.6. Limon sularının sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi	31
Şekil 3.7. Limon sularının SAFE yöntemi ile ekstraksiyonu	31
Şekil 3.8. Benzerlik testinde kullanılan skala	34
Şekil 3.9. Aroma yoğunluk testi skalası	35
Şekil 3.10. Limon suyu örneklerinin duyu analizi	36
Şekil 4.1. Limon suyu örneklerinde uçucu asit bileşikleri	49
Şekil 4.2. Limon suyu örneklerinde uçucu fenol bileşikleri	53
Şekil 4.3. Örümcek ağ diyagramı	60



SİMGELER VE KISALTMALAR

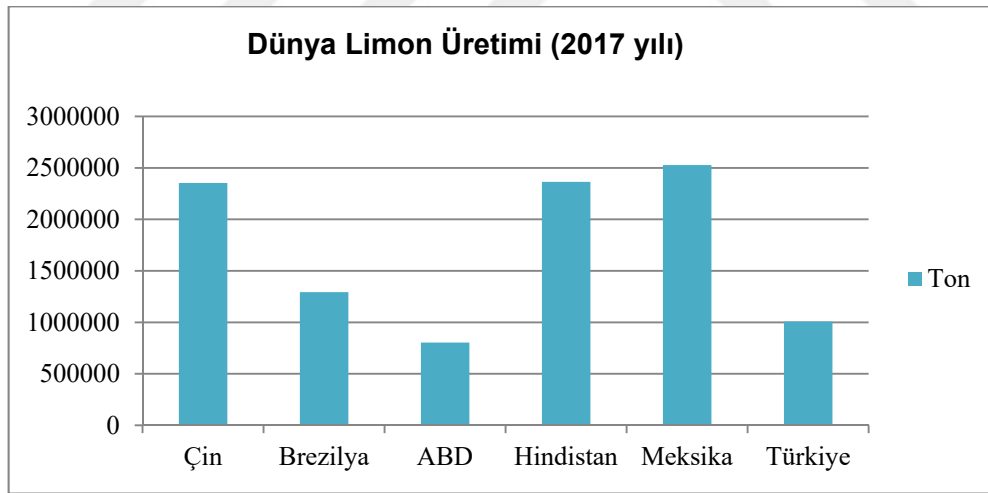
T-Ls	: Taze limon suyu
P-Ls	: Pastörize limon suyu
POKY-Ls	: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları
PSKY-Ls	: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları
GC	: Gas chromatography (Gaz Kromatografisi)
MS	: Mass spectroscopy (Kütle Spektroskopisi)
FID	: Flame ionization detector (Alev iyonlaşma dedektörü)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
mg	: Milligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
°C	: Santigrat derece
HPLC	: High-performance liquid chromatography (Yüksek performanslı sıvı kromatografisi)
L	: Litre
mL	: Mililitre
µL	: Mikrolitre
µg	: Mikrogram
dak	: Dakika
LRI	: Linear alıkonma indeksi
TF	: Toplam fenolik
AA	: Antioksidan aktivite
FRAP	: Ferric reducing antioxidant power
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
AS	: Aroma seyreltme değeri
SÇKM	: Suda çözünür kuru madde
OAV	: Odor activity value (Koku aktiflik değeri)

AED : Algılanma eşik değeri
AESAs : Aroma ekstrakt seyreltme analizi
std : Standart



1. GİRİŞ

Limon (*C. limonia*) turunçgillerin tamamını içeren *Rutaceae* familyasının Citrus cinsindendir. Turunçgillerin birçoğu taze tüketilirken aynı zamanda sanayide ham madde olarak kullanılarak çeşitli meyve suları, marmelatlar, konsantreler şeklinde de kullanılabilirler (Karahocagil ve ark., 2003). Turunçgiller günümüzde en çok üretilen (135 milyon ton) meyveler arasında gösterilmektedir. Çoğunlukla tropik ve subtropik alanlara sahip tarım arazilerinde üretilen bu meyvelerin, en çok bilinen türlerinden bir tanesi de limondur. Limon üretiminde dünyada Meksika (2.5 milyon ton) ilk sırayı alırken, onu sırasıyla Hindistan (2.36 milyon ton), Çin (2.35 milyon ton), Brezilya, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere Türkiye 2017 yılında ürettiği 1 007 133 ton ile limon üretiminde önemli bir noktaya ulaşmıştır (FAO, 2017).



Şekil 1.1. Limon yetiştiriciliğinde öncü ülkelerin üretim miktarları (2017 yılı)

Türkiye’de üretilen turunçgil türleri içerisinde limon (*Citrus limon*), portakal (*Citrus sinensis*), greyfurt (*Citrus paradisi*), mandalina (*Citrus reticulata*)

ve turunç (*Citrus aurantium*) türleri bulunmaktadır (Tuzcu, 1990; Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001; Gölükçü ve ark., 2015). Türkiye’de limon ihracat bakımından turunçgiller arasında birinci sırada yer almaktadır (Demir ve ark., 2015). Dünya genelinde limon üretim alanı bakımından ise ilk sırayı ABD almakta olup, bunu sırasıyla İspanya, İtalya ve Arjantin gibi ülkeler takip etmektedir. Üretimin ağırlıkta bu ülkelerde olmasının temel nedeni bu ülkelerin limon üretimi için uygun iklim koşullarına sahip olmasıdır. Ayrıca limon, Mısır ve İran gibi kuru iklimlere sahip olan ülkelerde de yetişmektedir.

Limon genellikle taze ürün olarak tüketilir. Bunun yanı sıra gıda endüstrisinde genişçe bir alanda meyve sularında ve diğer işlenmiş gıda ürünlerinde kullanılır. Besin içeriği açısından oldukça zengin olan limon suyu; C vitamini, mineraller, sitrik asit ve sağlık açısından faydalı birçok biyoaktif bileşikler de içermektedir (Gironés –Vilaplana ve ark., 2012a). Limon suyunda bulunan C vitamini, suda en iyi çözünen antioksidandır. Limonda bulunan bir diğer önemli bileşikler ise başlıca hesperidin, eriositrin (flavon) ve diosmetin bileşikler olan flavonoidlerdir (Gil-Izquierdo ve ark., 2004). Limonda bulunan diğer önemli flavonoidler ise visenin-2 (flavon), diosmin, kuersetin, mirisetin ve hidroksi sinnamik asitlerdir (Gil-Izquierdo ve ark., 2004; Hertog, Hollman, & Van de Putte, 1993).

Limon turunçgiller arasında tıpta sıklıkla kullanılan meyvelerden bir tanesidir çünkü yapısında bulundurduğu alkaloidler sayesinde anti kanser ve anti bakteriyel potansiyele sahiptir (Kawaii ve ark., 2000). Limonda bulunan flavonoidler doğrudan antioksidan gibi çalışırlar ve serbest radikalleri temizlerler.

Limon kabukları veya genel anlamda turunçgil kabukları da sahip oldukları uçucu yağlar, ve fenol bileşikler bakımından oldukça zengindir (Shahnah ve ark., 2007; Dhanavade ve ark., 2011). Limon kabuk yağı, gıda ve diğer birçok sanayide (parfüm/ilâç) kullanılan değerli ve pahalı bir hammaddedir. Yağ, genellikle soğuk pres yöntemi ile limon kabuğundan elde edilir. Fakat bu yöntemle elde edilen kabuk yağları uygun olmayan koşullarda kolayca bozulur ve limonen gibi kararsız

terpen hidrokarbonların parçalanmasından dolayı kötü kokuların oluşmasına neden olur. (Yamauchi ve Saito, 1990).

Meyvelerin hasat süreleri kısa olduğundan üretim bazında bol miktarda ürün kaynaklarına sahip olan ülkeler mikrobiyal anlamda bozulmaları engellemek, sezon dışında bile meyve sularını muhafaza etmek ve raf ömürlerini artırmak için farklı koruma yollarını araştırmışlardır (Franke ve ark., 2005). Meyve sularını bozulmadan muhafaza etmenin birçok yolu vardır; bu uygulamaların bazılarını dondurmak, ısıtma, ısıl işlem ve kimyasal yöntemler oluşturmaktadır. Fakat meyve sularının duysal ve besinsel kalite parametrelerinin saklama, koruma ve ekstraksiyon süreçlerinde değiştiği bilinmektedir. Pastörize edilmiş turunçgil suyunda askorbik asit miktarının azaldığı, renginin koyulaştığı ve aromanın azaldığı görülmüştür (Rabie ve ark., 2014; Holeman ve ark., 2002; Sindhu ve Khatkar, 2018). Her ne kadar yüksek sıcaklık ve kısa süreli ısıl işlemleri uygulansa da meyve suyunda bulunan başlıca uçucu aroma bileşenleri (terpenler, aldehitler ve esterler) değişikliğe uğrar ve yeni aroma bileşikler oluşabilir (Perez-Cacho ve Rouseff, 2008).

Aroma maddeleri gıdalarda duysal özellikleri doğrudan etkileyen önemli bileşiklerdir. Bu maddelerin gıdalardaki miktarları genellikle litrede nanogram ile miligram arasında değişir ve miktarları üzerinde çeşit, iklim koşulları, olgunluk ile işleme koşulları ve depolama gibi teknolojik işlemler etkili olur (Riu-Aumatell ve ark., 2004; Riu-Aumatell, ve ark., 2005). Limonlarda bulunan temel aroma bileşenlerini ise limonen, sitronelol, geranial, neral, sitral, linalol gibi terpen bileşikleri oluşturmaktadır (Schieberle ve ark., 1988; He ve ark., 2018). Aroma maddeleri zamanla çeşitli faktörlerin etkisi altında bozulmaya uğramaktadır. Bu faktörler arasında uygulanan ısıl işlemler en önemlilerinden birisidir (Iwanami ve ark., 1997).

Bu bileşiklerin analizlerinde ilk aşama, bu bileşiklerin turunçgillerde izole edilmesinde kullanılacak en uygun ekstraksiyon yönteminin seçimidir. Ekstraksiyon yönteminin seçimi ve güvenilirliği temsili testler (representative test)

kullanılarak duyuşal analizlerle belirlenir. İkinci aşamada aroma maddelerinin tanımlanmaları ve miktar tayinleri hassas enstrümantal cihazlar gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS), gaz kromatografisi-alev iyonizasyon dedektörü (GC-FID) kullanılarak yapılmalıdır (D'Auria ve ark., 2004; Pan ve ark., 2008; Selli ve ark., 2007; Zarghami ve Heinz, 1971). Bununla birlikte, gıdalarda yüzlerce aroma maddesi bulunmasına rağmen bu bileşiklerden çok az bir kısmı o gıdanın karakteristik kokusunun oluşumunda etkili olmaktadır. Karakteristik kokusunun oluşumundan sorumlu aroma maddelerine aroma-aktif bileşikler denir. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometre (GC-MS-O) analizi insan burnunun duyarlılığı ve seçiciliğiyle gaz kromatografisinin ayırma gücünün birleştiği tek tekniktir. Bu yöntem gıdalardaki uçucu aroma bileşenleri içerisinde aroma aktif olanları belirlemede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Acree ve ark., 1984). Aroma aktif bileşiklerinin belirlenmesi aroma çalışmalarında çok önemli bir konudur. GC-MS-O tekniği temel olarak 3 farklı yöntemle gerçekleştirilir. Bunlar;

- 1 Aroma maddesinin algılanma konsantrasyonunun belirlenmesi (AESA ve CHARM teknikleri).
- 2 Aroma maddesinin belirlenme sıklığının saptanması ve
- 3 Yoğunluğunun ifade edilmesidir.

Bu yöntemler içerisinde algılama konsantrasyonu yöntemlerinden biri olan aroma ekstrakt seyreltme tekniği (AESA) olfaktometrik analizlerde en sık kullanılan yöntemdir. Uygulanması basit olan bu yöntemin en büyük avantajı olfaktometrik analizlere katılan panelist sayısının diğer yöntemlere göre düşük olmasıdır (Ferreira ve ark., 2002). Bu teknik aroma seyreltme (AS; FD; flavor dilution) faktörü ile ifade edilmektedir. Bu yöntem, aromatik ekstrakt uygun çözgenle aşama aşama seyreltilerek gaz kromatografisi-olfaktometri analizinde koku hissedilmeyinceye kadar koklanarak uygulanır. FD değeri en yüksek aroma

bileşiğı o gıdada en güçlü aroma-aktif bileşik olarak ifade edilir (Grosch, 2001; Van Ruth, 2001).

Yukarıda bahsedildiğı gibi ısıt işlem uygulamaları, meyve sularının karakteristik aromasını olumsuz etkilemekte ve önemli kalite kayıplarına yol açmaktadır. Limonlarda aroma maddeleri ile ilgili önceki çalışmalar bulunmasına rağmen aroma aktif bileşikleri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, cv. Kütdiken cinsi limonlardan elde edilen bulanık limon suyunun aroma maddelerinin belirlenmesi ve aromasının limon kabuk yağı eklenerek zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, taze limon sularına pastörizasyon öncesi ve sonrası kabuk yağı eklenmesi işleminin limon sularının aroma ve aroma-aktif bileşiklerine etkileri ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Öte yandan, örneklerde toplam fenol, antioksidan aktivite, asitlik, pH ve renk özellikleri de incelenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Limon Sularının Genel Bileşimi İle İlgili Çalışmalar

Bocco ve ark. (1998) turunçgil kabuk ve çekirdeklerinin antioksidan kapasitelerini ve fenolik bileşiklerini incelemişlerdir. Analiz sonucunda çekirdeklerin antioksidan aktivitesinin kabuğa göre daha fazla orana sahip olduğunu bildirmiştir. Çalışmada turunçgil türlerinin kabuk ve çekirdeklerinde bulunan fenolik bileşikler ilk kez tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler arasında doğrusal bir ilişki bulunmamıştır.

Guo ve ark. (2003) limon, portakal ve nar gibi 28 çeşit meyvenin kabuk, posa ve çekirdek kısımlarının FRAP yöntemi ile antioksidan aktivitelerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, FRAP yöntemine göre birçok meyvenin kabuk ve çekirdeklerinde bulunan antioksidan aktivite değeri, posa kısmına göre daha güçlü olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, nar kabuğu ve üzüm çekirdeğinin yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Yoo ve ark. (2004) olgunlaşma döneminde Yuzu (*Citrus junos Sieb ex Tanaka*) limonunun toplam fenolik ve antioksidan potansiyellerini incelemişlerdir. Yuzu limonun kabuğunda bulunan fenolik madde miktarı, C vitamini ve antioksidan aktivitesinin meyve etine göre daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Olgunlaşma ile hem kabukta hem de meyve etinde bulunan toplam antioksidan aktivite ve C vitamini miktarı paralel olarak artmıştır. Kabukta bulunan hesperidin ve naringin miktarları olgunlaşma ile artarken, meyve etinde ise bu bileşiklerin miktarlarında azalmalar olduğu görülmüştür.

Li ve ark. (2006) enzim yardımıyla ekstrakte edilen turunçgil kabuklarında (Yen Ben limonu, Meyer limonu, greyfurt, mandalina ve portakal) toplam fenolik miktarları Folin-Ciocalteu yardımıyla incelemişlerdir. Çalışmada kabuğun elde edildiği koşullar, ekstraksiyon sıcaklığı, enzim çeşitliliği, enzim yoğunluğu ve turunçgil çeşidinin fenolik bileşiklerin miktarını etkileyen ana parametreler olduğu belirlenmiştir. Genellikle greyfurt kabuğu en fazla fenolik bileşiklere sahipken

bunu sırasıyla mandalina, Yen Ben limonu, portakal ve Meyer limonu takip etmiştir. Araştırmacılar, turunçgil örneklerinde FRAP yöntemi ile toplam antioksidan etkinliğini enzim yoluyla ekstrakte edilen fenol bileşiklerinin miktarlarıyla karşılaştırmışlardır.

Al-Zubaidy ve Khalil (2007) 25, 35 ve 45 °C’de 4 ay boyunca depolanan 9° ve 50° brikse sahip limon sularının askorbik asit kaybının kinetiğini araştırmışlardır. Sonuçlar konsantrasyon ve sıcaklık arttıkça askorbik asit parçalanmasının arttığını göstermiştir. Depolanan meyve suyunun raf ömrünün askorbik asit (AA) kayıpları ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Hernandez ve ark. (2007) farklı kesim şekillerine tabi tutulan limonların 10 °C’nin altında tutulduğunda tazeliğini 7 güne kadar koruduğunu ancak 10 günlük bir raf ömrüne ulaşabilmek için limon dilimleri 0-5 °C’de ve su kaybına karşı korunur bir şekilde muhafaza edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Araştırmacılar, çalışmada antioksidan aktivitenin tüm örnekler üzerine uygulanan farklı depolama sıcaklıklarında (0, 2, 5 ve 10 °C) değişmediğini ya da çok az miktarda değiştiğini, ancak toplam fenolik bileşik miktarında azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Abbasi ve Niakousari (2008) beyaz veya amber şişelere doldurulan pastörize edilmemiş limon sularının raf ömrünü belirlemeye çalışmışlardır. Şişelenmiş örnekler oda sıcaklığında (27°C) ve buzdolabı koşullarında (3-10°C) üç hafta depolanmıştır ve askorbik asit açısından incelenmiştir. Çalışmada toplam çözünür kuru madde, toplam titrasyon asitliği pH değerleri ölçülmüştür. Çözünür kuru madde içeriği, pH değeri ve toplam asitlik sırasıyla 5.5 briks, 2.73 ve 5 g/100 mL olarak ölçülmüştür. Askorbik asit içeriği başlangıçta 38.50 mg/100 mL iken depolamanın ilk üç haftası içinde %50 azalarak yaklaşık 22 mg/100 mL olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ışığın etkisi, zaman ve sıcaklık limon sularında askorbik asit korunmasını etkilediğini bildirmişlerdir.

Kelebek ve ark. (2008) Türkiye’de yetişen iki farklı kan portakalının (Moro ve Sanguinello) fenolik bileşimi ve antioksidan kapasitelerini belirlemişlerdir. Portakal suyunun fenolik bileşenlerini belirlemede yüksek-

performans sıvı kromatografi (HPLC) ve antioksidan kapasitelerini belirlemede DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) metodu kullanılmıştır. Moro portakal suyunun toplam fenolik miktarı ve antioksidan kapasitesinin Sanguinello portakal suyundan daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Xu ve ark. (2008) 15 turunçgil çeşidinin (7'si mandalina, 4'ü tatlı portakal, 1 limon, 1 greyluft ve 2 adet pomelo) başlıca kalite parametrelerini incelemişlerdir. Liubencheng cinsi tatlı portakal en yüksek toplam fenol miktarına sahip olurken (72.61 mg/L), portakal ve mandalina melezi (*C. reticulata*, *C. sinensis*) en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olmuştur. Limon suyunun toplam fenol miktarı 751 GAE mg/L olurken, antioksidan kapasitesi 307 AEAC mg/L olarak tespit edilmiştir.

Ghasemi ve ark. (2009) 13 çeşit turunçgil türünün kabuk ve meyve etinde bulunan antioksidan aktivite ve fenol içeriğini araştırmışlardır. İran'da yetişen turunçgillerin antioksidan aktiviteleri DPPH metodu ile analiz edilmiş ve bulunan değerlerin 0.6 ile 3.8 mg ml⁻¹ arasında olduğu bildirilmiştir. Folin Ciocalteu metodu ile bulunan toplam fenol miktarının, galik asit cinsinden 66.5 ile 396 mg arasında olduğu bulunmuştur. Limon kabuğunun toplam fenol miktarı 131 mg ml⁻¹ iken meyve etinde ise 102 mg/mL olarak tespit edilmiştir. Limon kabuğunun antioksidan aktivite değeri 1.4 mg/mL iken, meyve etinde ise 3.4 mg/mL olarak bulunmuştur.

Nguyen ve ark. (2009) limon yağındaki aroma ve lezzet bileşenlerinin oksidatif bozulmalara karşı olan reaksiyonunu araştırmışlardır. Limon yağında bulunan beş ana bileşenlerin (sital, α - ve β - pinen, limonen ve γ -terpinen) bakır katalizörü ve havanın varlığında α - ve β -pinen ve γ -terpinen bileşiklerinin oksitlendiği tespit edilmiştir. Ticari antioksidanların (bütilhidroksianisol ve tokoferol) eklenmesi oksitlenmeyi azaltmıştır. Ayrıca oksijen varlığında bu bileşiklerin parçalandığı saptanmıştır. Araştırmacılar limon yağının sıcaklığa ve havaya olan duyarlılığı doğrulamışlardır.

Mohammed ve ark. (2010) *C. hystrix* (misket limonu), *C. aurantifolia*, *C. microcarpa* (misk limonu) ve *C. sinensis* (portakal) gibi dört farklı turuncgilde toplam fenolik ve antioksidan kapasitelerini araştırmışlardır. Antioksidan aktivite (FRAP) ve (DPPH) metodu ile incelenmiştir. *C. hystrix* cinsi meyvenin en yüksek toplam fenol içeriğine ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Fu ve ark. (2011) limon, portakal ve nar gibi 62 çeşit meyvenin toplam fenol ve antioksidan kapasitelerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, limonda bulunan başlıca fenolik bileşiklerin hesperidin (12.11 mg/100 gr) ve luteolin (2.17 mg/100 gr) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca limonun antioksidan aktivitesinin FRAP analizine göre 6.06 μ mol (Fe(II)/gr), TEAC analizine göre de 2.54 μ mol (Troloks/gr) olarak bulunmuştur. Limonun toplam fenolik miktarı 61 mg GAE/100 g), antioksidan kapasitesi ise FRAP analizine göre 6 μ mol (Fe(II)/gr) ve TEAC analizine göre ise 2.54 μ mol (Troloks/gr) olarak bulunmuştur.

Ramful ve ark. (2011) Mauritius'ta yetişen turuncgillerden elde edilen posalar toplam çözünür katı madde (TÇKM), titre edilebilir asitlik (TA), polifenol bileşeni ve C vitamini bakımından karakterize etmişlerdir. Toplam fenol bileşikleri taze meyvede 406 ile 1694 μ g/g aralığında tespit edilmiştir. Toplam flavonoid ve C vitamini miktarlarının aralıkları sırasıyla 133 ile 965 μ g/g ve 166 μ g/g ile 677 μ g/g olmuştur. Çalışma sonucunda pomelo posası en yüksek TÇKM/TA oranına sahipken, limon posasının en düşük orana sahip olduğu saptanmıştır.

