



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve BÜLBÜL

**OSMANİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI
BİTKİLERİN UÇUCU YAĞLARINDAN
YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİLMESİ VE
FİMLERİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2022

**T.C
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**OSMANİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI
BİTKİLERİN UÇUCU YAĞLARINDAN YENİLEBİLİR
FİLM ÜRETİLMESİ VE FİMLERİN BAZI FİZİKSEL
VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Merve BÜLBÜL

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**OSMANİYE
HAZİRAN-2022**

TEZ ONAYI

OSMANİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI BİTKİLERİN UÇUCU YAĞLARINDAN YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİLMESİ VE FİMLERİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Merve BÜLBÜL tarafından Doç. Dr. Fuat BOZOK ve Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Fuat BOZOK
Biyoloji Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Prof. Dr. Hüsniye SAĞLIKER
Biyoloji Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Doç. Dr. Bahri Devrim ÖZCAN
Zootečni Anabilim Dalı, ÇÜ

.....

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../2022 tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

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

.....

Bu çalışma OKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: OKÜBAP-2021-PT3-006

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.

Merve BÜLBÜL



ÖZET

OSMANİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI BİTKİLERİN UÇUCU YAĞLARINDAN YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİLMESİ VE FİMLERİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Merve BÜLBÜL

Yüksek Lisans, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fuat BOZOK

İkinci Danışman: Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER

Haziran 2022, 46 sayfa

Bu tez çalışmasında, Osmaniye'den toplanan *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* (ML) ve *Satureja cuneifolia* (SC) bitkilerinden elde edilen uçucu yağların bileşenleri ve antioksidan potansiyelleri belirlenmiş, sonrasında bu aromatik yağlar kitosan bazlı yenilebilir filmlerin yapısına %1, %2 ve %3 oranlarında ilave edilerek, filmlerin nem, kalınlık, suda çözünürlük, renk özellikleri, opaklık, UV-bariyer, fonksiyonel grup içeriği, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve mikroyapı gibi karakteristikleri değerlendirilmiştir. ML uçucu yağ içeriğinde toplamda 14 farklı bileşik belirlenmiş ve bunlarda %64.32 oranıyla nepetalakton ana bileşen olarak tespit edilmiştir. SC uçucu yağında ise toplamda 36 farklı bileşen tespit edilmiş ve bunlardan %28.24 oranıyla karvakrol temel bileşen olarak belirlenmiştir. ML ve SC uçucu yağlarının toplam fenolik bileşik miktarları (mg GAE/g yağ) 2.58 ve 2.55 olarak belirlenmiş, DPPH ve FRAP aktiviteleri (μmol TE/g yağ) ise yine sırasıyla 7.42 ve 12.53, 0.35 ve 6.20 oranlarında tespit edilmiştir. %1 ve %2 oranında esansiyel yağ içeren numunelerde UV bariyer özelliği en yüksek olan filmler ML bitkisinden elde edilenler olurken, aromatik yağ oranı %3'e çıktığında ise SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmler %transmittans açısından en düşük değerlere sahiptir. SC uçucu yağının yenilebilir bir filmde kullanılmasının ML'ye göre daha başarılı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Mentha*, *Satureja*, yenilebilir film, antioksidan, kimyasal özellik

ABSTRACT

PRODUCTION OF EDIBLE FILM FROM THE ESSENTIAL OILS OF SOME PLANTS GROWN IN OSMANIYE AND INVESTIGATION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF FILMS

Merve BÜLBÜL

Master of Student, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fuat BOZOK

