



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seçil TAŞKOPARAN**

**BAL KABAĞI SUYUNUN SÜREKLİ SİSTEM  
TERMOSONİKASYON İLE PASTÖRİZASYONU**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE – 2022**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**BAL KABAĞI SUYUNUN SÜREKLİ SİSTEM  
TERMOSONİKASYON İLE PASTÖRİZASYONU**

**Seçil TAŞKOPARAN**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE  
HAZİRAN – 2022**

## TEZ ONAYI

### BAL KABAĞI SUYUNUN SÜREKLİ SİSTEM TERMOSONİKASYON İLE PASTÖRİZASYONU

Seçil TAŞKOPARAN tarafından Doç. Dr. Hande DEMİR danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Hande DEMİR .....  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

**Üye:** Doç. Dr. Yekta GEZGİNÇ .....  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Bengi HAKGÜDER TAZE .....  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, UÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bülent YANIKTEPE .....  
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Seçil TAŞKOPARAN



## ÖZET

### BAL KABAĞI SUYUNUN SÜREKLİ SİSTEM TERMOSONİKASYON İLE PASTÖRİZASYONU

Seçil TAŞKOPARAN  
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Hande DEMİR

Haziran 2022, 63 sayfa

Bu çalışmanın amacı; bal kabağı suyunun turunç kabuğu esansiyel yağı (TKEY) ekleme ve sürekli sistem termosonikasyon (SST) kombine uygulaması ile pastörize edilmesidir. Bu amaçla, ilk olarak turunç kabuğu esansiyel yağının antimikrobiyel etkisi belirlenmiştir. SST işleminde TKEY eklenmiş olan bal kabağı suyu örnekleri, 40, 45 ve 50 °C'lerde 4 döngü işlem görmüş olup, hedef mikroorganizma olan *Escherichia coli* K-12 sayısında 5 log indirim sağlayan ilk koşul 50 °C'de, 3. döngü olmuştur. Söz konusu koşulda üretilen örnekler ile TKEY eklenmiş fakat işlem görmemiş olan örnekler üretilerek 16 gün boyunca mikrobiyel, fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri bakımından takip edilmiştir. SST görmüş örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri içeriği depolama boyunca  $10^2$  kob/mL seviyesini geçmemiştir. İlk 12 gün SST görmüş örneklerin  $\Delta E$  değerleri daha düşük seyretmiştir. pH değerleri stabil kalan örneklerin, toplam titrasyon asitlikleri, suda çözünen toplam katı madde miktarları, bulanıklıkları depolama boyunca artmıştır. Örnekler, toplam fenolik madde bakımından yakın seyrederken, toplam flavanoid madde bakımından SST görmüş örneklerin 3,1 kat arttığı gözlemlenmiştir. Depolama sonunda kontrol ve SST görmüş örnekler sırasıyla; FRAP bakımından %94,2 ve 77,8, DPPH bakımından ise %20,6 ve 73,5 oranlarında azalmıştır. Duyusal değerlendirmede ise SST görmüş olan örnekler, koku, aroma, lezzet, tatlılık ve genel beğeni kriterleri bakımından, işlem görmemiş olan örneklerden daha yüksek puanlar almıştır. Çalışmamızda, bal kabağı suyunun yenilikçi teknolojiler ile üretilebilmesi için bilgi altyapısı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** bal kabağı suyu, termosonikasyon, esansiyel yağ, turunç.

## ABSTRACT

### PASTEURIZATION OF PUMPKIN JUICE BY CONTINUOUS SYSTEM THERMOSONICATION

Seçil TAŞKOPARAN  
M.Sc., Department of Food Engineering  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hande DEMİR

June 2022, 63 pages

The aim of this study; is the pasteurization of pumpkin juice with the addition of citrus peel essential oil (CPEO) and the combined application of continuous system thermosonication (CST). For this purpose, firstly, the antimicrobial effect of CPEO was determined. CPEO added pumpkin juice samples were processed in the CST for 4 cycles at 40, 45 and 50 °C, and 3rd cycle at 50 °C condition provided the 5 log reduction in the number of target microorganism *Escherichia coli* K-12 . Samples produced under this condition and control samples (CPEO added, not treated) were produced and monitored for 16 days in terms of their microbial, physicochemical and bioactive properties. The total mesophilic aerobic bacteria content of the CST-treated samples did not exceed 10<sup>2</sup> cfu/mL during storage. The ΔE values of the CST-treated samples were lower for the first 12 days. pH values remained stable, but the total titration acidity, total water-soluble solids and turbidity of the samples increased during storage. While the samples were close in terms of total phenolic substance, CST-treated samples increased by 3.1 times in terms of total flavonoid substance. At the end of storage, the control and SST samples were respectively; decreased by 94.2 and 77.8% in terms of FRAP, and by 20.6 and 73.5% in terms of DPPH. In the sensory evaluation, CST-treated samples received higher scores than the untreated samples in terms of odor, aroma, flavor, sweetness and general taste criteria. In our study, information infrastructure has been provided for the production of pumpkin juice with innovative technologies.

**Key Words:** pumkin juice, thermosonication, essential oil, sour orange.



*Kıymetli Taşkoparan Ailesine...*

## TEŞEKKÜR

Emek ve özveri ile hazırladığım Yüksek Lisans tezimi tamamlamış olmanın mutluluğu hiçbir olguya değişilmez. Bu mutluluğu tamamlamamda destek ve katkılarını esirgmeden benimle paylaşan, bilgi birikimiyle çalışmalarımnda hep fark yaratmamı sağlayan, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum sevgili danışman hocam Doç. Dr. Hande DEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte bana inanan, bu süreci başarmamda destek olan sayın hocam Doç. Dr. Ömer Faruk GAMLI'ya ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Fuat BOZOK ve Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŐEK ASLANOĞLU'na da teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak evlatlarının ışığı olan, en doğruyu en iyi şekilde öğreterek yetiştiren, ailem var demenin gururunu en güzel şekilde yaşatan, bu dünyadaki tek servetim olan, tüm eğitim hayatımda her zaman yanımda var olmuş güzel TAŞKOPARAN aileme de sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İTHAF SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Materyal.....	20
3.1.1 Bal Kabağı.....	20
3.1.2 Mikroorganizma.....	20
3.1.3 Turunç Yağı.....	20
3.1.4 Kullanılan Besiyerler ve Kimyasal Malzemeler .....	20
3.2 Yöntem.....	21
3.2.1 Bal Kabağı Suyu Üretimi .....	21
3.2.2 Esansiyel Yağ Üretimi ve Verim Hesaplama .....	21
3.2.3 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması .....	22
3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler.....	24
3.2.5 Fizikokimyasal Analizler .....	25
3.2.6 Bal Kabağı Suyundan Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Kapasite Analizleri .....	27
3.2.7 Raf Ömrü Takibi .....	29
3.2.8 Duyusal analiz .....	30
3.2.9. İstatistiksel Analiz .....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	32
4.1 Turunç Yağının Antimikrobiyel Özelliği ve Üretim Verimi .....	32
4.2 Sürekli Sistem Termosonikasyon ile Esansiyel Yağ Kombine Uygulamasında Sıcaklığın Etkisi	33

4.3 Raf Ömrü Takibi.....	35
4.3.1 Depolama Esnasında Mikrobiyel Kalitenin Değişimi .....	35
4.3.2 Depolama Esnasında Renk Değişimi .....	38
4.3.3 Depolama Esnasında Fizikokimyasal Özelliklerin Değişimi .....	39
4.3.4 Depolama Esnasında Biyoaktif Özelliklerin Değişimi .....	42
4.3.5 Duyusal Değerlendirme .....	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	50
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	63



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Bal kabağının kimyasal bileşimi .....	2
Çizelge 1.2 Turunçgil kabuklarının fiziko-kimyasal ve antioksidan özellikleri .....	6
Çizelge 1.3 Esansiyel yağ eldesinde kullanılan yöntemler .....	8
Çizelge 1.4 Bazı aromatik bitkiler, içerdikleri aktif bileşikler ve etki mekanizmaları	9
Çizelge 2.1 Turunçgil kabuk reçellerinin fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri.	14
Çizelge 3.1 Toplam renk değeri skalası .....	26
Çizelge 4.1 Turunç kabuğu yağı ilave edilmiş bal kabağı suyunun sürekli sistemde örnekleme süreleri .....	33
Çizelge 4.2 Termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan turunç yağlı bal kabağı örneklerinin duyuşal panel sonuçları .....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Bal kabağı şekilleri şematik gösterimi.....	1
Şekil 1.2 Bal kabağı şekilleri .....	2
Şekil 1.3 Turunç ( <i>Citrus aurantium</i> L., Rutaceae) .....	4
Şekil 1.4 Turunç ( <i>Citrus aurantium</i> L., Rutaceae) şekilleri.....	5
Şekil 1.5 Meyve suyu konsantreleri ve pulplarının çeşit dağılımı (%).....	7
Şekil 2.1 Ultrasonikasyon uygulaması ile oluşan akustik kaviteasyon olayı .....	18
Şekil 3.1 Turunç ( <i>Citrus aurantium</i> L., Rutaceae) .....	22
Şekil 3.2 Esansiyel yağ üretim düzeneği.....	22
Şekil 3.3 Esansiyel yağ üretim hazırlığı.....	22
Şekil 3.4 Elde edilen turunç esansiyel yağları .....	22
Şekil 3.5 Sürekli sistem termosonikasyon düzeneği.....	23
Şekil 3.6 Toplam flavanoid madde tayini .....	28
Şekil 3.7 FRAP yöntemi ile analiz.....	29
Şekil 3.8 Raf ömrü takibi deney deseni .....	30
Şekil 3.9 Duyusal değerlendirme formu .....	31
Şekil 4.1 Turunç yağının antimikrobiyel etkisi.....	32
Şekil 4.2 Sürekli sistem termosonikasyon ve esansiyel yağ kombine uygulaması ile çeşitli sıcaklıklarda <i>E. coli</i> K-12 inaktivasyonu.....	34
Şekil 4.3 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı değişimi.....	37
Şekil 4.4 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam küf ve maya sayısı değişimi.....	38
Şekil 4.5 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde parlaklık değişimi .....	39
Şekil 4.6 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam renk değişimi .	39
Şekil 4.7 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde pH değişimi .....	41

Şekil 4.8 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam titrasyon asitliği değişimi .....	41
Şekil 4.9 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde suda çözünen toplam katı madde miktarı değişimi.....	42
Şekil 4.10 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde bulanıklık değişimi ....	42
Şekil 4.11 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam fenolik madde değişimi .....	44
Şekil 4.12 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam flavonoid madde değişimi .....	47
Şekil 4.13 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde antioksidan kapasite (FRAP) değişimi .....	47
Şekil 4.14 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde antioksidan kapasite (% DPPH radikali inhibisyonu) değişimi .....	48

## SİMGELER ve KISALTMALAR

a*	Kırmızılık, Yeşillik
ANOVA	Varyans Analizi
ATCC	Amerikan Tip Kültür Koleksiyonu
b*	Sarılık, Mavilik
BHA	Bütillenmiş Hidroksi Anisol
BHT	Bütillenmiş Hidroksi Toluen
Bx	Briks
CE	Kateşin Eşdeğeri
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komitesi
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FDA	Gıda ve İlaç Dairesi
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
kHz	kiloHertz
kkal	Kilokalori
kob	Koloni Oluşturan Birim
L*	Aydınlık
Log	Logaritma
MBK	Minimum Bakterisidal Konsantrasyon
MİK	Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu
mL	Mililitre
N	Normal
NB	Nutrient Broth
nm	Nanometre
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dextrose Agar
PME	Pektin Metil Esteraz
rpm	Revolution Per Minute

SÇTKM	Suda Çözünebilen Toplam Kuru Madde
TA	Toplam Asitlik
TE	Troloks Eşdeğeri
TFC	Toplam Fenolik Madde İçeriği
TFM	Toplam Flavanoid Madde İçeriği
TKM	Toplam Kuru Madde
TMAB	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TSA	Tryptic Soy Agar
TSB	Tryptic Soy Broth
W	Watt
$\Delta E$	Örneklerin Toplam Renk Değeri Farklılığı

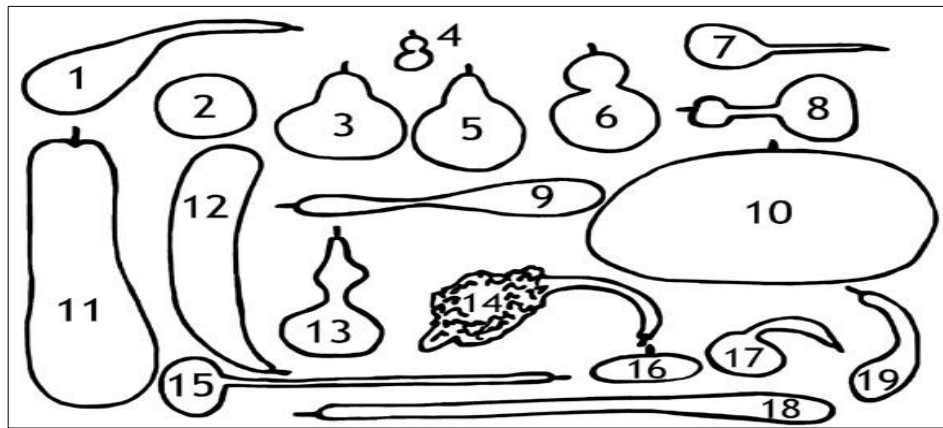


## 1. GİRİŞ

Bal kabağı; Antik çağlardan itibaren tüm dünyada gerek kentsel, gerekse kırsal yerleşim yerlerinde yetiştirilerek hayatımıza girmiş bir sebze türüdür. İlk olarak Meksika'nın batısında yetiştirilmiş olan bu tür, milattan önce 3400 yıllarına kadar dayanmaktadır. Daha sonra ise; Orta ve Güney Amerika, Türkiye, Çin, Hindistan ve Mısır başta olmak üzere yaygın bir şekilde üretilip, tüketilen temel sebze türü haline gelmiş otsu bir sebzedir (İlgöy Gözükara, 2013).

Latincesi *Cucurbita moschata* Butternut olan bal kabağı, Cucurbitaceae familyasına ait bir türdür. Cucurbita cinsine ait, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita argyrosperma* türleri vardır (İnan vd., 2012).

Temel sebze türlerinden olan bal kabağı; farklı boyut ve şekillerde değişkenlik göstermektedir. Şekil 1.1 ve 1.2'de bal kabağının farklı şekilleri gösterilmiştir. Yaygın olan şekilleri uzun silindirik, oval, basık yuvarlak, yassı ya da armut şeklinde düzensiz kenarları olan, ince kabuklu, etli çekirdek yapısı ve zengin lif kaynağına sahip, yaprakları ve sapı da aynı şekilde farklılık gösteren hafif tüylü, dış rengi sarı ve turuncu, et rengi ise; turuncudan koyu turuncuya doğru değişen, 15-60 cm çapında, yaklaşık 5-60 kg aralığında olan, bazı çeşitleri 9 aya kadar depolanabilen sebzelerdir (Magdeleine vd., 2011; Kaya, 2016).



Şekil 1.1 Bal kabağı şekilleri şematik gösterimi (Kelley ve Langston, 2017)



Şekil 1.2 Bal kabağı şekilleri (Kelley ve Langston, 2017)

*Cucurbita moschata* lif ve  $\alpha$  ve  $\beta$ -karoten, C vitamini, A vitamini, mineral tuzlar, pektin, fenolik bileşenler, potasyum, kalsiyum gibi besin öğeleri ve biyoaktif bileşenler içermektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Bal kabağının kimyasal bileşimi (Yonak, 2009)

Bileşen	Birim	100 g' daki Değer
Su	g	91,60
Enerji	kkal	26
Protein	g	1,00
Yağ	g	0,10
Kül	g	0,80
Karbonhidrat	g	6,50
Lif	g	0,5
Toplam Şeker	g	1,36
Kalsiyum, Ca	mg	21
Fosfor, P	mg	44
Potasyum, K	mg	340
Vitamin C	mg	9,0
Vitamin A, IU	IU	7384
Vitamin E	mg	1,06
Alfa Karoten	mcg	515
Beta Karoten	mcg	3100

Bal kabağı, doğrudan tüketelebildiği gibi, bazı işlemlerden geçirilerek de ekmek, kurabiye, çorba, püre, reçel, şurup ve tatlı yapımlarında da oldukça yaygın kullanılabilen bir hammaddedir (İlgöy Gözükara, 2013; Karaağaç, 2013).

Turunç (acı portakal); günümüzde iklimin daha ılıman olduğu, subtropik iklimlere sahip her yerde yetişen bir meyvedir. Anavatanı Orta Asya olup, Çin, Hindistan, İspanya, Meksika, ABD, İtalya, Mısır ve Türkiye’de de üretimi yapılmaktadır. Sebze olarak tüketiminin yanı sıra, gıda sektörü tarafından farklı ürünlere işlenerek dünya üzerinde potansiyeli yüksek hale getirilmiş olan önemli tarım ürünlerinden biridir. Türkiye turunç üretiminde; tüm Akdeniz ülkeleri içerisinde dördüncü sırada yer almakta ve üretimin son 5 yıl değerlendirmesi yapıldığında dünyadaki üretimin %3’lük kısmını karşılamaktadır (Aygören, 2020).

Latince ismi *Citrus aurantium* L., Rutaceae (acı portakal) olup, Rutaceae familyasına ait bir türdür. Narenciye ya da turunçgiller grubunda yer alan turuncun diğer *Citrus* cinsi olan meyve ağacı türleri ise; portakal (*Citrus sinensis*), mandalina (*Citrus reticulata*), greycfurt (*Citrus paradisi*) ve limon (*Citrus limon*) gibi ekonomik değerleri yüksek olan bitki türleridir (Anonim, 2021a).

*Citrus aurantium* L., Rutaceae (acı portakal), kendine has hoş bir kokuya sahip, asidik bir tadı olan, diğer narenciye türlerine göre daha acı ve ekşi, görünüm olarak mandalina ve portakalı andıran, renkleri sarıdan yeşile doğru olan, Akdeniz ikliminin hakim olduğu yerlerde ağaçta yetişen bir meyvedir. Turunç yapraklarını dökmeyen güçlü kök yapısına sahip bir ağaç türüdür. Yaprak uzunlukları genellikle 12-17 cm, enleri ise 8-12 cm’dir (Anonim, 2021a). Şekil 1.3’te turunç ağacı ve meyvesi gösterilmektedir.



Şekil 1.3 Turunç (*Citrus aurantium* L., Rutaceae)

Turunç, diğer narenciye meyvelerine oranla, meyve kabuğunda önemli bir miktarda acılık bileşeni içermektedir. Bu acılık bileşenleri ise; limonoidler sınıfından nomilin ve limonin, flavonoidlerden ise neoeriositrin, naringin, ponsirin ve neohesperidindir. Turunç, bünyesinde bulunan acı tat nedeniyle diğer narenciye ürünlerine göre, taze tüketimde pek fazla tercih edilen bir meyve türü değildir. Fakat turunç yaprakları, bitkisel boyacılıkta renk kataloglarında kullanılabilirdiği gibi, kabukları da gerek meyve suyu üretimde atık madde olarak, gerek uçucu yağ ve pektin üretimde, gerekse de geleneksel reçel ya da marmelat üretiminin yanı sıra hayvan yemi olarak da değerlendirilebilmektedir. Kabuğunda ve çiçek kısmında eterik yağlar mevcuttur. Kabuğunda bulunan eterik yağlara petitgrain, çiçeğinde bulunan eterik yağlara ise neroli denir.

Turunç bünyesindeki değişik uçucu yağlar aynı zamanda gıdalarda gerek tatlandırıcı olarak gerekse de parfüm olarak da kullanılabilir. Ayrıca içeriğinde bulunan fotokimyasal bileşenlerin ekstrakte edilmesiyle de gıda ve ilaç formülasyonlarında da kullanımı oldukça fazladır. Ayrıca turunç meyvesinin ekşimsi tadı Türkiye’de Doğu Akdeniz bölgesinde limona eş tutularak salatalarda ve serinletici içeceklerde kullanılır. Turunç bazı hastalıkların tedavisinde de oldukça önemli bir yere sahiptir. Kalp ve damar hastalıklarına iyi gelen turunç, aynı zamanda iştah açıcı, sinire iyi gelerek ferahlatıcı, eklem ağrılarını hafifletici, kusma ve ishali önleyen bir etkiye de sahiptir.

Ek olarak belirtmek gerekirse turuncun bünyesinde bulunan sinefrin maddesi aynı zamanda da iştah kesici olup bazı ölümcül vakalara da sebebiyet vermiştir. Bundan dolayı kullanımının yasaklanması yönünde görüşler de vardır (Turgut vd., 2021). Şekil 1.4'te turuncun iç kesiti yer almaktadır.



Şekil 1.4 Turunç (*Citrus aurantium* L., Rutaceae) şekilleri (Anonim, 2021c)

Turunç kabukları; fitokimyasal olarak bilinen ve sağlığa olumlu etkileri bulunan karotenoid, polifenol gibi biyoaktif bileşenler açısından oldukça zengindir. Ayrıca esansiyel yağ bakımından da zengin olan turunç kabukları, yüksek oranda sağlığa faydalı askorbik asit, flavonoidler (hesperidin, naringenin), karotenoid, pektin, kumarinler (umbelliferon, bergapten) ve diyet lifi gibi fazla miktarda antioksidan aktiviteye sahip fitokimyasal maddeler ihtiva etmektedir (Aronson, 2016). Çizelge 1.2'de turunçgil kabuklarının fiziko-kimyasal ve antioksidan özellikleri yer almaktadır.