Moraes Barros ve ark. (2012) dört turuncgil türünün (*C. sinensis*, *C. latifolia* Tanaka; *C. limettoides* Tanaka cv. *C. reticulate*) posa ve kabuklarının mineral, askorbik asit, toplam polifenol ve antioksidan kapasitelerini incelemişlerdir. Genel olarak kabuklar bütün bileşenler içerisinde posalara göre daha yüksek seviyelerde olduğunu bildirmişler. Araştırmacılar en yüksek askorbik asit içeriğini 68 mg/100 ml ile portakal posasında ve en düşük olanını ise 8 mg/100 g ile misket limonu kabuğunda tespit etmişlerdir. Çalışmada mandarin kabuğunun en yüksek antioksidan kapasite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Rekha ve ark. (2012) dört farklı olgunlaşmış ve ham turunçgil çeşidi üzerinde (*Citrus limon*, *C. reticulata*, *C. sinensis* ve *C. aurantium*) askorbik asit, toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Marketten alınan örneklerin pH ve toplam asitlikleri belirlenmiştir. Taze meyve sularının askorbik asit ve toplam fenolik miktarı hacimsel tayin ve Folin-Ciocalteu yöntemiyle analiz edilmiştir. Meyve sularının antioksidan aktiviteleri ise DPPH ve FRAP yöntemleriyle belirlenmiştir. Olgunlaşmamış meyve suyunun asitliği, askorbik asit içeriği ve toplam fenolik miktarı yüksek seviyede bulunmuştur. *C. aurantium* ve *C. sinensis* cinsi meyvelerde askorbik asit ve toplam fenolik miktarı yüksek olmuştur. DPPH analizinde *C. aurantium* cinsine oranla *C. limon*, *C. reticulata* ve *C. sinensis* türü meyvelerin güçlü antioksidan potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak çalışmada, ham meyvelerin olgunlaşmış meyvelere oranla daha fazla antioksidan aktivite özelliği gösterdiği bildirilmiştir.

Garcia-Salas ve ark. (2013) teknolojik işlemlerle elde edilen limon tozunun fenolik bileşiklerini ve antioksidan kapasitelerini araştırmışlardır. Çalışmada saklama koşullarının (-18 ve 50 °C ve 1-3 ay) ve farklı kurutma işlemlerinin (dondurarak kurutma ve vakumda kurutma) limon suyu toplam fenolik bileşiklerine olan etkisi incelenmiştir. Limon suyunda toplam fenolik bileşikler Folin-Ciocalteu ile belirlenirken, antioksidan kapasite ise TEAC, FRAP ve ORAC yöntemleriyle incelenmiştir. Analiz edilen örneklerde toplam fenol içeriği önemli farklılıklar göstermiştir. En fazla fenol içeriği vakumda kurutma işleminde bulunurken, onu dondurarak kurutma işlemi takip etmiştir. Çalışmada ORAC dışındaki antioksidan kapasite analizlerinde, Maillard reaksiyonu sırasında antioksidan bileşik oluşumlarından dolayı antioksidan kapasite, fenolik içeriklerle ilişkili olmadığı doğrulanmıştır.

Lorente ve ark. (2014) İspanyol limonu çeşitlerinden alınan 92 sulandırılmamış ve 92 sulandırılmış ticari meyve suyunun kimyasal bileşimlerini incelemişlerdir. Sulandırılmamış limon sularında titrasyon asitliğini 52.4 g/L sitrik asit; şeker, früktoz ve sakarozun konsantrasyonu sırasıyla 7.9, 7.3 ve 4.5 g/L olarak

tespit edilmiştir. Örneklerde hesperidin, 257 ile 484 mg/L değerleri arasındayken, suda çözünen pektinler 164.8 ile 550 mg/L arasında değiştiğini saptamışlardır.

Casquete ve ark. (2015) yüksek basınç uygulamasının (300 ve 500 MPa, 3 ile 10 dk) turuncgil kabuklarının, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Örneklerde toplam antioksidan aktivite DPPH ve ABTS yöntemiyle araştırılmıştır. Analiz sonucunda antioksidan kapasite ve toplam fenol içeriği 300 MPa ve 3dk'da maksimum seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Esparza-Martinez ve ark. (2016) laym atıklarının hava ile kurutma işlemi ile ekstrakte edilebilir ve ekstrakte edilemeyen fenolik bileşiklerine ve antioksidan kapasitelerine olan etkilerini araştırmışlardır. Antioksidan kapasiteleri, DPPH (2,2-diphenyl-picrylhydrazyl), ABTS (2,2 -azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6/sulphonic acid) ve ORAC (oxygen radical a bsorbance capacity) metodu ile belirlenmiştir. 60, 90 ve 120 °C'de kurutulmuş ekstrakte edilemeyen fenolik bileşiklerin miktarı sırasıyla %38.4 %39.2 ve 33.5 ölçülmüştür ve ekstrakte edilebilir fenoliklere göre yüksek sonuçlar bulunmuştur. Çalışmada ekstrakte edilebilir ve ekstrakte edilemeyen fenoliklerin antioksidan kapasitelerinin büyükten küçüğe doğru sıralanışı, ABTS>ORAC>DPPH ve ABTS>DPPH>ORAC şeklinde olmuştur.

Hashemi ve ark. (2017) fermente edilmiş tatlı limon suyunun kimyasal bileşiklerini ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Probiyotik limon suyu oluşturmak için tatlı limon suyu *Lactobacillus plantarum* LS5 ile fermente edilmiştir. Fermantasyondan sonra tatlı limon suyunun pH ve antioksidan aktivesi artarken, toplam asitlik, sitrik asit ve fenolik miktarları azalmıştır. Fermente ve fermente olmayan tatlı limon suyunda saklama süresince fenolik ve antioksidan aktivite azaldığı belirlenmiştir.

İnan ve ark. (2017) Türkiye yetiştirilen turuncgil çeşitlerinin (mandalina, portakal ve limon) çekirdek yağlarında bulunan toplam fenol içerik ve antioksidan aktivitesini incelemişlerdir. Örneklerin toplam fenolik içerikleri 209-287 mg gallik

asit/kg arasında olurken, antioksidan aktivite değerleri 1.24-2.04 mmol TE/kg olmuştur. Limon çekirdeklerinin toplam fenol ve antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 71.12-87.00 mg GAE/kg ve 0.39-1.21 mmol TE/kg olmuştur. cv. Kütdiken cinsi limon çekirdek yağında ise toplam fenol ve antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 88.14-92.30 mg GA/kg ve 0.54-0.97 mmol TE/kg arasında bulunmuştur. Sonuç olarak çekirdek yağlarındaki toplam fenol ve antioksidan aktivite değerleri çekirdeğe göre daha düşük değerlere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Qassabi ve ark. (2018) yerli ve ithal edilen limon kabuk örneklerinin toplam fenol ve antioksidan kapasitelerini karşılaştırmışlardır. Toplam fenol ve antioksidan kapasite analizlerinde Folin-Ciocalteu (FCR) reaksiyonu ve 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radikali (DPPH) metotları kullanılmıştır. Yerli limonda maksimum toplam fenol miktarı metanol ekstraktı ile bulunurken, minimum miktarı bütanol ekstraksiyonu ile elde edilmiştir. Fakat ithal edilen limonda maksimum toplam fenol yoğunluğu metanol ile bulunurken, minimum fenol yoğunluğu kloroform ekstraksiyonu ile bulunmuştur. Yerli limonda en fazla antioksidan aktivite yoğunluğu etil asetat ekstraktı ile bulunurken, en düşük miktar kloroform ekstraktı ile elde edilmiştir. Çalışmada, her iki limon da önemli ölçüde toplam fenol ve antioksidan kapasitelerine sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar sonuç olarak limon kabuklarının ucuz ve her yerde bulunabildiğini ve tıpta, gıda ve parfüm endüstrisinde önemli doğal antioksidan olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sindhu ve ark. (2018) limon suyuna kimyasal işlem uygulayarak depolama dayanıklılığı üzerine çalışma yapmışlardır. Taze sıkılmış limon suyuna potasyum metabisülfite ve sodyum benzoat eklenerek pastörizasyon işlemleri uygulanmıştır. Örnekler oda sıcaklığında ve soğuk odalarda 90 gün boyunca saklanmış ve 15'er gün aralıklarla kimyasal analizleri yapılmıştır. Toplam çözünür katı madde miktarı ve pH değeri saklama süresince artarken, askorbik asit miktarı ve titre edilebilir asitlik miktarının azaldığı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında ısıtma işlemi

görmüş limon sularının hem oda hem de soğuk oda sıcaklıklarında 90 gün boyunca güvenle saklanabileceği önerilmiştir.

Dong ve ark. (2019) Eureka limonunun (*Citrus limon* (L.) Burm. F.) olgunluk derecesine bağlı olarak fenolik bileşikleri ve antioksidan aktivitelerindeki değişimler üzerine çalışma yapmışlardır. Yılın farklı zamanlarında toplanan limonların analizleri sonucunda, Kasım ayında toplanan limonların diğer zamanlardaki örneklerden ağırlık, toplam şeker ve çözünür katı madde miktarı bakımından en iyi performansa sahip olduğu bildirilmiştir. Ağustos ayında ise maksimum seviyede flavonoid miktarı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada limon meyvelerinde çözünür katı madde miktarının toplam fenolik ve antioksidan kapasiteleri ile zıt yönde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar çalışmanın en önemli sonucu olarak limon meyvelerinde bulunan fenolik bileşiklerin ve antioksidan kapasite değerlerinin miktarı, farklı hasat zamanlarına bağlı olarak önemli ölçüde çeşitlilik gösterdiği bildirilmiştir.

2.2. Limonların Aroma ve Aroma–Aktif Bileşikleri ile İlgili Çalışmalar

Moshonas ve ark. (1972) Meyer cinsi limon yağının uçucu bileşenlerini incelemişlerdir. Analiz sonucunda Meyer cinsi limon yağının 31 adet uçucu bileşiklere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayırma ve saflaştırma işleminde vakum damıtma, kolon kromatografi ve gaz kromatografi; bileşen tanımlamada ise kızılötesi spektroskopi ve kütle spektrometre kullanılmıştır. Analiz sonucunda 7 terpen, 7 karbonil bileşikleri ve α -fenilfenol bileşikleri tespit edilmiştir.

Myrna ve ark. (1992) Calamondin limon türünün uçucu aroma bileşenleri, şeker, askorbik ve diğer organik asitlerin belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Calamondin limon suyu uçucu aroma bileşenleri tepe boşluğu tekniği ile belirlenmiştir. Analizler sonucunda örnekte beş aldehit (asetaldehit, dekanal, nonanal, oktanal ve peril aldehit), iki ester (geranil asetat ve neril asetat), beş alkol (etanol, linalol, metanol, terpinen-4-ol ve α -terpineol) ve sekiz hidrokarbon (3-

karen, limonen, mirsen, α -pinen, β -pinen, τ -terpinen, terpinolen ve valensen) bileşikleri belirlenmiştir.

Njoroge ve ark. (1994) Japon Yuzu limonu ve limon yağlarının uçucu bileşenlerini araştırmışlardır. Soğuk presleme metodu ile Japon yuzuden (*Citrus junos Sieb. Ex Tanaka*) elde edilen yağların uçucu bileşenleri gaz kromatografi ve gaz kromatografi kütle spektrofotometre ile analiz edilmiştir. Yuzu yağı içerisinde tanımlanan 77 bileşiğin içerisinde ρ -menta- 1,4,8- trien ilk kez tespit edilmiştir. Limon yağında limonen diol, karyofillen epoksit ve limonen-8,9-epoksit içeren bileşenler tespit edilmiştir. Monoterpen hidrokarbonların hem yuzu de hem de limon yağında baskın olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar iki örneğin kıyaslandığında belirgin bir şekilde alkoller, aldehytler, esterler ve seskiterpen hidrokarbonların bileşenleri arasında farklılıklar bulunduğunu saptamıştır.

Njoroge ve ark. (1996) soğuk sıkım yöntemi ile elde edilen Japon Yuzu (*Citrus junos Tanaka*) limon yağının aroma bileşenlerini incelemiştir. Yuzu limon yağının %97.6 oranında aroma bileşenlerini oluşturan 34 adet uçucu bileşiklerin farklı saklama sıcaklıklarında (-21, 5 ve 20 °C) ve zamanlarda (1, 3, 6, 9 ve 12 ay) değişimlerini incelemiştir. 12 ay ve 20 °C'de depolanan örneklerde önemli değişiklikler saptanmıştır. Limon yağında toplam monoterpen hidrokarbonlardan özellikle limonen, γ -terpinen, mirsen ve α -pinen (%93.3 den 37.7) azalırken, ρ -simen ve monoterpen alkoller (%2.1 den 13.2) artmıştır. Bisiklogermakren yağda ana seskiterpen olmuştur. Örneklerde 9. ayda alkoller, limonenden sonra ikinci ana bileşikler olmuştur ve 20 °C'de %75'ten fazla seskiterpen alkoller meydana gelmiştir. Spathulenol bileşiği yuzu yağında ilk kez tanımlanmıştır ve bu bileşik yuzu limonunu saklama sırasında tazeliği ve kalite parametreleri bakımından bilgi verme açısından kullanışlı bir indeks olmuştur.

Chisholm ve ark. (2001) laym (*Citrus aurantifolia Swingle*) yağında katı faz mikro ekstraksiyon ve gaz kromatografi-olfaktometri ile aroma ve aroma-aktif bileşikleri belirlemiştir. Örneklerde kabuk yağı, hem soğuk sıkım hem de

damıtma yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışmada, ekstraksiyon ve damıtma işlemleri sırasında bazı uçucu aroma bileşenlerinin kaybolduğunu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, önceki çalışmalarda belirlenmemiş birçok yeni aroma-aktif bileşikler bulunmuştur.

Lota ve ark. (2002) limon ve laym türlerinin kabuk ve yaprak kısımlarından elde edilen yağların uçucu bileşenlerini araştırmışlardır. Aynı iklim koşullarında yetiştirilmiş ağaçlardan toplanan 43 çeşit limon ve laym meyvelerinden, kabuk ve yapraklarından yağ elde edilmiştir. Örneklerin kimyasal bileşenleri GC, GC-MS, ve ¹³C NMR cihazlarıyla incelenmiş ve sonuçlar kimyasal değişkenliklerini kontrol etmek için temel bileşen analizlerine tabi tutulmuştur. Limonen; β -pinen; γ -terpinen ve limonen, linalil asetat ve linalol limon kabuk yağındaki önemli bileşenler olarak bulunmuştur. Limon yaprak yağında ise limonen, β -pinen, geranial, neral, linalol, linalil asetat ve α -terpinol önemli bileşenler olarak saptanmıştır. Laym kabuk yağında, limonen, γ -terpinen; limonen, β -pinen, γ -terpinen; ve limonen, γ -terpinen ve β -pinen aromanın önemli kısmını oluşturmuştur.

Vekiari ve ark. (2002) Girit adası limon çeşitlerinin yaprak ve kabuk kısımlarından elde edilen esansiyel uçucu yağ bileşenlerinin mevsimsel değişimlerini incelemişlerdir. Yağlar buhar damıtma yöntemi ile elde edilmiştir. Yağlardan elde edilen 35 adet bileşik GC-MS yardımıyla belirlenmiştir. Başlıca uçucu aroma bileşikleri limonen, β -pinen, mirsen, neral, geranial, neril asetat, geranil asetat olurken, ayrıca β -karyofilen limon yaprak yağında bulunmuştur. Kabuk yağında γ -terpinen, β -pinen, mirsen, neral ve geranial bileşikleri belirlenmiştir. Uçucu bileşiklerin miktarsal tayinleri iç standart oktil asetat seçilerek ve uluslararası iç standart metodu baz alınarak mg/kg cinsinden hesaplanmıştır. Çalışmada yüksek miktarda neral ve geranial içeren bileşikler esansiyel yağların kalite göstergesi olarak bildirilmiştir. Esansiyel yağların aroma

profilleri ve miktarsal varyasyonlar bir yıldan fazla bir zaman diliminde altı farklı zaman aralıklarında ölçülerek elde edilmiştir.

Andrea ve ark. (2003) İtalyan limon liköründe (Limoncello) 60'dan fazla uçucu bileşik belirlemişlerdir. Limoncello'yu uçucu (terpenler, aldehytler, alkoller) ve uçucu olmayan (psoralen, kumarinler, fenolikler, karbonhidratlar ve asitler) bileşikler karakterize etmektedir. Örneklerin uçucu bileşenleri PCA analizi ile iki gruba ayrılmıştır. İlk grup, limon yağı bileşenleri ile benzerlik gösteren ve yüksek oranda β -pinen, mirsen, trans- α -bergamoten ve β -bisabolen ve de düşük miktarda neral ve geranial içeren bileşiklere sahiptir. İkinci grup bileşenlerini ise oksidatif aroma bileşikleri oluşturmaktadır. Örneklerde etil asetat, asetaldehit, 2-metil-1-propanol ve gliserol varlığı, Limoncello üretiminde muhtemelen şeker şuruplarının fermantasyonu sırasında meydana geldiğini göstermiştir.

Chisholm ve ark. (2003) laym cinsi limon (*Citrus aurantifolia*) kabuk yağının aroma profillerini gaz kromatografi- olfaktometre (GC-O) ve gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) yardımıyla incelemişlerdir. Ekstrakte edilmiş limon yağında 50'den fazla uçucu aroma bileşenleri bulunurken, damıtma yöntemi ile elde edilmiş limon yağında ise 60'dan fazla uçucu aroma bileşenleri tespit edilmiştir. Geranial, neral ve linalol her iki yöntemle elde edilmiş yağ profillerinde baskın aroma bileşikler olduğu belirtilmiştir. Ayrıca birçok aldehit laym yağının aroma profiline katkıda bulunmuştur. Asit-kataliz damıtma sonucunda örneklerde odunsu, baharatlı ve balzamik gibi birçok yeni kokular ortaya çıkmıştır. Damıtma yöntemi ile elde edilmiş laym yağlarında 10 karbonlu alkoller ve eterler ve birçok seskiterpenler çok az aroma aktivitesine sahip olup, daha çok çam kokusunu oluşturmuşlardır. Ekstrakte edilen laym yağlarında ise 7-metoksi kumarinin en yoğun aroma-aktif bileşik olduğu vurgulanmıştır. Damıtma sonucu elde edilen laym yağında karyofilen oksit ve humulen oksit ana koku maddesi olmuşlardır.

Ahmad ve ark. (2006) dört farklı turunçgil türünde bulunan uçucu yağların bileşenleri incelemişlerdir. Eureka limonun (*C. limon*) ana bileşenlerinin limonen

(%53.61), α -tujen (%0.45), γ -terpinen (%18.57), kampen (%0.13), β -pinen (%11.80), sabinen (%0.63), α -terpinolen (%0.25), mirsen (%11.16), α -pinen (%2.63), sitral (%0.27), sitronellol (%0.15), kaprinaldehit (%0.26), borneol (%0.16), ∇^3 -carene (%0.45) ve p -simen (%0.12) olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu türlerin uçucu yağların yapısındaki kimyasal bileşenlerin değişiklik göstermesin sebebinin genetik yapılarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Allegrone ve ark. (2006) taze sıkılmış dört farklı limon çeşitlerinin uçucu aroma bileşenlerini karşılaştırmışlardır. Limonların aroma bileşenlerini tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyonu yöntemi yardımı ve gaz kromatografi – kütle spektrometre (GC-MS) cihazı ile belirlemişlerdir. Analizler sonucunda 35 adet toplam uçucu bileşikler elde edilmiş ve iç standart yardımıyla aroma maddelerinin miktar tayinleri yapılmıştır. Limon suyu uçucu bileşiklerinde farklı bileşiklerin olduğu bildirilmiştir. Bu dört farklı çeşit arasında Verdello Siracusano limon suyu en fazla miktarda uçucu bileşenlere (50.28 mg/L) sahip olduğu bildirilirken, onu sırasıyla Interdonato (8.39 mg/L), Primo Fiore Capo d’Orlando (5.75 mg/L) ve Femminello Siracusano (2.62 mg/L) takip etmiştir. Uçucu bileşenleri başlıca mono - ve seskiterpen hidrokarbonlar ve oksijenlenmiş aroma bileşiklerinden (aldehitler, monoterpen alkoller ve monoterpen esterler) olduğu bildirilmiştir.

Yu ve ark. (2007) üç farklı Satsuma mandarinin aroma bileşenlerini tepe boşluğu katı faz mikroekstraksiyonu metodu (HS-SPME) ve gaz kromatografi-kütle spektrometre yardımıyla incelemişlerdir. Analiz sonuçlarında 3 farklı çeşitte toplam 73, 71 ve 66 aroma bileşeni ve bu bileşenlerin miktarları sırasıyla 584, 505 ve 494 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Ayrıca limonen linalol, γ -terpinen, β -mirsan, α -pinen ve oktanal anahtar aroma bileşenleri olarak bildirilmiştir.

Martos ve ark. (2008a) limon, mandalina, greyfurt ve portakal kabuk yağlarının mantar oluşumlarına karşı gösterdikleri tepkileri araştırmışlardır. Agar seyreltme metodu ile genellikle gıdalarda bozulmalara neden olan küflerin

(*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium verrucosum*) yağlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tüm yağlar antifungal etki göstermiştir. Portakal kabuk yağı *A. niger*'e karşı en etkili yağ olurken, mandalina yağı *A. flavus*'un büyümesini engelleyen en verimli yağ olmuştur. Greyfurt yağı ise *P. chrysogenum* ve *P. verrucosum* küf büyümelerine karşı en iyi inhibitör olmuştur. Sonuçta, araştırmacılar turunçgil yağlarının gıda endüstrisinde kimyasal katkı maddelerine karşı alternatif koruyucular olduğunu vurgulamıştır.

Lan-Phi ve ark. (2009) soğuk sıkım yöntemi ile elde edilmiş altı farklı çeşit yuzu (*Citrus junos*) kabuk yağlarının kimyasal bileşenlerini ve aroma profilini incelemiştir. Araştırmacılar, toplamda 69 aroma maddesi tanımlamışlardır. GC-olfaktometre uygulaması ve aroma seyreltme analiz tekniği ile yuzu kabuk yağında toplam 8 adet (limonen, α -pinen, α - ve β -felandren, mirsen, γ -terpinen, (E)- β -farnesen ve linalol) aroma-aktif bileşen belirlenmiştir.