Co-Supervisor: Res. Assist. Dr. Özge SÜFER

June 2022, 46 pages

In this thesis, the components and antioxidant potentials of essential oils obtained by microwave extraction from *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* (ML) and *Satureja cuneifolia* (SC) plants collected from Osmaniye were determined. By adding 1, 2, and 3%, the characteristics of the films such as moisture, thickness, water-solubility, color properties, opacity, UV-barrier, functional group content, total phenolic substance, antioxidant activity, and microstructure were evaluated. A total of 14 different compounds were determined in ML essential oil content and nepetalactone was determined as the main component with a rate of 64.32%. A total of 36 different components were detected in SC essential oil, and carvacrol was determined as the main component with a rate of 28.24%. Total phenolic compound amounts (mg GAE/g oil) of ML and SC essential oils were determined as 2.58 and 2.55, while DPPH and FRAP activities ($\mu\text{mol TE/g oil}$) were determined as 7.42 and 12.53, 0.35 and 6.20, respectively. In the samples containing 1% and 2% essential oil, the films with the highest UV barrier properties were those obtained from the ML plant, while the edible films containing SC essential oil had the lowest values in terms of % transmittance when the aromatic oil ratio increased to 3%. It was concluded that the use of SC essential oil in an edible film may be more successful than ML.

Keywords: *Mentha*, *Satureja*, antioxidant, edible film, chemical properties

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde tez konumun seçimi, bitki toplanması, uçucu yağların çıkarılması, film örneklerinin hazırlanması ve laboratuvar çalışmalarında zorlu bir pandemi dönemi olmasına rağmen bu süreci sükûnetle yöneten, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fuat BOZOK’a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin laboratuvar çalışmaları ve hesaplamalar kısmında büyük bir özveri ve sabırla beni yalnız bırakmayan, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen ikinci danışman hocam Sayın Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER’e, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm lisansüstü eğitimim süresince benim için emek sarfeden değerli bölüm hocalarıma, teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince zamanlarından çaldığım kıymetli eşim Doç. Dr. Ahmet BÜLBÜL’e çok değerli çocuklarım Elif Bengü BÜLBÜL ve Ayşe Sena BÜLBÜL’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimi gerçekleştirebilmem için maddi desteği OKÜBAP-2021-PT3-006 proje koduyla sağlayan Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje birimine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3.MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1.Materyal	8
3.1.1 Bitki Materyali	8
3.1.2 Film Materyali.....	9
3.1.3 Kimyasal Malzemeler	9
3.2 Yöntem.....	9
3.2.1 Uçucu Yağların Elde Edilmesi.....	9
3.2.2 Uçucu Yağların GC/MS Analizi	9
3.2.3 Yenilebilir Film Üretimi	9
3.2.4 Uçucu Yağların ve Yenilebilir Filmlerin Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	10
3.2.4.1 Toplam Fenolik Bileşen (TFB) Tayini.....	10
3.2.4.2 Antioksidan Aktivite Tayini (DPPH Yöntemi).....	10
3.2.5 Yenilebilir Filmlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	11
3.2.5.1 Kalınlık Ölçümü.....	11
3.2.5.2 Nem İçeriği ve Suda Çözünürlük.....	11
3.2.5.3 Renk Özellikleri ve Opaklık	12
3.2.5.6 Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ile fonksiyonel grupların tespiti.....	13
3.2.5.7 Mikroyapı Analizi	13

3.2.5.8 İstatistiksel Analiz.....	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	14
4.1 Uçucu Yağların Bileşenleri	14
4.2 Uçucu Yağların Biyoaktiviteleri	16
4.3 Filmlerin Fiziksel Karakteristikleri	17
4.4. Filmlerin Renk Özellikleri	19
4.5 Filmlerin Beyazlık İndeksleri, Sarılık İndeksleri ve Opaklıkları	21
4.6 UV Işığını Engelleme Yeteneği	22
4.7 Filmlerin FTIR ile Moleküler Karakterizasyonu	24
4.8 Filmlerin Biyoaktiviteleri.....	27
4.9 Filmlerin Morfolojisi.....	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	33
EKLER.....	41
ÖZGEÇMİŞ	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 <i>Mentha longifolia</i> subsp. <i>Typhoides</i> var. <i>Typhoides</i> esansiyel yağının uçucu bileşen içeriği.....	14
Çizelge 4.2 <i>Satureja cuneifolia</i> esansiyel yağının uçucu bileşen içeriği.....	15
Çizelge 4.3 Esansiyel yağların toplam polifenol ve antioksidan madde miktarları...	16
Çizelge 4.4 Filmlerin kalınlık, nem ve suda çözünürlük değerleri	18
Çizelge 4.5 Filmlerin açıklık, kırmızılık-yeşillik, sarılık-mavilik değerleri ile toplam renk değişimleri.....	19
Çizelge 4.6 Filmlerin bazı renk indeksleri ve opaklıkları.....	21
Çizelge 4.7 Esansiyel yağ içeren film örneklerinin toplam polifenol ve antioksidan madde miktarları.....	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 <i>Menta longifolia</i>	8
Şekil 3.2 <i>Satureja cuneifolia</i>	8
Şekil 4.1 Farklı oranlarda ML uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin UV-görünür ışığındaki yüzde transmittansları.....	23
Şekil 4.2 Farklı oranlarda SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin UV-görünür ışığındaki yüzde transmittansları.....	23
Şekil 4.3 ML uçucu yağını içeren filmlerin FTIR spektrumları.....	25
Şekil 4.4 SC uçucu yağını içeren filmlerin FTIR spektrumları.....	26
Şekil 4.5 Değişen oranlarda (%0, %1, %2, %3) ML uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin mikroskopik analiz sonuçları.....	30
Şekil 4.6 Değişen oranlarda (%0, %1, %2, %3) SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin mikroskopik analiz sonuçları.....	30