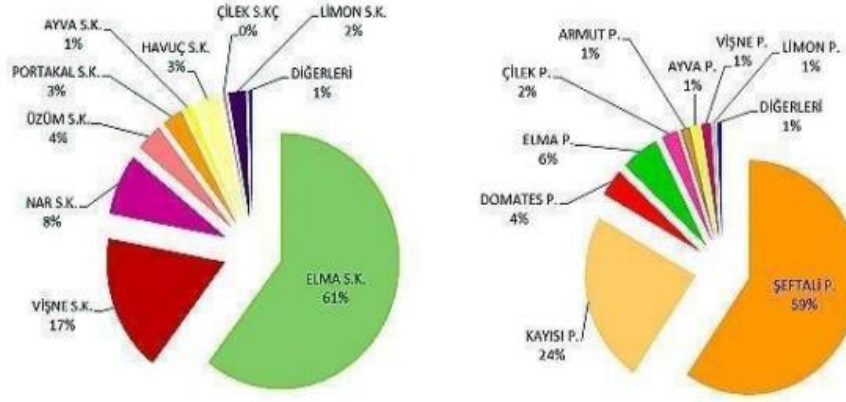
Çizelge 1.2 Turunçgil kabuklarının fiziko-kimyasal ve antioksidan özellikleri  
(Turgut vd., 2021)

Özellikler	Turunç kabuğu	Bergamot kabuğu	Altıntop kabuğu
pH değeri	5,55±0,02	5,75±0,03	5,55±0,02
TA (g/100 g)	0,04±0,001	0,02±0,002	0,04±0,002
SÇKM (°Bx)	7,2±0,06	5,8±0,03	5,4±0,05
TKM (g/100 g)	23,14±0,30	26,75±0,16	23,33±0,14
L*	80,21±0,55	95,53±0,66	96,30±0,30
a*	43,94±1,45	5,95±0,60	6,97±1,42
b*	73,55±0,69	75,19±2,75	85,91±1,21 <sup>a</sup>
C*	85,68±0,94	75,42±2,78	86,20±1,33
h°	59,14±0,86	85,47±0,40	85,37±0,87
Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 g)	1642,37±3,80	1609±4,65	1550,51±4,48
Toplam flavonoid miktarı (mg CE/100 g)	338,85±3,42	323,32±1,86	271,93±4,89
Askorbik asit miktarı (mg/100 g)	106,04±2,28	90,36±2,42	89,36±0,86
IC <sub>50</sub> (mg/mg)	101,89±3,47	116,69±2,89	171,31±3,67

Meyve ve sebze suyu çeşitli taze ve olgun meyvelerden kimyasal, fiziksel ve mekanik yollar ile elde edilir. Burada temel amaç her zaman doğal bileşenleri koruyarak üretmek olmalıdır. Meyve ve sebze suları berrak ya da bulanık tipte olabilir. Fakat uygun durultma ya da filtrasyon işlemleri ile, uygun aromatik madde ve uçucu bileşikler ile yeniden işlenip muhafaza edilerek depolanabilir ya da talebe göre pazar ihtiyacı baz alınarak ambalajlanabilir (Tüfekci ve Fenercioğlu, 2008; Anonim, 2021d).

Ülkemizde tarımsal üretim çeşitliliği arttıkça meyve ve sebze suyuna işlenen ürünlerin çeşitliliği de zamanla artmıştır. Bu ürünler ağırlık olarak; portakal, kayısı, elma, şeftali, vişne, limon, çilek, domates, armut, mandalina, kuşburnu, nar, karadut, siyah turp, havuç, kırmızı pancar, kereviz gibi sebze ve meyvelerde arzu ve talebe göre

değişkenlik göstermiştir. Şekil 1.5'te Türkiye'de meyve suyu konsantrelerinin ve pulplarının yüzdelik çeşit dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Meyve suyu konsantreleri ve pulplarının çeşit dağılımı (%) (Anonim, 2021b)

Meyve ve sebze suları; antioksidan aktivitesi yüksek, bol miktarda mineral madde ve vitaminler içeren, antosiyaninler, flavonoidler, karatenoidler, izoflavonoller, folik asit, beta karoten, potasyum, kateşin, izokateşin ve diğer fenolik bileşikler yönünden oldukça zengin olan tüketim kaynaklarıdır (Bakan, 2012; Khandpur ve Gogate, 2016). Özellikle insan sağlığı açısından da oldukça önemli bir yere sahip olan meyve ve sebze suları; hazmı kolaylaştırıcı, sindirime yardımcı, toksinin vücuttan atılımını kolaylaştırıcı, kan şekerini düzenleyen, bağışıklık sistemini güçlendiren önemli bir tüketim kaynağı olmuştur (Martini, 2013).

Dünyanın her yerinde farklı şekillerde hazırlanarak tüketilen bal kabağı aynı zamanda bal kabağı suyu olarak da tüketilmektedir. Bal kabağı suyu lezzetli bir tüketim imkânı sağlarken aynı zamanda faydalarıyla da bir adım öne çıkmaktadır. Özellikle bol lif içeriğine sahip olması ve aynı zamanda yüksek miktarda C vitaminini barındırması, etkili bir antioksidan özelliği oluşturmaktadır. Düzenli tüketim sağlandığında ise tokluk hissi, kan akışını düzenleme, kan sulandırıcı ve kan pıhtılaşmasını önleyici bir etkiye sahiptir.

Esansiyel yağlar; Antik çağlardan itibaren Mısır ülkesinden Avustralya'ya kadar, Mezopotamya'dan da Doğu Asya'ya kadar geniş bir coğrafyaya uzanan köklü bileşenlerdir. Özellikle Hindistan'da da tıp biliminde önemli bir yere sahip olduğu için üretimi oldukça fazladır (Anonim, 2021d).

Esansiyel yağlar diğer isimleri ile uçucu yağlar, aromatik yağlar ya da eterik yağlar olarak da bilinir. Esansiyel yağlar daha çok aromatik içeriğe sahip bitkilerin özünden elde edilen, doğal, uçucu özellikte ve farklı bileşenlerden oluşan kompleks bir yapıya sahip, kokuları karakteristik, bitki çeşidine göre renksiz ya da bitki rengine yakın, kristalleşebilen, sabit yağlar gibi su katılma özelliğine sahip olmadığı için daha çok yağ olarak tanımlanan, bitki kimyasında da önemli bir yere sahip olan bileşenlerdir. Bitkinin daha çok kabuk, yaprak, meyve, tohum, sap ya da kök kısmından üretilen, cinsine, miktarına, üretim aşamasına, hatta yetiştirildiği coğrafi bölgenin iklimine bile bağlı olarak bileşimi farklılık gösteren yağlardır. Elde edilme yöntemleri Çizelge 1.3'te gösterilmektedir (Bayaz, 2014; Bosnalı ve Özdehan Ocak, 2018).

Çizelge 1.3 Esansiyel yağ eldesinde kullanılan yöntemler (Bayaz, 2013)

Yöntem	Detay
1. Damıtma (destilasyon) yöntemi	a) Su ile damıtma b) Su buharında damıtma c) Vakum altında damıtma
2. Ekstraksiyon yöntemi	a) Çözücü ekstraksiyonu b) Süperkritik sıvı ekstraksiyonu c) Mikrodalga yardımıyla ekstraksiyon d) Sıkıştırılmış çözücü ekstraksiyonu e) Katı faz mikro ekstraksiyon f) Çok yönlü ekstraksiyon
3. Presleme yöntemi (mekanik ekstraksiyon)	

Esansiyel yağlar genel olarak antimikrobiyel aktiviteye sahip bileşenlerdir. Bu bileşenlerin farklı kompleks yapısından dolayı tür, içerik hatta miktar dahi antimikrobiyel etki üzerinde farklılık yaratmaktadır. Ayrıca esansiyel yağlar Gram pozitif (+) bakteriler ve Gram negatif (-) bakteriler de dâhil olmak üzere, birçok mikroorganizma üzerinde antibakteriyel etkiye sahiptirler (Bayaz, 2013). Çizelge 1.4'te bazı aromatik bitkiler, içerdikleri aktif bileşikler ve bunların etki mekanizmaları gösterilmektedir.

Çizelge 1.4 Bazı aromatik bitkiler, içerdikleri aktif bileşikler ve etki mekanizmaları (Bayaz, 2013)

Bitki adı	Bitkinin bölümü	Başlıca aktif bileşik	Etki mekanizması
Adaçayı	Yaprak	Sineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Anason	Tohum	Anetol	Sindirim uyarıcı
Bayır turpu	Kök	Allil	İştah arttırıcı
Biber	Tohum	Sabinen	Sindirim uyarıcı, ishal önleyici
Biberiye	Yaprak	Sineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Defne	Yaprak	Sineol	Sindirim uyarıcı ve ishal önleyici
Hardal	Tohum	Allil izotiyosiyanat	Sindirim uyarıcı
Hindistan cevizi	Tohum	Sabinen	İştah arttırıcı ve sindirim uyarıcı, antiseptik
Karabiber	Meyve	Piperin, sabinen	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Karanfil	Çiçek	Öjenol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı
Kekik	Tüm bitki	Timol ve karvakrol	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Kereviz	Yaprak, kök	Fitalid	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı
Kimyon	Tohum	Kumin aldehit	Sindirim uyarıcı
Kişniş	Yaprak, tohum	Linalool	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı
Maydanoz	Yaprak	Apiol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Mercanköşk	Yaprak, çiçek	Karvakrol	Antiseptik, antiviral
Nane	Yaprak	Mentol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Sarımsak	Soğan	Allisin	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Tarçın	Kabuk	Sinnamaldehit	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Zencefil	Rizom	Zingerol	Sindirim uyarıcı

Esansiyel yağlar, raf ömrü yağın türüne ve yapısına göre değişkenlik gösteren bileşenlerdir. Esansiyel yağlar çabuk oksitlenebilme, bileşimindeki kimyasal reaktiviteye ya da buharlaşmaya karşı hassasiyet gösterebilme, moleküler yapının hızlı bir şekilde harekete geçmesiyle potansiyel olarak parçalanabilme özelliğine sahiptirler. Bu durumlarda yağ yapısının bozulmasına, yağdaki uçucu bileşenlerin kaybolmasına ve renginde kahverengileşmeye sebep olabilir. O yüzden uygun koşullarda oksijene maruz kalmadan, ısıdan ve ışıktan uzak tutularak muhafaza edilmelidir (Bosnalı ve Özdestan Ocak, 2018; Kurt ve Tatlı Çankaya, 2021). Bu bileşenlerin daha uzun ömürlü olabilmeleri için daha serin, kuru ve karanlık ortamlarda, koyu renkli ve ağzı tıpalı şişeler içerisinde, ışık, ısı ve hava oksitlenmesine veya bozulmasına maruz kalmadan uygun ortam ve koşullarda, daha az miktarda uygun şişelerde muhafaza edilerek saklanması gerekmektedir. Raf ömrünü uzatabilmede en önemli sorun ise yağın terapötik ve aromatik karakteristik yapı özelliğinin kaybedilmesidir.

Esansiyel yağların kullanım alanı fazlasıyla geniş, ticari ve bilimsel araştırmalar yönünden de oldukça kapsamlıdır. Fitoterapik ve aromaterapik etkilerinden dolayı doğal bir antioksidan olarak kullanılan esansiyel yağlar, gıda sanayisinde gıdaların muhafazası amacıyla ve doğal katkı maddesi olarak kullanımının yanı sıra gıdalarda tat ve aroma geliştirici olarak da kullanılır. Fakat uçucu olmaları nedeniyle bu durum bazı olumsuzluklara sebebiyet verebilir. Bunun içinde farklı katkı maddeleri ile farklı şekilde muhafaza yöntemleri kullanılarak bu olumsuzluk minimize edilebilir. Ayrıca kozmetik sanayisinde, cilt bakım ürünleri, doğal parfümeri ve ilaç, temizlik ürünleri sanayisi gibi birçok alanda kullanımını mevcuttur (Turhan, 2015; İncili vd., 2017).

Gıdaların güvenliğini ve kalitesini arttırmak için bazı kimyasal ve biyolojik aktivitelerin kontrol altında tutulabilmesi gerekir. Bu nedenle de kullanılan en temel yöntem, ısıl işlem uygulamalarıdır. Bu uygulamalar; pastörizasyon ve sterilizasyondur. Fakat ısıl işlem uygulamaları, bazı gıdaların duyuşal özellikleri, besinsel değeri, renk ve lezzet değişimleri üzerinde önemli değişikliklere sebebiyet vermiştir. Bu nedenle de gıdanın hem besin değerini koruyabilmek hem raf ömrünü uzatabilmek hem de doğal haline daha yakın tutulabilmek adına ısıl olmayan yeni yöntem ve teknolojik alternatifler geliştirilmiştir. Bu yöntemler ise yüksek hidrostatik

basınç, ultrases, vurgulu elektrik alan, mikrodalga, ohmik ısıtma, UV ışınlama, radyoaktif ışınlama ve vurgulu ışık sistemidir (Acu vd., 2014; Özkan Karabacak, 2015).

Gıdalarda ultrases tekniği uygulaması mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla bazı teknikler kullanılarak ister basınç ile ister sıcaklık ile ya da her ikisi birlikte kombine olarak kullanılabilir. Ultrases metodları ise ultrasonikasyon, termosonikasyon, manosonikasyon ve manotermosonikasyon'dur (Terzi Gülel, 2021).

Ultrasonikasyon düşük sıcaklıkta gerçekleşen ultrason uygulamasıdır. Daha çok ısıya duyarlı ürünlerde kullanılan bir metottur. Aynı zamanda maruz kalan sıvıda yüksek ve düşük basınçlı dalgalar uygulayan bir ultrases yöntemidir. Bu yöntemde mikroorganizmaların ve enzimlerin yıkımı için çok daha uzun sıcaklık sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Termosonikasyon işlemi ise sıcaklıkla ultrasonun birlikte uygulandığı bir yöntemdir. Bu yöntemde; mikroorganizmaların inaktivasyonunda ısının tek başına kullanılması çok daha etkili olmuştur. Termosonikasyon daha çok sterilizasyon ya da pastörizasyon amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Daha düşük süre ve daha düşük sıcaklıkta ısı uygulamasıyla birlikte ultrases kullanımı konvansiyonel uygulama ile aynı etkiyi göstermektedir (Terzi Gülel, 2021).

Bu tez kapsamında asitlendirilmiş bal kabağı suyunun üretiminde, ultrasonikasyon ve ılımlı ısı işlem (termosonikasyon) ile esansiyel yağ uygulamaları kombine olarak kullanılmıştır. Termosonikasyon uygulaması sürekli bir sistem ile gerçekleştirilmiş, bu şekilde endüstriyel meyve suyu üretimine termosonikasyon işleminin entegre edilmesi amaçlanmıştır. Esansiyel yağ olarak turuncu yağı tercih edilmiş olup, esansiyel yağ uygulamasının hedefi termosonikasyon esnasında uygulanan sıcaklıkların görece düşürülmesi olmuştur. Yapmış olduğumuz literatür taramasına göre engel teknolojisi uygulamasının bir bileşeni olarak bal kabağı suyuna esansiyel yağ eklenmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bal kabağı özellikle Afrika'nın sebze bitkilerinden en önemlisidir. Fakat toprak ve iklim çeşitliliğine uyum sağlayan bir ürün olmasına rağmen bilimsel araştırma yönünden ihmal edilmiş bir türdür (Gwanama vd., 2000). Bal kabağı üzerine gerçekleştirilmiş bazı bilimsel çalışmalardan aşağıda bahsedilmiştir.

Kaya (2016)'ya göre; çeşitli yöntemlerle elde edilen bal kabağı suyu gerekli ön işlemlerden geçirilmiştir. Bal kabağı suyuna mayşe ısıtma ve enzimasyon uygulaması yapılmış ve elde edilen sebze suyunun verimini arttırmak hedeflenmiştir. Verimin arttığı saptanmış ve kullanılan selülaz enzimi ve pektinaz kompleksinin 200 mL/ton ve 600mL/ton dozajında olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışma sonunda asitlik, A vitamini, mineral madde tespiti ve organik asit ve şeker bileşimi analizleri yapılmıştır. Ayrıca, rotaviskozimetre ile reolojik özellikleri de incelenmiş, kayma hızı ve gerilimi ile viskozitesi belirlenmiş, sonuca göre balkabağı suyunun psödoplastik akış davranış özelliğine sahip olduğu saptanmıştır.

Kılınç (2018)'in yapmış olduğu bir çalışmada ise, bal kabağı suyunun pastörizasyonu işlemi için ultrases, ısıtma işlemi ve termosonikasyon yöntemlerinin kullanım potansiyelleri araştırılmıştır. Çalışmada, bahsedilen yöntemlerle bal kabağı suyuna inokule edilmiş olan hedef mikroorganizma *E. coli* K-12 (*E. coli* O157:H7'nin vekil suşu)'nin inaktivasyonu incelenmiştir. Kullanılan uygulama yöntemlerine göre *E. coli* K-12 yükünde ultrases yöntemi ile (23 °C, 30 dakika) elde edilen azalma 1-log'dan az olmuştur. Termosonikasyon yönteminde ise (40, 50, 60 °C, 30 dak) en çok azalma 60 °C'de 6,62-log iken ısıtma yönteminde ise (40, 50, 60, 70, 80 °C, 15 dak) 80 °C'de 4,06-log ile en fazla azalma elde edilmiştir. Ayrıca bu yöntemlerle işlenen bal kabağı suyunda, toplam flavonoid madde miktarı, toplam fenolik madde konsantrasyonu, bulanıklık, toplam karotenoid miktarı, suda çözünen toplam katı maddeleri, enzimatik olmayan esmerleşme, renk değerleri analizi, pH ve toplam titrasyon asitliği tayini, antioksidan kapasite analizi gibi farklı analizler de uygulanmıştır. Çalışma sonunda duyusal analiz tayini de yapılmış ve termosonikasyon yoluyla işlem görmüş örneklerin taze bal kabağı suyuna benzediği görülmüştür.

Latince ismi *Citrus aurantium* L., Rutaceae (acı portakal) olan turunç, Rutaceae familyasına ait bir tür olup üretim ve tüketimde, gıda sanayi alanında farklı çeşitlerde farklı yöntemlerle işlenebilme bakımından potansiyeli yüksek olan, dünya çapında önemli bir tarım ürünüdür (Turgut vd., 2021). Turunç kabuklarından uçucu yağ ve pektin kullanımının haricinde hayvan yemi, gıda ve ilaç sanayiinde de kullanılır (Bocco vd., 1998; Hussain vd., 2010).

Özpolat (2019)'ın çalışmasında *Citrus limon* (limon) ve *Citrus aurantium* (acı portakal) kabuklarından uçucu yağlar elde edilmiştir. Elde edilen yağların  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen gökkuşacağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) mikrobiyolojik kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. İnceleme sonuçlarında olumlu yönde etkiler tespit edilmiştir. Limondan ve acı portakaldan elde edilen uçucu yağlar, özellikle %6 oranında kullanıldığında gökkuşacağı alabalıklarının mikrobiyolojik kalitesini daha çok etkilemiş ve raf ömrü süresinde ortalama 6 gün daha uzama sağlamıştır.

Turgut vd. (2021)'e göre bergamot (*Citrus bergamia*), turunç (*Citrus aurantium*) ve altıntop (*Citrus paradisi*) gibi ürünlerin kabuklarından ve geleneksel şekilde üretilmiş olan reçellerin antioksidan ve fiziko-kimyasal özelliklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu turunçgil kabuk reçelinin suda çözünür kuru madde, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarları, pH ve titrasyon asitliği tayini ve toplam kuru madde miktarı belirlenmiştir. Ayrıca kabuklardan elde edilen reçelde, askorbik asit içeriğinde belirli oranlarda (%82,47-13,91) azalma olarak olduğu belirlenmiştir. Altıntop (*Citrus paradisi*) kabuğundan elde edilen reçelin; toplam fenolik madde miktarı en yüksek çıkmıştır. Turunç (*Citrus aurantium*) kabuğundan elde edilen reçel ise; toplam flavonoid miktarı ve askorbik asit miktarında bakımından en yüksek içeriğe sahip olmuştur. Çizelge 2.1'de turunçgil kabuğundan elde edilen fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Turunçgil kabuk reçellerinin fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri  
(Turgut vd., 2021)

Özellikler	Turunç kabuğu reçeli	Bergamot kabuğu reçeli	Altıntop kabuğu reçeli
pH	3,36±0,11	3,48±0,05	3,49±0,02
TA (g/100 g)	0,27±0,02	0,27±0,02	0,26±0,03
SÇKM (°Bx)	70,15±0,10	70,42±0,21	70,87±0,14
TKM (g/100 g)	80,01±0,38	78,23±0,86	79,32±0,86
L*	21,28±0,59	22,70±1,54	22,28±0,09
a*	2,70±0,22	0,52±0,07	0,19±0,08
b*	6,74±0,06	5,88±0,40	4,29±0,26
C*	7,27±0,07	5,91±0,41	4,29±0,20
h°	68,15±1,77	84,92±0,47	87,18±1,29
Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 g)	22,38±0,43	28,83±0,62	38,21±0,66
Toplam flavonoid miktarı (mg CE/100 g)	6,30±0,39	3,54±0,03	2,45±0,08
Askorbik asit miktarı (mg/100 g)	16,43±0,84	15,84±0,27	13,91±0,61
IC <sub>50</sub> (mg/mg)	2396,32±3,65	1266,33±2,41	1566,33±2,21

IC<sub>50</sub>: DPPH serbest radikalini %50 oranında inhibe eden antioksidan aktivite

Meyve ve sebze suları ülkemiz gelişimi ve ekonomisi açısından tarıma dayalı sanayide oldukça önemli bir yere sahiptir. Tüm dünyada da her mevsim ve bölgede farklı ürünlerden meyve ve sebze suyu üretimi söz konusudur. Meyve ve sebze suyu üretimi istenilen arz ve talebe göre şekil almaktadır. Bu nedenle de gıda sanayiinde gelişmeye paralel olarak kimyasal, fiziksel, besinsel ve duyuşsal özelliklerine uygun araştırmalar hız kazanmıştır.