Vaio ve ark. (2010) 18 farklı limon çeşitlerinden alınan kabukların etanol ekstraksiyon ile uçucu yağ miktarları ve antioksidan özelliklerini incelenmiştir. Antioksidan etkinliği ABTS metodu ile belirlenirken, uçucu yağ bileşenleri GC/FID yardımıyla belirlenmiştir. Her bir örneğin meyve ağırlığı, kabuk kalınlığı, çekirdek sayısı, meyve suyu yüzdesi, titre edilebilir asitliği ve meyve suyu pH'sı saptanmıştır. Örneklerde temel uçucu yağ bileşenleri limonen (%72.5-76.4), ve β -pinen (%11.6-18.7) oluşturmıştır. Bunlara ilaveten, terpinen (%2.88-8.26), α -pinen (%1.4-1.5) ve mirsen (%0.95-1.12) gibi birçok monoterpen hidrokarbonlar da örneklerde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda antioksidan aktivite ve uçucu yağ bileşenleri arasında herhangi bir bağlantı görülemedi.

Espina ve ark. (2011), İspanya'dan elde edilen üç ticari turunçgil meyve özü yağlarının (portakal (*Citrus sinensis*), limon (*Citrus limon*) ve mandarin (*Citrus reticulata*)) temel uçucu bileşenlerini GC/MS analizleri ile analiz etmişler ve 65 temel uçucu bileşik tanımlamışlardır. Bu bileşikler arasından limonenin, %59-85 arasında değişen oranla temel bileşen olduğu tespit edilmiştir.

Asikin ve ark. (2012) farklı kültür Shiikuwasha cinsi limon kabuklarının uçucu aroma bileşenlerini ve flavon yapılarını incelemişlerdir. Turunçgil kabukları içerdikleri değerli biyoaktif maddeler ve çeşitli aroma bileşenlerine sahip olması bakımından önemli bir kaynağa sahiptir. Shiikuwasha limon kabuklarının aroma bileşenleri gaz kromatografi – alev iyonlaştırma dedektörü ve gaz kromatografi-kütle spektrometre ile analiz edilmiştir. Elde edilen bileşiklerin çoğunluğunu monoterpen hidrokarbonlar (%93.40-97.25), limonen (%46.52-68.26) ve γ -terpinen (%21.48-30.52) bileşikleri oluşturmaktadır. Shiikuwasha kültürlerinin aroma bileşenleri farklılıkları temel bileşenler analizi yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca neohesperidin (%96.58) ‘Izumi kugani’ kabuğunda baskın flavon olurken diğer limon kabuklarında hesperidin (%89.26-98.66) miktarı yüksek olmuştur.

Saura ve ark. (2012) çapraz akım filtrasyon yöntemiyle elde edilen berrak limon sularında aroma bileşikleri incelemişlerdir. Gıda endüstrisinde limon suyunu berraklaştırmak için filtrasyon yöntemleri kullanmışlardır. Bu çalışmada 100,000 Da (polisülfon), 0.20 μ m (polipropilen) ve 0.45 μ m (polivinilidin diflorür) üç farklı gözenek çapında filtreler kullanılarak aromatik değerler tanımlanmıştır. Uçucu bileşikler damıtma tekniği ve gaz kromatografik – kütle spektrometre yardımıyla belirlenmiştir. Berrak limon suyunda kullanılan filtrenin gözenek çapı arttıkça aroma yoğunluğunun da arttığı ve hidrofobik zar kullandıkça daha fazla apolar bileşiklerin bulunduğu tespit edilmiştir. Gözenek çapına sahip 0.20 μ m zardan elden edilen berrak limon suyunda terpen hidrokarbonları (limonen vs.) ve aldehitlerin (neral ve geranial vs.) geri kazanım yüzdeleri yüksek olmuş ve bu durumun limon suyu lezzetini istenen ideal konuma getirdiğini belirtmişlerdir.

Mahalwa ve Ali (2013) *Rutaceae* familyasına ait *Citrus limon*’un kabuklarından buhar destilasyonu ile elde edilen uçucu yağları, GC ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. Bu uçucu yağlarda, 30 bileşen ve bunların % 95.50’ini oluşturan 25 bileşen belirlemişlerdir. Yağda ağırlıklı olarak monoterpenler (%81.2) ve 1-limonen (% 7.2), bunları takiben kamfen (%12.3), α -terpineol (%11.2), α -felandren

(%6.5) ve 4-terpineol (%6.4) tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerde 13-seskitерpen (%14.2), α -selinen (%3), karyofilen oksit (%2.5), t-nerolidol (%2.4) ve valensen (%2.1) saptanmıştır.

Hausch ve ark. (2014) limon ve laym karışımından elde edilen gazlı içeceklerin aroma ve aroma-aktif bileşiklerini GC-MS-O yardımıyla araştırmışlardır. Aroma maddeleri ekstraksiyonunda, sıvı - sıvı ekstraksiyon – çözgen yardımıyla evaporasyon tekniği kullanmışlardır. Çalışmada linalol (çiçeksi, lavanta), oktanal (portakal) ve 2,3-dehidro-1,8-sineol (nanemsi) aroma maddelerinin kokudan sorumlu temel aroma aktif bileşikler olduğu flavor seyreltme yöntemi ile (FD) faktör ile belirlenmiştir. FD faktörün aksine limonen ve oktanal ise koku aktivite değerine (OAV; odor activity value) örneklerde belirlenen kokudan sorumlu en önemli bileşikler olduğu vurgulanmıştır.

Zhong ve ark. (2014) Eureka çeşidi limon sularının aroma bileşiklerini incelemiş ve serbest uçucu bileşiklerin % 96.7'sini terpenlerin oluşturduğunu ve bu terpenlerdeki d-limonenin (% 65) en baskın uçucu bileşik olduğunu ve bunu γ -terpinen (% 10), α -terpineol (% 8), β -pinen (% 5) ve karen (%3) bileşiklerinin takip ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, limon kabuğunda bulunan aroma bileşiklerinin de analizini gerçekleştirmiş ve meyve suyu ile benzer olarak terpenlerin baskın olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, kabukta bulunan terpen miktarının, limon suyunda bulunan terpenlerden önemli bir şekilde fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Cannon ve ark. (2015) Kaliforniya'dan satın alınan Lizbon limonu (*Citrus limon* L. Burm. F., cv. Lisbon)'nun sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ile izole etmişlerdir. Gaz kromatografi kütle spektrometre cihazı kullanılmıştır. Çalışmada limonda ilk kez alifatik aldehitler ve birçok sülfür içeren sayısız bileşikler belirlenmiştir. Araştırmacılar, turunçgil kabuklarında belirlenen sülfür bileşiklerinin aroma profili üzerine önemli derecede katkı da bulunduğu bildirmişlerdir.

Kushare ve ark. (2015) *C. limetta* kabuk yağını buhar destilasyon tekniği ile ekstrakte etmişler ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. *C. limetta* kabuğundan elde edilen esansiyel yağda, α -pinen, β -pinen ve D-limonen bileşenlerini tespit etmişlerdir. D-Limonen; meyve suyu, alkolsüz içecekler, dondurma ve puding gibi gıda maddelerinde genellikle güvenli bir tatlandırıcı olarak kullanımının kabul edildiği bildirilmiştir.

Tamura ve ark. (2016) limon kabuk yağında koku algı eşiği yöntemini kullanarak aroma bileşiklerini karakterize etmişlerdir. Limon kabuk yağında yüksek aroma yoğunluğuna sahip yedi aroma bileşiği potansiyel aroma olarak seçilmiştir. Limonda doğal olarak bulunan yedi etkili kimyasallardan karıştırılarak hazırlanan model yağ (Oil_{model 7}), hedeflenen limonda 55.1 ppm değerinde algı eşik tanımı yaratmıştır. Bu da aroma kalitesi bakımından modellenen yağın hedeflenene oranla yüksek benzerlik gösterdiği bildirilmiştir. Böylece yüksek aroma yoğunluğuna sahip seçilen yedi bileşik, hedeflenen yağda aroma kalitesine önemli katkıda bulunmuştur.

Hong ve ark. (2017) Kore’de yetiştirilen bazı turunçgil meyvelerinden elde edilen esansiyel yağların aroma bileşiklerini eş zamanlı distilasyon ve ekstraksiyon (SDE) yöntemi ve GC-MS yardımıyla incelemişlerdir. Yuzu, kumquat, limon ve laym örneklerinin uçucu bileşikleri incelendiğinde, limonen bileşiği her dört meyvede de baskın aroma maddesi olarak bulunmuştur. Limoneni takiben γ -terpinen, β -pinen, β -mirsene ve geranil asetat gibi bileşiklerin limon örneklerinde baskın olduğu bildirilmiştir.

Hsouna ve ark. (2017) *Citrus limon* esansiyel yağının, uçucu bileşenlerini GC-MS kullanarak tanımlamışlar. Çalışmada toplam 21 bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenler içerisinde iki baskın bileşiğin %39.74 oranla limonen ve %25.44 oranla β -pinen olduğunu saptamışlardır.

Karabagias (2017) yaptığı bir çalışmada kabuklu sıkılmış limon suyunun aroma bileşiklerini katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi ile ekstrakte etmiş

ve GC-MS ile belirlemiştir. Analiz sonucunda uçucu bileşiklerin büyük bir kısmını terpenoidlerin oluşturduğunu bildirmiştir. Uçucu bileşikler arasında en baskın terpenoid olarak limonen (%53.56) belirlenmiş ve bu bileşiği linalol (%1.92), β -mirsen (%1.42) ve α -terpineol'ün (%1.01) takip ettiğini bildirmiştir.

Sacchi ve ark. (2017) limon ve zeytinyağı karışımların karakteristik özelliklerini araştırmışlardır. İtalya'nın iki farklı yerleşim yerinden temin edilen taze limonlar öğütülmeden önce zeytin aroması oluşması için taze zeytinlerin içerisine eklenmiştir. Ortaya çıkan zeytin aromasının duyuşal profili, uçucu bileşenleri, fenol içeriği, yağ asidi bileşenleri ve kalite parametreleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre limon uçucu bileşiklerinin zeytinyağındaki acılığa karşı maske oluşturduğunu göstermiştir. Limon suyu ile aromatize edilen zeytinyağlarının kalite parametresi önemli derecede etkilenmekte çünkü yağın asitlik değeri ve UV indeksi artmaktadır. Yağa limon eklenmesinden dolayı limonen, α -pinen, β -pinen, sabinen, β -mirsene ve γ -terpinen gibi birçok terpen bileşiklerinin oluşması, yağın aroma profillerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Araştırmacılar, sonuç olarak zeytinyağına belirli oranda limon eklenmesinin kaliteyi olumlu etkilediğini vurgulamışlardır.

Ammad ve ark. (2018) asma ağacının bazı patojenik mantar hastalıklarını kontrol altına almada limon uçucu yağlarının önemini araştırmışlardır. Limon esansiyel yağları gaz kromatografi-kütle spektrometresi ile uçucu bileşenleri tayin edilmiştir. Sonuçlar monoterpen hidrokarbon uçucu bileşiklerinin en fazla miktarda olduğunu göstermiştir. Limon esansiyel yağının %99.9'unu temsil eden dört ana bileşen (limonen, neral, β -pinen ve γ -terpinen) olduğu saptanmıştır. Esansiyel yağların patojenik mantarları önemli ölçüde büyümelerini engellediği ve özellikle en duyarlı *Eutypa sp.* mantarının olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ilk kez esansiyel yağların asma ağaçlarında mantar enfeksiyonlara karşı koruyucu etkisinin olduğu kanıtlanmıştır.



3. MATERYAL VE METOD

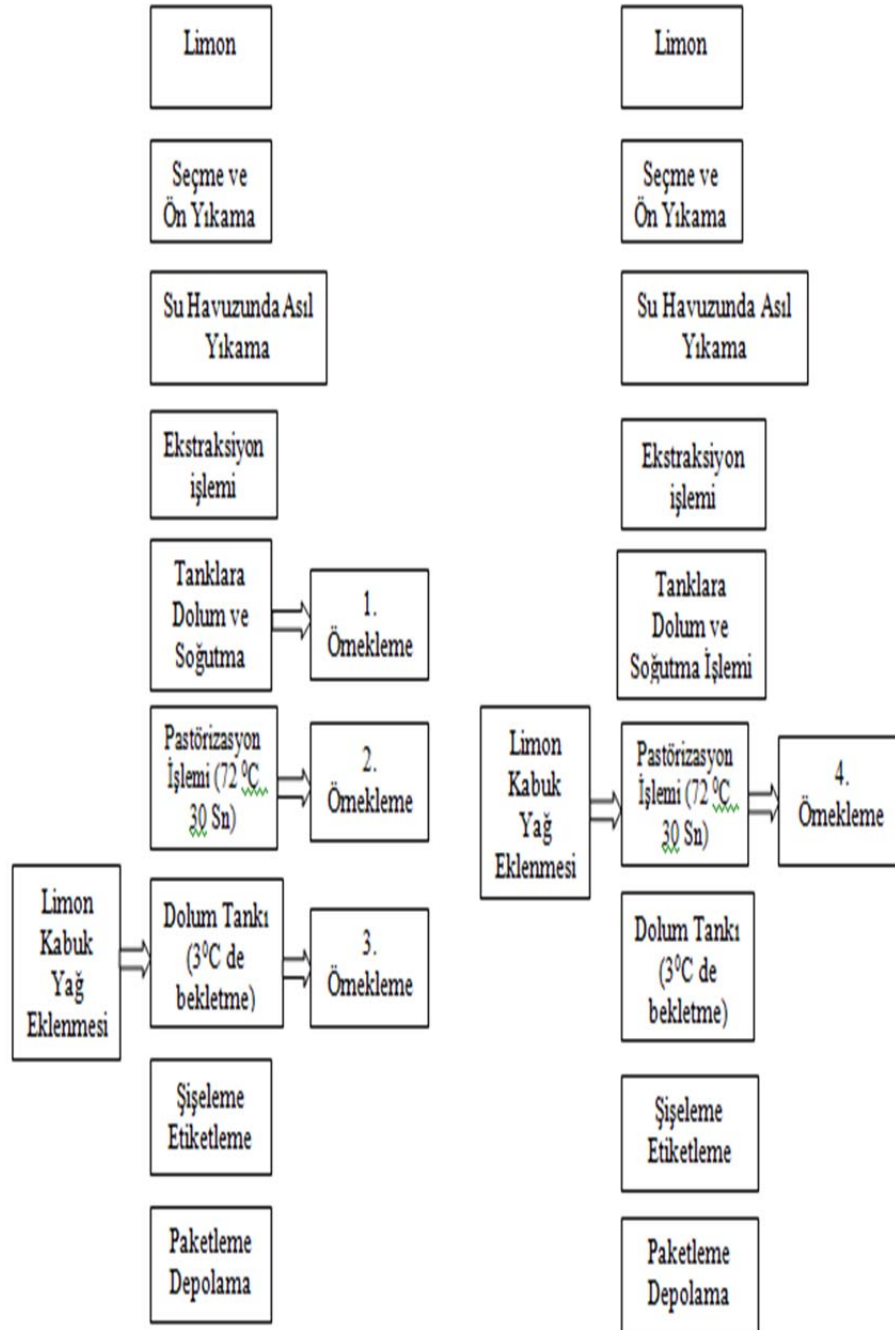
3.1. Materyal



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan cv. Kütdiken cinsi limonlar

Limon suyunun üretim aşamaları Şekil 3.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bulanık limon suyu üretimi için seçilen ve yıkanan limonlar doğrudan ekstraktörde sıkılmış ve elde edilen limon suyu soğuk tanklarda muhafaza edilmiştir. Bu kısım, kontrol limon suyu örneğimizi oluşturmaktadır. Devamında, limon sularına 72°C’de 30 saniye boyunca flaş pastörizasyon uygulanmış ve örnekler dolum tanklarında 3°C de muhafaza edilmiştir. Pastörizasyon işlemi sonrası ikinci örnekleme gerçekleştirilmiştir (pastörize limon suyu, P-Ls). Bulanık limon suyu üretiminde, elde edilen ürünün aroma maddelerinin zenginleştirilmesi amacıyla ürüne pastörizasyon öncesi (POKY-Ls) ve sonrası (PSKY-Ls) aşamalarında limon kabuk yağı eklenmiş ve Şekil 3.2’de gösterildiği gibi örnekleme yapılmıştır.

Denemeler sonunda taze limon suyu (T-Ls), pastörize limon suyu (P-Ls), limon kabuk yağı (5g/6L) eklenmiş ve pastörize edilmiş limon suyu (POKY-Ls) ve pastörizasyon sonrası limon kabuk yağı (5g/6L) eklenmiş limon suyu (PSKY-Ls) olmak üzere dört farklı örnek elde edilmiştir. Elde edilen örneklerin genel bileşimi, aroma ve aroma-aktif bileşikleri belirlenmiş ve kıyaslanmıştır.



Şekil 3.2. Bulanık limon suyu üretimi akış şeması

3.2. Metot**3.2.1. Genel Kimyasal Analizler****3.2.1.1. Toplam Asitlik (TA)**

Bulanık limon suyundan 2 mL alınarak 0.1N NaOH ile pH 8.1 olana kadar titrasyon yapılmış ve elde edilen sitrik asit cinsinden (gram sitrik asit / 100mL örnek) AOAC göre ifade edilmiştir (Gonzalez-Molina ve ark., 2009b).

3.2.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (SÇKM)

Refraktometre yardımıyla 20°C'lik ortamda doğrudan suda çözünür kuru madde tayini yapılmıştır.

3.2.1.3. Renk Tayini

Örneklerin renk tayini Hunterlab (Model 45/0 HunterLab Color Flex, Reston, Virginia, USA) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm başlamadan önce siyah ve beyaz seramiklerle kalibre edilerek ve okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak L*, a* ve b* değerleri elde edilmiştir (Wibowo ve ark. 2015).

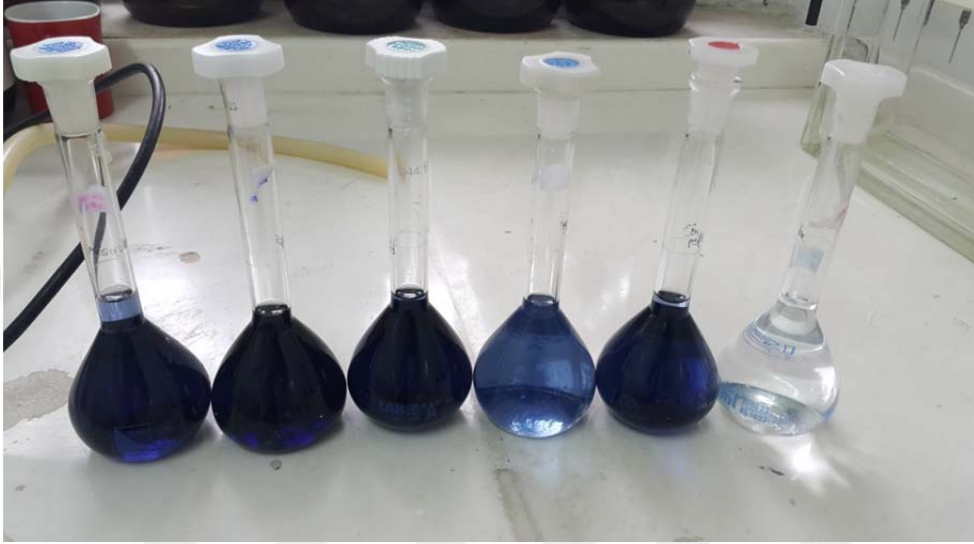
3.2.1.4. pH Tayini

Bulanık limon sularının pH'sı doğrudan pH metre yardımıyla yapılmıştır (Cemeroğlu ve ark., 2001).

3.2.2. Toplam Fenolik Madde (TF) Analizi

Limon suyunun toplam fenolik içeriği Singleton ve Rossi (1965)'nin uyguladığı yöntemde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Her örneğin 1 ml'si 60 ml saf su, 5 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 15 ml sodyum bikarbonat çözeltisi ile karıştırılıp oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiştir. Örnekler UV-Görünür alan spektrofotometresi (Shimadzu UV 201 Kyoto-Japan) kullanılarak 765 nm'de okunmuştur. Örneklerde ölçülecek absorbans değerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı, gallik asit ile hazırlanan standart eğrinin

denkleminde hesaplanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı; limon suyu örneklerinde "mg gallik asit/L" cinsinden belirlenmiştir.

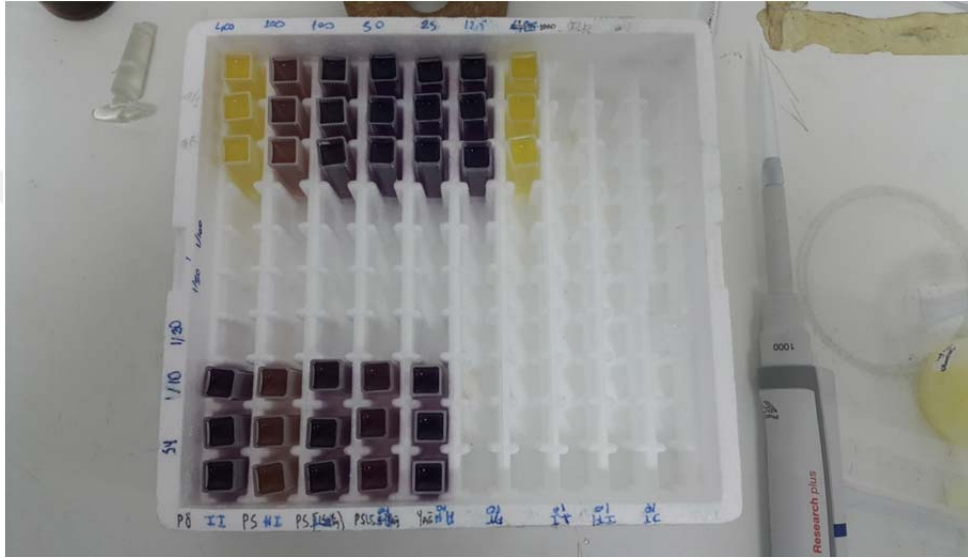


Şekil 3.3. Toplam fenol analizleri

3.2.3. Antioksidan Aktivitenin (AA) Belirlenmesi

Bulanık limon suyunun antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. Serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) kullanılarak ve metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişiminin 515 nm’de UV-Vis (Schimadzu-UV1201-Kyoto-Japan) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995; Kesen ve ark., 2013; Sánchez-Moreno ve ark., 1998). ABTS yöntemi Saafi ve ark., (2009)’nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiş ve daha sonra bu solüsyon sodyum asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ± 0.01 absorbans olacak şekilde seyreltilmiştir. Daha sonra 20 μ L limon suyuna 2.98 mL hazırlanan tampon

kariştırılmış ve absorbans 30 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçölmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Troloks (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak sonuçlar mmol Troloks /L cinsinden ifade edilmiştir.

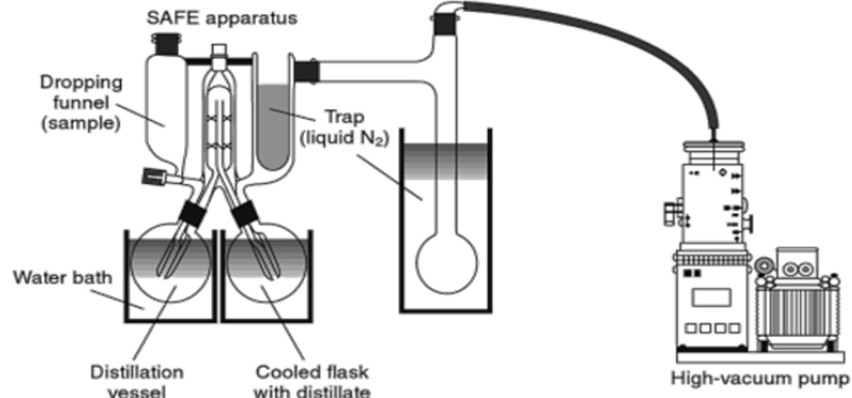


şekil 3.4. Antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS) analizleri

3.2.4. Aroma Maddeleri Analizleri

3.2.4.1. Bulanık Limon Suyu Aroma Maddeleri Ekstraksiyonu

Bulanık limon suyunda aroma maddeleri analizleri için sıvı-sıvı ekstraksiyon/çözgen yardımıyla aroma evaporasyonu (SAFE) yöntemi kullanılmıştır (şekil 3.5) Bu yöntemden elde edilen aromatik ekstrakt temsili testlerle (representatif testler) değerlendirilip kullanılan ekstraksiyon yönteminin güvenilirliği test edilmiştir.



Şekil 3.5. Çözgen yardımıyla aroma evaporasyonu (SAFE) düzeneği

Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda 100'er mL limon suyu örnekleri kullanılmıştır. Numune 500 mL'lik erlen içerisine aktarılarak, iç standart olarak 40 µg 4-nonanol ve etil dekanoat olmak üzere 2 farklı gruba ait aroma maddesi ilave edilmiş ve 100 mL yüksek saflıkta diklorometan çözgeni ile 3 kez 60 dk azot gazı altında manyetik karıştırıcıda karıştırılarak (4-5°C'de) ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra örnekler 15 dakika 4°C 5500 rpm altında santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında örnekler ayırma hunisine alınarak 40 °C'de SAFE tekniği ile izole edilmiştir (Şekil 3.7). Bu teknikte sıvı-sıvı ekstraksiyon ile elde edilen aromatik ekstrakta uçucu olmayan (non-volatile) kısımlar ayrılmıştır. SAFE'den elde edilen ekstrakt sodyum sülfattan geçirilmiş ve "Vigreux" damıtma kolonunda 40°C'de 0.5 mL kalıncaya kadar konsantre edilmiştir. Konsantre halde elde edilen ekstrakt doğrudan GC-FID, GC-MS ve GC-MS-O sistemlerine enjekte edilmiş ve aroma maddeleri belirlenmiştir. Ekstraksiyonlar üç tekerrürlü yapılmıştır (Sonmezdağ ve ark., 2016).



Şekil 3.6. Limon sularının sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi



Şekil 3.7. Limon sularının SAFE yöntemi ile ekstraksiyonu

3.2.4.2. GC-FID ve GC-MS-O Koşulları

Aroma maddelerinin miktarı, tanımlanması ve aktif bileşiklerin belirlenmesi “Agilent 6890N” marka gaz kromatografisi, buna bağlı “Agilent 5975B VL MSD” kütle spektrometresi kullanılmıştır. Böylece aynı zamanda hem miktar hem de tanımlama tayini yapılmıştır.

Aroma maddelerinin miktar tayininde, “Agilent 6890N” marka GC-FID kullanılacaktır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (60 m x 0,25 mm x 0,4 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220 °C, detektör sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı, 60 °C’de 3 dakika beklemeden sonra, dakikada 2 °C artarak 220 °C’ye ve daha sonra dakikada 3 °C artarak 245 °C’ye çıkartılarak bu sıcaklıkta 20 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Cihaza enjekte edilecek miktar 3 µL’dir. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1,5 mL/dakika, detektör ve enjektör sıcaklıkları 250 °C olmuştur.

Aroma maddelerinin tanısında yukarıda belirtilen gaz kromatografisine bağlı “Agilent 5975B VL MSD” marka MS kullanılmıştır. Enjektör tipi ve sıcaklık programı GC ile aynı koşullara sahiptir. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyumun hızı 1,5 mL/dk olacaktır. Kütle spektrometresinin iyonlaşma enerjisi 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 250 °C, kuadropol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklarla 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır. Piklerin tanısı, standardı bulunan bileşikler için standart çözelti enjekte edilerek, standardı olmayan bileşikler için kütle spektrumunun bilgisayar hafızasındaki aroma maddeleri kütüphanelerindeki (Wiley 7.0, NIST-98, ve Flavor.2L) kütle spektrumlarıyla karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları iç standart yöntemiyle hesaplanmıştır (De Saint Laumer ve ark., 2010).

3.2.4.3. Aroma Maddelerinin Miktarlarının Hesaplanması

Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin miktarlarını hesaplamak için, standart bileşiklerden kalibrasyon eğrileri elde edilerek ve iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak miktarlar hesaplanmıştır. Hesaplama her bir bileşiğin cevap faktörü dikkate alınmıştır.

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

C_i : Bileşiğin konsantrasyonu

A_i : Bileşiğin pik alanı

A_{st} : İç standardın pik alanı

C_{st} : İç standardın konsantrasyonu (5 µL/100 mL)

RF: Cevap faktörü

HF: Hesaplama faktörü (örnek miktarının L'ye çevrilmesi için faktör: 10).

3.2.4.4. Aroma-Aktif Bileşiklerin Analizleri

GC-MS-O analizleri “Agilent 6890N” marka gaz kromatografisine bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Olfaktometrik analizinde AESA kullanılmıştır (Milo ve Grosch, 1993; Grosch 2001). Koklama sırasında burun içinin kurumaması için özel bir düzenek yardımıyla olfaktometri portuna (Gerstel-2-ODP, Maryland, ABD) nemli hava verilmiştir ve bu sayede panelistin kokulara duyarlılığı artırılmıştır. Koklama analizi üç panelist tarafından gerçekleştirilmiş ve her panelist değişmeli olarak 20’şer dakika koklama yapmıştır.

3.2.5. Duyusal Analizler (Temsili Test)

a) Panel: Araştırmada kullanılacak bulanık limon suları ve bunlardan elde edilen aroma ekstraktlarının aroma karakteristikleri temsili (representative) test kullanılarak yapılmıştır. Duyusal değerlendirmeler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde gerçekleştirilmiştir. Bulanık limon suyu

örneklerinin ve bunların ekstraktlarının duysal analizleri yedi kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır.

3.2.5.1. Örneklerin hazırlanması ve panelistlere sunumu

Bulanık limon sularından 5 mL alınacak ve 25 mL'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisinde özel olarak kodlandıktan sonra panelistlere sunulmuştur. Limon sularında aroma maddeleri ekstraksiyonunda başlangıçta iki farklı çözen (diklorometan, ve dietileter) kullanılmıştır. Bu çözenlerle elde edilen ekstraktlar özel kâğıt koklama çubuklarına (SARL H. Granger-Veyron, France) absorbe edildikten 1 dakika bekletildikten sonra çözenlerin uçması sağlanmıştır. Daha sonra bu koklama çubukları da, limon suyu örnekleri gibi iki farklı 25 mL'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisine konularak panelistlere sunulmuştur.

Daha sonra panelistlerden temsili test ve aroma profil analizleri için limon suyu örnekleri ve ekstraktlarının karşılaştırılması istenmiştir.

3.2.5.2. Benzerlik testi

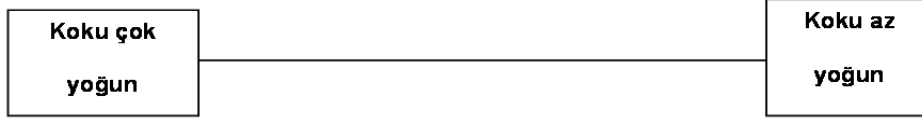
Panelistlerden bu testte, limon suyu örnekleri ile bu örneklere ait ekstrakt kokularının birbirine ne kadar benzer olduğunu belirlemeleri istenmiştir. Bu amaçla aşağıdaki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır. Panelistler tarafından skalanın sağına doğru işaretleme yapıldığında örnek ile ekstraktın kokusu birbirine daha çok benzemektedir (Van Ruth ve ark., 1995).



Şekil 3.8. Benzerlik testinde kullanılan skala

3.2.5.3. Aroma yoğunluk testi

Benzerlik testinde olduğu gibi bu kez panelistlerden limon suyu örnekleri ile bu örneklerle ait aromatik ekstrakt kokularının yoğunluklarının karşılaştırılması istenmiştir. Bu amaçla da aşağıdaki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Aroma yoğunluk testi skalası

Her iki testten elde edilen veriler varyans analizi ile (Statgraphics Plus Software, MD-USA) değerlendirilmiştir.

3.2.5.4. Limon Sularında Duyusal Analiz

Limon sularında duyusal analiz “puanlama testi” kullanılarak yapılmıştır. Limon sularının duyusal analizi 10 puan sistemine göre, yedi kişilik panelist grup tarafından yapılmıştır. Panelistler örnekleri, limon suyunun çeşitli özelliklerini göz önünde bulundurarak, dokuz kritere (renk, aroma, limon/turuncgil kokusu, meyvemsi, çiçeksi, yeşilimsi, tat/ekşilik, acılık ve genel izlenim) göre 10 tam puan üzerinden belirtilen sınırlar içerisinde değerlendirmişlerdir. Sonuçlar örümcek ağı diyagramında sunulmuştur (Selli ve ark., 2008).



Şekil 3.10. Limon suyu örneklerinin duyu analizleri

Analizler sonucunda elde edilen bulgular, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiştir ($p < 0.05$, Esbensen ve Swarbrick 2018).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Limon Sularının Genel Bileşimleri

4.1.1. Limon Sularının Kimyasal Özellikleri

Limon suyu örneklerinin genel bileşimi Çizelge 4.1’de verilmiştir. T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls limon suyu örneklerinde SÇKM (suda çözünür kuru madde) miktarları sırasıyla 8.0, 8.5, 8.6 ve 8.5 olarak bulunmuştur. P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde SÇKM değerlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken, ısıtma işlemi sonucunda değerde az da olsa artış görüldüğü belirlenmiştir. Moura ve Sylos (2008) Valencia ve Pera cinsi portakal sularında pastörizasyon işleminden sonra SÇKM değerlerinde benzer şekilde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.1. Limon suyunun genel kimyasal özellikleri

Analizler	^δ T-Ls	^δ P-Ls	^δ POKY-Ls	^δ PSKY-Ls
SÇKM	8.0±0.10 ^b	8.5±0.10 ^a	8.6±0.20 ^a	8.5±0.10 ^a
pH	2.34±0.02 ^a	2.39±0.05 ^a	2.37±0.03 ^a	2.37±0.01 ^a
Toplam asitlik (g/100ml ^{**})	15.9±0.01 ^a	13.2±0.08 ^b	12.4±0.05 ^c	12.4±0.02 ^c
L*	55.11±0.04 ^a	53.47±2 ^a	37.65±0.10 ^c	49.84±0.10 ^b
a*	0.15±0.01 ^d	0.67±0.03 ^c	6.24±0.06 ^a	0.89±0.10 ^b
b*	34.72±0.02 ^d	39.99±0.07 ^c	52.78±0.08 ^a	41.47±0.20 ^b

^{a-d}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. (p<0.05). ^δ T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları ^{**}Sitrik asit cinsinden.

Limon suyunun pH değerlerine bakıldığında T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 2.34, 2.39, 2.37 ve 2.37 olarak bulunmuştur. Değerler arasında istatistiksel olarak farklılık önemli bulunmamıştır. Aynı şekilde Robertson ve Samaniego (1986) taze limon suyunu pastörize etmişler (80°C, 30 sn) ve pH, SÇKM ve toplam asitlik (TA) değerlerinde önemli değişiklikler bulunmadığını belirtmişlerdir. Önceki çalışmalarda, limon sularının pH değerleri 2.42-2.66 aralığında ve SÇKM miktarı ise 7.54-8.75 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Gonzalez-Molina ve ark., 2009b; Saura ve ark., 2012; Uçan ve ark., 2014). Genel bir değerlendirme yapıldığında, doğal kabuk yağı ilavesi ve pastörizasyon uygulamasının cv. Kütdiken limon sularının SÇKM ve pH değerleri üzerine belirgin bir etkisi olmadığı belirlenmiş ve elde ettiğimiz bu verilerin literatürle uyum içinde olduğu saptanmıştır.

Limon suyunun toplam asitlik değerleri sitrik asit cinsinden T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 15.9, 13.2, 12.4 ve 12.4 olarak bulunmuştur. Isıl işlem ile toplam asitliğin azalması istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Benzer olarak Uçan ve ark. (2014) doğal bulanık limon suyunun TA değerini 7.07 g/100ml olarak belirlerken, pastörizasyon sonrasında bu değer 6.29 g/100ml'e azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu değişimin bir sebebini, askorbik asit oksidasyonu ve ısı işlem etkisiyle parçalanmasından dolayı olduğunu bildirmişlerdir.

T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde L^* değeri sırasıyla 55.11, 53.47, 37.65, 49.84 olarak bulunmuştur. POKY-Ls örneğinde a^* değeri 6.24 ile diğer örneklerden daha yüksektir. Yine aynı şekilde b^* değeri POKY-Ls örneğinde 52.78 değeri ile PSKY-Ls 41.47, P-Ls 39.99 ve T-Ls 34.72 örneklerine göre daha yüksek değerlerde saptanmıştır. Çalışmamızda kabuk yağı ilavesi ve pastörizasyon işleminin birlikte uygulanmasının limon sularının L^* değerinde azalmaya, a^* ve b^* değerlerinde artışa sebep olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Limon Sularının Toplam Fenolik ve Antioksidan Aktivite Değerleri

Doğal bulanık limon suyunun toplam fenolik bileşikleri (TF) Folin-Ciocalteu reaktifi yardımıyla yapılmıştır. Toplam fenolik bileşiklerinin (TF) miktarı T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 603, 651, 672 ve 681 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Analiz sonuçlarına göre örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Khosa ve ark. (2011) dört farklı Pakistan limon suyunun TF miktarlarını 690-998 mg/L arasında bulmuşlardır. Xu ve ark. (2008) 15 farklı turuncgil çeşidinden (yedi mandalina, dört tatlı portakal, bir limon, bir greyfurt ve iki adet Çin greyfurdu) elde edilen meyve sularının TF miktarlarını 751-1555 mg GAE/L aralığında belirlemişlerdir. Meyve çeşidinin, olgunluk durumunun, yetiştirme bölgesinin, iklimin, kültürel uygulamaların fenolik bileşiklerin biyosentezini etkilediği, bunun yanında ekstraksiyon ve analiz metotlarının da elde edilen toplam fenolik madde miktarı sonuçlarında etkili olduğu bildirilmiştir (Xu ve ark., 2008; Li ve ark., 2006; İnan ve ark., 2018; Palma ve ark., 2005). Uçan ve ark. (2016) taze limon suyunda TF miktarını 250 mg GAE/L, pastörizasyon sonrasında ise 265 mg GAE/L olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak ısı işlemi ile hücre zarının geçirgenliğinin artması sonucu hücre içerisindeki fenoliklerin salınımının artabileceğini bildirilmiştir. Çalışmamızda pastörize limon sularının daha yüksek TF miktarına sahip olması da bu durumla ilişkilendirilebilmektedir. Xu ve ark. (2007) turuncgil kabuk yağlarında ısı işleminden sonra serbest fenoliklerin miktarının arttığını buna karşın glikozit ve ester bağlı bileşiklerin azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise kabuk yağı ilavesinin limon sularının TF miktarını artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Fenolik madde açısından zengin limon kabuk yağı örneklerin toplam fenolik miktarını artırmıştır.

Turuncgillerde antioksidan kapasiteye sahip olan bileşikler C vitamini, karotenoidler ve fenolik maddeler oluşturmaktadır. Bu sayede, hücrelerde meydana gelebilecek oksidatif bozulmalar engellenmektedir (Polydera, 2005). Bu bileşikler oksijenin aktif biçimlerini ortadan kaldırarak oksidatif reaksiyonların başlamasını

engeller. Limon suyu yapısında bulundurduğu askorbik asit, karotenoid ve fenolik bileşiklerin varlığı açısından antioksidan aktivite değerleri yüksek meyveler arasındadır (Cemeroğlu, 2007).

Doğal bulanık limon suyu örneklerimizin antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS yöntemleri ile belirlenmiştir. DPPH analizi sonucunda antioksidan aktivite değerleri T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 705, 735, 802, 990 mM Troloks eşdeğeri (TE)/L; ABTS analizi sonucunda ise sırasıyla 905, 1102, 1254 ve 1322 TE/L olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Analizler sonucunda örnekler arasında istatistiksel olarak farklılıklar önemli bulunmuştur.

Örneklerde antioksidan aktivite değerlerinin ısıtma işlemi ve kabuk yağı ilavesiyle arttığı tespit edilmiştir. Kabuk yağı ilavesinin, kabuk yağındaki biyoaktif bileşiklerin limon suyuna geçişi sebebiyle antioksidan aktiviteyi artırdığı bilinmektedir. Pastörizasyon sonucu aktivitede gözlenen artış ise, yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi, meyve sularına uygulanan termal işlemlerin fenolik bileşiklerinin çözünürlüğünü artırması ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitelerinde artış olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer olarak, Uçan ve ark. (2014)'da pastörizasyon sonrası limon sularının antioksidan aktivitelerinde artış olduğunu belirlemişlerdir. Barreca ve ark. (2011) limon suyu örneklerinin DPPH, FRAP ve ABTS yöntemleriyle antioksidan aktivite değerlerini incelemişlerdir. ABTS yöntemiyle elde edilen değer (1446 mM Troloks) en yüksek olurken, DPPH (261 mM Troloks) ve FRAP (318 mM Troloks) yöntemi ile elde edilen sonuçlar daha düşük bulunmuştur. Guimaraes ve ark. (2010) bazı turuncgil çeşitlerinin meyve suyu ve kabuklarında bulunan antioksidan aktivite değerlerini DPPH yöntemi yardımıyla kıyaslamışlardır. Çalışmada, limon suyunun kabuk kısmının antioksidan aktivite değeri 116 mg/mL olurken, meyve suyu ise 6.41 mg/mL olarak belirlenmiştir. Fu ve ark. (2011) 62 çeşit meyvenin TF ve antioksidan kapasitelerini belirlemişlerdir. Limonda bulunan antioksidan aktivitelerinin FRAP analizine göre 6.06 μmol (Fe(II)/gr), TEAC analizine göre de 2.54 μmol (Troloks/gr) olarak bulunmuştur. Literatür ile kıyaslandığında, çalışmamızda incelenen limon sularının

yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve kabuk yağı ilavesi ve pastörizasyonun bu aktiviteyi artırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Limon suyu toplam fenolik ve antioksidan aktivite değerleri

Analizler	*T-Ls	*P-Ls	*POKY-Ls	*PSKY-Ls
Toplam Fenol (mg GAE/L)	603 ^d ±0.02	651 ^c ±2.0	672 ^b ±0.10	681 ^a ±4.0
DPPH (mM Troloks/L)	705 ^d ±0.08	735 ^c ±0.05	802 ^b ±0.10	990 ^a ±5.0
ABTS (mM Troloks/L)	905 ^d ±7.96	1102 ^c ±106	1254 ^b ±16.24	1322 ^a ±11.89

^{a-d}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. (p<0.05). * T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları

4.2. Limon Suyu Örneklerinin Aroma Profili

cv. Kütdiken cinsi limonlardan elde edilen limon suyu örneklerinin aroma ve aroma-aktif bileşiklerinin ekstraksiyonu çözgen yardımıyla aroma evaporasyonu (SAFE) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntem sonucunda elde edilen aromatik ekstraktların güvenilirliğini temsili testlerle (representatif test) değerlendirilmiştir. Temsili testler sonucunda, aroma ekstraktının, limon suyu örneğine % 86.5 benzerlik gösterdiği, koku yoğunluğunun ise % 59.5 oranında olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan temsili testlerde portakal sularında benzerlik oranının %60.6 ve yoğunluğunun ise %58.8 olduğu, antep fıstığında benzerlik oranının %78.1 yoğunluğunun ise %84, zeytinyağında ise benzerlik oranının %75.7, yoğunluğunun %63.5 olduğu bildirilmiştir (Selli ve Kelebek,

2011; Sonmezdag ve ark., 2018; Kesen ve ark., 2014). Bu oranlar aroma ve olfaktometrik analizler için oldukça kabul edilebilir düzeydedir.

Limon suyu örneklerinin aroma bileşikleri izelge 4.3’de verilmiştir. Aroma profillerinin tanımlanmasında kütle spektrometresi kütüphanesi (MS), aroma maddeleri standartları (Std) ve alıkonma indisi (LRI) değerlerinden yararlanılmıştır.