Topuz ve Dinçer (2018)'e göre bilinçli tüketicilerin daha sağlıklı ve besleyici ürünleri tercih etmeleri ısıl olmayan işlemlere olan ilgiyi arttırmıştır. Bu nedenle, ultrases

meyve suyu üretiminde alternatif bir yöntem olmuştur. Fakat gıda sanayiinde enzim inaktivasyonu ve mikrobiyel etki açısından ultrasesin tek başına kullanımı yeterli değildir. Bu yüzden verimi sağlamak ve arttırmak için bazı kimyasallar, sıcaklık ve basınç ile birlikte kombine şekilde kullanılmaktadır. Ultrases uygulamasında mikroorganizmalar ve enzimler daha düşük sıcaklıklarda inaktive edilebildiği için, daha lezzetli, daha besleyici ve daha kaliteli üretimlerin sağlanması mümkündür. Ayrıca, ultrases yönteminin meyve suyu üretiminde viskozite ve bulanıklık stabilitesine olumlu etkileri de vardır.

Karagöz ve Demirdöven (2016)'a göre; havuç suyunda pektin metilesteraz enziminin (PME) inaktivasyonu için geleneksel ısıtma ve termosonikasyon uygulaması kıyaslanmış ve bazı fizikokimyasal analizler uygulanmıştır. Uygulama sonucuna göre havuç suyuna uygulanan işlemde termosonikasyon işleminin diğer geleneksel termal uygulamaya göre daha fazla PME enzim inaktivasyonunu daha kısa sürede sağlandığı ve karotenoit ve pektin konsantrasyonunun arttırdığı görülmüş ve renk değerlerinin korunduğu belirlenmiştir.

Dinçer (2014)'e göre karadut meyve suyu işleminde kullanılan pastörizasyon işlemi ve konsantrasyon yöntemine alternatif olarak daha düşük sıcaklıklarda ozmotik distilasyon ve ultrases pastörizasyon yöntemlerinin uygunluğu araştırılmıştır. Araştırılan her iki yöntem ile üretilen konsantrelerin kalite özellikleri ve depolama sürelerine bakılmıştır. Üretilen karadut suyunda *E. coli* ATCC 25922'nin inaktivasyonu verilerine dayanarak termal pastörizasyon için en uygun model Modified Gompertz modeli olarak belirlenirken, ultrasonik pastörizasyon için ise en uygun modelin Weibull olduğu belirlenmiştir.

Aydın (2013)'e göre meyve suları farklı mikroorganizmalar ve gıda kaynaklı bazı patojenler barındırabilir. Bozulmuş meyve sularında zehirlenme sebebi olan *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella* spp bu patojenler içerisinde en çok bilinenlerdir. Bu enfeksiyonlara karşı etkili olabilmek için çeşitli ve kombine teknolojiler uygulanmaya başlanmıştır ve ısıl olmayan işlemler alternatif bir yöntem oluşturmuştur. Aydın (2013)'ün yaptığı bu çalışmaya göre; ultrasonikasyon işlemi, gül suyu, kayısı suyu ve şeftali suyundaki patojenik türevlerin inaktive etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu yöntemin 24 kHz frekansta 90 dB'lik genliği ve gül suyununun 20

$\mu\text{L/L}$  doz bileşiminin, kontrole göre hem fiziksel hem kimyasal özelliklerinde bozulma olmadan toplam mezofilik aerobik bakterileri ve *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella* spp patojenleri üzerinde çok etkili inhibisyon sağladığı bulunmuştur.

Esansiyel yağlar; elde edildiği ham maddesine göre güçlü bir kokuya sahip, yağimsı, bitkilerin çiçek, sap, yaprak, çekirdek, meyvesi, kökü ya da kabuğundan elde edilen birçok alanda faydası olan alternatif sıvılardır. Esansiyel yağlar antimikrobiyel özelliklere sahip bileşenlerdir (Novak vd., 2005; Olawore vd., 2005). Esansiyel yağlarda bulunan kimyasallar, çoğunlukla antimikrobiyel etkiye sahip olduklarından dolayı bitki savunmasında önemli rol oynayan ikincil metabolitlerdir (Hyldgaard vd., 2012).

Kuropka vd. (1991)'a göre *Achillea ptarmica* bitkisinin çeşitli kısımlarından elde edilmiş esansiyel yağlar üzerinde yaptıkları çalışmada bitkinin yeşil kısımları ve kökünden elde edilen esansiyel yağda antimikrobiyel etkinin bulunduğu ve mono-terpen miktarının, bitki çiçeklerinden elde edilen yağa oranla çok daha az etkili olduğu bildirilmiştir. Delaquis vd. (2002)'e göre ise kişniş (*Coriandrum sativum* L.) bitkisinin çekirdeğinden elde edilen uçucu yağla aynı bitkinin yaprağından elde edilen uçucu yağ kompozisyonlarının farklı oldukları bildirmiştir. Gutierrez vd., 2008 ve Rodríguez vd., 2009'a göre farklı çalışmalarda bitkilerin özellikle öjenol, karvakrol veya timol fenolik bileşenini bulundurma oranlarının bakteriyostatik özelliklerini etkilediği görülmüştür.

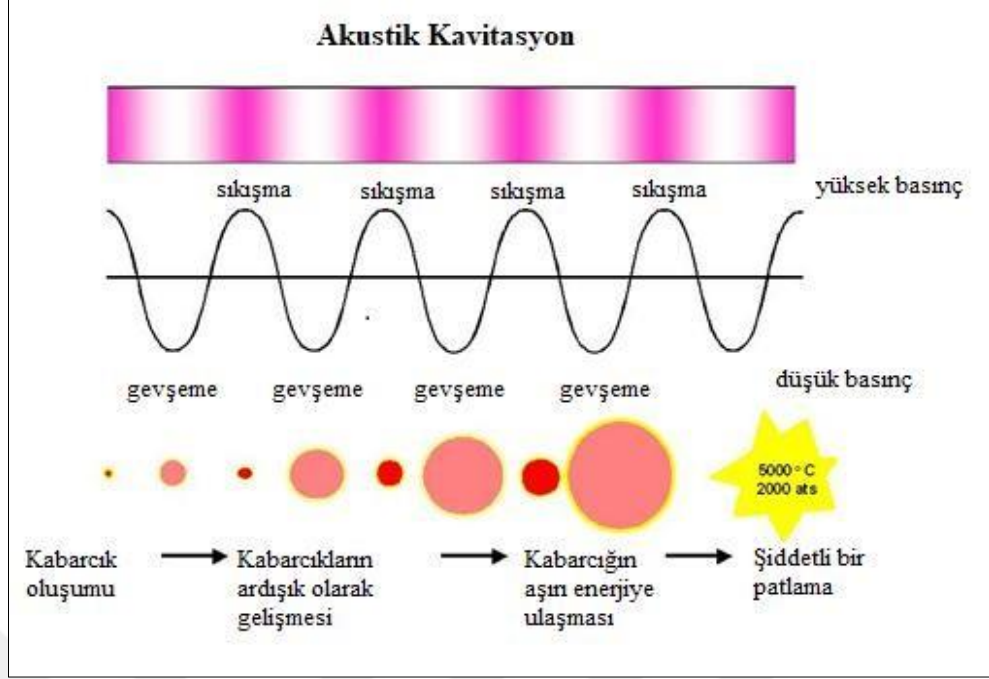
Turhan (2015) ise kakule, dereotu, fesleğen, kekik, kimyon, mercanköşk, rezene ve zencefil esansiyel yağlarının *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı antimikrobiyel etkisini araştırmıştır. Antimikrobiyal etkili olan bazı yağlar seçilmiş ve ilgili yağda mikroorganizma gelişimine engel olan en düşük konsantrasyonlar raporlanmıştır.

Bayaz (2013)'a göre esansiyel yağlar ortaçağlardan itibaren fungusidal, bakterisidal, antiparazitik, virusidal, insektisidal, kozmetik ve tıbbi amaçla geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Özellikle son zamanlarda sentetik katkı maddelerinin tehlike arz etmesinden dolayı, tüketicilerin doğal bileşenli maddelere talebi artmış ve bu yağların kullanım alanını çoğaltmıştır. Başta gıda sanayii olmak üzere, ilaç, parfümeri,

kozmetik, sanitasyon ve tarım sanayiinde kullanımı doğal katkı maddesi olarak önemini arttırmıştır. Bu noktadan hareketle, uçucu yağların antifungal, antioksidatif, antibakteriyel, antiviral ve antimutajenik akviteleriyle ilgili araştırma yapılmış ve sonuçlar genel olarak pozitif yönde değerlendirilmiştir. Bundan dolayı da esansiyel yağ ve ekstraktının kullanımı etkili çözüm yollarından kabul edilmiştir. Ayrıca uçucu yağların mutajenik etki göstermemesinden dolayı da sentetik gıda katkı maddelerinin yerine kullanılacak alternatif bir kaynak olduğu görülmüştür.

Ultrases uygulaması gıdalarda kalitenin artırılması ve korunmasında geleneksel olmayan bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Cao vd., 2018). Ultrases yöntemi ya da sonikasyon, gıda sanayiinde alternatif ümit verici bir teknoloji olmuştur. Fakat sadece sonikasyon gıdada bulunan mikroorganizmaların öldürülmesinde etkili bir yöntem değildir. Bu yüzdende basınç ve ısı ile birlikte ultrases yöntemi kombine şekilde kullanılarak daha iyi sonuçlar alınmıştır (Piyasena vd., 2003). Ultrasonikasyon işlemi esnasında mikroorganizmaların inaktivasyonunda rol oynayan en önemli olgu kavitasyondur (Şekil 2.1).

Şahin Ercan ve Soysal (2011)'a göre geleneksel ısıl işlem yöntemlerinin gıdalara uygulanması sırasında maruz kaldığı sıcaklık istenmeyen bazı kalite değişimlerine neden olmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda ısısal olmayan yöntemlere ilgi artmış ve gıdaların korunmasına yönelik araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Özellikle son yıllarda ultrasonun gıda muhafazası için geleneksel yöntemler ile birlikte kullanımı ya da tamamen geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanımı yaygın olarak yapılmaktadır. Bu yöntemle işlem süresinde ve harcanan enerjide azalma meydana gelmiş ve gıda raf ömürlerindeki uzamada etkili olmuş, bu da bilimsel araştırmalara konu oluşturmuştur. Bu yöntemde 20 kHz ya da daha yüksek sonik dalgaların meydana getirdiği enerji kullanılmıştır. Ultrason basınç ve ısı ile beraber kullanıldığında gıdada meydana gelen enzimlerin ve mikroorganizmaların inaktivasyonunda da sinerjistik etki yapmaktadır.



Şekil 2.1 Ultrasonikasyon uygulaması ile oluşan akustik kaviteasyon olayı (Başlar, 2011)

Agcam vd. (2015)'a göre portakal suyunda pektin metil esteraz (PME) var olan diğer mikroorganizmalardan daha yüksek bir ısıl dirence sahip olup, portakal suyu pastörizasyonunda, PME inaktivasyonu için ısıl işlem normu olarak kullanılmıştır. Çalışmada ısıl işlem ya da termosonikasyon yöntemiyle PME inaktivasyonundaki kinetik değerler araştırılmıştır. Taze sıkılarak elde edilen portakal suyu (Valencia) 3 farklı sıcaklıkta (65, 75, 85 °C) her bir sıcaklık için de 4 farklı sürede (15, 30, 60, 120 s) ısıl pastörizasyona ya da aynı sıcaklık derecesinde ve süresinde ultrasona (35 kHz/300 W) maruz bırakılmıştır. Pektin metil esterazın inaktivasyon işleminde sıcaklık ve ultrasonda etkili olduğu saptanmıştır. Sadece ısıl işlemde uygulanan örneklerde ise diğerlerine göre düşük inaktivasyon hız sabiti görülmüştür. En yüksek inaktivasyon seviyesi ise, 85 °C'de termosonikasyon yönteminden elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda ise, pektin metil esteraz inaktivasyonunda gerekli olan aktivasyon enerji değerinde termosonikasyon işleminde %62 oranında bir azalma yapılabileceği görülmüştür.

Son yıllarda tüketicinin geçmiş yıllara göre daha bilinçli olması ile birlikte sağlık açısından değerli gıdalara olan yönelimin arttığı görülmektedir. Bunun yanında tercih edilen gıdalara raf ömrü kazandırma aşamasında daha ılımlı işlemlerle işlenmiş ve orijinal besin değerlerine yakın olması, aynı zamanda da duyuusal özelliklerinin

değişmemesi gibi talepler söz konusudur. Bu noktadan yola çıkılarak, bu çalışmada ülkemizde oldukça yüksek miktarda üretilen bal kabağının bal kabağı suyuna işlenmesi, elde edilen bal kabağı suyuna raf ömrü kazandırmak adına ılımlı ve yenilikçi bir işlem olan termosonikasyon uygulanması için doğru koşulların belirlenmesi ve işlenen ürünün raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda termosonikasyon işlemi, doğal bir antimikrobiyel madde olan turunc kabuğu esansiyel yağı eklenmesi ile kombine edilmiştir.



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Bal Kabağı**

Bal kabağı suyunu elde etmek için gerekli olan bal kabakları (*Cucurbita Maschota* Butternut) Osmaniye ilinde yerel bir üreticiden temin edildi. Bal kabağı seçimi yapılırken hasarsız, olgun, temiz ve benzer boyutlarda olmaları dikkate alındı.

##### **3.1.2 Mikroorganizma**

Bu çalışmada, mikrobiyel inaktivasyonu ölçebilmek için hedef mikroorganizma olarak *Escherichia coli* K-12'nin pH'sı 4.3'e adapte edilmiş olan suşu kullanıldı. Adaptasyon işlemi, Uysal Pala ve Kırcı Toklucu (2011)'a göre önceki bir tez çalışmasında yapıldı. Patojen olmayan *Escherichia coli* K-12, patojen olan *E. coli* 0157:H7'nin vekil suşudur.

##### **3.1.3 Turunç Yağı**

Bu çalışmada, 2018 yılının Kasım ve Aralık aylarında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi kampüsündeki ağaçlardan toplanmış olan turunç meyvelerinin kabuklarından, 3.2.2 no'lu bölümde verilmekte olan yöntem ile ekstrakte edilen esansiyel yağ kullanıldı.

##### **3.1.4 Kullanılan Besiyerler ve Kimyasal Malzemeler**

Mikrobiyel, biyoaktivite ve fizikokimyasal analizleri için; Tryptic Soy Agar (TSA), Tryptic Soy Broth (TSB), Plate Count Agar (PCA), Potato Dextrose Agar (PDA), tamponlanmış peptonlu su, Nutrient Broth (NB), Folin-Ciocalteu reaktifi, NaCO<sub>3</sub>, DPPH, metanol, etil alkol, asetat tampon, FeCl<sub>2</sub>, TPTZ, NaNO<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub> ve NaOH kullanıldı.

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Bal Kabağı Suyu Üretimi

Bal kabakları fiziksel özelliklerine göre ayırım yapıp, sirkeli su ile dış kabuk kısmı temizlenip yıkandı. Steril edilmiş bir soyma bıçağı yardımı ile kabuklar soyulup, etli kısımlar çekirdek kısımlarından ayrıldı. Ayrılma işleminden sonra dilimleme işlemi yapıldı. Dilimlenen bal kabakları katı meyve sıkacağından (J700, Braun, Almanya) geçirilerek suyu ekstrakte edildi. İçinde herhangi bir parçacık kalmaması için önceden 80 °C’de kuru dezenfekte edilmiş 250 µm’lik bir elekten geçirilip parçacıklar uzaklaştırıldı. Elde edilen bal kabağı suyu, limon suyu ilavesi yapılarak pH 4,3’e ayarlanacak şekilde asitlendirildi. Bal kabağı suyu işlem yapılacağı gün taze olarak üretildi. İşlem saatine kadar buzdolabında muhafaza edildi.

### 3.2.2 Esansiyel Yağ Üretimi ve Verim Hesaplama

Esansiyel yağın elde edileceği turunç meyveleri ilk olarak gerekli ön işlemlerden (yıkama, kurulama, kabuk soyma) geçirildi (Şekil 3.1). Esansiyel yağı elde etmek Şekil 3.2’de verilmekte olan geri soğutmalı ekstraksiyon sistemi kuruldu. İlk olarak cam balon içine etil alkol koyularak düzenek 30 dak temizlendi. Ardından 30 dak saf su geçirilerek işleme hazır hale getirildi. Ekstrakte edilecek olan turunç kabukları, cam balon içerisine 100 g olacak şekilde eklendi (Şekil 3.3). Cam balon mikrodalga içine yerleştirildi. Mikrodalganın 4. güç kademesine (1200 W) getirilip 30 dakika çalıştırıldı.

Malzeme içindeki uçucu yağlar bir taraftan buharlaşırken diğer taraftan geri soğutucu aparat yardımı ile yoğuşturuldu ve esansiyel yağ elde edildi. Elde edilen yağlar kauçuk tıpalı cam numune şişelerine alınarak, kullanılacağı güne kadar derin dondurucuda depolandı (Şekil 3.4). İşlem bitiminde tekrar etil alkol ve saf su geçirilerek düzeneğin temizleme işlemi yapıldı.



Şekil 3.1 Turunç (*Citrus aurantium* L.,  
Rutaceae)



Şekil 3.2 Esansiyel yağ üretim  
düzeneği



Şekil 3.3 Esansiyel yağ üretim hazırlığı



Şekil 3.4 Elde edilen turunç esansiyel  
yağları

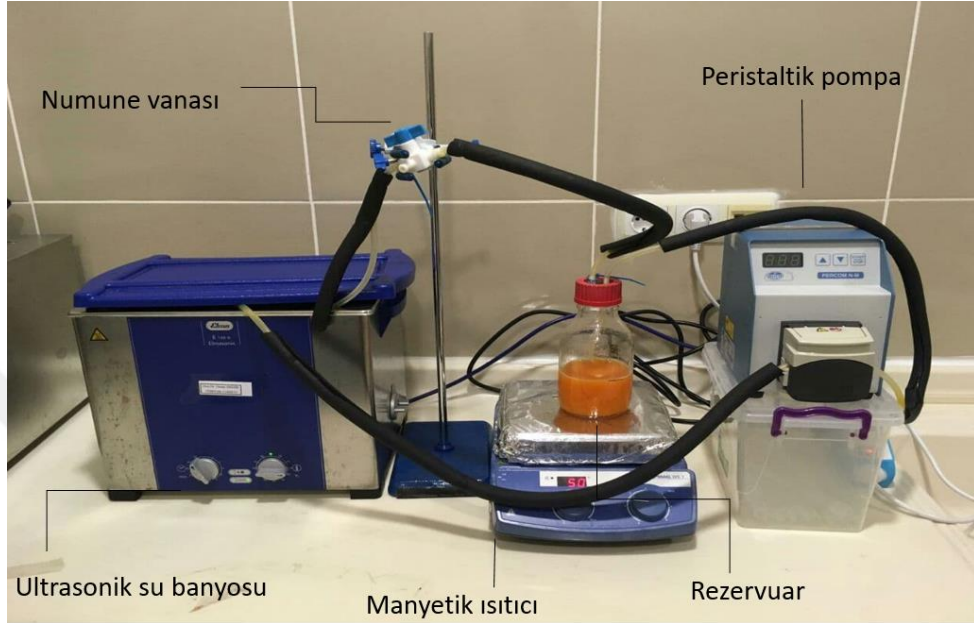
Esansiyel yağ üretiminde verim hesaplama işlemi Denklem 3.1'e göre yapıldı (Bampouli vd., 2014).

$$\text{Ekstraksiyon verimi (\%)} = \frac{\text{Ekstrakt kütlesi (g)}}{\text{Katı maddenin kütlesi (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

### 3.2.3 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması

Sürekli sistem termosonikasyon uygulaması öncesinde bal kabağı suyu, su banyosunda 90 °C'de 10 dak ön pastörizasyon işlemine tabii tutuldu. Süre sonunda bal kabağı suyu çıkartılıp daha önce hazır halde duran buzlu su küvetine konularak sıcaklık seviyesi 20-30 °C olacak şekilde düşürüldü. Ön pastörizasyon işlemi bittikten

sonra sıcaklığı (40, 45, 50 °C) ayarlanmış su banyosunda istenilen sıcaklık dengesine gelene kadar belli süre bekletildi. İşlemi takiben, çıkarılan bal kabağı suları sürekli sistem termosonikasyon düzeneğine alındı. Daha önce tasarlanmış olan (Kılınç, 2018) sürekli sistem termosonikasyon düzeneği Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Sürekli sistem termosonikasyon düzeneği

Ultrases su banyosu işleme başlanmadan yaklaşık 30 dak kadar önce ilgili sıcaklığa ayarlandı. İçerisindeki su istenilen sıcaklık dengesine geldiğinde 250 mL bal kabağı suyuna, 1 µL esansiyel yağ/mL bal kabağı suyu oranında turunç esansiyel yağı aseptik koşullarda eklendi. Bu konsantrasyon bazı ön denemelerin duyuşal (renk, kıvam, koku) sonuçları göz önüne alınarak belirlendi. Ardından *E. coli* K-12,  $10^{6-7}$  kob/mL oranında olacak şekilde bal kabağı suyuna inokule edildi.

Kurulan sistemin peristaltik pompa hız seviyesi 20 rpm olacak şekilde, akış hızı 0,029 L/dak’ya ayarlandı. Sistemin vanası ve pompası açılarak işlem başlatıldı. Sistem çalışmaya başladıktan sonra hazırlanan 250 mL bal kabağı suyu ultrases su banyosunda çeşitli sıcaklıklarda (40, 45, 50 °C) ve sürelerde (bkz. Çizelge 4.1) ultrasese maruz kaldı. Sistemin ortam şartlarındaki sıcaklıktan etkilenmemesi için dışarıda kalan hortumlar yalıtım malzemesiyle kaplandı. Sistem döngüsü numune alma vanasına ulaştığında turunç yağlı bal kabağı suyunun *E. coli* K-12 sayısını tespit etmek için aseptik koşullarda örnek alındı ve bal kabağı suyu rezervuara geldiği anda döngü tamamlanmış oldu. İşlem 1., 2., 3. ve 4. tur olacak şekilde sırasıyla (bkz. Çizelge

4.1) örnek alımlarında aseptik koşullara dikkat edilerek devam edildi. Arkasından *E. coli* K-12 sayımı ve gerekli fizikokimyasal ve biyoaktivite analizlerine geçildi.

Sistem uygulamasında döngü sürelerini hesaplayabilmek için, turunç esansiyel yağlı bal kapağı suyu başlama rezervuarından ultrases su banyosuna ulaşınca kadar geçen süreye  $S_1$ , ısıya ve ultrasese maruz kaldığı zamanda geçen süreye ise  $S_2$ , ultrases su banyosundan tekrar rezervuara ulaştığı anın süresine ise  $S_3$ , turunç esansiyel yağlı bal kapağı suyunun baştaki hazneye tekrar geldiğindeki süreye ise  $S_4$  adı verildi. Bu sürelerin toplamıyla sistem döngüsündeki süre hesaplandı (Denklemler 3.2).

$$S_{\text{toplam}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \quad (3.2)$$

Termosonikasyon uygulaması sonrası kurulan düzenekteki sistemden turunç esansiyel yağlı bal kapağı suyu sistemdeki musluk yardımı ile boşaltılarak, sterilizasyon işlemini gerçekleştirmek için rezervuara 100°C'de pompa yardımıyla sıcak su dolaştırıldı. İşlem en az 3 tur olacak şekilde tekrar edildi ve rezervuar sistemden uzaklaştırılarak kapağı kapatıldı.

1 µL esansiyel yağ/mL bal kapağı suyu oranında turunç esansiyel yağ eklenmiş ve hiçbir işlem görmemiş olan bal kapağı suyu örnekleri ise kontrol (işlem görmemiş) olarak kullanıldı.

### 3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler

#### **Turunç Yağının Antimikrobiyel Özelliğinin Belirlenmesi:**

Turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağın *Escherichia coli* K-12 üzerindeki antimikrobiyel etkisini test etmek için agar disk difüzyon yöntemi kullanıldı (Dobre vd., 2011). Bunun için Plate Count Agar üzerine 100 µL *E. coli* K-12 suşu steril Drigalsky spatülü ile yayıldı. Ekim yapılan petripler 5 dak kurumaya bırakıldı. Bu şekilde 10<sup>6</sup> kob/mL seviyesinde *E. coli* K-12 ekimi yapıldı. Ekim yapılmış agar üzerine 6 mm çapında steril disk yerleştirildi. Disk üzerine 10 µL esansiyel yağ damlatıldı. 5 dak diskin yağı çekmesi beklendi. Hazırlanan petri kabı 37 °C'de, 24 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonrası disk etrafında şeffaf alan oluşumu ile ilgili sonuç kayıt edildi.

### ***E. coli* K-12' nin İnkübasyonu ve İnokulasyonu:**

Unluturk ve Atilgan (2014)'e göre gerçekleştirilen *E. coli* K-12'nin inkübasyonu ve inokulasyonuna göre 10 mL steril Nutrient sıvı besiyerine -80 °C'de muhafaza edilen gliserol stoktan *E. coli* K-12 suşu steril öze ile alınıp ekim yapıldı. İnkübatörde 37 °C'de 24 saat bekletildi. 24 saat sonunda Tryptic Soy Broth (%0,75(w/v) glikoz eklenerek zenginleştirilmiş) ortamına aktarma yapılarak 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Süre sonunda 10 mL alınarak santrifüj tüplerinde 3000 rpm'de 15 dak santrifüj işlemi yapılarak üzerindeki süpernatant dikkatli bir şekilde döküldü ve 1 mL steril tamponlanmış peptonlu sudan ilave edilip 30 sn vortekslendi ve karışım mikroorganizma sayısı  $10^7$  kob/mL olacak şekilde bal kabağı suyuna ilave edildi.

### ***E. coli* K-12 Sayımı:**

Unluturk vd. (2008)'e göre peptonlu su ile seyreltmeler yapılarak en az 2 paralel olacak şekilde Tryptic Soy Agar (TSA)'a yayma plaka yöntemiyle ekildi. 37 °C sıcaklıkta 24 saat inkübe edildi ve sayımlar yapıldı. Sonuçlar kob/mL cinsinden belirlendi.

### **Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı:**

Demir ve Oral (2018)'da verilmiş olan yönteme göre toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için çeşitli seyreltmelerden (tamponlanmış peptonlu su ile) Plate Count Agar (PCA) besiyerine yayma plaka yöntemi ile ekim yapıldı. Petri kapları 35 °C'de, 48 saat inkübasyona bırakıldı. Her seyreltmeden 2 paralel ekim yapıldı ve ortalaması alınan sonuçlar kob/mL olarak ifade edildi.

### **Toplam Küf ve Maya Sayımı:**

Demir ve Oral (2018)'da verilmiş olan yönteme göre toplam küf ve maya sayımı için çeşitli seyreltmelerden (tamponlanmış peptonlu su ile) Potato Dextrose Agar (PCA) besiyerine yayma plaka yöntemi ile ekim yapıldı. Petri kapları 25 °C'de, 5 gün inkübasyona bırakıldı. Her seyreltmeden 2 paralel ekim yapıldı ve ortalaması alınan sonuçlar kob/mL olarak ifade edildi.

### **3.2.5 Fizikokimyasal Analizler**

Turunç yağı eklenmiş olan bal kabağı suyu örnekleri, işlem görmemiş ve sürekli sistem termosonikasyon ile 50 °C'de 3 döngü boyunca işlem görmüş olarak fizikokimyasal

analizlere tabi tutuldu. 3 tekerrür olarak fizikokimyasal özellikleri belirlemek için aşağıdaki analizler ile yapıldı.

### Renk Değerlerinin Belirlenmesi:

Renk değerini belirlemek için Konika Minolta CR 400 cihazında renk ölçümü yapıldı. Turunç yağlı bal kabağı suyundan 50 mL'lik behere homojen şekilde 10 mL alınarak cihazın üzerine yerleştirildi ve beherin üzeri beyaz bir kâğıt ile kapatıldı. Ölçüm tuşuna basıldı.

Okunan CIELab renk değerleri, a\* (kızarıklık / yeşillik) b\* (sarılık / mavilik) L\* (beyazlık, parlaklık / karanlık) olarak belirlenen değerler not alındı. Toplam renk değeri farklılığı ( $\Delta E$ ) aşağıdaki denkleme (Denklem 3.3) göre belirlendi. Cserhalmi vd. (2006)'e göre işlem görmüş ve görmemiş olan örnekler arasındaki farka dayalı olarak hesaplanan  $\Delta E$  değeri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 Toplam renk değeri skalası

Toplam Renk Değeri Aralığı	Renk
Değişimi	
0 – 0,5	Fark Edilemez
0,5 – 1,5	Hafifçe Fark Edilebilir
1,5 – 3,0	Fark Edilebilir
6,0 – 12,0	Çok Fark Edilebilir

$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]} \quad (3.3)$$

### Bulanıklık Ölçümü:

HACH 2100N marka olan türbidimetre cihazı ile turunç yağlı bal kabağı suyu örneklerinin bulanıklık (türbidite) ölçümü yapıldı. Cam küvet içine örnekten homojen bir şekilde 20 mL alınarak üzerine 10 mL saf su eklenerek 1:3 oranında seyreltme işlemi yapıldı. Cam küvet cihaza yerleştirildi. 20 °C'de 3 paralel olacak şekilde okuma

yapıldı. Çıkan sonuç seyreltme faktörü ile çarpıldı ve nefelometrik bulanıklık birimi (NTU) hesaplandı (Demir ve Oral, 2018).

#### **Suda Çözünen Toplam Katı Madde Miktarı Analizi:**

Krüss Optronic (Almanya) dijital refraktometre cihazı ile turunç yağlı bal kabağı suyu örneğinden 3 paralel şekilde okuma yapıldı. Sonuçlar Briks (Bx) cinsinden ifade edildi.

#### **pH ve Toplam Titrasyon Asitliği Ölçümü:**

pH ölçümü dijital pH metre (Hanna, Almanya) ile yapıldı. Beher içine 20 mL 25 °C'deki turunç yağlı bal kabağı suyundan alınarak manyetik karıştırıcı yardımıyla 3 paralel okuma yapıldı. Toplam titrasyon asitliği ölçümü ise Demirdöven ve Baysal (2009)'a göre belirlendi. 0,1 N NaOH çözeltisi ile 20 mL örnekten alınarak pH'ı 8,1'e ulaşana kadar yavaş yavaş eklenerek titre edildi. Denklemle göre hesap yapıp susuz sitrik asit cinsinden (SSA, %) ifade edildi.

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{V \times F \times E}{m} \times 100 \quad (3.4)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

F: Titrasyon faktörü

E: 1 mL 0,1 N NaOH' in eşdeğer ait miktarı, g

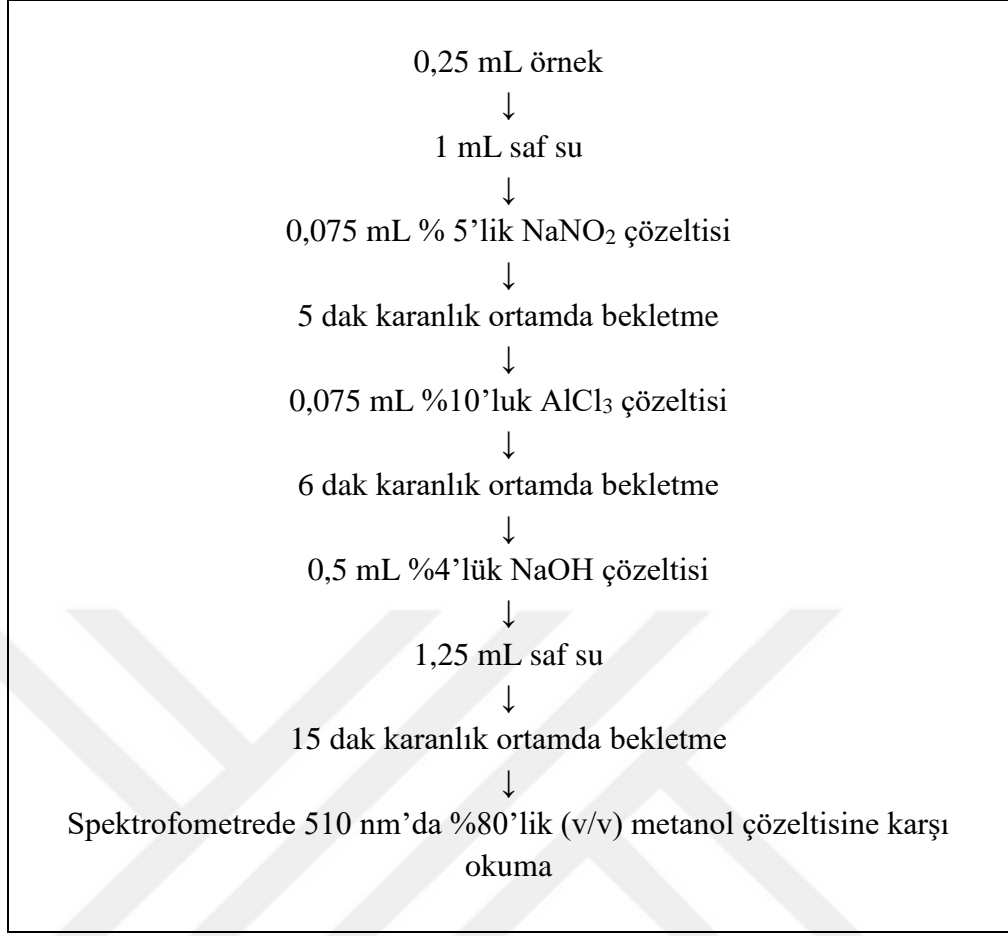
m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

#### **3.2.6 Bal Kabağı Suyundan Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Kapasite Analizleri**

Raf ömrü süresince belirli aralıklarla sürekli sistem termosonikasyon gören ve görmeyen turunç yağlı örnekler 3 paralel olacak şekilde çeşitli biyoaktif bileşen özelliklerine bakılmak için aşağıda belirtilen analizler uygulandı.

#### **Toplam flavonoid madde tayini:**

Toplam flavonoid madde analizi, 510 nm dalga boyunda kateşin referans standartları kullanılarak yapıldı (Tomadoni vd., 2017). Analiz 3 paralel şekilde yapıldı. Sonuçlar µg kateşin eşdeğeri/mL bal kabağı suyu olarak verilmiştir. Toplam flavonoid madde tayini Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Toplam flavonoid madde tayini

#### **Toplam fenolik madde tayini:**

Bal kabağı suyu örneklerinin Demir ve Kılınç (2018)'a göre toplam fenolik madde tayini yapıldı. Buna göre; 0,5 mL örnek alınarak, 0,5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi çözeltisinden ilave edildi. Ardından karışıma 3 mL %10'luk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi ilave edilip, üzerine 10 mL saf su eklendi. 30 dakika karanlık ortamda bekletildikten sonra 60 mL'ye kadar saf su ile tamamlandı. Numuneler %80'lik (v/v) metanol çözeltine karşı UV-Vis spektrofotometre ile absorbans 750 nm ölçülmüştür. 0, 50, 100, 150, 250 ve 500 mg/L konsantrasyona sahip gallik asit çözeltisi ile hazırlanan standart eğriyle örnekler mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/mL cinsinden ifade edildi.

#### **Radikal süpürme yöntemi (DPPH) ile antioksidan kapasite tayini:**

Bal kabağından elde edilen su örneklerinin antioksidan kapasitelerine bakılması için (Tzulker vd., 2007)'ye göre 2 mL DPPH (%100 metanolde 0,025 g/L) çözeltisine turunç yağlı bal kabağı suyu karışımından eklendi. Şahit çözelti olarak %80'lik metanol çözeltisi (v/v) kullanıldı. Karanlıkta 30 dak bekletildikten sonra

spektrofotometrede 517 nm’de absorbanası ölçüldü. Analiz 2 tekrarlı olacak şekilde 3 paralel halinde yapılmıştır.

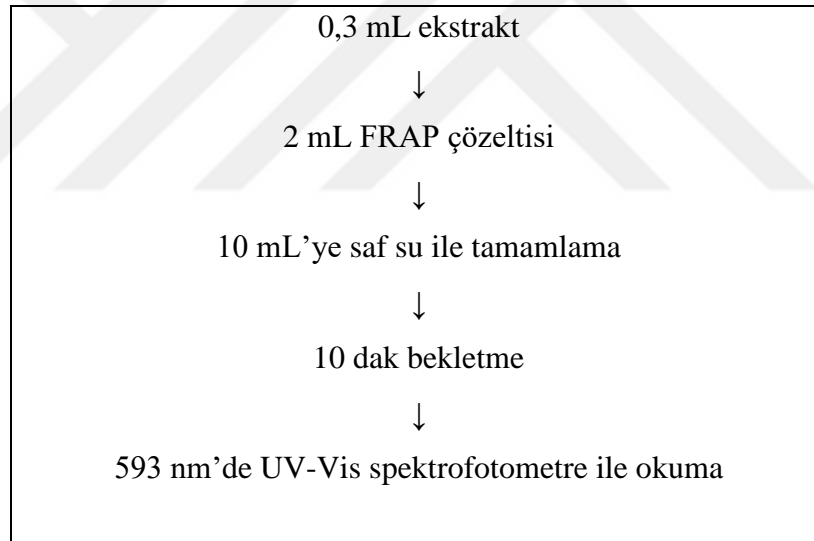
$$DPPH \text{ inhibisyonu (\%)} = \frac{A_{DPPH} - A_{\text{örnek}}}{A_{DPPH}} \times 100 \quad (3.5)$$

$A_{DPPH}$ : DPPH çözeltisinin 517 nm’de okunan absorbanası

$A_{\text{örnek}}$ : Örneğin 517 nm’de okunan absorbanası

### **Demir (III) indirgeme yöntemi (FRAP) ile antioksidan kapasite tayini:**

Örneklerin demir (III) indirgeme bakımından sahip oldukları antioksidan kapasitesi Güzel ve Akpınar (2017)’a göre FRAP analiz yöntemi ile ölçülmüş olup, kullanılan yöntemin detayları Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Sonuçlar  $\mu\text{mol Troloks/mL}$  cinsinden ifade edildi.

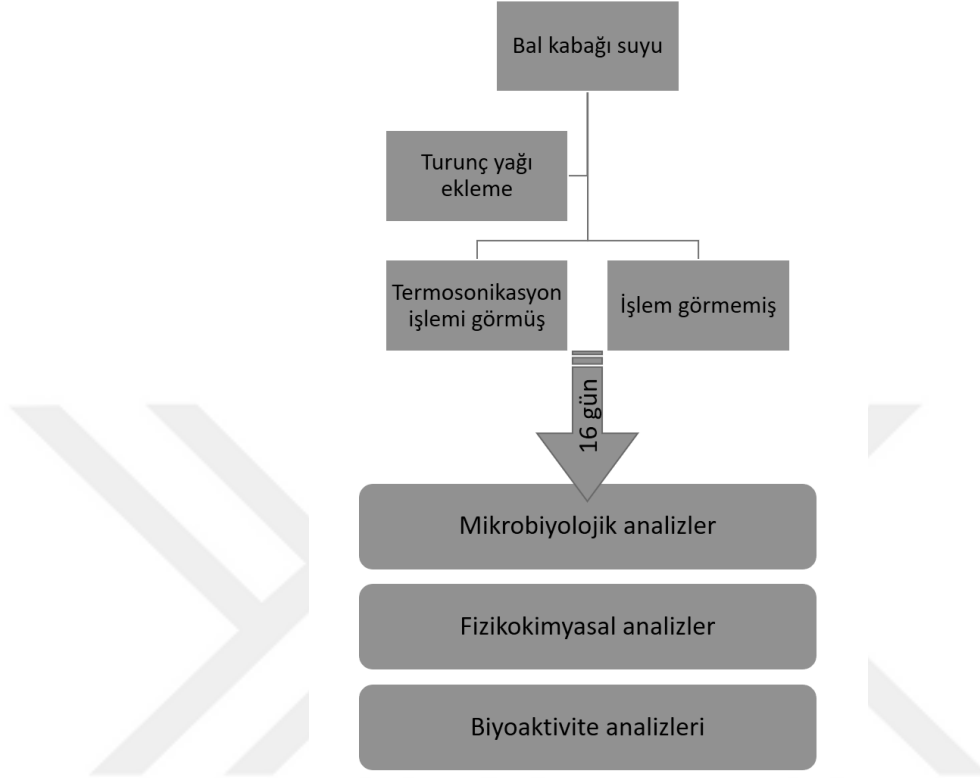


Şekil 3.7 FRAP yöntemi ile analiz

### **3.2.7 Raf Ömrü Takibi**

Sürekli sistemde 50 °C’de 3 döngü boyunca işlem görmüş olan ve hiçbir işlem görmemiş olan örnekler raf ömrü takibi için kullanıldı. Yapılacak olan raf ömrü analizinin gün sayısı doğrultusunda şişeler kuru sterilizasyon (80 °C, 12 saat) işlemi sonrası hazır hale getirildi. Amber renkli 250 mL’lik şişelere 125 mL turuncu yağlı bal kabağı suyu aseptik koşullarda ilave edilerek 8 °C’de saklandı. 16 gün boyunca örneklerin raf ömrü takip edildi. 4 günde bir, rastgele seçilen 3 şişe raf ömrü analizi

için açıldı. Mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve biyoaktivite analizleri yapıldı (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Raf ömrü takibi deney deseni

### 3.2.8 Duyusal analiz

İşlem görmemiş ve sürekli sistem termosonikasyon ile elde edilen 2 grup bal kabağı suyu üretildi. Hijyenik koşullarda üretilen günlük bal kabağı suları, Fen Lisesi öğrencilerinden, yaşları 17, 18, 19 ve 20 olan panelist gruba sunuldu. Hazırlanan duyusal teste panelistlere sunulan örneklerin aroma, lezzet, tatlılık, ekşilik, koku, renk, görünüş ve genel beğeni parametreleri kullanılarak 5'lik bir sistemde (1: hiç beğenmedim, 5: çok beğendim) puanlandırılması istendi. Kullanılan form Şekil 3.9'da gösterildi.