Çizelge 4.3. Limon suyu aroma bileşikleri

		Bileşikler	Konsantrasyon (µg/L) ⁷					Tanımlama ⁶
No	LRI ¹	Terpenler	T-LS ²	PLS ³	POKY-LS ⁴	PSKY-LS ⁵		
1	1017	α -Pinen	8492 ^{ab} ± 72.1	8055 ^b ± 28.4	8509 ^{ab} ± 17.1	8645 ^a ± 4.4	LRI, MS, std	
2	1074	Kamfen	143 ^c ± 5.5	136 ^c ± 0.1	182 ^b ± 4.4	204 ^a ± 6.3	LRI, MS, std	
3	1101	β -Pinen	21211 ^b ± 63.6	16655 ^c ± 14.1	23459 ^b ± 12.4	48459 ^a ± 11.4	LRI, MS, std	
4	1176	β -Mirsen	4741 ^c ± 36.9	4513 ^c ± 29.1	5340 ^b ± 34.3	5833 ^a ± 15.4	LRI, MS, std	
5	1234	D-Limonen	335235 ^b ± 356	294651 ^b ± 411	311516 ^b ± 554	576884 ^a ± 541	LRI, MS, std	
6	1250	γ -Terpinen	36485 ^b ± 74.9	33549 ^b ± 49.5	34964 ^b ± 14.6	54493 ^a ± 18.5	LRI, MS, std	
7	1255	ρ -Simen	783 ^c ± 17.3	627 ^d ± 9.7	1077 ^b ± 2.2	1316 ^a ± 2.5	LRI, MS, std	
8	1278	α -Terpinolen	1925 ^b ± 16.2	1749 ^b ± 7.1	1872 ^b ± 5.2	3230 ^a ± 123	LRI, MS, std	
9	1372	Allo-osimen	141 ^b ± 6.8	103 ^d ± 2.5	116 ^c ± 5.0	175 ^a ± 6.7	LRI, MS, std	
10	1421	ρ -Simenen	32.20 ^c ± 1.1	18.4 ^d ± 1.3	49.6 ^b ± 1.8	110 ^a ± 4.4	LRI, MS, std	
11	1431	α -Tujen	104 ^a ± 3.8	S	S	S	LRI, MS, std	
12	1478	Biskloelemene	S	S	S	6.9 ^a ± 0.4	LRI, MS, tent	
13	1490	Kamfor	82.9 ^b ± 2.9	60.8 ^c ± 2.1	87.5 ^b ± 2.3	98.2 ^a ± 0.4	LRI, MS, tent	
14	1531	Linalol	677 ^c ± 2.6	662 ^c ± 5.9	764 ^b ± 25.0	845 ^a ± 5.8	LRI, MS, std	
15	1563	ρ -Ment-2-en-1-ol	S	105 ^a ± 8.0	30.5 ^b ± 2.5	97.5 ^a ± 3.4	LRI, MS, tent	
16	1570	D-Fensil alkol	405 ^c ± 9.6	425 ^{bc} ± 7.5	438 ^b ± 5.0	482 ^a ± 1.2	LRI, MS, std	
17	1574	4-Terpineol	5522 ^a ± 3.1	5063 ^b ± 14.1	5198 ^b ± 22.0	5641 ^a ± 2.3	LRI, MS, std	
18	1583	(E)- α -Bergamoten	1516 ^c ± 4.7	1269 ^d ± 3.1	1750 ^b ± 5.2	2892 ^a ± 1.0	LRI, MS, std	
19	1604	(E)-Karyofilen	839 ^b ± 3.9	340 ^d ± 2.9	697 ^c ± 1.2	1398 ^a ± 2.2	LRI, MS, std	
20	1642	Alloaromadendren	133 ^a ± 1.5	23.7 ^c ± 1.2	28.8 ^c ± 1.4	52.8 ^b ± 3.1	LRI, MS, std	
21	1656	(E) - ρ -2,8-Mentadien-1-ol	118 ^d ± 1.0	135 ^c ± 2.3	170 ^a ± 1.7	154 ^b ± 1.4	LRI, MS, tent	

Çizelge 4.3. devamı

22	1664	Neral	377 ^b ± 3.7	357 ^b ± 4.9	431 ^b ± 3.3	763 ^a ± 3.4	LRI, MS, std
23	1665	(Z)- β -Farnesen	161 ^c ± 4.3	102 ^d ± 2.9	206 ^b ± 3.8	292 ^a ± 1.4	LRI, MS, std
24	1675	α -Terpineol	3201 ^c ± 2.8	3512 ^{bc} ± 6.4	4050 ^b ± 6.6	5660 ^a ± 2.3	LRI, MS, std
25	1751	Bornilen	5433 ^b ± 12.3	5035 ^b ± 2.2	5629 ^b ± 7.4	7287 ^a ± 7.7	LRI, MS, tent
26	1753	Nerol	1793 ^b ± 6.4	2056 ^b ± 3.1	2141 ^b ± 1.2	4941 ^a ± 6.4	LRI, MS, std
27	1755	Valensen	212 ^a ± 4.4	119 ^c ± 3.5	148 ^b ± 2.9	224 ^a ± 3.6	LRI, MS, std
28	1758	β -Bisabolon	2790 ^b ± 4.4	2429 ^b ± 5.7	2519 ^b ± 24.2	6545 ^a ± 24.5	LRI, MS, std
29	1760	β -Sitroneolol	80.2 ^c ± 1.8	82.7 ^c ± 5.8	152 ^a ± 2.4	136 ^b ± 1.6	LRI, MS, std
30	1820	ρ -Simen-8-ol	49.1 ^d ± 2.0	78.3 ^c ± 2.6	93.1 ^a ± 1.3	84.4 ^b ± 0.7	LRI, MS, std
31	1841	Geraniol	337 ^b ± 1.1	239 ^b ± 2.6	192 ^a ± 1.5	367 ^a ± 2.6	LRI, MS, std
32	2217	α -Bisabolol	130 ^c ± 6.0	152 ^b ± 1.2	105 ^a ± 6.3	164 ^a ± 2.5	LRI, MS, std
		Toplam	433164 ^b ± 732	382311 ^d ± 640	411927 ^c ± 779	737491 ^a ± 808	
		Uçucu Asitler					
36	1418	Asetik asit	S	85.1 ^c ± 2.3	95.6 ^a ± 0.3	88.0 ^b ± 1.1	LRI, MS, std
37	1810	Hekzanoik asit	65.2 ^a ± 1.3	54.5 ^b ± 2.3	4.7 ^c ± 0.2	S	LRI, MS, std
38	2034	Oktanoik asit	58.2 ^a ± 1.2	20.9 ^b ± 0.4	6.6 ^c ± 0.1	S	LRI, MS, std
39	2180	Nonanoik asit	53.6 ^a ± 3.7	33.7 ^b ± 0.6	12.0 ^c ± 0.9	S	LRI, MS, tent
		Toplam	177 ^b ± 6.2	194 ^a ± 5.6	119 ^c ± 1.5	88.0 ^d ± 1.1	
		Aldehitler					
33	1395	Nonanal	142 ^b ± 1.2	139 ^c ± 2.1	146 ^a ± 1.1	144 ^{ab} ± 3.1	LRI, MS, std
34	1426	Furfural	S	26.5 ^b ± 0.5	29.3 ^a ± 0.9	25.2 ^c ± 0.1	LRI, MS, std
35	2528	5-Hidroksimetil furfural	S	55.3 ^a ± 2.4	47.1 ^b ± 1.2	32.5 ^c ± 1.5	LRI, MS, std
		Toplam	142 ^d ± 1.2	221 ^c ± 5.0	222 ^b ± 3.2	270 ^a ± 4.7	
		Alkoller					

Çizelge 4.3. devamı

40	1170	3-Penten-2-ol	371 ^a ± 37	S	S	S	LRI, MS, std
41	1322	2-Metil-2-büten-1-ol	93.7 ^b ± 3.6	94.4 ^b ± 0.8	145 ^a ± 1.4	143 ^a ± 6.5	LRI, MS, std
42	1546	1-Oktan-ol	S	42.5 ^b ± 1.5	20.2 ^c ± 0.3	58.3 ^a ± 5.2	LRI, MS, std
		Toplam	585 ^b ± 7.3	137 ^c ± 2.3	165 ^c ± 1.7	201 ^a ± 11.7	
		Esterler					
43	1662	Sitronelil asetat	103 ^a ± 2.5	S	S	S	LRI, MS, std
44	1754	Neril asetat	646 ^b ± 1.6	500 ^b ± 2.7	709 ^b ± 3.3	1673 ^a ± 14.1	LRI, MS, tent
45	1759	Geranil asetat	1359 ^{ab} ± 2.5	1005 ^c ± 2.5	1312 ^c ± 2.4	1484 ^a ± 7.0	LRI, MS, std
		Toplam	2109 ^a ± 6.6	1506 ^a ± 5.2	2022 ^c ± 5.7	3157 ^a ± 21.1	LRI, MS, std
		Uçucu Fenoller					
46	2198	Timol	S	S	45.9 ^a ± 4.3	185 ^a ± 10.9	LRI, MS, std
47	2206	Karvakrol	38.2 ^b ± 0.9	35.4 ^b ± 3.3	30.3 ^c ± 0.7	43.0 ^a ± 2.5	LRI, MS, tent
		Toplam	38.0 ^c ± 0.9	35.0 ^a ± 3.3	76.0 ^b ± 5.0	229 ^a ± 13.4	
		Ketonlar					
48	1339	6-Metil-5-hepten-2-on	74.9 ^b ± 1.8	81.1 ^b ± 7.6	93.9 ^b ± 2.7	217 ^a ± 2.7	LRI, MS, std
		Toplam	74.9 ^d ± 1.8	81.1 ^c ± 7.6	93.9 ^b ± 2.7	217 ^a ± 2.7	
		Genel Toplam	436172 ± 755	384430 ± 664	414627 ± 797	741654 ± 951	

¹Linear alkonma indeksi DB-WAX kapiler kolon üzerinde hesaplanmıştır. ²T-Ls: Taze limon suyu. ³P-Ls: Pastörize limon suyu.

⁴POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları. ⁵PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları. ⁶Tanımlama: Tanımlama metodları; ⁷Konsantrasyonlar üç tekrerin ortalaması alınarak µg/L cinsinden verilmiştir. LRI

(Linear alkonma indeksi): LRI (linear retention index); MS tent, (MS ile tentatif tanımlama); Std (standart kimyasal madde ile), ±:

Standart sapma, S: Saptanamadı. ^{a-d}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere T-Ls örneğinde 41 adet, P-Ls’de 43 adet, POKY-Ls’de 44 adet ve PSKY-Ls örneğinde ise toplam 42 adet aroma bileşikleri belirlenmiştir. Aroma bileşiklerinin toplam konsantrasyon değerleri T-Ls örneğinde 436172 µg/L, P-Ls’de 384430 µg/L, POKY-Ls’de 414627 µg/L ve PSKY-Ls örneğinde ise 741654 µg/L olarak tespit edilmiştir. Aroma maddelerinin toplam konsantrasyonu ısıtılma işlemin etkisi ile azalırken, limon kabuk yağı ilavesiyle önemli miktarda artış göstermiştir. Benzer şekilde %6 ve %12 posa oranlarına sahip portakal sularının pastörizasyonun etkisiyle aroma bileşik miktarlarının azaldığı literatürde bildirilmiştir (Berlinet ve ark., 2007). Bir başka çalışmada, İspanyol çeşidi mandalinaların pastörizasyon işlemi sonrasında toplam aroma maddeleri miktarında %18 oranında azalma olduğu ve bu bileşikler içerisinde d-limonen, mirsen, sabinen, α -pinen ve linalolün miktarının önemli oranda değiştiği bildirilmiştir (Perez-Lopez ve ark., 2006).

Terpenler: Terpenler, birçok bitki ve çiçeklerin esansiyel yağlarının kokusundan sorumlu öncül aromatik bileşiklerdir. Ayrıca turunçgil türünün karakteristik kokusunun oluşumundaki en önemli aroma bileşikleridir (Gobato ve ark., 2015). Genellikle gıda endüstrisinde lezzet katkısı olarak kullanılmalarının yanı sıra, gösterdikleri antikansorejen etki ile bağışıklık sistemimizde önemli rol oynamaktadır. (Karabagias, 2017).

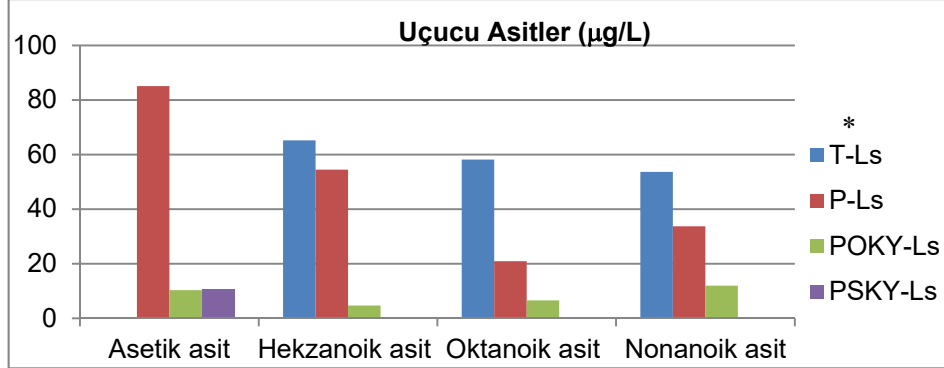
Çalışmada T-Ls, P-Ls ve POKY-Ls örneklerinde 30 adet ve PSKY-Ls örneğinde ise toplam 31 adet terpen bileşiği bulunmuştur. Aroma bileşikleri arasında terpen bileşikleri sayıca ve miktarca diğer bileşiklere göre baskın olmuşlardır. Terpen bileşikleri arasında ise d-limonen bileşiği önemli oranda öne çıkmış ve bileşiğin miktarı T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 335236, 294652, 311516 ve 576884 µg/L olarak bulunmuştur. Çizelge 4.3’den de anlaşılabacağı üzere, bu bileşiğin konsantrasyonu ısıtılma işlem sonucunda azalırken, limon kabuk yağı ilavesi ile artış göstermiştir. Bu veriler ile limon kabuk yağının önemli düzeyde d-limonen bileşiğine sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Önceki çalışmalarda, limonenin kararsız bir bileşik olduğu ve ısı, ışık, oksidasyon ve hidrasyon gibi birçok faktörden oldukça etkilendiği belirlenmiştir (Lopresto ve ark., 2018). Ayrıca limonenin oksidasyonu sonucu α -terpineol gibi monoterpen alkoller oluşmaktadır (von Campe, 1990). Benzer şekilde pastörizasyon sonucu limonen miktarının azalması ve α -terpineol miktarının artması bu durum ile açıklanabilir.

D-limonen bileşiğinin ardından tüm örnekler içerisinde en fazla konsantrasyona sahip bileşikler γ -terpinen, β -pinen ve α -pinen olmuştur. Isıl işlem ile terpen bileşiklerinin parçalanması sonucunda pastörizasyon sonrası bileşiklerin miktarsal olarak azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Önceki çalışmalarda kabuklu sıkılmış limon suyunun aroma bileşiklerinin büyük bir kısmının terpenlerden meydana geldiğini ve bu terpen bileşiklerinin turuncgil kokusundan sorumlu olduğu bildirilmiştir (Karabagias, 2017). Gobata ve ark. (2015) çekirdeksiz tatlı limonların (*Citrus latifolia* var *Tahiti*) aromasını benzer bileşiklerin karakterize ettiğini ve özellikle α -pinen, β -pinen, limonen ve γ -terpinenin baskın olduğunu bildirmişlerdir. Martos ve ark. (2008b) mandalina, greyfurt, limon ve portakaldan oluşan dört çeşit turuncgil yağlarının aroma profilini incelemişler ve limonda temel bileşenler olarak limonda: limonen (%69.9) ve β -pineni (%11.2) belirlemişlerdir. Görüldüğü üzere turuncgillerde limonen en fazla miktarda bulunan bileşik olmuştur. Guo ve ark. (2010) valensiya cinsi portakal suyunun farklı işlem aşamalarında aromatik bileşenlerinin nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Başlıca uçucu bileşenler; limonen, β -mirsen, α -pinen ve linalol olarak bulunmuştur. Çalışmada, pastörizasyon sonucunda terpenlerin %0.95 - % 0.15 arasında azaldığı belirtilmiştir. Aynı şekilde İspanyol çeşidi mandalinaların pastörizasyon işlemi sonrasında toplam aroma maddeleri miktarında %18 oranında düşüş kaydedilirken, azalan aroma miktarlarının önemli kısmını d-limonen, mirsen, sabinen, α -pinen ve linalol oluşturmuştur (Perez-Lopez ve ark., 2006). Önceki çalışmalardan da

görüldüğü üzere çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatür ile uyum içerisindedir.

Uçucu Asitler: Limon suyu örneklerinde asetik, hekzanoik, oktanoik ve nonanoik asit olmak üzere toplamda dört adet asit bileşiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). Hekzanoik, oktanoik ve nonanoik asidin lipit oksidasyonu sonucu, asetik asidin ise karbonhidratların oksidasyonu ve fermentasyon ile meydana geldiği bildirilmiştir (Gonzalez ve ark., 2007; Qian ve ark., 2016). Pastörizasyon işlemi ile beraber hekzanoik, oktanoik ve nonanoik asit miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Selli (2007), kan portakalı şarabının uçucu bileşikleri üzerine yaptığı çalışmada hekzanoik ve oktanoik asit miktarlarını sırasıyla 1988 ve 501 µg/L olarak tespit etmiştir. Toplam uçucu yağ asitleri oluşumunun şıraya, mayaya ve fermentasyon sıcaklıklarına bağlı olduğunu bildirmiştir. Kelebek ve Selli (2011) Dörtüol portakal suyunun uçucu bileşiklerini inceledikleri çalışmada asetik, hekzanoik, oktanoik ve nonanoik asit değerlerini sırasıyla 8.8, 8.8, 30.8, ve 36.2 µg/L olarak belirlemişlerdir. Benzer olarak, Rega ve ark., (2003) da portakal suyunda hekzanoik ve oktanoik asitleri belirlemişlerdir. Wang ve ark. (2004) fuji cinsi elmalardan yapılan şarapların uçucu bileşenlerini incelemişler ve elma şarabında bulunan asetik asit, hekzanoik asit ve oktanoik asit değerlerinin elma suyundan daha fazla miktarda olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Zhang ve ark. (2019), Keitt mango suyunda hekzanoik, oktanoik ve nonanoik asit miktarlarını sırasıyla 15.4, 8.53 ve 43.4 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4.1. Limon suyu örneklerinde uçucu asit bileşikleri

* T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları

Aldehitler: Limon suyu örneklerinde nonanal, furfural ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) olmak üzere üç adet aldehit bileşiği belirlenmiştir. Taze limon suyunda aldehit grubundan sadece nonanal bileşiği bulunmuştur. Uygulanan ısı işlemi ile bu bileşiğin miktarında azalma olmuş fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde Berlinet ve ark. (2007) farklı posa miktarlarına sahip portakal suyunda pastörizasyon ile nonanal bileşiğinin miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere, bu bileşikler arasında furfural ve HMF'nin ısı işlem sonucu oluştuğu ve sadece pastörize limon sularında bulunduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerin, şekerlerin ve askorbik asidin ısı ile parçalanması sonucu oluştuğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Markovic ve ark., 2008). Ayrıca, Maillard reaksiyonunun son aşamasında şekerlerin dehidrasyonu ile furfural bileşiğinin oluştuğu bilinmektedir (Burdurlu ve Karadeniz, 2002). Farnworth ve ark. (2001) portakal suyuna uygulanan ısı işlemlerin aromaya etkilerini araştırdıkları çalışmada aldehitlerin ısı işlem sonucunda azaldığını ve HMF bileşiğinin pastörizasyon işlemi sonucu ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Furfural ve HMF fazla ısıtılmış gıdalarda ortaya çıkan ve ısı ölçüm kalite

parametresi olarak kullanılabilen bileşiklerdir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçların literatür ile uyum sağladığı görülmektedir.

Alkoller: Alkoller, çok yüksek konsantrasyonlarda bulunmadıkça gıda aromasına olumlu katkıda bulunmaktadır. Bu bileşiklerin mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri veya karbonil bileşiklerin alkollere dönüşmesi ile meydana geldiği bilinmektedir (Reineccius, 2016).

Limon suyu örneklerinde 3-penten-2-ol, 2-metil-2-büten-1-ol ve 1-oktanol olmak üzere üç adet alkol bileşiği bulunmuştur. Bu bileşiklerin toplam miktarları ise T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 585, 137, 165 ve 201 µg/L olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, doğal kabuk yağı ilavesinin limon sularında bulunan alkol miktarını artırdığı, pastörizasyon işleminin ise azalttığı görülmektedir. Benzer şekilde Sadecka ve ark. (2014) pastörizasyon sonucunda posalı portakal suyunun alkol bileşiklerinin konsantrasyon değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Alkol bileşikleri içerisinde 3-penten-2-ol'ün sadece T-Ls örneğinde (371 µg/L) bulunduğu ve pastörizasyon sonrası bu bileşiğin belirlenemediği görülmektedir. 3-Penten-2-ol bileşiğinin daha önce yapılan çalışmalarda meyvelerin yanı sıra zeytinyağı gibi bitkisel yağların aromasını artırıcı etkide olduğu bildirilmiştir (Kesen ve ark., 2014). 1-Oktanol bileşiği ise T-Ls'de bulunmazken, bileşiğin ısıl işlem sonucunda ortaya çıkarak pastörize örneklerde bulunduğu tespit edilmiştir. Alonzo ve ark. (2001) "Valencia" ve "Washington Navel" cinsi tatlı portakallarının uçucu aroma bileşiklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 1-oktanol bileşiği her iki örnekte de %0.5 oranında tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada Njoroge ve ark. (2009) tatlı portakal (*C. sinensis*) kabuk yağının kimyasal bileşenlerini incelemişler ve 1-oktanol bileşiğini %0.1 olarak bildirmişlerdir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçların literatür ile uyum sağladığı görülmektedir.

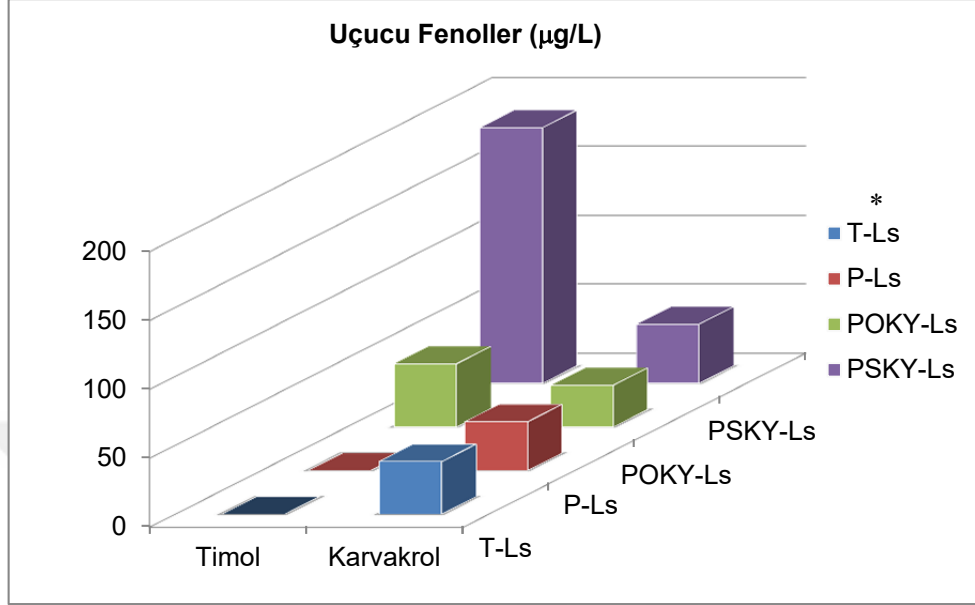
Esterler: Esterler, birçok meyvenin kokusunu meyvemsi, çiçeğimsi koku notlarıyla karakterize eden önemli aroma bileşikleridir. Bu bileşiklerin yağ asitlerinin β -oksidasyonu sırasında veya amino asit metabolizmasından yalnızca sağlam hücreler tarafından sentezlendiği bildirilmiştir (Belitz ve ark., 2009). Buna ek olarak, alkol dehidrogenaz ve alkol asit transferaz enzimlerinin de esterlerin oluşumunda etkili olduğu bildirilmiştir.