Ad-soyad: \_\_\_\_\_ Tarih: \_\_\_\_\_

Yaş: \_\_\_\_\_ Ürün: \_\_\_\_\_

- Lütfen başlamadan önce su ile ağzınızı çalkalayınız.
- Her bir ürüne verilen kod numarası tesadüfidir.
- Lütfen aşağıdaki ürünlere her bir kriter için uygun gördüğünüz notu veriniz.
- Not skalası şu şekildedir:

**1**                      **2**                      **3**                      **4**                      **5**  
 Hiç beğenmedim                      Kararsızım                      Çok beğendim

Ürün kodu	<i>Koku</i>	<i>Aroma</i>	<i>Renk</i>	<i>Lezzet</i>	<i>Görünüş</i>	<i>Tatlılık</i>	<i>Ekşilik</i>	<i>Genel beğeni</i>
592								
753								
266								

Şekil 3.9 Duyusal değerlendirme formu

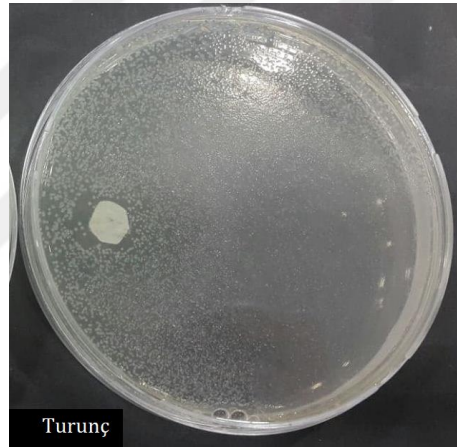
### 3.2.9. İstatistiksel Analiz

İşlem görmemiş ve sürekli sistem termosonikasyon ile işlenmiş örneklerin duyusal analiz sonuçlarının ortalamaları arasındaki farkların (% 95 güven aralığında) kayda değer olup olmadığı istatistik yazılımı Minitab (versiyon 16.0, ABD) ile tek-yönlü ANOVA testi (Tukey) kullanılarak belirlendi.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Turunç Yağının Antimikrobiyel Özelliği ve Üretim Verimi

Bölüm 3.2.2’de belirtildiği şekilde elde edilen turunç kabuğu esansiyel yağının *Escherichia coli* K-12 üzerindeki antimikrobiyel etkisi, agar disk difüzyon yöntemi ile test edilmiş olup, sonuç Şekil 4.1’de verilmektedir. Yağ emdirilen diskin etrafında oluşan şeffaf alan dikkate alındığında, esansiyel turunç yağının *Escherichia coli* K-12 üzerinde antimikrobiyel etkisi olduğu görülmüştür (Şekil 4.1). Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki bölümünde, termosonikasyon koşullarının daha ılımlı hale getirilebilmesi için bal kabağı suyuna turunç yağı ilave edilmesine karar verilmiştir.



Şekil 4.1 Turunç yağının antimikrobiyel etkisi

Bölüm 3.2.2’de verildiği şekilde elde edilen turunç yağının üretim verimi Denklem 3.1’e göre %0,75 (w/w) olarak hesaplanmıştır. Boudries vd. (2017)’in hidrodistilasyon yöntemi ile mandarin, wilking ve clementine türü turunçgillerin taze kabuklarından sırasıyla %0,63, 0,81 ve 0,52 (w/w) esansiyel yağ elde ettikleri belirtilmiştir. Bourguou vd. (2012) ise yaş Tunus turuncu kabuğundan yine hidrodistilasyon yöntemi ile %0,46 (w/w) verim elde ettiğini bildirmiştir. Farahmandfar vd. (2020) ise yine hidrodistilasyon yöntemi ile taze turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağ için üretim verimini yaklaşık %1 (v/w) olarak raporlamıştır. Bir diğer çalışmada ise yine Tunusta yetişen ve kurutulmuş turunç kabuklarından hidrodistilasyon yöntemi sonucunda %1,24 (w/w KM) verim ile yağ elde edildiği belirtilmiştir (Hosni vd., 2010). Söz konusu değerler bu tez çalışmasında elde ettiğimiz verim değeri ile uyumludur.

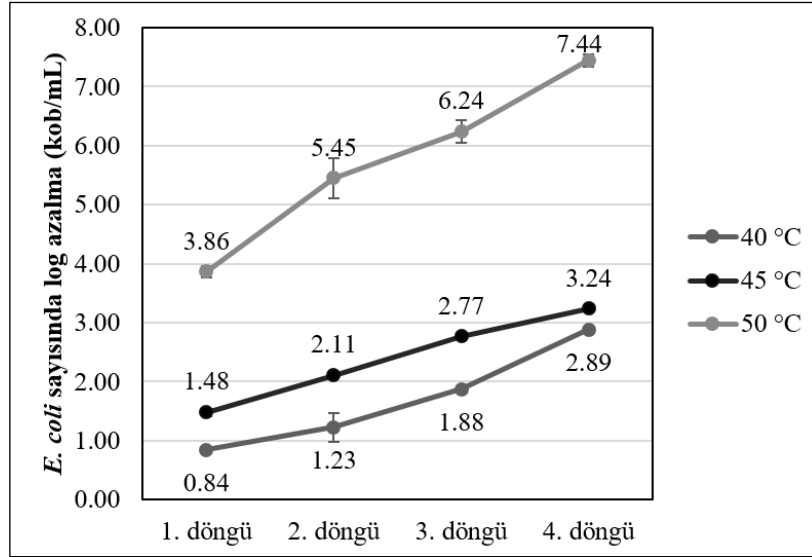
## 4.2 Sürekli Sistem Termosonikasyon ile Esansiyel Yağ Kombine Uygulamasında Sıcaklığın Etkisi

Turunç kabuğu yağı ilave edilmiş bal kabağı suyu Bölüm 3.2.3'te verilmiş olan sürekli termosonikasyon sisteminde muamele edilmiştir. 40, 45 ve 50 °C'lerde gerçekleştirilen termosonikasyon işlemleri esnasında 4 döngü boyunca her bir döngüden örnek alınıp *E. coli* sayımları gerçekleştirilmiştir. Bal kabağı suyu sistemde 0,029 L/dak akış hızı ile sirküle edildiğinde Bölüm 3.2.3'te tanımlanmış olan S<sub>1</sub>: 40 sn, S<sub>2</sub>: 225 sn, S<sub>3</sub>: 42 sn ve S<sub>4</sub>: 666 sn olarak tespit edilmiştir. Buna göre; her bir döngüde, başlangıçtan itibaren örnek alma süreleri Çizelge 4.1'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.1 Turunç kabuğu yağı ilave edilmiş bal kabağı suyunun sürekli sistemden örnekleme süreleri

Akış hızı (L/dak)	Döngü sayısı	Örnek alma süresi (S <sub>toplam</sub> )
0,029	1. döngü	4 dak 42 sn
	2. döngü	20 dak 38 sn
	3. döngü	36 dak 51 sn
	4. döngü	53 dak 4 sn

Şekil 4.2'ye bakıldığında genel olarak termosonikasyon uygulaması esnasında kullanılan sıcaklıklar 40 °C'den 50 °C'ye yükseldikçe bal kabağına inokule edilmiş olan *E. coli* K-12 sayısında azalma olduğu görülmüştür. 40 °C'de ve 45 °C'de yapılan termosonikasyon uygulaması sonucunda elde edilen *E. coli* K-12 azalması sonuçları birbirine daha yakın olup, 50 °C'de yapılan uygulamanın 40 ve 45 °C'lere göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Buna göre; FDA tarafından belirlenen ve meyve suyu üretiminde Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktası (HACCP) planı dâhilinde hedef mikroorganizma sayısının 5-log azaltılması kriterine uygun olan sonuçlar 50 °C'de yapılan üretimin 3. ve 4. döngülerinde elde edilmiştir (Şekil 4.2). Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde işlem ekonomisi de göz önünde tutularak 5 log kriterini ilk geçen koşul olan 50 °C'de 3 döngü termosonikasyon koşulunun seçilmesine karar verilmiştir. 50 °C'deki termosonikasyon uygulamasının turunç yağı eklenmiş bal kabağı suyundaki *E. coli* sayısını 3. döngü sonunda  $6,24 \pm 0,19$  log seviyesinde azalttığı görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Sürekli sistem termosonikasyon ve esansiyel yağ kombine uygulaması ile çeşitli sıcaklıklarda *E. coli* K-12 inaktivasyonu

Laboratuvarımızda daha önce gerçekleştirilen bir tez çalışmasında (Kılınç, 2018) ise sürekli sistemde 60 °C’de 3 döngü boyunca uygulanan termosonikasyon ile bal kabağı suyundaki (yağsız) *E. coli* sayısının  $6,23 \pm 0,34$  log azaldığı bulunmuştur. Her iki denemede de çok yakın inaktivasyon sonuçları elde edilmiştir. Bu durumda çalışmamızda, turunç kabuğu esansiyel yağı eklenmesi ile termosonikasyon işlem sıcaklığının 10 °C kadar düşürülmesinin sağlandığı söylenebilmektedir. Bilindiği gibi uzun ömürlü tüketimi hedeflenen gıda ürünlerinde, işlem koşulları ne kadar ılımlı olursa, işlem gören ürünün organoleptik ve besinsel kalitesi o kadar yüksek olacaktır (Jiménez-Sánchez vd., 2017).

Literatürde esansiyel yağ eklemesi ile termosonikasyon işleminin birlikte uygulandığı çalışma sayısı sınırlıdır. Sánchez-Rubio vd. (2018) portakal suyuna 50 °C’de uyguladıkları termosonikasyon işlemini tarçın yaprağı esansiyel yağı ile birleştirdiklerinde *Saccharomyces cerevisiae* üzerinde sinerjik bir etki gösterdiklerini bildirmiştir. Söz konusu çalışmada 650 ppm esansiyel yağ konsantrasyonunda 24 dakikalık bir termosonikasyon sonrasında *S. cerevisiae*’de yaklaşık 5 log’luk bir inaktivasyon sağlanmıştır.

### 4.3 Raf Ömrü Takibi

Gıdalar doğası gereği bozulabilir. Gıdalarda işleme ve depolama sırasında çok sayıda değişiklik meydana gelir. Gıdaları işlemek ve depolamak için kullanılan koşulların gıdalardaki kalite özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği iyi bilinmektedir. Belirli bir süre depolandığında, bir gıdanın bir veya daha fazla kalite özelliği istenmeyen bir duruma gelebilir. O anda gıdanın tüketime uygun olmadığı kabul edilir ve raf ömrünün sonuna geldiği söylenir. Tüketici sağlığı ve gıda güvenliği bakımından bir gıda ürününün raf ömrünü belirlemek oldukça önemlidir (Singh, 1994).

Sürekli termosonikasyon sisteminde 50 °C’de 3 döngü boyunca işlem görmüş ve 1 µL/mL oranında turunç kabuğu esansiyel yağı eklenmiş olan bal kabağı suyu örnekleri üretimden hemen sonra aseptik olarak steril şişelere doldurulmuş ve 16 gün boyunca bazı mikrobiyel, fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri takip edilmiştir. Elde edilen sonuçların kaynağının esansiyel yağ ya da termosonikasyon işlemi olduğunu anlayabilmek için kontrol olarak sadece esansiyel yağ eklenmiş olan örneklerin de aynı şekilde raf ömrü takip edilmiştir. Söz konusu kontrol örnekleri grafiklerde “işlem görmemiş” olarak ifade edilmiştir.

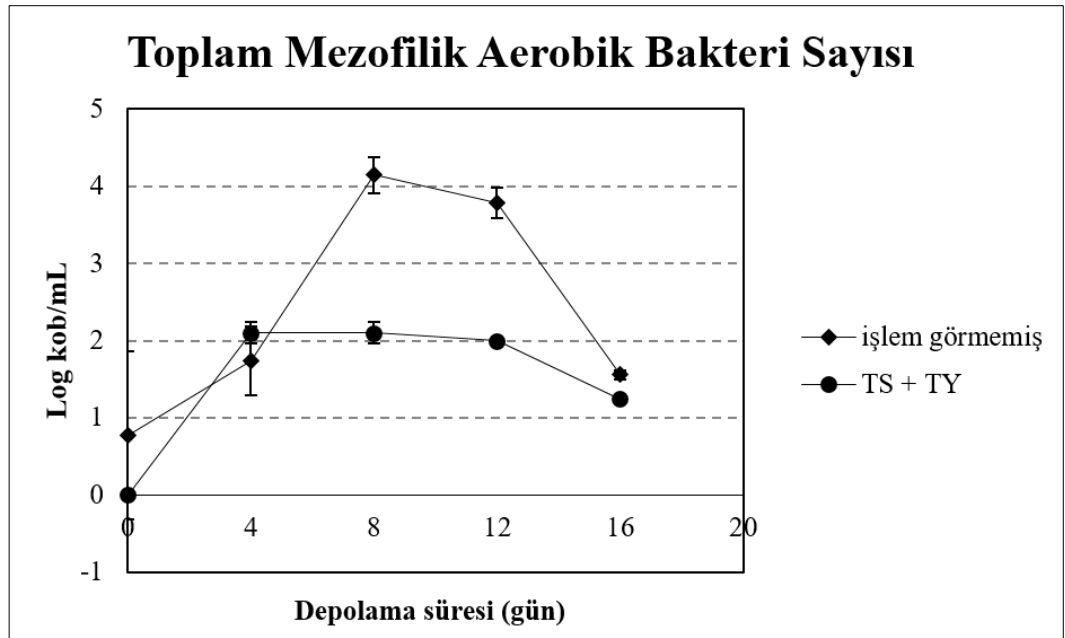
#### 4.3.1 Depolama Esnasında Mikrobiyel Kalitenin Değişimi

Meyve ya da sebze sularının belirlenen raf ömrü boyunca öncelikli olarak mikrobiyel kalitesini koruması beklenir (Jiménez-Sánchez vd., 2017). Turunç kabuğu esansiyel yağı eklenmiş ve termosonikasyona uğratılmış bal kabağı suyu örneklerinin buzdolabında depolanması esnasında toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) içeriğindeki değişim Şekil 4.3’te verilmiştir. Termosonikasyon görmüş örnekler yaklaşık  $10^2$  kob/mL seviyesinin üzerine çok fazla çıkmamışken, işlem görmemiş örnekler özellikle 8. ve 12. günlerde  $10^4$  kob/mL seviyesine ulaşmıştır. Bu artışın sebebinin, tam olarak ölmemiş fakat hasar görmüş (injured) bakteri hücrelerinin depolama sürecinde ortama adapte olması ve canlılığını sürdürmesi olduğu düşünülmektedir (Khandpur ve Gogate, 2016). 16. günde her iki çeşit bal kabağı suyunun mikrobiyel yükü  $10$  ilâ  $10^2$  kob/mL aralığında kalmıştır (Şekil 4.3). Meyve sularında bulunmasına izin verilen en yüksek toplam canlı sayısı bazı çalışmalara göre  $10^4$  kob/mL (Kaya vd., 2015), bazı çalışmalara göre ise  $10^6$  kob/mL’dir (Feng vd.,

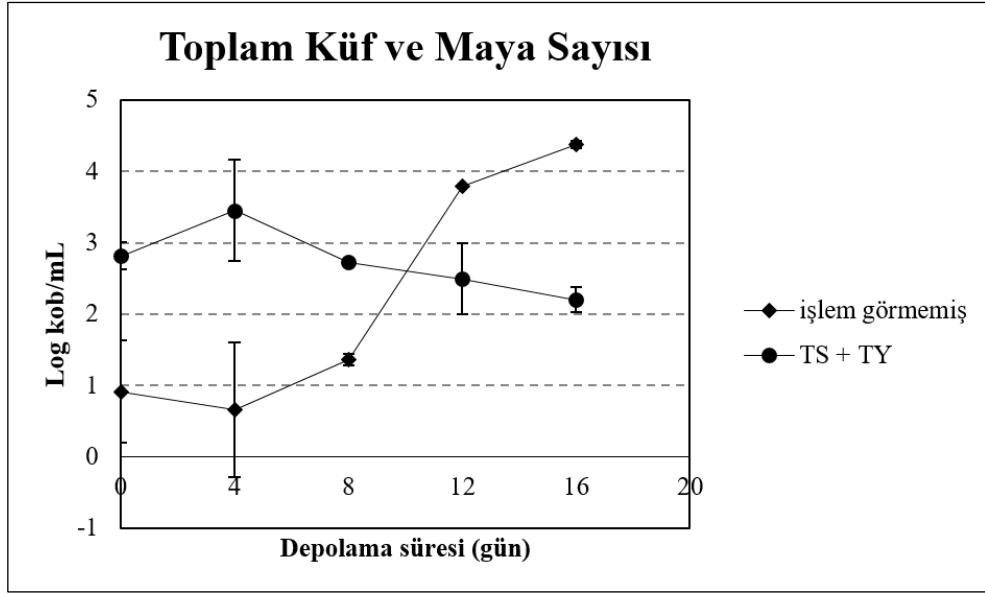
2013). Meyve ve sebze suyu üretiminde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, hijyen ve sanitasyon koşullarının uygulanması konusunda fikir verir ve iyi uygulama örneklerinde bu sayının mümkün olduğunca düşük olması istenir. Şekil 4.3'e bakıldığında başlangıç TMAB sayılarının birbirine yakın ve 0 – 10 kob/mL seviyesinde olduğu görülmektedir. Fakat depolamanın ilerleyen günlerinde işlem görmemiş olan örneklerde bulunan mezofilik aerobik bakteriler ortamda bulunan besin bileşenlerinden faydalanarak sayıca artmıştır. 12. günden sonra ise söz konusu mikrobiyel yükün besinleri tükettiği ve bunun sonucu olarak ta TMAB sayısının azaldığı düşünülmektedir.

Termosonikasyon işlemi görmüş ve görmemiş olan turunç yağlı bal kabağı suyu örneklerinin içerdiği toplam küf ve maya sayısı, depolamanın başlangıcında, işlem görmemiş örneklerde, termosonikasyon görmüş olan örneklere göre yaklaşık 2 log kob/mL kadar daha düşüktür (Şekil 4.4). Söz konusu durumun iki bal kabağı suyu partisi arasındaki doğal mikrofloranın farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla beraber, termosonikasyon görmüş olan örneklerin depolama boyunca 4. günden itibaren düşüşe geçtiği görülmektedir. Bunun tam tersi olarak, işlem görmemiş örneklerde başlangıçta düşük olan küf ve maya sayısı 4. günden itibaren hızla yükselmiş ve 16. günde depolamayı  $4,38 \pm 0,06$  log kob/mL seviyesinde tamamlamıştır. Bu durumda turunç kabuğu yağının tek başına küf ve mayaların çoğalmasını engel olamadığı, termosonikasyon işleminin ise küf ve maya sayısını kontrol altında tuttuğu söylenebilir. Khandpur ve Gogate (2016) portakal kabuğundan elde edilen esansiyel yağı yine portakal suyuna ekleyerek ultrasonikasyon uyguladıklarında, 8 haftalık depolama süresi boyunca mikrobiyel yükün 2,7 log'un altında sınırlı kaldığı görülmüştür. Söz konusu uygulama yalnızca ultrasonikasyon görmüş olan örneklerden daha başarılı şekilde mikrobiyel yükü düşük tutmuştur. Hiçbir işlem görmemiş olan portakal suyunda ise mikrobiyel yük 8. haftada 8 log'a kadar çıkmıştır. Bir diğer çalışmada ise *S. cerevisiae*'nin tarçın yaprağı esansiyel yağı ile termosonikasyon görmüş olan portakal suyundaki 28 günlük canlılığı değerlendirilmiştir (Sánchez-Rubio vd., 2015). Bahsedilen çalışmada, hiç işlem görmemiş olan örnekler yaklaşık 6 log seviyesinde seyredirken, sadece 50 °C'de ısıtılmış işlem görmüş, sadece 50 °C'de termosonikasyon görmüş ve 50 °C'de esansiyel yağ ile ısıtılmış işlem görmüş olan örnekler 3 ilâ 4 log arasında seyretmiştir. Bunun yanında, 20 ppm esansiyel yağ eklenmiş ve 50 °C'de 30 dak boyunca termosonikasyon görmüş

olan örnekler 28 gün boyunca *S. cerevisiae* sayısını en düşük seviyede kaldığı örnekler olmuştur. Başka bir çalışmada ise, düşük ve yüksek yağlı inek sütleri tarçın esansiyel yağı eklendikten sonra 15 dak ultrasonikasyona maruz bırakılmış ve depolamanın 6. ve son gününde hiç işlem görmemiş, sadece esansiyel yağ eklenmiş ve sadece ultrasonikasyon görmüş olan örneklerden daha düşük *Listeria monocytogenes* sayısına sahip olmuştur (Mortazavi & Aliakbarlu, 2019). Bilindiği gibi düşük sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulamasının inaktivasyon konusundaki başarısını mikrobiyel tür, kültür ortamı, su aktivitesi, pH, ultrasonik dalga büyüklüğü, intensite, güç, sıcaklık, antimikrobiyel ajan ve onun konsantrasyonu, ön inkübasyon süresi ve uygulama süresi gibi birçok faktör etkilemektedir (Sánchez-Rubio vd., 2015). Esansiyel yağların antimikrobiyel etkisi hücre zarının hasar görmesi sonucu lisisin gerçekleşmesi ya da içerdiği fenolik bileşenler sayesinde sitoplazmik membranın hasar görmesi sonucu hücrenin enerji üretememesi ve bunun sonucu olarak da ölmesi şeklinde açıklanmaktadır (Burt, 2004). Çalışmamızda engel teknolojisi kullanıldığından, bal kabağı suyunun ihtiva ettiği mikroorganizmalar üzerinde düşük pH, ısı, ultrasonikasyon ve esansiyel yağ kullanımını unsurlarının her biri ve olası etkileşimleri, mikrobiyel kalitenin sağlanması konusunda rol oynadığı düşünülmektedir.



Şekil 4.3 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı değişimi

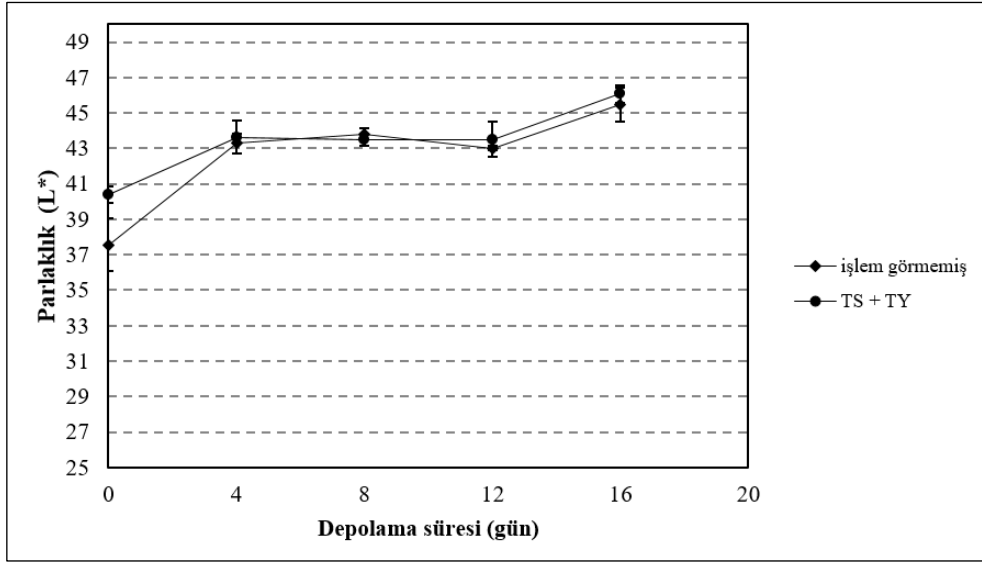


Şekil 4.4 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam küf ve maya sayısı değişimi

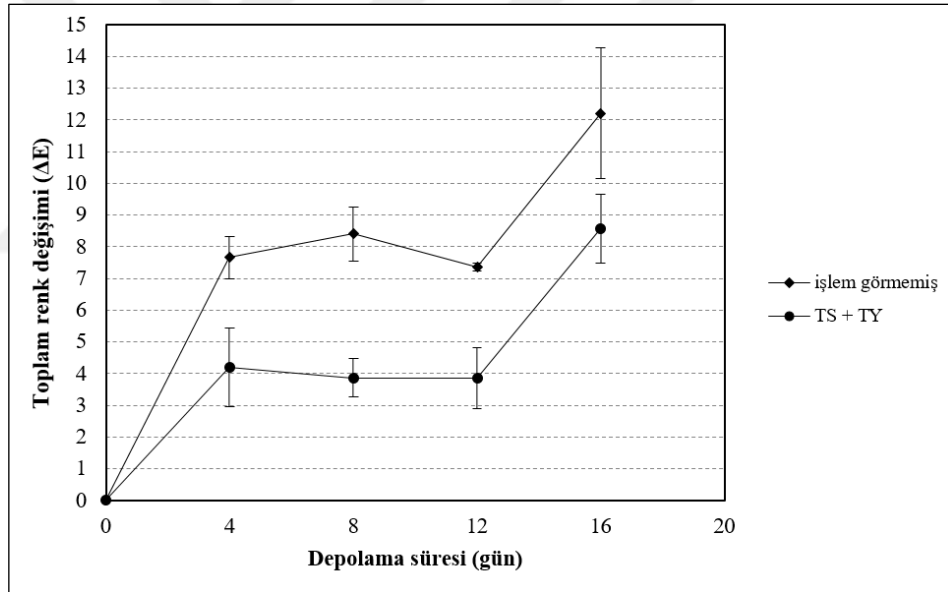
#### 4.3.2 Depolama Esnasında Renk Değişimi

Depolamanın başlangıcında termosonikasyon görmüş olan örneklerin parlaklık değeri, işlem görmemiş olan örneklere göre kısmen daha yüksektir (Şekil 4.5). 4. günden itibaren ise her iki örnek grubunun parlaklık değerleri birbirine çok yakın seyretmiş olup, 12. günden sonra örneklerin parlaklık değerleri hafifçe artmıştır.

Bir örneğin renk değerlerinin referans değerden ne ölçüde uzaklaştığını gösteren toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri termosonikasyon işlemi görmüş ve görmemiş olan örnekler için Şekil 4.6'da verilmiştir. Depolama süresinin 4. ve 12. günleri arasında stabil kalan örneklerin  $\Delta E$  değerleri, 12. günden sonra artışa geçmiştir. Depolamanın son gününde termosonikasyon işlemi görmüş ve görmemiş olan örnekler sırasıyla  $8,57 \pm 1,09$  ve  $12,21 \pm 2,07$  seviyelerine ulaşmıştır. Cserhalmi vd. (2006)'nin önermiş olduğu ve Çizelge 3.22'de verilmiş olan sınıflandırmaya göre; her iki örnek türü de depolamayı 6,0 – 12,0 aralığında “çok fark edilebilir” sınıfta yer alarak kapatmıştır. Fakat süreç boyunca termosonikasyon görmüş olan örneklerin toplam renk değişimi değerleri işlem görmemiş olan örneklerden düşük seyretmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde parlaklık değişimi



Şekil 4.6 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam renk değişimi

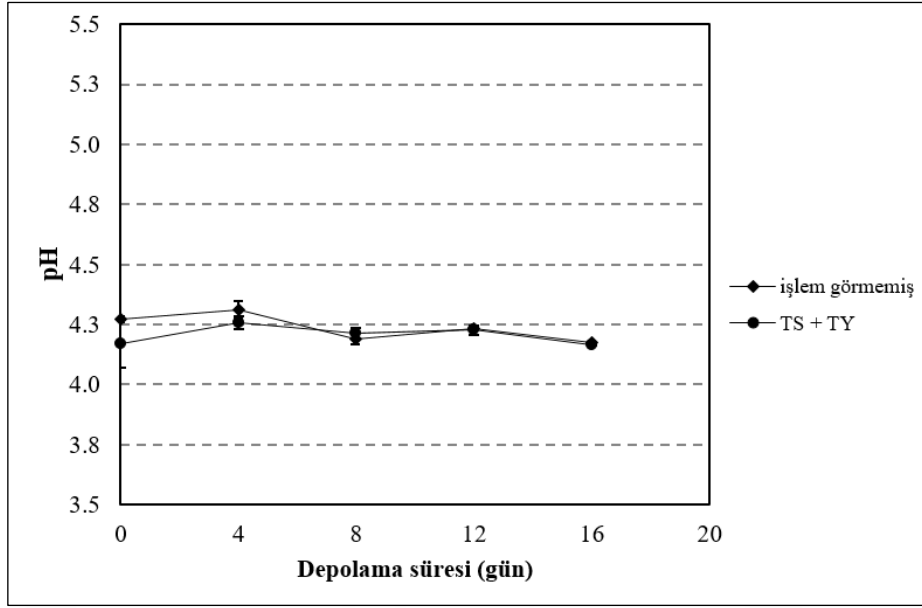
### 4.3.3 Depolama Esnasında Fizikokimyasal Özelliklerin Değişimi

Şekil 4.7'de verilmiş olan depolama süresince örneklerin pH değişimleri incelendiğinde, termosonikasyon görmüş olan örneklerin pH değeri, işlem görmemiş olanlara göre % 2,4 düşük olarak depolama sürecine başlamıştır. Fakat depolamanın geri kalan kısmında her iki tür örneğinde pH değerleri birbirine oldukça yakındır. 4. günde hafifçe artan pH değerlerinin depolama bitimine kadar 4,3 seviyesine yakın

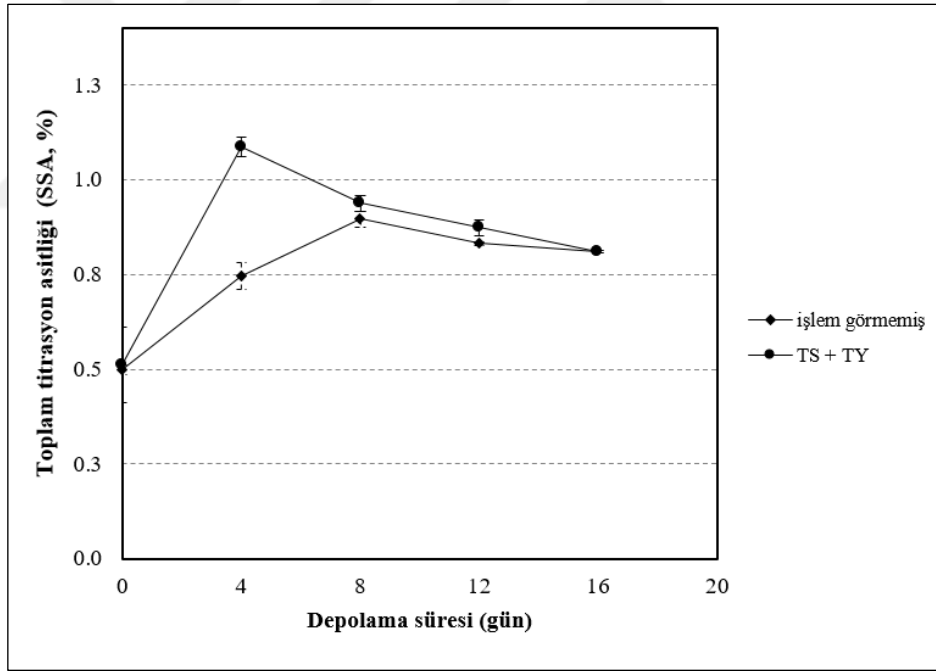
şekilde devam ettiği görülmüştür. Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiş olan mikroorganizma sayılarındaki artışın ortamın pH değerini değiştirecek kadar etkili olmadığı söylenebilir. pH değişimi birçok duyuşal özellik üzerinde etkili olduğundan, depolama boyunca örneklerin pH değerlerinin dar bir aralıkta değişmesinin olumlu bir sonuç olduğu düşünölmektedir. Örneklerin toplam titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında (Şekil 4.8), her iki örnek için de %0,5 seviyesinde başlayan depolamanın 4. gününde termosonikasyon görmüş olan örnekler %1,09, işlem görmemiş olan örnekler ise %0,75 seviyesine yükselmiştir. Ultrasonikasyon işleminin organik asit ekstraksiyonunda kullanıldığı ve organik asit konsantrasyonunda artışa neden olduğu (Vilkhu vd., 2008) tarafından bildirilmiştir. Şekil 4.7'ye göre, 12. günden itibaren hafifçe düşüş gösteren örnekler depolama sürecini %0,81 seviyesinde bitirmiştir.

Şekil 4.9'da depolama süresince termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan turunç kabuğu yağlı bal kabağı suyu örneklerinin suda çözünen toplam katı madde (SÇTKM) miktarı değerleri verilmiştir. Buna göre depolamanın başında her iki örnek türünün SÇTKM değerleri 5,9 seviyesindedir. 4. günde yaklaşık 7,0 seviyesine yaklaşan SÇTKM değerleri, termosonikasyon görmüş olan örnekler için depolama sonuna kadar bu seviyede seyretmiş olup, işlem görmemiş olan örnekler için ise, artarak 7,9 seviyesine kadar çıkmıştır.

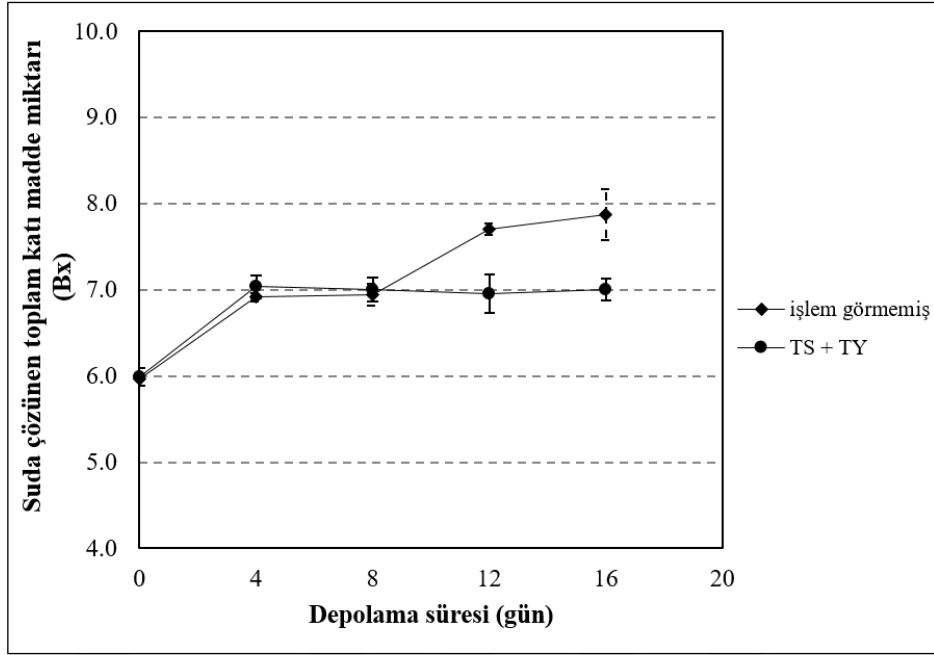
İşlem görmemiş olan örneklerin bulanıklık değeri 4739 NTU, görmüş olanların ise 6553 NTU olarak depolamaya başlamıştır. Benzer bir durum, Shanmugam ve Ashokkumar, (2015) tarafından bildirilmiş, ketentohumu yağı eklenmiş olan havuç suyunda ultrasonikasyon sonucunda bulanıklık artmıştır. Çalışmamızda, termosonikasyon görmüş olan örneklerin bulanıklıkları depolama boyunca düzenli olarak artmış ve 9721 NTU seviyesine kadar çıkmıştır (Şekil 4.10). İşlem görmemiş olan örneklerin bulanıklığı ise 4. günde oldukça artmış, fakat daha sonra gittikçe azalarak depolamayı 7440 NTU seviyesinde bitirmiştir.



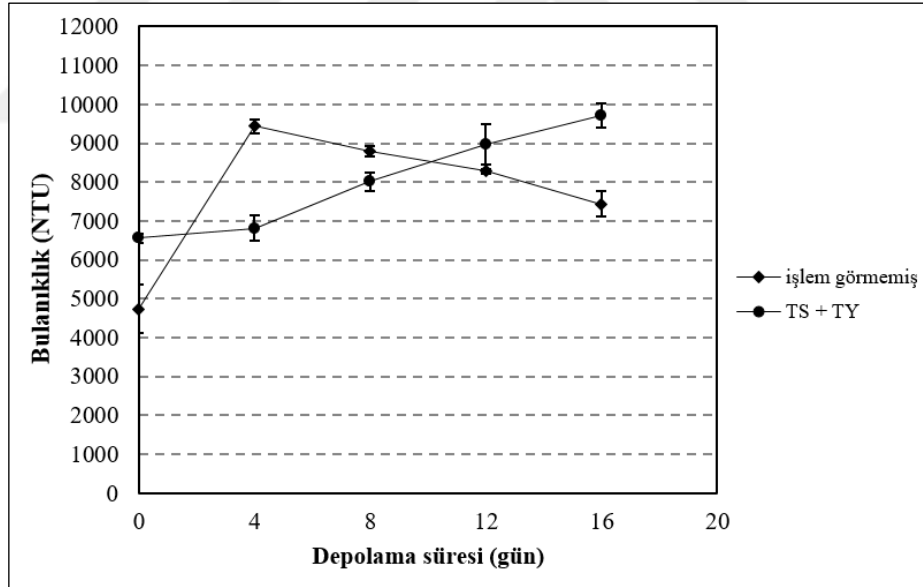
Şekil 4.7 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde pH değişimi



Şekil 4.8 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turuncu yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam titrasyon asitliği değişimi



Şekil 4.9 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde suda çözünen toplam katı madde miktarı değişimi



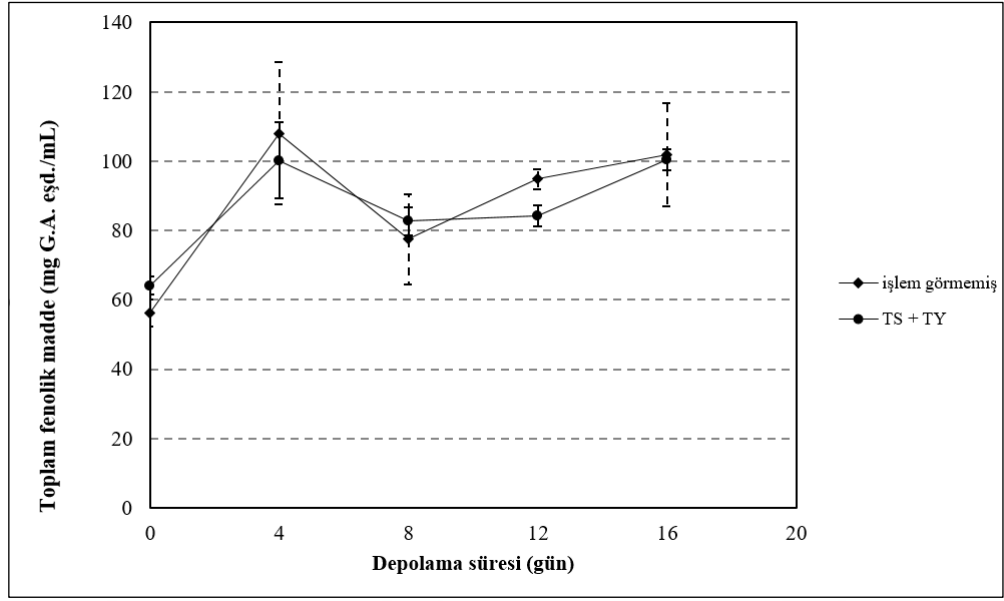
Şekil 4.10 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde bulanıklık değişimi

#### 4.3.4 Depolama Esnasında Biyoaktif Özelliklerin Değişimi

Termosonikasyon işlemi görmüş ve görmemiş olan turunç kabuğu yağlı bal kabağı suyu örnekleri depolama işlemine sırasıyla  $64,1 \pm 2,6$  ve  $56,2 \pm 3,8$  mg G.A. eşd./mL bal kabağı suyu seviyelerinde toplam fenolik madde (TFC) içeriği ile başlamıştır

(Şekil 4.11). Sánchez-Rubio vd. (2018) bu durumu fenolik bileşenlerin lipofilik olması nedeniyle hücrenin çift katmanlı lipit tabakasında birikmeleri ve bitkisel hücre zarını ultrasonikasyona daha duyarlı hale getirmeleri, sonuç olarak ultrasonikasyon uygulaması ile hücrelerin zarar görmesi ve daha fazla fenolik bileşenin açığa çıkması şeklinde açıklamıştır. Bunun yanında esansiyel yağların ultrasonikasyon etkisiyle örnek içerisinde homojen şekilde dağıldığına dair birçok çalışma bulunmaktadır (Amanda vd., 2019; Espinosa-andrews, 2020). Depolama süresi boyunca, örneklerin toplam fenolik madde içerikleri birbirine çok yakın seyretmiş ve sürekli yükselme eğilimi göstermiştir. 16. gün sonunda örneklerin TFC içerikleri 100 mg G.A. eşd./mL seviyesine kadar çıkmıştır.

Turunç kabuğunun toplam fenolik madde yönünden içeriği Ersus ve Çam (2007) tarafından belirlenmiş ve  $487,1 \pm 5,1$  mg G.A. eşd./100 g kabuk olarak bildirilmiştir. Farklı bir çalışmada ise taze turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağın toplam fenolik madde miktarı ise  $5,1$  mg G.A. eşd./100 g kabuk olarak bildirilmiştir. Limon, mandalina, portakal ve greyfurt kabuklarından elde edilen esansiyel yağların toplam fenolik madde içerikleri (%0 etanol ekstraksiyonu ile) sırasıyla  $128,2 \pm 1,9$ ,  $110,9 \pm 1,9$ ,  $82,7 \pm 1,3$ ,  $81,2 \pm 0,4$  mg G.A. eşd./g olarak belirtilmiştir. Söz konusu farklılıkların örneklerin temin edildiği bölgelerin veya analiz metotlarının farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Jabri Karoui ve Marzouk (2013), Tunus turunçlarında elde ettikleri turunç yağındaki fenolik bileşenlerin %73,8'inin fenolik asitler (gallik, vanilik, p-kumarik, klorojenik, sirinjik, rosmarinik, hidrosinamik, ferulik ve trans-sinamik asitler), %23,0'nın flavanoidler (epikateşin, kateşin, rutin, narinjin ve flavon) ve bir fenolik alkol olan tirosolden (%1'den az) oluştuğunu HPLC kullanarak belirlemiştir. Bunun yanında aynı çalışmada turunç kabuğu esansiyel yağının ana bileşeninin (%90,25) limonen olduğu bildirilmiştir.