Limon suyu örneklerinde sitronelil asetat, neril asetat ve geranil asetat olmak üzere toplam 3 adet ester bileşiği tespit edilmiştir. Esterler arasında geranil asetat bileşiğinin konsantrasyonu T-Ls'de 1359 $\mu\text{g/L}$, P-Ls'de 1005 $\mu\text{g/L}$, POKY-Ls'de 1312 $\mu\text{g/L}$ ve POKY-Ls'de 1484 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Sitronelil asetat ise T-Ls'de 103 $\mu\text{g/L}$ olarak bulunurken ısıtma işlemi sonucu pastörize örneklerde bu bileşik belirlenmemiştir. Neril asetat bileşiği ise T-Ls'de 646, P-Ls'de 500, POKY-Ls'de 709 ve PSKY-Ls'de 1673 $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. Değerlerden anlaşılacağı üzere pastörizasyon işleminin neril asetat üzerinde düşürücü etkiye sahip iken, limon kabuk yağı ilavesi ile artış meydana gelmiştir.

Daha önceki çalışmalarda meyvelerin homojenizasyonu esnasında hidrolaz enzimleri tarafından esterlerin hidrolize edilerek miktarlarının azaldığı ve ısıtma işleminin etkisi ile konsantrasyonlarının önemli sayılabilecek şekilde düştüğü bildirilmiştir (Perez-Cacho ve Rouseff 2008). Martos ve ark. (2008b) mandalina, greyfurt, limon ve portakaldan oluşan dört çeşit turuncgil kabuk yağlarının uçucu bileşiklerini incelemiş ve neril ve geranil asetat esterleri sadece limon yağında belirlemişlerdir. Karabagias (2017) Kalamata limon suyunun uçucu bileşiklerini incelemiş ve geranil asetat ile neril asetat bileşiklerini sırasıyla %0.4 ile %5.73 olarak tespit etmiştir. Sonuçlar arasında neril asetatın uçucu bileşikler arasında en fazla bulunan ilk üç bileşik içinde olduğu vurgulanmıştır. Benzer olarak Jordan ve ark. (2003) taze portakal suyunun pastörizasyon işleminden sonra aroma bileşiklerini incelemişler ve neril asetat ile geranil asetat bileşiklerinin ısıtma işleminin etkisiyle azaldığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde

edilmiş, pastörizasyon sonrasında ester bileşiklerinin miktarında azalma görülmüştür. Kabuk yağı ilavesi ise, önemli miktarda içerdiği terpen esterlerin limon suyuna geçişi ile bu bileşiklerin konsantrasyonunu artırıcı etki yapmıştır.

Uçucu fenoller: Meyve ve sebzelerde bulunan birçok uçucu fenol bileşikleri sahip oldukları yapı sayesinde gıdaların aromalarına önemli derecede katkıda bulunurlar. Birçok uçucu fenolün şikimik asidin parçalanması ile oluştuğu ve düşük konsantrasyonlarda kokuya olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Belitz ve Grosch, 1987). Timol ve karvakrol limon suyu örneklerinde bulunan uçucu monoterpenoid fenollerdir ve miktarları diğer bileşiklere oranla daha düşüktür (Şekil 4.2). Karvakrol tüm örneklerde bulunurken, timol sadece kabuk yağı eklenmiş limon sularında tespit edilmiştir. Timol bileşiğinin limon kabuk yağından geldiği ve ısıtıl işlem sonucunda azaldığı görülmektedir. Karvakrol bileşiğinin ise taze limon suyunun pastörize edilmesi sonucu miktarında azalma olmuş fakat bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bunun yanı sıra, limon kabuk yağı ilavesi ile ısıtıl işlemin birlikte uygulandığı örneklerde kabuk yağında bulunan karvakrolün limon suyuna geçmesi ile miktarında artış olmuştur. Benzer olarak Japon yuzu limonu ve limon kabuk yağlarının uçucu aroma bileşenlerinde karvakrol ve timol bileşiğine rastlanmıştır (Njoroge ve ark., 1994). Lund ve ark. (1982) Meyer limon yaprağı yağından timol bileşiğini %2.3 oranında tespit etmişlerdir. Timol ve karvakrol gibi bileşikler, uçucu yağların bozulmayı geciktiren koruyucu etkilerinden sorumlu olan ana bileşikler olarak bildirilmiştir (Serrano ve ark., 2005; Jayasena, 2013). Smadja ve ark. (2005) beş farklı turunçgil çeşidinin aroma bileşiklerini incelemişler ve timol bileşiğini sadece Meyer limonunda tespit etmişlerdir. Haggag ve ark. (1998) laym (*C. aurantifolia*) ve limon (*C. limonia*) turunçgil yağlarının uçucu bileşenlerini kıyaslamış, çalışmada karvakrol bileşiği limon yağında %1.33 olurken, laym yağında %1.07 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçların literatür ile uyum sağladığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Limon suyu örneklerinde uçucu fenol bileşikleri

* T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları

Ketonlar: Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi keton grubundan 6-metil-5-hepten-2-on bileşiği limon suyu örneklerinde bulunan tek ketondur. Bu bileşiğin miktarı örneklerde 75-217 µg/L arasında değişmiş ve pastörizasyon ve kabuk yağı ilavesinin bileşiğin konsantrasyonuna artırıcı etkisi olmuştur. Örnekler arasında, keton miktarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Karetenoidlerin oksidatif parçalanması sonucu oluşan bu bileşiğin yapılan çalışmalarda “Murcott” cinsi mandalina, limon ağacından üretilen bal ve nar suyu gibi ürünlerde bulunduğu bildirilmiştir (Yu ve ark., 2017; Du ve ark., 2015; Escriche ve ark., 2011; Melgarejo ve ark., 2011). Çalışmamızda ise limon suyuna kabuk yağı eklenen örneklerde daha fazla bulunduğu görülmektedir. Ayrıca, uygulanan pastörizasyon işlemi bileşiğin miktarında artışa sebep olmuştur. Başka bir çalışmada Kirbaslar ve ark. (2004) Türk ve İtalyan limon yaprak yağlarının aroma bileşenlerini kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda 6-metil-5-hepten-2-on keton bileşiği Türk limon yaprak yağında %0.3 olurken İtalyan yağında ise %0.67-

%1.61 arasında tespit edilmiştir. Verzera ve ark. (2004) biyolojik meyvelerden elde edilen limon ve tatlı portakal kabuk yağlarının uçucu bileşenlerini, geleneksel yöntemlerle yetiştirilen meyveler ile kıyaslamışlardır. Araştırma sonucunda 6-metil-5-hepten-2-on bileşiği sadece biyolojik yöntemlerle yetiştirilen limon kabuk yağında % 0.01 miktarında tespit edilmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçların literatür ile uyum sağladığı görülmektedir.

4.3. Limon Suyunun Aroma-Aktif Bileşikleri

Limon suyunun aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesinde hassas olfaktometrik yöntemlerden biri olan ‘Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA)’ (AEDA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Seyreltme derecesi ‘aroma seyreltme değeri (AS)’ şeklinde açıklanmıştır. Bu metodu kullanırken aroma ekstraktını ilgili çözügen ile seyrelterek GC-MS-olfaktometri cihazına enjekte edip aroma bileşikleri koklanmakta ve kokuların hissedilmediği noktada yöntem sonlandırılmaktadır. En fazla AS değerine sahip bileşiklerin aroma-aktivite derecesi de yüksek kabul edilmektedir. Bu metod literatürde Jinchun portakal suyu ve kabuk yağı (Qiao ve ark., 2008), misket limon yağı (Chisholm ve ark., 2003), Çin çileği (Cheng ve ark., 2015) gibi çeşitli meyvelerin aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Aroma seyreltme değerlerine ek olarak uçucu bileşiklerin aromaya katkıları koku aktivite değerinin (OAV) belirlenmesi ile de ölçülmektedir. Uçucu bileşiklerin örneğin aromasına olan katkıları, sadece bileşik miktarlarına değil, aynı zamanda ilgili bileşiğin koku eşik değerine de bağlıdır. Bu bilgiden yola çıkılarak, bileşiklerin miktarları ve algılanma eşik değerlerinin oranı kokuya katkılarını göstermekte ve yukarıda da belirtildiği gibi koku aktivite değeri (OAV) ile ifade edilmektedir. OAV değeri 1’den büyük olan bileşiklerin aromaya katkısı olduğu bilinmektedir (Guth, 1997). Limon sularında belirlediğimiz uçucu bileşiklerin OAV değerleri de hesaplanmış ve AESA sonucunda belirlediğimiz bileşiklerin aromaya katkıda bulundukları her iki yöntemle de doğrulanmıştır. T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinin aroma-aktif bileşikleri, verdikleri kokular, AS ve OAV değerleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Limon suyunun aroma-aktif bileşikleri (AS≥4)

No	LRI	BİLEŞİKLER	VERDİĞİ KOKU	^a AED (µg/L)	T-Ls		P-Ls		POKY-Ls		PSKY-Ls	
					AS	OAV	AS	OAV	AS	OAV	AS	OAV
1	1017	α-Pinen	turunçgil	5 ²	32	1698	32	1611	32	1702	64	1729
2	1101	β-Pinen	yeşilimsi, çiçeksi	140 ⁵	512	152	256	119	512	168	1024	346
3	1176	β-Mirsen	baharatımsı, çiçeğimsi	36 ¹	128	132	128	125	256	148	512	162
4	1234	D-Limonen	turunçgil, yeşilimsi	60 ¹	2048	5587	1024	4911	1024	5192	4096	9615
5	1250	γ-Terpinen	tatlamsı, turunçgil	3260 ⁵	1024	11.2	512	10.3	512	10.7	2048	16.7
6	1278	α-Terpinolen	meyvemsi,yapraksı	41 ³	128	47.0	64	42.7	128	45.7	256	78.8
7	1372	Allo-osimen	otsu	-	8	-	4	-	4	-	8	-
8	1395	Nonanal	yağimsi, turunçgil	5 ²	8	28.6	8	27.9	8	29.2	16	42.6
9	1531	Linalol	çiçeksi	25 ¹	64	27.1	64	26.5	64	30.6	128	33.8
10	1570	D-Fensil alkol	turunçgil	-	32	-	32	-	32	-	32	-
11	1574	4-Terpineol	otsu, turunçgil	130 ¹	256	42.5	128	38.9	128	40.0	256	43.4
12	1583	(E)-α-Bergamoten	otsu, baharatımsı	-	128	-	128	-	128	-	256	-
13	1664	Sitral (Neral)	turunçgil	35 ⁴	4	10.8	4	10.2	4	12.3	16	21.8
14	1675	α-Terpineol	turunçgil, limon	250 ¹	128	12.8	256	14.1	512	16.2	1024	22.6
15	1753	Nerol	turunçgil, portakal	680 ⁶	64	2.6	128	3.0	128	3.1	256	7.3
16	1754	Neril asetat	yeşilimsi	-	S	-	S	-	4	-	8	-
17	1755	Valensen	turunçgil	-	4	-	S	-	S	-	4	-
18	1758	β-Bisabolen	çiçeksi	-	128	-	64	-	128	-	512	-
19	1759	Geranil asetat	meyvemsi, turunçgil	150 ⁶	64	9.1	32	6.7	64	8.8	64	9.9
20	1841	Geraniol	meyvemsi, turunçgil	30 ¹	16	11.2	8	8.0	4	6.4	16	12.2
21	1911	Tanımlanamadı	turunçgil	-	S	-	8	-	8	-	16	-
22	2034	Oktanoik asit	yağimsi	-	8	-	4	-	S	-	S	-
23	2217	α-Bisabolol	otsu, yapraksı	-	4	-	8	-	4	-	8	-
24	2326	Tanımlanamadı	çiçeksi, meyvemsi	-	8	-	S	-	S	-	S	-

S: Saptanamadı, * T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları, ^aAED: Algılanma eşik değeri, OAV: Koku aktiflik değeri, ¹Selli ve Kelebek, 2011; ²Buettner ve ark., 2001; ³Van Gemert, 2011; ⁴Ahmed ve ark., 1978; ⁵Plotto ve ark., 2004; ⁶Dharmawan ve ark., 2008.

Limon suyu yüksek aroma yoğunluğuna sahip bir meyvedir. Çizelge 4.4’de görüldüğü üzere cv. Kütdiken cinsi limonlardan elde edilen limon sularında T-Ls’de 22 adet, P-Ls ve POKY-Ls’de 21’er adet ve PSKY-Ls’de ise toplam 22 adet aroma-aktif bileşik tanımlanmıştır. T-Ls örneğinde 1 adet (LRI: 2326) ve diğer limon suyu örneklerinde yine 1 adet (LRI: 1911) tanımlanamayan aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Bu bileşikler, piklerin genellikle çok küçük alanlara sahip olmalarından ve/veya kütle/yük (m/z) oranlarından dolayı, GC-O ile algılanmış fakat GC-MS ile tanımlanamamıştır.

Limon suyu örneklerinde belirlenen ve AS değerleri 4 - 4096 arasında değişen aroma-aktif bileşikler, 20 adet terpen, 3’er adet aldehit ve ester ve 1 adet de uçucu asit bileşiğinden oluşmaktadır. Çizelge 4.4’de görüldüğü üzere limon suyunun baskın aroma-aktif bileşiklerini terpen grupları oluşturmakta ve örneklerle verdiği turuncgil, tatlımsı ve meyvemsi gibi hoş kokular nedeniyle önem arz etmektedir. D-limonen (turuncgil, yeşilimsi), γ -terpinen (tatlımsı, turuncgil), β -pinen (yeşilimsi, çiçeksi), α -terpineol (turuncgil, limon) ve β -mirsen (turuncgil) bileşikleri, tüm örneklerde bulunan önemli aroma-aktif bileşiklerdir. Bu bileşiklerin aroma seyreltme değerleri T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla d-limonen için 2048, 1024, 1024, 4096 ve γ -terpinen için 1024, 512, 512, 2048 olarak belirlenmiştir. Aroma-aktif bileşikler arasında en baskın bileşik olan d-limonenin koku aktiflik değeri (OAV) de 4911-9615 aralığında tespit edilmiş ve AS değerleri ile benzer olarak bileşikler arasında kokuya en fazla katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Genel olarak terpen bileşiklerinin AS değerleri pastörizasyon işlemi ile azalırken, taze limon kabuk yağı ilavesinin bu değerleri beklenildiği üzere artırdığı belirlenmiştir.

Perez-Cacho ve Rouseff (2008), turuncgillerde bulunan uçucu bileşiklerin yaklaşık %90’ını terpenlerin oluşturduğunu, yalnız bu bileşiklerin yüksek algılanma eşik değerlerinden kaynaklı olarak genel aromaya sınırlı katkıda bulunabildiklerini belirtmişlerdir. Limon suyu örneklerinde ise terpen bileşikleri

oldukça yüksek miktarda bulunmuş ve dolayısıyla Çizelge 4.4’de de görüldüğü üzere örneklerin kokularını karakterize eden bileşik grubu olmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda da, terpen bileşiklerinin turunçgil grubundan birçok meyve ve kabuk yağının aromasını oluşturduğu bildirilmiştir. Bu bileşikler içerisinde özellikle d-limonen yukarıda da bahsedildiği yüksek AS değerleri ile öne çıkmış ve benzer olarak Moro, Tarocco, Washington navel ve Valencia portakal sularının limon, nane koku notlarıyla en baskın aroma-aktif bileşiği olduğu belirtilmiştir (Arena ve ark., 2006). D-Limonenin aktifliğinin pastörizasyon sonucu azaldığı görülmektedir, bunun nedeninin uygulanan ısı işlem sonucu bileşiğin parçalanması ve miktarının azalması olduğu düşünülmektedir. Bileşiğin en yüksek AS değeri (4096) ise PSKY-Ls örneğinde tespit edilmiş ve ısı işlem uygulanmamış kabuk yağı ilavesinin önemli ölçüde etkili olduğu belirlenmiştir. Zhong ve ark. (2014), limon suyu ve kabuklarının aromasının incelediği çalışmada; limon sularının uçucularında tatlı limon ile benzer bir şekilde terpenlerin ve özellikle limonenin baskın olduğu ve limon kabuklarının terpen içeriğinin ise limon sularına oranla daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu bilgiler ışığında, çalışmamız literatür ile uyum göstermektedir.

Limonen ile benzer olarak terpen bileşiklerinin en yüksek AS değerleri PSKY-Ls örneğinde tespit edilmiştir. Özellikle γ -terpinen (tatlımsı, turunçgil), β -pinen (yeşilimsi, çiçeksi), α -terpineol (turunçgil, limon) ve β -mirsene (baharatımsı, çiçeğimsi) bileşikleri limoneni takiben aromaya yüksek oranda katkıda bulunmuşlardır. Bu bileşiklerin miktarlarındaki artış terpenler açısından oldukça zengin kabuk yağı ilavesinden kaynaklanmaktadır. Bileşiklerin turunçgil meyvelerinin kokusunda önemli rol oynadığı ve daha önce Valencia (Hinterholzer ve Schieberle, 1998), Naveline (Rega ve ark., 2004), Washington navel portakalları (Arena ve ark., 2006), Pontianak portakal kabuğu yağı, Moro ve Sanguinello portakal suları (Selli ve Kelebek, 2011), yuzu limonu (*Citrus junos*) gibi birçok turunçgil ürünüde bulunduğu da bildirilmiştir.

cv. Kütdiken cinsi limonlardan elde edilen limon suyu örneklerinde esterlerden iki adet bileşiğin aroma-aktif olduğu belirlenmiştir. Bunlardan geranil asetat tüm bileşiklerde bulunurken neril asetat ise kabuk yağı eklenmiş örneklerde (POKY-Ls ve PSKY-Ls) belirlenmiştir. Geranil asetat bileşiğinin AS değerleri T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 64, 32, 64 ve 64 olarak tespit edilmiş ve limon suyuna meyvemsi ve turunçgil kokuları kazandırdığı belirlenmiştir. Chida ve ark. (2006) limon, sudaçi ve valensiya cinsi portakal kabuk yağlarının aroma-aktif bileşiklerini incelediklerinde geranil asetat bileşiğini sadece limon kabuk yağında aroma-aktif bileşik olarak tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Malezya cinsi beyaz greyfurt kabuklarının aroma-aktif bileşiği olarak belirlenmiştir (Cheong ve ark., 2011). Neril asetat bileşiğinin AS değeri POKY-Ls ile PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 4 ve 8 olarak tespit edilmiş ve bileşik limon suyuna yeşilimsi koku kazandırmıştır. Literatürde neril asetat bileşiğinin kabosu (*C. sphaerocarpa*) kabuk yağında da yüksek miktarda bulunduğu ve yeşilimsi kokudan sorumlu olduğu bildirilmiştir (Tu ve ark., 2002).

Limon suyu örneklerinde aldehitlerden 2 farklı bileşiğin aroma-aktif olduğu saptanmıştır. Bunlardan nonanal bileşiği tüm örneklerde bulunmuştur. Nonanal bileşiğinin AS değerleri ise T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde sırasıyla 8, 8, 8 ve 16 olarak belirlenmiştir. Bu bileşik limon suyuna yağimsı ve turunçgil kokuları kazandırmıştır. İspanya’da türü tehlike altında olan tatlı laym, ekşi laym ve limon türlerinin aroma-aktif bileşikleri arasında nonanal bileşiği tüm örneklerde saptanmış ve örneklerde turunçgil ve limon kokuları kazandırdığı tespit edilmiştir (Cano-Lamadrid ve ark., 2018). Limon suyu örneklerinde asit grubundan oktanoik asit aroma-aktif bileşik olarak saptanmıştır AS değerleri T-Ls ve P-Ls örneklerinde sırasıyla 8 ve 4 olarak tespit edilmiş ve limon suyuna yağimsı koku kazandırmıştır. Literatürde bu bileşik, Malezya greyfurdu ve portakal suyunun aroma-aktif bileşikleri arasında saptanmış ve örneklerde yağimsı kokular verdiği belirlenmiştir (Rega ve ark., 2003; Cheong ve ark., 2012). Bir başka çalışmada kumkuat kabuk yağının aroma-aktif bileşikleri

arasında oktanolik asidin belirlendiği ve örnekler meyvemsi, yağmsı koku kazandırdığı bildirilmiştir (Choi, 2005).

4.4. Limon Suyu Örneklerinin Duyusal Özellikleri

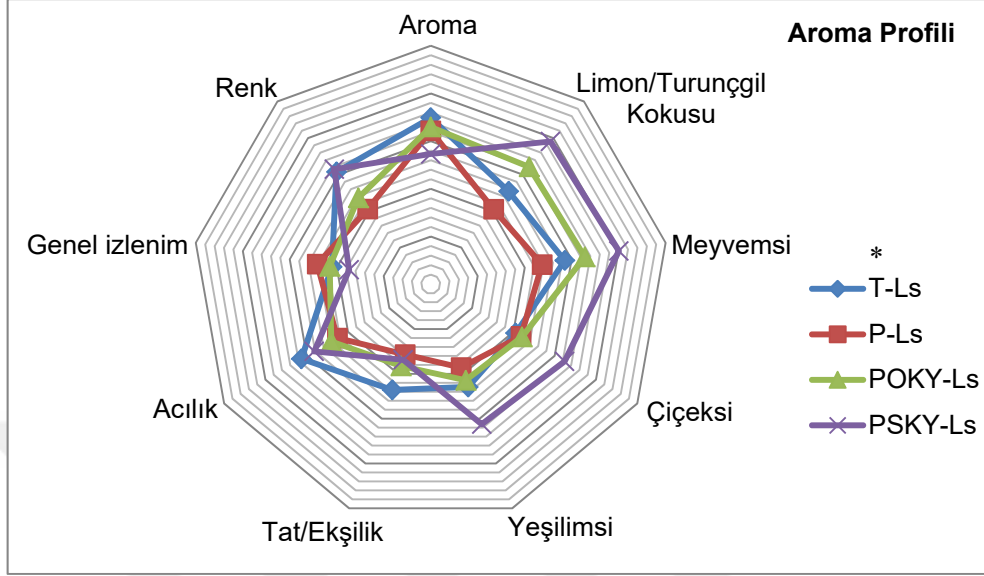
Duyusal değerlendirmeler özellikle tüketiciler açısından büyük önem arz etmektedir. Tüketicilerin ürünü tercih etme kriterleri arasında duyusal kalite parametreleri önemli rol oynamaktadır.

Duyusal değerlendirmelerde, limon suyu örnekleri 10 panelist tarafından Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği duyusal analiz laboratuvarında dokuz farklı kritere göre incelenmiştir. Bu kriterler, Çizelge 4.5’de görüldüğü üzere genel aroma, turunçgil, meyvemsi, çiçeksi, yeşilimsi kokular, ekşilik, acılık ve genel izlenimden oluşmaktadır. Ayrıca, örneklerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar görsel olarak daha iyi yansıtılması için örümcek ağı diyagramı üzerinde Şekil 4.3’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Duyusal analiz sonuçları

	*T-Ls	*P-Ls	*POKY-Ls	*PSKY-Ls
Renk	8.13 ^a ±0.63	6.70 ^b ±0.84	6.76 ^b ±0.83	5.38 ^c ±0.75
Aroma	5.85 ^{bc} ±0.70	5.38 ^c ±0.78	6.58 ^b ±0.98	8.52 ^a ±0.72
Limon/Turunçgil Kokusu	7.28 ^b ±0.79	4.10 ^c ±0.91	6.58 ^b ±0.93	8.67 ^a ±0.91
Meyvemsi	4.38 ^b ±0.95	2.70 ^c ±0.90	3.55 ^{bc} ±0.84	6.48 ^a ±0.90
Çiçeksi	6.88 ^b ±0.82	3.78 ^c ±0.92	3.70 ^c ±0.85	8.51 ^a ±0.51
Yeşilimsi	4.23 ^a ±0.72	2.12 ^b ±0.84	2.37 ^b ±0.43	3.72 ^a ±0.28
Tat/Ekşilik	8.17 ^a ±0.98	2.12 ^d ±0.98	3.25 ^c ±0.50	5.38 ^b ±0.16
Acılık	2.11 ^a ±0.74	2.28 ^a ±0.29	1.77 ^a ±0.27	2.17 ^a ±0.88
Genel İzlenim	6.70 ^a ±0.62	1.83 ^c ±0.60	3.56 ^b ±0.60	7.27 ^a ±0.52

^{a-d}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. (p<0.05). * T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları



Şekil 4.3. Örümcek ağ diyagramı

* T-Ls: Taze limon suyu, P-Ls: Pastörize limon suyu, POKY-Ls: Pastörizasyon öncesi kabuk yağı eklenmiş limon suları, PSKY-Ls: Pastörizasyon sonrası kabuk yağı eklenmiş limon suları

Bu uygulamada limon suyu numunelerinin renk, yeşilimsi ve tat/ekşilik değerleri dikkate alındığında en yüksek değeri T-Ls; aroma, limon/turunçgil kokusu, çiçeksi ve meyvemsi kokular ve genel izlenim bakımından en yüksek değeri PSKY-Ls; acılık kriterinde en yüksek değeri ise P-Ls örnek almıştır. Örneklere uygulanan kabuk yağı ilavesi ve pastörizasyon işlemlerinin bu kriterler üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Sonuç olarak PSKY-Ls panelistler tarafından en çok beğenilen örnek olmuş ve pastörize limon suyuna doğal kabuk yağı ilavesinin limon suyunun organoleptik özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada cv. Küt diken cinsi limonlardan elde edilen limon sularına uygulanan farklı işlemlerin (T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls) örneklerin genel bileşim, antioksidan aktivite, fenolik madde ve aroma profillerine etkisi incelenmiştir. Aroma bileşiklerinin yanı sıra, bu bileşikler içerisinde limon suyunun karakteristik kokusuna katkıda bulunan aroma-aktif bileşikler GC-MS-O kullanılarak belirlenmiştir.

Analizler sonucunda elde edilen bulguları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür;

- ✓ Genel bileşim özellikleri bakımından T-Ls, P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde briks, pH ve L* değerlerinde uygulanan işlem sonucu önemli değişimler kaydedilmezken, kalite açısından önemli bir ölçüm olan toplam asitlik, a* ve b* değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilendiği bulunmuştur.
- ✓ Limon sularına uygulanan farklı işlemlerin örneklerin toplam antioksidan aktivitelerine ve toplam fenolik bileşik miktarlarında değişikliğe neden olduğu ve PSKY-Ls örneğinin hem antioksidan aktivite hem de toplam fenolik bileşiği miktarlarının en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ GC-MS yöntemiyle T-Ls’de toplam 41 adet aroma bileşiği belirlenmiştir. Terpen grubu tanımlanan aroma maddeleri sayısı ve miktarı bakımından bileşik grupları arasında en baskın uçucu grup olmuştur.
- ✓ GC-MS yöntemiyle pastörize limon suyu (P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls) örneklerinde sırasıyla 43, 44, ve 42 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Terpen grubu bileşikler taze limon suyunda olduğu gibi sayı ve miktar bakımından aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturan uçucu bileşikler olarak belirlenmiştir.

- ✓ Olfaktometrik analiz sonucunda T-Ls'de toplam 22 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Tanımlanan aroma-aktif bileşikler arasında d-limonen (AS 2048), γ -terpinen (AS 1024) ve β -pinen (AS 512) taze limon suyu kokusuna en fazla katkıda bulunan bileşikler olarak tespit edilmiştir. D-limonen bileşiği turunçgil ve yeşilimsi kokuları; γ -terpinen bileşiği tatlımsı, turunçgil kokuları ve β -pinen bileşiği ise yeşilimsi ve çiçeksi kokular kazandırmıştır.
- ✓ P-Ls, POKY-Ls ve PSKY-Ls örneklerinde 21, 21 ve 22 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Belirlenen aktif bileşikler arasında d-limonen, γ -terpinen, β -pinen, α -terpineol, linalol ve β -mirsen en baskın bileşikler olarak tanımlanmıştır. Aroma bileşikleri ile benzer olarak aroma-aktif bileşiklerin büyük çoğunluğunu da terpenler oluşturmuştur.
- ✓ Sonuç olarak doğal kabuk yağı ilavesinin limon suyunun aroma ve aroma-aktif bileşiklerinin konsantrasyonlarında büyük miktarda artışa sebep olduğu ve aroma bakımından limon suyunu zenginleştirdiği belirlenmiştir. Pastörizasyon uygulaması ise toplam fenol ve antioksidan aktivite özelliklerine olumlu etki yaparken, aroma bileşiklerinin miktarında kayba yol açmıştır.
- ✓ Ayrıca limon suları duysal olarak da değerlendirilmiş ve en yüksek beğeniyi PSKY-Ls örneği almıştır.
- ✓ Yukarıda verilen sonuçlar dikkate alındığında, limon kabuk yağının belirli oranlarda (5gr limon kabuk yağı/6L limon suyu) limon suyuna eklenmesi aromayı artırıcı etki göstermiş ve limon suyunun duysal ve genel kimyasal özelliklerini zenginleştirmiştir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, A., Niakousari, M., 2008. Kinetics of ascorbic acid degradation in un-pasteurized Iranian lemon juice during regular storage conditions. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 11(10), 1365-1369.
- Adibelli, Z., Dilek, M., & Akpolat, T., 2009. Lemon juice as an alternative therapy in hypertension in Turkey. *International Journal of Cardiology*, 135(2), 58-59.
- Agcam, E., Akyıldız, A., Akdemir, Evrendilek, G., 2014. Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields (PEF) and conventional thermal pasteurization. *Food Chemistry*, 143, 354–361.
- Ahmad, M. M., Rehman, S. U., Iqbal, Z., Anjum, F. M, Sultan, J. I., 2006. Genetic variability to essential oil composition in four citrus fruit species. *Pak. J. Bot.*, 38(2), 319-324.
- Ahmed, E. M., Dennison, R. A., Dougherty, R. H., & Shaw, P. E. 1978. Flavor and odor thresholds in water of selected orange juice components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26, 1, 187-191.
- Al-Zubaidy, M., Khalil, R., 2007. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. *Food Chemistry*, 101, 254–259.
- Allegrone, G., Belliardo, F., Cabella, P., 2006. Comparison of volatile concentrations in hand-squeezed juices of four different lemon varieties. *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1844-1848.
- Alonzo, G., Saiano, F., Tusa, N., Del Bosco, S., 2001. Analysis of volatile compounds released from embryogenic cultures and somatic embryos of sweet oranges by head space SPME. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 66: 31–34.

- Alzawqari, M. H., Al-Baddany, A. A., Al-Baadani, H. H., Alhidary, I. A., Khan, R. U., Aqil, G. M., & Abdurab, A. (2016). Effect of feeding dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel and lemon grass (*Cymbopogon citratus*) leaves on growth performance, carcass traits, serum metabolites and antioxidant status in broiler during the finisher phase. *Environmental Science and Pollution Research*, 23,7, 17077-17082.
- Ammad, F., Moumen, O., Gasem, A., Othmane, S., Hisashi, K. N., Zebib, B., Merah, O., 2018. The potency of lemon (*Citrus limon* L.) essential oil to control some fungal diseases of grapevine wood. *Comptes Rendus Biologies*, Volume 341, Issue 2, Pages 97-101.
- Andrea, V., Nadia, N., Teresa, R.M., Andrea, A., 2003. Analysis of some Italian lemon liquors (Limoncello). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4978-4983.
- Anonymous, 2010a. Lemons and limes. <http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e12.htm>.
- Arena, E., Guarrera, N., Campisi, S., Nicolosi Asmundo, C., 2006. Comparison of odour active compounds detected by gas-chromatography–olfactometry between hand-squeezed juices from different orange varieties. *Food Chemistry*, 98, 59-63.
- Asikin, Y., Taira, I., Inafuku-Teramoto, S., Sumi, H., Ohta, H., Takara, K., Wada, K., 2012. The composition of volatile aroma components, flavanones, and polymethoxylated flavones in shiikuwasha (*Citrus depressa* Hayata) peels of different cultivation lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 7973–7980.
- Barreca, D., Bellocco, E., Caristi, C., Leuzzi, U., Gattuso, G., 2011. Flavonoid profile and radical-scavenging activity of mediterranean sweet lemon (*Citrus Limetta* Risso) juice. *Food Chemistry*, 129, 417-422.

- Belitz, H. D., Grosch, W., 1987. Food Chemistry, translation from the second German Edition by D. Hadziyev. Springer-Verlag: Berlin, 128-200, 257-304.
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. Food Chemistry 4th revised and extended edition. Ger Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 53, 377-385.
- Berlinet, C., Guichard, E., Fournier, N., Ducruet, V., 2007. Effect of pulp reduction and pasteurization on the release of aroma compounds in industrial orange juice. Journal of Food Science, 72, 8.
- Berna, AZ., Lammertyn, J., Saevels, S., Di Natale, C., Nicolai, B.M., 2004. Electronic nose systems to study shelf life and cultivar effect on tomato aroma profile. Sens Actuat B: Chem., 97, 2, 324–33.
- Bocco, A., Cuvelier, M. E., Richard, H., Berset, C., 1998. Antioksidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 2123-2129.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Antioxidative activity of phenolic composition of commercial extracts of sage and rosemary, LWT, 28, 25–30.
- Buettner, A., Schieberle, P., 2001. Evaluation of aroma differences between hand-squeezed juices from Valencia late and Navel oranges by quantitation of key odorants and flavor reconstitution experiments. J. Agric. Food Chem. 49, 2387-2394.
- Cannon, R., Kazimierski, A., Curto, N. L., Li, J., Trinnaman, L., Janczuk, A. J., Agyemang, D., Da Costa, N. C., Chen, M. Z., 2015. Identification, synthesis, and characterization of novel sulfur-containing volatile compounds from the In-depth analysis of Lisbon lemon peels (*Citrus limon* L. *Burm. f.*, *cv. Lisbon*). Journal of Agricultural and Food Chemistry.

- Cano-Lamadrid, M., Lipan, L., Hernandez, F., Martinez, J. J., Legua, P., Carbonell-Barrachina, A. A., Melgarejo, P. 2018. Quality parameters, volatile composition, and sensory profiles of highly endangered spanish citrus fruits. *Journal of Food Quality*, pp. 13.
- Casquete, R., Marilia-Castro, S., Martin, A., Ruiz-Moyano, S., Saraiva, J.A., Cordoba, M.G., Teixeira, P., 2015. Evaluation of the effect of high pressure on total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of citrus peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 37–44.
- Cemeroğlu, B., & Karadeniz, F., 2001. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt: Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 25, 384 s., Ankara.
- Cemeroğlu, N., 2007. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Ankara. s., 168-171.
- Cheong, M. W., Liu, S. Q., Zhou, W., Curran, P., Yu, B., 2012. Chemical composition and sensory profile of pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) juice. *Food Chemistry*, 135, 2505-2513.
- Chida, M., Yamashita, K., Izumiya, Y., Watanabe, K., Tamura, H., 2006. Aroma impact compounds in three citrus oils: cross-matching test and correspondence analysis approach. *Journal of Food Science*, Vol. 71, No 1.
- Chisholm, M. G., Wilson, M. A., Gaskey, G. M., Jell, J. A., & Cass, D. M. Jr., 2001. The identification of aroma compounds in key lime oil using solid-phase microextraction and gas chromatography-olfactometry. In J. V. Leland, P. Schieberle, A. Buettner, & T. E. Acree (Eds.), *Gas chromatography-olfactometry: the state of the art*, ACS symposium series 782 (pp. 100–112). Washington: American Chemical Society.

- Chisholm, M. G., Wilson, W. A., Gaskey, G. M., 2003. Characterization of aroma volatiles in key lime essential oils (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Flavour Fragr. J.* 18: 106–115.
- Chen, Y., Li, T., Bai, J., Nong, L., Ning, Z., Hu, Z., Xu, A., Xu, C. P., 2018. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Citrus Maxima* (burm.) merr. cv. shatian yu. *TBAP* 8, 4, 2018 pp 228 – 233.
- Cheng, H., Chen, J., Chen, S., Wu, D., Liu, D., & Ye, X., 2015. Characterization of aroma-active volatiles in three Chinese bayberry (*Myrica rubra*) cultivars using GC-MS-olfactometry and an electronic nose combined with principal component analysis. *Food Research International*, 72, 8-15.
- Chisholm, M. G.; Wilson, M. A.; Gaskey, G. M., 2003. Characterization of aroma volatiles in key lime essential oils (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Flavour Fragrance Journal*, 18, 106–115.
- Choi, H. S., Sawamura, M., Kondo, Y., 2002. Charecterization of the key aroma compounds of *Citrus flaviculpus* hort. Ex tanaka by aroma extraction dilution analysis. *Journal of Food Science*, Vol. 67. Nr. 5.
- Choi, H. S., 2003. Character impact odorants of citrus hallabong [(*C. unshiu* marcov $\times$ *C. sinensis* osbeck) $\times$ *C. reticulata* blanco] cold-pressed peel oil. *J. Agr. Food Chem.*, 51, 2687-2692.
- Choi, H. S. 2005. Characteristic odor components of kumquat (*fortunella japonica* swingle) peel oil. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 1642–1647.
- Colecio-Juárez, M. C., Rubio-Núñez, R. E., Botello-Álvarez, J. E., Martínez-González, G. M., Navarrete-Bolaños, J. L., & Jiménez-Islas, H., 2012. Characterization of volatile compounds in the essential oil of sweet lime (*Citrus limetta* Risso). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72, 2, 275.

- Coll, L., Saura, D., Ros, J. M., Moliner, M., Laencina, J., 1996. Enzymatic treatment in the extraction of cold-pressed lemon peel oils. *Progress in Biotechnology*, Volume 14, pp: 963-970.
- De Saint Laumer, J. Y., Cicchetti, E., Merle, P., Egger, J., & Chaintreau, A. 2010. Quantification in gas chromatography: prediction of flame ionization detector response factors from combustion enthalpies and molecular structures. *Analytical chemistry*, 82(15), 6457-6462.
- Demir, G., Turgutoğlu, E., Kurt, S., 2015. Assessment of polen viability and germination in seven varieties of lemon. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 1-1, 47-49.
- Dhanavade, M. J., Jalkute, C. B., Ghosh, J. S., Sonawane K. D., 2011. Study antimicrobial activity of lemon (*Citrus lemon L.*) peel extract. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2(3), 119-122.
- Dharmawan, J., Kasapis, S., Sriramula, P., Lear, M. J., & Curran, P., 2008. Evaluation of aroma-active compounds in Pontianak orange peel oil (*Citrus nobilis* Lour. Var. *microcarpa* Hassk.) by gas chromatography–olfactometry, aroma reconstitution, and omission test. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57, 1, 239-244.
- Dong, X., Hu, Y., Li, Y., Zhou, Z., 2019. The maturity degree, phenolic compounds and antioxidant activity of Eureka lemon [*Citrus limon (L.) Burm. f.*]: A negative correlation between total phenolic content, antioxidant capacity and soluble solid content. *Scientia Horticulturae*, 243, 281-289.
- Du, X., Song, M., Baldwin, E., Rouseff, R., 2015. Identification of sulphur volatiles and GC-olfactometry aroma profiling in two fresh tomato cultivars. *Food Chemistry*, 171, 306–14.
- Duthie, G., A. Croizer, 2000. Plant-derived phenolic antioxidants. *Curr. Opin. Ligidol.*, 11, 43-47.

- Esbensen, K. H., Swarbrick, B., 2018. Multivariate Data Analysis 6th Edition. Camo Software AS, 462.
- Escriche, I., Kadar, M., Juan-Borrás, M., & Domenech, E., 2011. Using flavonoids, phenolic compounds and headspace volatile profile for botanical authentication of lemon and orange honeys. Food Research International, 44, 1504-1513.
- Esparza-Martinez F.J., Miranda-Lopez, R., Guzman-Maldonado, S.H., 2016. Effect of air-drying temperature on extractable and non-extractable phenolics and antioxidant capacity of lime wastes. Industrial Crops and Products, 84, 1–6.
- FAO (2015). Agricultural Production Data. <http://faostat3.fao.org/home/E>. Erişim tarihi 4 Şubat 2015.
- FAOSTAT (2014). <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Accessed 10 November 2014.
- Farnworth, E. R., Lagace, M., Couture, R., Yaylayan, V., Stewart, B., 2001. Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice. Food Research International, 34, 25-30.
- Franke, A. A., Cooney, R. V., Henning, S. M., Custer, L. J., 2005. Bioavailability and antioxidant effects of orange juice components in humans. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53 (13), 5170-5178.
- Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xia, E. Q., Li, H. B., 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. Food Chemistry, 129, 345-350.
- Garcia-Salas, P., Gomez-Caravaca, A.M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., Guerra-Hernandez, E., Garcia-Villanova, B., Fernandez-Gutierrez, A., 2013. Influence of technological processes on phenolic compounds, organic acids, furanic derivatives, and antioxidant activity of whole-lemon powder. Food Chemistry, 141, 869-878.

- Ghasemi K, Ghasemi Y and Ebrahimzadeh M. A., 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 Citrus specis peels and tissues. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 22, 3, 277-281.
- Gil-Izquierdo, A., Riquelme, M. T., Porras, I., & Ferreres, F., 2004. Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 2, 324-331.
- Gironés-Vilaplana, A., Mena, P., Garcia-Viguera, C., Moreno, D. A., 2012. A novel beverage rich in antioxidant phenolics: Maqui berry (*Aristotelia chilensis*) and lemon juice. Food Science and Technology, 47, 279-286.
- Gironés-Vilaplana, A., Valentao, P., Moreno D,A., Ferreres, F., Garcia-Viguera, C., Andrade, P, B., 2012. New beverages of lemon juice enriched with the exotic berries maqui, açai, and blackthorn: Bioavtive components and in vitro biological properties. J. Agric. Food. Chem., 60, 6571 –6580.
- Gironés-Vilaplana, A., Valentao, P., Andrade, P. B., Ferreres, F., Moreno, D. A., Garcia-Viguera, C., 2015. Beverages of lemon juice and exotic noni and papaya with potential for anticholinergic effects. Food Chemistry, 170, 16-21.
- Gobato, R., Gobato, A., Fedrigo, F. G., 2015. Molecular electrostatic potential of the main monoterpenoids compounds found in oil lemon Tahiti- (*Citrus Latifolia Var Tahiti*). Parana Journal of Science and Education, v.1, n.1.
- Gonzalez, D.L.G., Aporico, R., 2007. Instrumental approaches to understand the sensory quality of virgin olive oil. Workshop on Olive Oil Authentication 2013, Madrid.
- Gonzalez-Molina, E., Moreno, D. A., Garcia-Viguera, C., 2008. Aronia-Enriched Lemon Juice: A new highly antioxidant bewerage. J. Agric. Food Chemistry, 56, 11327-11333.

- Gonzalez-Molina, E., Moreno, D.A., Garcia-Viguera, C., 2009a. a new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115, 1364-1372.
- Gonzalez-Molina, E., Moreno, D. A., Garcia-Viguera, C., 2009b. Comparison of ‘Verna’ lemon juice quality for new ingredients and food products. *Scientia Horticulturae*, 120, 353–359.
- Gonzalez-Molina, E., Dominguez-Perles, R., Moreno, D. A., & Garcia-Viguera, C. 2010. Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51(2), 327-345.
- Gölükçü, M., Toker, R., Tokgöz, H., Yıldız Turgut, D., 2015. Farklı yöntemlerle elde edilen turunç (*Citrus aurantium L.*) kabuk yağlarının uçucu yağ bileşimleri. *Derim*, 2015, 32 (2), 161-170.
- Grisson-Pige, L., Hossaert-McKey, M., Greeff, J.M., Bessière, J.-M., 2002. Fig volatile compounds a first comparative study. *Phytochemistry* 61, 61-71.
- Grosch, W., 2001. Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chem. Sens.* 26, 533–545.
- Guimaraes, R., Barros, L., Barreira, J. C. M., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., Ferreira, I. C. F. R. 2010. Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits, Grapefruit, lemon, lime and orange. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 99–106.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jiang, Y., 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research* 23, 1719–1726.
- Guo, L., Wu, H. J., Wang, H., Sun, Z. G., 2010. SPME-GC-MS analysis of aromatic compositions in valencia orange juice during processing units. *Food Science*. 24.