Şekil 4.11 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam fenolik madde değişimi

Meyve ya da sebze sularında mikrobiyel güvenliği sağlarken aynı zamanda sahip oldukları biyoaktif bileşenlerin iyi korunması da çok önemlidir. Bu tez kapsamında kullanılan örneklerin flavonoid içeriği hem bal kabağı suyundan (Demir ve Kılınç, 2018), hem de turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağdan (Jabri Karoui ve Marzouk, 2013) kaynaklanmaktadır. Turunçgillerde bulunan flavonoidlerin antimikrobiyel, antikanserojen, antidiyabetik ve antioksidan gibi çok geniş biyolojik özellikleri olduğu bilinmektedir (Azhdarzadeh ve Hojjati, 2016). Greyfurt kabuğu esansiyel yağının flavonoid içeriği Güzel ve Akpınar (2017) tarafından  $17,10 \pm 0,05$  mg kuersetin eşd./g olarak belirtilmiştir. Özcan vd. (2021) portakal kabuğunun toplam flavonoid içeriğini  $296,38 \pm 0,01$  mg kateşin/100 g olarak, Lagha-benamrouche ve Madani (2013) ise Begarade türü turuncun kabuğunda bulunan toplam flavonoid içeriğini  $1,17 \pm 0,01$  mg kuersetin eşd./g KM olarak bildirmişlerdir.

Şekil 4.12'ye bakıldığında, termosonikasyon görmüş olan örneklerin toplam flavonoid madde (TFM) konsantrasyonunun, işlem görmemiş olanlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Samani vd. (2019) esansiyel yağların elma suyu içerisinde ultrasonikasyon yardımı ile emülsiyeye olduğunu ve düzgün şekilde dağılabildiğini görmüşlerdir. Depolamanın 4. ve 12. günleri arasında stabilitesini koruyan termosonikasyon görmüş olan örneklerin TFM değeri 16. günde oldukça yükselmiş ve  $1570,6 \pm 59,1$  µg kateşin eşd./mL seviyesine ulaşmıştır. Söz konusu yükselişin

depolama sürecinde turunç kabuğu esansiyel yağının, fenolik bileşenleri degrade eden polifenol oksidaz gibi enzimler üzerinde inhibe edici bir etki göstermesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Tanhaş vd., 2020). İşlem görmemiş örneklerin TFM konsantrasyonu ise 4. günden sonra düşmüş ve depolama boyunca düşük seviyede devam etmiştir. Benzer bir durum ultrasonikasyon işlemi görmemiş olan şeker kamışı suyu için raporlanmış ve ultrasonikasyon görmüş örneklerdeki görece daha yüksek toplam flavonoid içeriği yine polifenol oksidaz enziminin inaktivasyonu ile açıklanmıştır (Zia vd., 2019).

Son yıllarda, insan üzerinde karsinojenik etkisi olduğu bilinen bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ve bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) gibi sentetik antioksidanların yerini, doğal kaynaklardan yeşil teknoloji kullanımı ile elde edilen doğal antioksidanlar almaya başlamıştır. Esansiyel yağların antioksidan özelliği ise olduğu oldukça iyi bilinmektedir (Bayaz, 2014). Ayrıca, turunçgillerden elde edilen esansiyel yağlar gıdalarda hem antioksidan hem de tat bileşeni olarak kullanılabilen ilginç bileşiklerdir (Frassinetti vd., 2011).

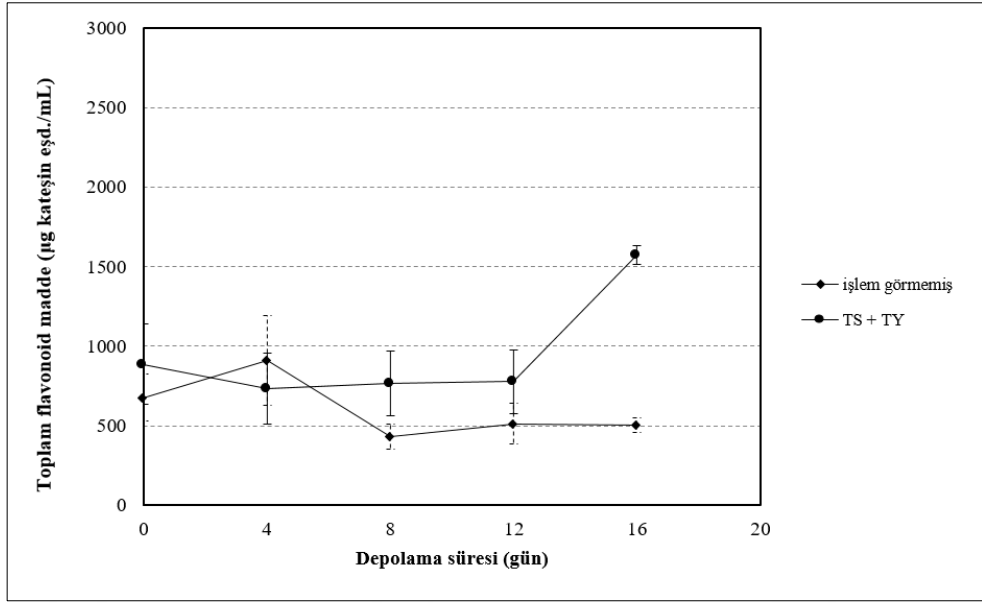
Güzel ve Akpınar (2017) portakal kabuğunda bulunan FRAP metodu ile belirlenmiş antioksidan kapasiteyi  $33,26 \pm 1,02$   $\mu\text{mol}$  troloks eşdeğeri (TE)/g kurutulmuş kabuk olarak bildirmiştir. Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitesi esas olarak serbest radikalleri absorbe etme ve nötralize etmede, singlet ve triplet oksijeni söndürmede veya peroksitleri parçalamada önemli bir rol oynayabilen redoks özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Jabri Karoui ve Marzouk, 2013).

Turunç kabuğu yağı içeren bal kabağı suyu örneklerinin başlangıçta  $5,5 - 6,0$   $\mu\text{mol}$  troloks/mL seviyesindeki antioksidan kapasiteleri (demir (III) indirgeme antioksidan gücü, FRAP metodu ile) 8. günde hızlıca düşmüş ve  $0,4$   $\mu\text{mol}$  troloks/mL seviyesinde depolamayı kapatmıştır (Şekil 4.13). Sezen vd. (2021) turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağda yer alan majör bileşenin limonen olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, D-limonenin FRAP metodu ile belirlenen antioksidan kapasitesi ( $IC_{50} = -589.85$   $\mu\text{M}$ ) Shah ve Mehta (2018) tarafından ortaya koyulmuştur. Fakat antioksidan bir madde olmasına rağmen, D-limonen oksidatif reaksiyonlara oldukça duyarlı bir maddedir (Li ve Chiang, 2012). Söz konusu hızlı düşüşün D-limonenin oksidasyonu sonucu olabileceği düşünülmektedir.

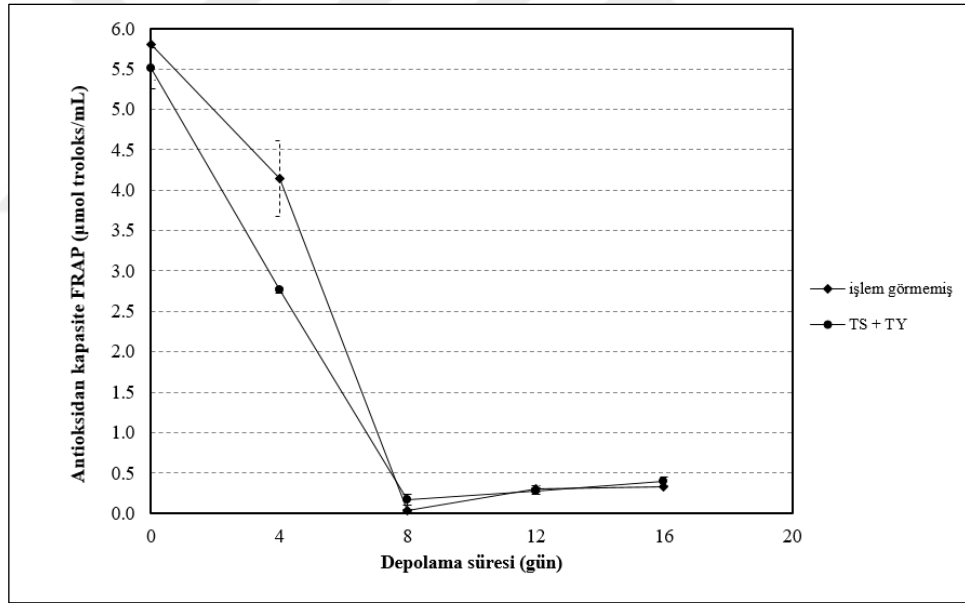
DPPH radikalinin indirgendiği %DPPH inhibisyonu metodu ile antioksidan kapasitesi ölçüldüğünde ise termosonikasyon görmüş olan örneklerin %60,4 ile depolamaya başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.14). İşlem görmemiş olan örnekler ise depolamaya %34,3 seviyesinde başlamıştır. Meyve ve sebze sularında ultrasonikasyon işlemi nedeniyle antioksidan aktivite gösteren fenolik bileşen ve karotenoidlerin daha fazla ekstrakte olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Abid vd., 2014; Jabbar vd., 2015; Tomadoni vd., 2017). Önceki bir çalışmada ise taze bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi (%DPPH inhibisyonu)  $9,2 \pm 2,7$  olarak bildirilmiştir (Demir ve Kılınç, 2018). Bu sonuçtan yola çıkıldığında, esansiyel yağ ekleme uygulaması ile ürünün biyoaktivitesi önemli ölçüde artırılmıştır.

Turunçgiller, besleyici ve antioksidan özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür ve günümüzde esas olarak C vitamini, fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi antioksidan bileşiklerin katkısı nedeniyle beslenme yoluyla sağlık sorunlarının önlenmesi yoğun bir şekilde teşvik edilmektedir. Turunçgillerin kabuğundan elde edilen esansiyel yağda DPPH radikalini süpürmesi ile oluşan antioksidan kapasite birçok çalışmada yer almıştır. Güzel ve Akpınar (2017) limon kabuğundaki antioksidan kapasiteyi DPPH radikalinin süpürülmesi ile  $23,78 \pm 0,47$   $\mu\text{mol TE/g}$  kurutulmuş kabuk olarak belirlemişlerdir. Jabri Karoui ve Marzouk (2013) ise turunç kabuklarının metanolik ekstraktlarında DPPH radikalinin %50'sini süpürmesi için gerekli olan konsantrasyon  $190 \pm 0,01$   $\mu\text{g /mL}$  olarak bildirilmiştir. Özcan vd. (2021) ise taze turunç kabuklarında antioksidan kapasiteyi %63,48 DPPH inhibisyonu olarak bulmuştur.

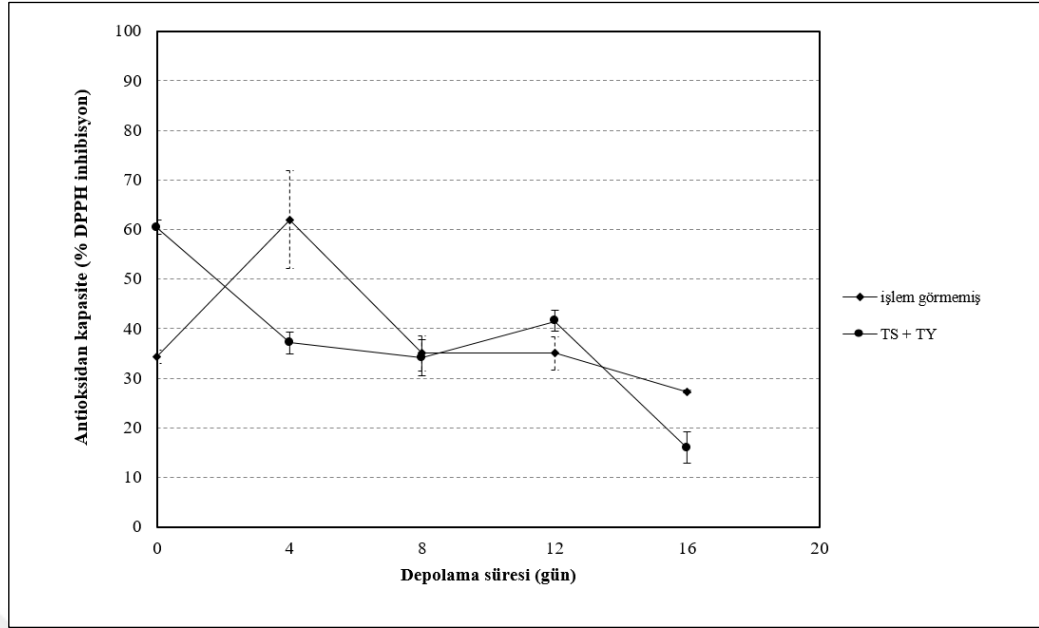
Şekil 4.14'e bakıldığında, depolamanın başlangıcında, esansiyel yağ ekleme ile birleştirilen termosonikasyon uygulamasının, ürünün biyoaktif besin içeriğini işlem görmemiş örneğe göre daha da artırdığı görülmüştür. Bunun yanında, termosonikasyon işlemi depolama esnasında antioksidan kapasitenin düşüşüne engel olamamış ve depolamanın 4. gününde %37,1 seviyesine düşen termosonikasyon görmüş örneklerin 12. güne kadar yaklaşık bu seviyede devam ettiği, fakat 16. günde %16,0 seviyesine düştüğü görülmüştür (Şekil 4.14). İşlem görmemiş örnekler ise depolamayı %27,3 seviyesinde sonlandırmıştır.



Şekil 4.12 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde toplam flavonoid madde değişimi



Şekil 4.13 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde antioksidan kapasite (FRAP) değişimi



Şekil 4.14 Depolama esnasında işlem görmemiş ve termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örneklerinde antioksidan kapasite (% DPPH radikali inhibisyonu) değişimi

#### 4.3.5 Duyusal Değerlendirme

Ultrasonikasyon, taze ürünlerdeki mikrobiyel azalmayı artırmak için çeşitli dekontaminasyon teknolojileri ile birleştirilebilir. Bununla birlikte, bazı teknolojiler (ısı gibi) ürünün organoleptik özelliklerini etkileyebilir veya yapıyı ve nihai gıda özelliklerini değiştirdiği için (basınç gibi) uygun olmayabilir. Ayrıca tüketiciler, tercihlerini minimum doz katkı maddesi içeren gıdalara doğru kaydırmaktadır. Ultrasonikasyon ile birlikte doğal antimikrobiyeller, bakterileri etkisiz hale getirmek için güçlü bir araçtır (Millan-Sango vd., 2015). Bu kombinasyonun kullanımında mikrobiyel başarının yanı sıra duyusal özelliklerinde ölçümü önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışmamızda termosonikasyon ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu örnekleri ile işlem görmemiş fakat turunç yağı içeren örnekler bir panelist grup tarafından değerlendirilmiştir. Söz konusu değerlendirmede panelistler, koku, aroma, lezzet, tatlılık ve genel beğeni kriterleri bakımından termosonikasyon görmüş olan örneklere, işlem görmemiş olan örneklerden daha yüksek puan vermiştir (Çizelge 4.2). Bunların içerisinde her iki örnek grubu arasında koku, aroma ve genel beğeni kriterleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $P < 0,05$ ) bulunmuştur. Renk bakımından panelistler termosonikasyon görmüş ve görmemiş örneklerin rengini birbirinden ayırt etmemiş ve her iki gruba da 4,10 gibi oldukça yüksek bir puan vermiştir. Görünüş

kriterinde işlem görmemiş olan örneklerin termosonikasyon görmüş olanlara göre daha yüksek puan aldığı fakat istatistiksel olarak farkın önemli ( $P<0,05$ ) bulunmadığı görülmüştür. Benzer bir durum ekşilik kriteri için de geçerlidir. Tüm bunların yanında, panelistler sözlü olarak panel bitiminde, turunç yağı içeren örnekleri daha çok beğendiklerini belirtmişlerdir. Çok alışkın olmadıkları bal kabağı kokusunun turunç yağı tarafından baskılandığını ve bu durumun hoşlarına gittiğini de eklemişlerdir.

Çizelge 4.2 Termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan turunç yağı bal kabağı örneklerinin duyu panel sonuçları

Duyusal Özellik	Termosonikasyon	
	İşlem görmemiş bal kabağı suyu	ile turunç yağı uygulaması görmüş bal kabağı suyu
Koku	2,75 ± 1,41 <sup>b</sup>	3,85 ± 1,23 <sup>a</sup>
Aroma (tat)	2,60 ± 1,31 <sup>b</sup>	3,50 ± 1,10 <sup>a</sup>
Renk	4,10 ± 0,91 <sup>a</sup>	4,10 ± 1,16 <sup>a</sup>
Lezzet	2,75 ± 1,41 <sup>a</sup>	3,05 ± 1,36 <sup>a</sup>
Görünüş	3,90 ± 0,85 <sup>a</sup>	3,75 ± 1,16 <sup>a</sup>
Tatlılık	2,95 ± 1,40 <sup>a</sup>	3,45 ± 1,40 <sup>a</sup>
Ekşilik	3,15 ± 1,27 <sup>a</sup>	3,00 ± 1,30 <sup>a</sup>
Genel beğeni	3,10 ± 1,25 <sup>b</sup>	4,15 ± 1,14 <sup>a</sup>

Not: Sonuçlar 20 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler kayda değer fark ( $P<0,05$ ) anlamına gelir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bal kabağı suyunun ısıl olmayan bir işlem olan termosonikasyon ile antimikrobiyel özelliği bulunan turunç yağının birleştirilmesi yoluyla pastörizasyonu amaçlanmıştır. Bu kombinasyon ile hedeflenen termosonikasyon sıcaklığının düşürülebilmesi ve bu sayede bal kabağı suyunun raf ömrü boyunca kaliteli bir ürün olarak sunulmasıdır.

Son yıllarda tüketici eğilimleri de göz önünde bulundurularak sentetik koruyucu maddelerin yerini, doğal antimikrobiyeller almaya başlamıştır. Bunun için çalışmanın ilk aşamasında turunç kabuğundan elde edilen esansiyel yağın *Escherichia coli* K-12 üzerindeki antimikrobiyel etkisi agar disk difüzyon yöntemi ile görüntülenmiştir. Turunç kabuğu esansiyel yağının antimikrobiyel etkisi kanıtlandıktan sonra sürekli sistem termosonikasyon uygulaması ile birleştirilebileceğine karar verilmiştir. Bu kapsamda turunç kabuğu esansiyel yağı eklenmiş olan bal kabağı suyu 40, 45 ve 50 °C’lerde sürekli sistem ile termosonikasyona maruz bırakılmıştır. *Escherichia coli* K-12 inokule edilmiş olan örnekler 4 döngü boyunca işlem görmüştür. FDA’in hedef mikroorganizma sayısında 5 log indirim sağlama kriterini ilk yakalayan işlem 50 °C’de ve 3. döngü sonunda elde edilmiştir. Bu sayede daha önce gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada 60 °C’de elde edilmiş olan pastörizasyon başarısı, turunç kabuğu yağı eklenmesi ile 10 °C düşürülebilmiş ve böylece işlem ekonomisi sağlanmıştır.

Pastörize edilmiş olan gıda ürünlerinin mikrobiyel kalite konusunda stabilitesinin sağlanması da en az pastörizasyonun başarısı kadar önemlidir. Buradan yola çıkarak, çalışmanın sonraki aşamasında belirlenen koşullarda (50 °C’de 3 döngü işlem görme, 1 µL/mL oranında turunç kabuğu esansiyel yağı eklenme) üretilmiş olan örneklerin depolaması gerçekleştirilmiştir. Buzdolabında gerçekleştirilen depolama esnasında örneklerin mikrobiyel, fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri takip edilmiştir. Depolamanın 12. gününe kadar toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının işlem görmemiş olan turunç kabuğu yağlı örneklerde, termosonikasyona uğratılmış olan örneklerden daha yüksek seyrettiği görülmüştür. Bunun yanında, termosonikasyon görmüş olan örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri içeriği 10<sup>2</sup> kob/mL seviyesini geçmemiştir. Depolama boyunca takip edilen toplam küf ve maya sayısına bakıldığında ise tek başına turunç kabuğu yağının küf ve mayaların çoğalmasını engel

olamadığı, fakat termosonikasyon işleminin küf ve maya sayısını kontrol etmeyi başardığı söylenebilir.

Tüketici tercihinde büyük rol oynayan renk faktörü depolama esnasında hem termosonikasyon görmüş hem de görmemiş örneklerde özellikle parlaklık olarak olumlu şekilde artarak seyretmiştir. Ürünün orijinal renginden uzaklaşma derecesi olarak tanımlanabilen toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerinde ise genel olarak termosonikasyon görmüş örneklerin daha düşük  $\Delta E$  değerine sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanında, 12. güne kadar stabil kalan örneklerin  $\Delta E$  değerleri 16. günde belirgin şekilde artmıştır.

Termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan örneklerin depolaması sırasında benzer pH değerlerine sahip oldukları ve depolamanın sonunda yaklaşık 4,3 seviyesinde pH değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Örneklerin toplam titrasyon asitliği değerleri 4. günde oldukça artmış fakat sonrasında düşüşe geçmiş ve %0,81 seviyesinde depolamayı sonlandırmıştır. Suda çözünen toplam katı madde (SÇTKM) bakımından ise yine 4. günde artış gözlemlenmiş, fakat sonrasında işlem görmemiş örneklerin depolama sonuna kadar bir miktar daha arttığı görülmüştür.

Yine tüketici açısından meyve ve sebze sularının tüketilmesinde önemli rol oynayan biyoaktif madde içeriği de depolama sırasında takip edilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği bakımından termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan örnekler birbirine çok yakın seyretmiş ve 16 gün boyunca sürekli artış göstermişlerdir. Depolamanın 4. ve 12. günleri arasında stabilitesini koruyan termosonikasyon görmüş olan örneklerin toplam flavonoid madde değeri 16. günde oldukça yükselmiş olup, işlem görmemiş olan örneklerde ise nispeten düşük seyretmiştir. Antioksidan kapasitenin (FRAP yöntemi ile) ölçümünde, her iki tür örneğin 8. günde oldukça düştüğü ve 0,5  $\mu\text{mol}$  troloks/mL'den düşük seviyede depolamayı tamamladıkları görülmüştür. DPPH radikalinin inhibe edilmesi yoluyla ölçülen antioksidan kapasitesine bakıldığında ise depolamanın genelinde başlangıç seviyesine göre düşüş yaşandığı görülmüştür. Depolamanın son gününde ise termosonikasyon görmüş örneklerin antioksidan kapasitesi (%DPPH inhibisyonu ile) işlem görmemiş olan örneklerden daha düşüktür. Genel olarak termosonikasyon işleminin, turunç yağı içeren bal kabağı suyu örneklerinde toplam fenolik ve flavonoid madde bakımından olumlu seyrettiği fakat

antioksidan kapasite bakımından işlem görmemiş örnekler göre fark yaratamadığı söylenebilir.

Depolama çalışmasını takiben, turunç yağı içeren, termosonikasyon görmüş ve görmemiş olan örneklerin duyu özellikleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, koku, aroma, lezzet, tatlılık ve genel beğeni kriterleri bakımından termosonikasyon görmüş olan örnekler, işlem görmemiş olan örneklerden daha yüksek puan almıştır.

Bu çalışmada; sürekli sistem termosonikasyon işleminin bal kabağı suyunun pastörizasyonunda başarılı bir şekilde kullanılabilmesi ve turunç kabuğu esansiyel yağı eklenmesi ile birlikte termosonikasyon sıcaklığında 10 °C düşüş sağlanabileceği görülmüştür. Bunun yanında, düşük pH, doğal antimikrobiyel madde eklenmesi, ılımlı ısı işlem ve ısı olmayan işlem (termosonikasyon) kombinasyonu ile engel teknolojisinin bal kabağı suyunun pastörizasyonu ve raf ömrü kazandırılması konusunda başarı ile kullanılabilmesi ortaya konulmuştur. Sonraki çalışmaların, antimikrobiyel etkisi ispatlanan farklı esansiyel yağların kullanımı, farklı konsantrasyonlarda esansiyel yağ ekleme, pastörizasyon için farklı yenilikçi işlem teknolojilerinin kullanımı ya da enzimatik reaksiyonların inhibisyonu gibi yönlerde ilerletilebileceği düşünülmektedir.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda ise, ülkemizde yüksek miktarda ve farklı birçok çeşitte üretildiği halde meyve/sebze suyu formülasyonlarında yer alma konusunda yeterli kapasiteye ulaşamamış olan bal kabağı suyunun üretimi için potansiyel üreticilere yenilikçi teknolojiler, doğal antimikrobiyel kullanımı ve raf ömrü belirlenmesi hakkında oldukça önemli sonuçlar sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S., Zeng, X., Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(3), 984–990, 2014.
- Acu, M., Yerlikaya, O., ve Kınık, Ö., Gıdalarda ısıtılmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri, Bursa Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü, 2014.
- Agcam, E., Polat, S., Akyıldız, A., ve Fenercioglu, H., Portakal suyundaki pektin metil esterazın termosonikasyon ve ısıtılmayan pastörizasyon işlem koşullarında inaktivasyon kinetiği, *Araştırma Makalesi*, Adana, Çukurova Üniversitesi, 2015.
- Amanda, R., Teodoro, R., Lourenço, E., Vilela, S., Botrel, D. A., Marques, G. R., Fernandes, D. B., Effects of ultrasonication on the characteristics of emulsions and microparticles containing Indian clove essential oil, *Drying Technology*, 37(9), 1162–1172, 2019.
- Anonim, 2021a, Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Turun%C3%A7> Erişim Tarihi: 10.07.2021.
- Anonim, 2021b, Ersu meyve ve gıda sanayi A.Ş 01 ocak 2020 – 30 haziran 2020 yönetim kurulu, Ersu meyve ve gıda sanayi A.Ş, 2020.
- Anonim, 2021c, Sebze ve Meyve Suyu Üretiminde Rengi, Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/5647433-Sebze-sulari-da-konsistenz-ve-yapilarina-gore-meyve-sularinda-oldugu-gibi-sebze-eti-iceren-sebze-nektarlari-ve-dogal-bulanik-veya-berrak-yani-filtre.html> Erişim Tarihi: 14.07.2021.
- Anonim, 2021d, Esansiyel Yağlar Tarihçesi, Erişim adresi: <https://blog.justinbeauty.net/esansiyel-yag-nedir-ne-ise-yarar-aromaterapi-ve-esansiyel-yaglar-ile-dogadan-guc-aliyoruz/> Erişim Tarihi: 14.07.2021.
- Aronson, J., *Meyler's Side Effects of Drugs (Sixteenth Edition)*, The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions, Pages 265-279, 2016.

- Aydın, Ş., Ultrasonikasyon ve gül suyu bileşimiyle çeşitli meyve sularında belirli besin patojenlerinin eliminasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Bolu, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2013.
- Aygören, E., Turunçgiller ürün raporu, Ankara, Tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü, 2020.
- Azhdarzadeh, F., ve Hojjati, M., Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (*Citrus aurantium*) essential oil, Nutrition and Food Sciences Research, 3(1), 43–50, 2016.
- Bakan, A., Meyve sularında raf ömrü süresince antioksidan aktivite ve kalite değişimi, Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 19-23, 2012.
- Bampouli, A., Kyriakopoulou, K., Papaefstathiou, G., Louli, V., Krokida, M., ve Magoulas, K., Comparison of different extraction methods of *Pistacia lentiscus* var. chia leaves: Yield, antioxidant activity and essential oil chemical composition. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 1(3), 81–91, 2014.
- Başlar, M., Ultrases, Fotosonikasyon ve Vurgulu Elektriksel Alan İşlemlerinin Elma Suyunun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Doktora Tezi, Erzurum, 113, 2011.
- Bayaz, M., Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri, Akademik Gıda, 12(3), 45–53, 2014.
- Bocco, A., Cuvelier, M. E., Richard, H., ve Berset, C., Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(6), 2123-2129, 1998.
- Bosnalı, S., ve Özdestan Ocak, Ö., Gıda sanayiinde kullanılan uçucu yağların mikroenkapsülasyon uygulamaları, Pamukkale Üniversitesi, Derleme, Denizli, 2, 2018.
- Boudries, H., Loupassaki, S., Ladjal Ettoumi, Y., Souagui, S., Bachir Bey, M., Nabet, N., Chibane, M., Chemical profile, antimicrobial and antioxidant activities of *Citrus reticulata* and *Citrus clementina* (L.) essential oils, International Food Research Journal, 24(4), 1782–1792, 2017.

- Bourgou, S., Rahali, F. Z., Ourghemmi, I., ve Tounsi, M. S., Changes of peel essential oil composition of four Tunisian citrus during fruit maturation, *The Scientific World Journal*, 2012.
- Burt, S., Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review, 94, 223–253, 2004.
- Cao, X., Cai, C., Wang, Y., ve Zheng, X., the inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 169-178, 2018.
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, Á., Tóth-Markus, M., ve Lechner, N., Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7(1–2), 49–54, 2006.
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., ve Mazza, G., Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils, *International Journal of Food Microbiology*, 74, 101-109, 2002.
- Demir, H., ve Kılınç, A., Effect of Thermosonication on the bioactive components and antioxidant capacity of pumpkin juice, *Gıda / the Journal of Food*, 43, 787–799, 2018.
- Demir, H., ve Oral, M. O., Nonthermal pasteurization of onion juice by continuous UV-C reactor, *Journal of Food Safety*, 38(6), 1–9, 2018.
- Demirdöven, A., ve Baysal, T., The use of ultrasound and combined technologies in food preservation, *Food Reviews International*, 25(1), 1–11, 2009.
- Dinçer, C., Ultrases pastörizasyon ve membran konsantrasyon yöntemlerinin karadut (*Morus nigra* L.) suyu konsantresi üretiminde uygulanabilirliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Antalya, Akdeniz Üniversitesi, 2014.
- Dobre, A. A., Gagi, V., ve Petru, N., Antimicrobial activity of essential oils against food-borne bacteria evaluated by two preliminary methods, *Romanian Biotechnological Letters*, 16(6), 119–125, 2011.
- Doyuran, S., ve Gültekin, M., Türkiye’de meyve suyu sektörü, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, Aralık, 35-39, 2002.

- Ersus, S., ve Cam, M., Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *Citrus aurantium* fruits, *Chemistry of Natural Compounds*, 43(5), 607–609, 2007.
- Espinosa-andrews, H., Optimization of ultrasonication curcumin-hydroxylated lecithin nanoemulsions using response surface methodology, *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 549–556, 2020.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., ve Nemati, A., Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2), 862–875, 2020.
- Feng, M., Ghafoor, K., Seo, B., Yang, K., ve Park, J., Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon®-coil on microbial populations and physico-chemical characteristics of watermelon juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19(March), 133–139, 2013.
- Frassinetti, S., Caltavuturo, L., Cini, M., Croce Della, C. M., ve Maserti, B. E., Antibacterial and antioxidant activity of essential oils from *Citrus* spp. *Journal of Essential Oil Research*, 23(1), 27–31, 2011.
- Gutierrez, J., Barry Ryan, C., ve Bourke, P., The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients, *International Journal of Food Microbiology*, 124(1) 91-97, 2008.
- Güzel, M., ve Akpınar, Ö., Turunçgil Kabuklarının Biyoaktif Bileşenleri ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 153–167, 2017.
- Gwanama, C., Labuschagne, M., ve Botha, A., Analysis of genetic variation in *Cucurbita moschata* by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers, *Euphytica* 113, 19–24, 2000.
- Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Sebei, H., Composition of peel essential oils from four selected Tunisian *Citrus species*: Evidence for the genotypic influence, *Food Chemistry*, 123(4), 1098–1104, 2010.

- Hyltdgaard, M., Mygind, T., ve Louise Meyer, R., Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components, Interdisciplinary Nanoscience Center, Aarhus University, Aarhus C, Denmark, 2012.
- İlgöy Gözükar, Ö., Bal kabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve bal kabağı tozunun kek üretiminde kullanımı,. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 19, 2013.
- İnan, N., Yıldız, M., Sensoy, S., Kafkas, S., ve Abak, K., Efficacy of Issr and srup Techniques for molecular characterization of some Cucurbita, genotypes including naked (Hull-Less) seed pumpkin, The Journal of Animal ve Plant Sciences, 22, 126-136, 2012.
- İncili, G. K., Çalıcıoğlu, M., ve Dikici, A., Gıda Muhafazasında Esansiyel Yağlar, Türkiye Klinikleri J Food Hyg Technol-Special Topics, 3(2): 121-4, 2017.
- Jabbar, S., Abid, M., Wu, T., Hashim, M. M., Saeeduddin, M., Hu, B., Zeng, X., Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds and antioxidants from carrot pomace: A response surface approach, Journal of Food Processing and Preservation, 39(6), 1878–1888, 2015.
- Jabri Karoui, I., ve Marzouk, B., Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities, BioMed Research International, 2013.
- Jiménez-sánchez, C., Lozano-sánchez, J., Segura-carretero, A., ve Fernández-gutiérrez, A., Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing, Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices, 8398(February), 2017.
- Karaağaç, O., Karadeniz Bölgesinden Toplanan Kestane Kabağı (*C. maxima* Duchesne) ve Bal Kabağı (*C. moschata* Duchesne) Genotiplerinin Karpuz Anaçlı Potansiyellerinin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Doktora Tezi, Samsun, 2013.

- Karagöz, Ş., ve Demirdöven, A., Termosonikasyon ve geleneksel ısıtma uygulamalarının havuç suyuna etkileri: pektin metilesteraz inaktivasyonu ve fizikokimyasal özellikleri, Araştırma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 2016.
- Kaya, D., Bal kabağı suyu üretim teknolojisinin geliştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.
- Kaya, Z., Yıldız, S., ve Ünlütürk, S., Effect of UV-C irradiation and heat treatment on the shelf life stability of a lemon-melon juice blend: Multivariate statistical approach, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 29, 230–239, 2015.
- Kelley, W., ve Langston, D., Commercial Production and Management of Pumpkins and Gourds, The University of Georgia, 4, 2017.
- Khandpur, P., ve Gogate, P. R., Evaluation of ultrasound-based sterilization approaches in terms of shelflife and quality parameters of fruit and vegetable juices, Ultrasonics Sonochemistry, 29, 337-353, 2016.
- Kılınç, A., Bal kabağı suyunun pastörizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, 2018.
- Kuropka, G., Neugebauer, M., ve Glombitza, K. W., Essential oils of *Achillea ptarmica*, Planta Medica, 57, 492-494, 1991.
- Kurt, N., ve Tatlı Çankaya, İ., Aromaterapi Uygulamaları ve Uçucu Yağlar, Lokman Hekim Dergisi, 11 (2): 230-241, 2021.
- Lagha-benamrouche, S., ve Madani, K., Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves, Industrial Crops ve Products, 50, 723–730, 2013.
- Li, P., ve Chiang, B., Process optimization and stability of D-limonene-in-water nanoemulsions prepared by ultrasonic emulsification using response surface methodology, Ultrasonics Sonochemistry, 19(1), 192–197, 2012.
- Martini, S., Sonocrystallization of Fats, SpringerBriefs in Food. Health, and Nutrition, 2013.

- Millan-Sango, D., McElhatton, A., ve Valdramidis, V. P., Determination of the efficacy of ultrasound in combination with essential oil of oregano for the decontamination of *Escherichia coli* on inoculated lettuce leaves, *Food Research International*, 67, 145–154, 2015.
- Mortazavi, N., ve Aliakbarlu, J., Antibacterial Effects of Ultrasound, Cinnamon Essential Oil, and Their Combination Against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* in Milk, *Journal of Food Science*, 84(12), 3700–3706, 2019.
- Novak, J., Draxler, L., Gohler, I., ve Franz, C. M., Essential oil composition of *Vitex agnus-castus* - comparison of accessions and different plant organs, *Flavor and Fragrance Journal*, 20, 186-192, 2005.
- Olawore, N. O., Ogunwande, I. A., Ekundayo, O., ve Adeleke, K. A., Chemical composition of the leaf and fruit essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack, (Syn. *Murraya exotica* Linn.), *Flavor and Fragrance Journal*, 20, 54-56, 2005.
- Özcan, M. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Uslu, N., Babiker, E. E., Mohamed Ahmed, I. A., ve Almusallam, I. A., Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders, *Journal of Food Science and Technology*, 58(January), 147–158, 2021.
- Özkan Karabacak, A., Gıda bileşenleri üzerine ısı olmayan işleme yöntemlerinin etkileri, Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 5-17, 2015.
- Özpolat, E., Limon (*Citrus limon*) ve acı portakal (*Citrus aurantium*) uçucu yağlarının  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri, Fırat Üniversitesi, Araştırma, Elazığ, 2019.
- Piyasena, P., Mohreb, E., ve McKellar, R. C., Inactivation of microbes using ultrasound: a review, *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216, 2003.

- Magdeleine, Maurice Mahieu, Harry Archimède, Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir.) Seeds as an Anthelmintic Agent. Editörler: V. R. Preedy, R. R. Watson, ve V. B. Pa, Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, s. 933-939, 2011.
- Rodríguez, H., Curiel, J. A., Landete, J. M., Las Rivas, B. D., De Felipe, F. L., ve Gómez Cordovés, G., Food phenolics and lactic acid bacteria, *International Journal of Food Microbiology*, 132, 79–90, 2009.
- Samani, S. S., ve Fathi, M., Evaluation of *Zataria multiflora* Boiss and *Carum copticum* L, Essential oil based nanoemulsions in inhibition of *Byssochlamys fulva* growth in apple juice, 21, 357–368, 2019.
- Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R., Guerrouj, K., ve Marín-Iniesta, F., Survival of *Saccharomyces cerevisiae* in refrigerated fresh orange juice treated with cinnamon leaf essential oil and thermo-sonication, *Refrigeration Science and Technology*, 4597–4601, 2015.
- Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R., López-Molina, D., ve Marín-Iniesta, F., Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in culture broth and natural orange juice, *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4623–4633, 2018.
- Sezen, S., Özer, S., ve Çınar, F., Turunç (*Citrus aurantium*, L .) yaprak ve meyve kabuğu uçucu yağlarının kimyasal bileşenleri, antioksidan ve antibakteriyel etkinlikleri, *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 4(May), 58–73, 2021.
- Shah, B. B., ve Mehta, A. A., In vitro evaluation of antioxidant activity of D–limonene, *Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4(6), 883–887, 2018.
- Shanmugam, A., ve Ashokkumar, M., Characterization of ultrasonically prepared flaxseed oil enriched beverage/carrot juice emulsions and process-induced changes to the functional properties of carrot juice, *Food and Bioprocess Technology*, 8(6), 1258–1266, 2015.
- Singh, R. P., Scientific principles of shelf life evaluation, Editörler: C. M. D. Man ve A. A. Jones, *Shelf Life Evaluation of Foods* (pp. 3–26), 1994.

- Şahin Ercan, S., ve Soysal, Ç., Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, *Gıda Dergisi*, 36 (4), 225 - 232, 2011.
- Tanhaş, E., Martin, E., Nedime, E., ve Tuncay, K., Effect of aqueous extract , hydrosol, and essential oil forms of some endemic *Origanum L . (Lamiaceae)* taxa on polyphenol oxidase activity in fresh-cut mushroom samples, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, 1–8, 2020.
- Terzi Gülel, G., Ultrasonik Uygulamalar Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ders Notu, 2021
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M. D. R., ve Ponce, A., Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice, *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), 1–8, 2017.
- Topuz, A., ve Dinçer, C., Meyve suyu işlemede ultrasenes kullanımı, *Gıda*, 43(4), 569-581, 2018.
- Turgut, D., Tokgöz, H., Gölükcü, M., ve Bayır Yeğın, A., Geleneksel turunçgil kabuk reçellerinin fiziko-kimyasal ve antioksidan özellikleri, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Araştırma*, Antalya, 2021.
- Turhan, D., Bazı esansiyel yağların *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* üzerine antimikrobiyal etkisinin araştırılması, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 35-37, 2015.
- Tüfekci, H., ve Fenercioğlu, H., Piyasada satılan bazı meyve sularının özelliklerinin gıda mevzuatına uygunluğunun araştırılması, *Akademik Gıda*, 8 (2), 11-17, 2010.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., ve Amir, R., Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23), 9559–9570, 2007.
- Uysal Pala, Ç., ve Kirca Toklucu, A., Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 790–795, 2011.

- Unluturk, S., ve Atilgan, M. R., UV-C irradiation of freshly squeezed grape juice and modeling inactivation kinetics, *Journal of Food Process Engineering*, 37(4), 438–449, 2014.
- Unluturk, S., Atilgan, M. R., Handan Baysal, A., ve Tari, C., Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP), *Journal of Food Engineering*, 85(4), 561–568, 2008.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., ve Bates, D., Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 161–169, 2008.
- Yonak, S., Sebze suyu üretiminde optimizasyon, Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 2009.
- Zia, S., Khan, M. R., Zeng, X. A., Sehrish, R. M., Shabbir, M. A., ve Aadil, R. M., Combined effect of microwave and ultrasonication treatments on the quality and stability of sugarcane juice during cold storage, *International Journal of Food Science and Technology*, 2563–2569, 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : Seçil TAŞKOPARAN  
**2. Doğum Tarihi** :  
**3. Ünvanı** : Gıda Mühendisi  
**4. Öğrenim Durumu** : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Okul/Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Gıda Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2017





OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

FORM  
YL11

OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 27/06/2022

Tez Başlığı / Konusu: BAL KABAĞI SUYUNUN SÜREKLİ SİSTEM TERMOSONİKASYON İLE PASTÖRİZASYONU

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract, c) Giriş, d) Ana bölümler ve e) Sonuç, f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 63 sayfalık kısmına ilişkin, 27/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14 'tür.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dahil,
- 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar hariç,
- 4- 5 Kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Seçil TAŞKOPARAN

Öğrenci No:

Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği

Programı: Gıda Mühendisliği

Statüsü:  Y.Lisans  Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Doc.Dr. Hande DEMİR

RAPORU DÜZENLEYEN

Arş.Gör.Esra Zeynep ŞENSOY