- Haggag, E. G., Wahab, S. M. A., El-Zalabany, S. M., Abou Moustafa, E. A., El-Kherasy, E. M., Mabry, T. J., 1998. Volatile oils and pectins from *Citrus aurantifolia* (lime) and *Citrus limonia* (lemon). Asian Journal of Chemistry, Vol. 10. No. 4, 828-833.
- Hausch, B. J., Lorjaroenphon, Y., Cadwallader, K. R. 2014. Flavor Chemistry of Lemon-Lime Carbonated Beverages. J. Agric. Food Chem., 63 112-119.
- Hashemi, S. M. B., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F. J., Nemati, Z., Shokofti, S. S., & Alizadeh, F., 2017. Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities. Journal of Functional Foods, 38, 409–414.
- He, F., Qian, Y. L., Qian, M. C., 2018. Flavor and chiral stability of lemon-flavored hard tea during storage. Food Chemistry, 239, 622-630.
- Henderson, A. H., Fachrial, E., Lister, N. E., 2018. Antimicrobial activity of lemon (*Citrus limon*) peel extract against *Escherichia coli*. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. Volume 39, no 1, pp 268-273.
- Hernandez F.A., Rivera-Cabrera, F., Kader, A.A., 2007. Quality retention and potential shelf-life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. Postharvest Biology And Technology, 43, 245–254.
- Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H., & Van De Putte, B., 1993. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41(8), 1242-1246.
- Hinterholzer, A., Scieberle, P., 1998. Identification of the most odour-active volatiles in fresh, hand-extracted juice of Valencia late oranges by odour dilution techniques, Flavour and Fragrance Journal, 13, 1.
- Holeman, J., 2002. Nutrition professor says concentrated juice offers high volume of vitamin C. News & Information, ASU.

- Iwanami, Y., Tateba, H., Kodama, N., Kishino, K., 1997. Changes of lemon flavor componenets in an aqueous solution during UV irradiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 463-466.
- İnan, Ö., Özcan, M.M., Aljuhaimi, F., 2018. Effect of location andCitrus species on total phenolic, antioxidant, and radical scavenging activities of some Citrus seed and oils. *J. Food Process. Preserv.* 42 (3), e13555.
- Jayasena DD, Jo C. 2013. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science and Technology* 34, 2, 96-108.
- Jordan, M. J., Goodner, K. L., Laencina, J., 2003. Deaeration and pasteurization effects on the orange juice aromatic fraction. *LWT - Food Science and Technology*, Volume 36, Issue 4, pp: 391-396.
- Kakiuchi, N., Moriguchi, S., Ichimura, N., Kato, Y., Banba, Y., 1987. Changes in the composition and amounts of volatile compounds of apple juice associated with thermal processing. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, Vol. 34, No. 2, 115-122.
- Karabagias, I. K., 2017. Volatile compounds of freshly prepared lemon juice from the region of Kalamata. *SM Anal Bioanal Technique.* 2, 1013.
- Karahocagil, P., Tunalıoğlu, R., Taşkaya, B., Anaç, H., 2003. Turunçgiller durum ve tahmin: 2003/2004. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, Yayın No:111, Ankara, 74s.
- Kawaii, S., Yasuhiko, T., Eriko, K., Kazunori, O., Masamichi, Y., Meisaku, K., Chihirolto And Hiroshi, F., 2000. Quantitative study of flavonoids in leaves of *Citrus* plants of *Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3865-3871.
- Kealey, K. S., Kinsella, J. E., & Nagy, S. 1979. Orange juice quality with an emphasis on flavor components. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 11, 1, 1-40.

- Kelebek, H., Canbas, A., Selli, S., 2008. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grown in Turkey. *Food Chemistry*, 107, 1710-1716.
- Kelebek, H., Selli, S., 2011. Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange juice. *J. Sci. Food. Agric.*, 91, 1855–1862.
- Kesen, S., Kelebek, H., & Selli, S., 2014. Characterization of the key aroma compounds in Turkish olive oils from different geographic origins by application of aroma extract dilution analysis (AEDA). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(2), 391-401.
- Kesen, S., Selli, S., Kelebek, H., Cabaroğlu, T., Şen, K., & Ulaş, M., 2014. Adana İli Gemlik ve Barnea Zeytinyağlarının Aroma Maddelerinin Kıyaslanması. *GIDA/The Journal of FOOD*, 39(2).
- Khosa, M. K., Chatha, S.A.S., Hussain, Al., Zia, K.M., Riaz, I., Aslam, I., 2011. Spectrophotometric quantification of antioxidant phytochemicals in juices from Four different varieties of Citrus limon, indigenous to Pakistan. *Chem Soc Pak* 33(2).
- Kimura, K., Nishimura, H., Iwata, I., Mizutani, J., 1983. Deterioration mechanism of lemon flavor. 2. Formation mechanism of off-odor substances arising from citral. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 31, 801-804.
- Kirbaslar, G., Kirbaslar, S. İ., 2004. Composition of Turkish Bitter Orange and Lemon Leaf Oils. *J. Essent. Oil Res.*, 16, 105-108.
- Lan Phi NT., Shimamura T., Ukeda H and Sawamura M., 2009. Chemical and aroma profiles of Yuzu (*Citrus junos*) peel oils of different cultivars. *Food Chemistry*, 115, 1042–1047.
- Li, B. B., Smith, B., Hossain, Md. M., 2006. Extraction of phenolics from citrus peels II. Enzyme – assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48, 189–196.

- Lota, M. L., Serra, D. R., Tomi, F., Jacquemond, C., Casanova, J., 2002. Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 50, 796-805.
- Lund E. D., Shaw, E., Kirkland, C. L., 1982. Components of meyer lemon leaf oil. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 30, No. 1.
- Martos, M. V., Navajas, Y. R., Lopez, J. F., Alvarez, J. P., 2008a. *Food Control*, 19, 1130–1138.
- Martos, M. V., Navajas, Y. R., Lopez, J. F., Alvarez, J. A. P., 2008b. Chemical composition of mandarin (*C. reticulata* L), grapefruit (*C. paradisi* L.), lemon (*C. limon* L.) and orange (*C. sinensis* L.) essential oils. *Jeobp* 12, 2, 236 – 243.
- Mauriello G, Marino R, D'Auria M, Cerone G, Rana GL. 2004. Determination of volatile organic compounds from truffles via SPME GC– MS. *Journal of Chromatographic Science* 42, 299–305.
- Melgarejo, P., Calin-Sanchez, A., Vazquez-Araujo, L., Hernandez, F., Jose Martinez, J., Legua, P., et al., Volatile composition of pomegranates from 9 spanish cultivars using headspace solid phase microextraction. *J. Food Sci.* 76, 114-S120.
- Milo, C., & Grosch, W. 1993. Changes in the odorants of boiled trout (*Salmo Fario*) as affected by the storage of the raw material. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 2076–2081.
- Mohammed F.A.G., Nagendra P.K., Kong K.W ve Amin I., 2010. Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from *Citrus* species. *Afr J Biotechnol* 9, 326–330.
- Moshonas, M. G., Shaw, P. E., Veldhuis, M. K., 1972. Analysis of Volatile constituents from meyer lemon oil. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 20, No. 4.

- Moura L.M., Sylos C.M., 2008. The effect of the manufacturing process on the Citrus juice on the concentrations of flavanones. *Alim Nutr Araquara* 19, 4, 379–384.
- Myrna, O. N. C., Baldwin, E. A., Moshonas, M. G., & Philip, E. S. 1992. Determination of volatile flavor components, sugars, and ascorbic, dehydroascorbic, and other organic acids in calamondin (*Citrus mitis Blanco*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2464–2466.
- Nguyen, H., Campi, E. M., Jackson, W. R., Patti, A. F., 2009. Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil. *Food Chemistry*, 112, 388–393.
- Njoroge, S. M., Ukeda, H., Kusunose, H., Sawamura, M., 1994. Volatile components of Japanese Yuzu and lemon oils. *Flavour and Fragrance Journal.*, Vol., 9, 159-166.
- Njoroge, S. M., Ukeda, H., Sawamura, M., 1996. Changes in the volatile composition of Yuzu (*Citrus junos* Tanaka) cold-pressed oil during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44, 550-556.
- Njoroge, S. M., Phi, N. T. L., Sawamura, M., 2009. Chemical Composition of Peel Essential Oils of Sweet Oranges (*Citrus sinensis*) from Uganda and Rwanda, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12:1, 26-33.
- Özdamar, K., 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 535s.
- Palma, A., DiAquino, S., Agabbio, M., Schirra, S., 2005. Changes in flavonoids, ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in cold stored 'Fortune' mandarin. *Acta Hortic.* 682, 617–622.
- Pan, J., Xia, X.X., Liang, J. 2008. Analysis of pesticide multi-residues in leafy vegetables by ultrasonic solvent extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Ultrasonics Sonochem.*, 15, 1, 25-32.

- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., Brighenti, F., 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr.*, 133, 2812-2819.
- Perez-Cacho, P., Rouseff, R., 2008. Processing and storage effects on orange juice aroma: a review. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 9785-9796.
- Perez-Lopez, A. J., Carbonell-Barrachia, A. A., 2006. Volatile odour components and sensory quality of fresh and processed mandarin juices. *F. Sci. Food Agric.* 86, 2404-2411.
- Plotto, A., Margaria, C. A., Goodner, K. L., Goodrich, R., & Baldwin, E. A. (2004). Odour and flavour thresholds for key aroma components in an orange juice matrix: terpenes and aldehydes. *Flavour and fragrance journal*, 19, 6, 491-498.
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G., Taoukis, P. S., 2005. The effect of storage on the antioxidant activity of reconstituted orange juice which had been pasteurized by high pressure or heat. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 39, 783-791.
- Qassabi, J. S. A. A., Weli, A. M., Hossain, M. A., 2018. Comparison of total phenols content and antioxidant potential of peel extracts of local and imported lemons samples. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 8, 71–75.
- Qian, Q., Zhang, J., Cui, M., Han, B., 2016. Synthesis of acetic acid via methanol hydrocarboxylation with CO₂ and H₂. *Nature Communications*, 7, 11481.
- Qiao, Y., Xie, B.J., Zhang, Y., Zhang, Y., Fan, G., Yao, X.L., Pan, S.Y., 2008. Characterization of aroma active compounds in fruit juice and peel oil of jinchen sweet orange fruit (*Citrus Sinensis* (L.) Osbeck) by GC-MS and GC-O. *Molecules* 13, 1333–1344.
- Rabie, M. A., Soliman, A. Z., Diaconeasa, Z. A. S., Constantin, B., 2014. Effect of pasteurization and shelf life on the physicochemical properties of Physalis (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 6, 1051-1061.

- Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O. I., Bourdon, E., Bahorun, T., 2011. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International*, 44, 2088-2099.
- Rao, J., McClements, D. J., 2012. Impact of lemon oil composition on formation and stability of model food and beverage emulsions. *Food Chemistry*, 134, 749–757.
- Reineccius, G. A., 2006. Flavor technology. In: *Flavour chemistry and technology*. 2nd ed. Boca Raton, EEUU: CRC Press. p 201-463.
- Rekha, C., Poornima, G., Manasa, M., Abhipsa, V., Pavithra Devi, J., Vijay Kumar, H.T., Prashith Kekuda, T.R., Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe citrus fruits, *Chem. Sci. Trans.* 1, 2,303–310.
- Riu-Aumatell, M., Castellari, M., Lopez-Tamames, E., Galassi, S., Buxaderas, S., *Food Chemistry*, 87, 627.
- Rouseff, R. L., Nagy, S., Naim, M., Zahavi, U., 1992. Off-flavor development in citrus juice products. In *Off-Flavors in Foods and Beverages*, Dev. Food Sci. Vol. 29; Charalambous, G., Ed.; Elsevier: New York, NY, Vol. 28, 211-227.
- Robertson, G. L., Samaniego, C. M. L., 1986. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *Journal of Food Science*, Volume 51, No. 1.
- Saafi E. B., Arem A. E., Issaoui M., Hammami M., Achour L., 2009. Phenolic content and antioxidant activity of four date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit varieties grown in Tunisia. *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 2314–2319.
- Sacchi, R., Medaglia, D. M., Paduano, A., Caporaso, N., Genovese, A., 2017. Characterisation of lemon-flavoured olive oils. *LWT - Food Science and Technology*.

- Sadecka, J., Polovka, M., Kolek, E., Belajova, E., Tobolkova, B., Dasko, L., Durec, J., 2014. Orange juice with pulp: impact of pasteurization and storage on flavour, polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 53, 2014, No. 4, 371–388.
- Saura D., Marti, N., Valero, M., Gonzalez, E., Carbonell, A., Laencina, J., 2012. Separation of aromatics compounds during the clarification of lemon juice by cross-flow filtration. *Industrial Crops and Products*, 36, 543–548.
- Sawamura, M., Son, U. S., Choi, H. S., Kim, M. S. L., Phi, N. T. L., Fears, M., Kumagai, C., 2004. Compositional changes in commercial lemon essential oil for aromatherapy. *The International Journal of Aromatherapy*, 14, 27–36.
- Schieberle, P., & Grosch, W., 1988. Identification of potent flavor compounds formed in an aqueous lemon oil/citric acid emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 4, 797-800.
- Schieberle, P., Grosch, W., 1989. Potent odorants resulting from the peroxidation of lemon oil. *Z. Lebensm. Unters. Forsch*, 189, 26-31.
- Schneider, R., Raoult, A., Augier, C., Ve Baumes, R., 2001. Monoterpenic and norisoprenoid glycoconjugates of *Vitis vinifera* L. cv. melon b. as precursors of odorants in muscadet wines. *Journal of Chromatography A*, 936, 145-157.
- Selli, S., 2007. Volatile constituents of orange wine obtained from Moro oranges (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck). *Journal of Food Quality*, 30, 330-341.
- Selli, S., Canbas, A., Varlet, V., Kelebek, H., Prost, C., Serot, T., 2008. Characterization of the most odor-active volatiles of orange wine made from a Turkish cv. Kozan (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 56, 227–234.
- Selli, S., Kelebek, H., 2011. Aromatic profile and odour-activity value of blood orange juices obtained from Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* L. Osbeck), *Industrial Crops and Products*, 33, 727–733.

- Serrano M, Martinez-Romero D, Castillo S, Guillen F, Valero D. 2005. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol*, 6: 115-123.
- Shahnah, S.M., S. Ali, H. Ansari Ve P. Bagri, 2007. New sesquiterpene derivative from fruit peel of *Citrus Limon* (Linn) Burn. *F. Sci. Pharm.*, 75, 165-170.
- Sindhu, R., Khatkar, B. S., 2018. Effects of chemical treatments on storage stability of lemon (*Citrus Limon*) juice. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, Issue 2.
- Singleton, V., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol.*
- Smadja, J., Rondeau, P., Sing, A. S. C., 2005. Volatile constituents of five *citrus* Petitgrain essential oils from Reunion. *Flavour and Fragrance Journal*, 20: 399-402.
- Sonmezdag, A.S., Kelebek, H., Selli, S., 2016. Characterization and comparative evaluation of volatile, phenolic and antioxidant properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) hull. *Journal of Essential Oil Research*, 1–9.
- Sonmezdag, A. S., Kelebek, H., & Selli, S. 2018. Pistachio oil (*Pistacia vera* L. cv. Uzun): characterization of key odorants in a representative aromatic extract by GC-MS-olfactometry and phenolic profile by LC-ESI-MS/MS. *Food chemistry*, 240, 24-31.
- Tamura, H., Hata, Y., Chida, M., Yamashita, K., 2016. Picking aroma character compounds in *Citrus limon* oils by using odor thresholds in aroma mixtures. <https://www.researchgate.net/publication/230600414>.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., Saija, A., 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89, 549–554.
- Tuzcu, Ö. (1990). türkiye’de yetiştirilen başlıca turunçgil çeşitleri. Akdeniz İhracatçı Birlikleri Yayınları, Mersin.

- Uçan, F., Ağçam, E., Akyıldız, A. 2014. Doğal Bulanık Limon Suyu Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Gıda*, 39, 1, 25-32.
- Vaio, C. D., Graziani, G., Gaspari, A., Scaglione, G., Nocerino, S., Ritieni, A. 2010. Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 126, 50–55.
- Van Gemert, L.J. 2011. Compilation of Flavour Threshold Values in Air and Water; Oliemans Punter & Partners BV: AA Zeist, The Netherlands, pp. 50–150.
- Van Ruth, S. M., Roozen, J. P., & Cozijnsen, J. L. (1995). Volatile compounds of rehydrated French beans, bell peppers and leeks. Part I. Flavour release in the mouth and in three mouth model systems. *Food Chemistry*, 53, 15–22.
- Vekiari, S. A., Protopapadakis, E. E., Papadopoulou, P., Papanicolaou, D., Panou, C., & Vamvakias, M. (2002). Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a Cretan lemon variety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1, 147–153.
- Verzera, A., Trozzi, A., Dugo, G., Di Bella, G., Cotroneno, A., 2004. Biological lemon and sweet orange essential oil composition. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 544-548.
- Wang, L., Xu, Y., Zhao, G., & Li, J. 2004. Rapid analysis of flavor volatiles in apple wine using headspace solid-phase microextraction. *Journal Of The Institute Of Brewing*, 110, 1, 57-65.
- Wibowo, S., Vervoort, L., Tomic, J., Santiago, J. S., Lemmens, L., Panozzo, A., Grauwet, T., Hendrickx, M., Van Loey, A. V., 2015. Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry*, 171, 330–340.
- Xu, G. H., Ye, X. Q., Chen, J. C., & Liu, D. H. 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 330–335.

- Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., Shi, J., 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106, 545-551.
- Xu, S., Zhu, J., Zhao, Q., Hardie, J., Hu, B., 2017. Changes in the profile of aroma compounds in *Vitis vinifera* L. cv merlot from grapes to wine. *Bangladesh J. Bot.* 46, 3, 1089-1098.
- Yamauchi Y., Saito, M., 1990. Fractionation of lemon-peel oil by semi-preparative supercritical fluid chromatography. *Journal of Chromatography*, 505, 237-246.
- Yapo, B. M., 2009. Lemon Juice Improves the Extractability and Quality Characteristic of Pectin From Yellow Passion Fruit by Product as Compared With Commercial Citric Acid Extractant. *Bioresource Technology*, 100, 3147- 3151.
- Cheong, M. W., Liu, S. Q., Yeo, J., Chionh, H. K., Pramudya, K., Curran, P., Yu, B. 2011. Identification of aroma-active compounds in Malaysian pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peel by gas chromatography-olfactometry. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 23.
- Yoo, K.M., Lee, K.W., Park, J.B., Lee, H.J., Hwang, I, K., 2004. Variation in major antioxidant and total antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5907-5913.
- Yu, Y., Bai, J., Chen, C., Plotto, A., Baldwin, E. A., Gmitter, F. G., 2017. Comparative analysis of juice volatiles in selected mandarins, mandarin relatives and other citrus genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 1124-1131.
- Yu, Q., Bi-jun, X., Yan Z., Hai-yan, Z., Si-yi, P., 2007. Study on aroma components in fruit from three different satsuma mandarin varieties. *Agricultural Sciences in China*, 6, 12, 1487-1493.

- Ziegler, M., Brandauer, H., Ziegler, E., Ziegler, G. 1991. A different aging model for orange oil: deterioration products. *J. Essent. Oil Res.*, 3, 209-220.
- Zarghami, N. S., Heinz, D. E., 1971. Monoterpene aldehydes and isophorone-related compounds of saffron. *Phytochemistry*, 10, 2755-2761.
- Zhang, W., Dong, P., Lao, F., Liu, J., Liao, X., Wu, J., 2019. Characterization of the major aroma-active compounds in keitt mango juice: comparison among fresh, pasteurization and high hydrostatic pressure processing juices. *Food Chemistry*, S0308-8146, 19, 30541-2.
- Zhang, Y. Y., Song, Y., Hu, X. S., Liao, X. J., Ni, Y. Y., & Li, Q. H. 2012. Determination of 5-hydroxymethylfurfural and furfural in soft beverages by HPLC. *Advanced Materials Research*, 550–553, 1959–1966.
- Zhong, S., Ren, J., Chien, D., Pan, S., Wang, K., Yang, S., Fan, G., 2014. Free and bound volatile compounds in juice and peel of eureka lemon. *Food Science and Technology Research*, 20 1, 167-174.



ÖZGEÇMİŞ

05.01.1991 yılında Osmaniye/Kadirli’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 2009 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği lisans öğrenimine başladı. 2014 yılında Gıda Mühendisi unvanı ile mezun oldu. 2015 yılında askerliğini kısa dönem (357 KD) Tekirdağ/Çorlu’da Topçu er olarak yaptı. 2015 yılında Osmaniye’de Sunar Özlem un fabrikasında kalite kontrol mühendisi olarak işe başladı. 2016 yılında Niğde Göknur meyve suyu konsantre fabrikasında üretim mühendisi olarak devam etti. 2017-2018 yılında Adana’da bulunan Exotic meyve suyu fabrikasında üretim mühendisi olarak çalıştı ve 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.



EKLER



EK 1

LİMON SUYU DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Ad-Soyad:

Tarih:

İMZA:

Aşağıda verilen skalalarda tüm özellikler soldan sağa doğru olumlu yönde artmaktadır. Limon suyu örneklerinin özelliklerini skalalarda uygun gördüğünüz yere

X işareti koyarak değerlendiriniz.

.... Nolu Örnek

Çok kötü/az

Çok iyi/fazla

Renk:

Aroma:

Limon/Turunçgil
kokusu:

Meyvemsi:

Çiçeksi:

Yeşilimsi:

Tat/Ekşilik:

Acılık:

Genel izlenim:

LİMON SUYU TEMSİLİ TEST

Ad-Soyad:

İMZA:

Aşağıda verilen skalalarda uygun gördüğünüz yere X işareti koyarak değerlendiriniz.

Benzerlik Testi

.... Nolu Örnek



Aroma Yoğunluk Testi