SİMGELER VE KISALTMALAR

AA.....	Antioksidan aktivite
a*	Kırmızılık-yeşillik
AZ.....	Alıkonma zamanı
b*	Sarılık-mavilik
BI	Beyazlık indeksi
C	Renk parlaklığı (Kroma)
DPPH.....	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
FRAP.....	Ferrik iyon indirgeyici antioksidan gücü
FITR.....	Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi
GAE.....	Gallik asit eşdeğeri
L*	Açıklık
ML	<i>Mentha longifolia</i>
SC.....	<i>Satureja cuneifolia</i>
SI	Sarılık indeksi
TE	Troloks eşdeğeri
TFB.....	Toplam fenolik bileşen
TFM	Toplam fenolik madde
TS	Gerilme kuvveti
ΔE	Toplam renk değişimi

1. GİRİŞ

Son yıllarda, yenilebilir filmlere artan ilgi, esas olarak sentetik plastik malzemelerin yok olması sürecindeki endişeler nedeniyle gelişmiştir. Plastiklerin doğada yok olması uzun zaman alır ve bu zor çözünen atık maddeler doğaya karışırken çevreye zarar veren atıklardandır. Aksine, yenilebilir ürünlerden elde edilen yenilebilir filmler, atıldıktan sonra kolayca bozulmakla kalmaz, aynı zamanda gıda raf ömrünü uzatabilir, böylece gıda kalitesini iyileştirebilir (Xu vd., 2005). Kitosan, çok yönlü ve gelecek vadeden bir biyomateryaldir. Kitin türevi olan kitosan, son yıllarda ilgi gören kullanışlı bir biyoaktif polimerdir. Yenilebilir polimer olan kitosan, biyo-çözünürlük, biyolojik uyumluluk, toksik olmama ve adsorpsiyon gibi önemli özelliklere sahiptir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı kitosan, gıda endüstrisinde de kullanılmaktadır (Dutta vd., 2004). Kitosan filmin; yarı geçirgen, sert, esnek ve kolay yırtılmayan dayanıklı bir materyal olması nedeni ile gıdaların raf ömrünü uzatmak amaçlı üretilen ticari polimerlerin yerini almaya adaydır (Butler vd., 1996) Sonuç olarak, biyolojik atık ürün kitosan ambalaj uygulamalarında koruyucu film olarak kullanılabilir (Kittur vd., 1998).

Çok eski zamanlardan beri hastalıkların iyileştirilmesi ve önlenmesi için kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler aroma verici ve tatlandırıcı olarak da yemeklerde sıklıkla kullanılmaktadır (Serencam vd., 2018). Özellikle gıda sanayiinde ham madde olarak yer alan tıbbi ve aromatik bitkiler zengin uçucu yağ içeriklerine sahiptirler. Tüm dünya genelinde şimdiye kadar toplamda 425 bin bitki taksonundan yaklaşık 70 bini tıbbi ve aromatik bitki olarak tanımlanırken, bunlardan da yaklaşık 20 bini kullanılmaktadır. Türkiye’de ise yaklaşık 12 bin bitki taksonundan 1.7 bin tanesi tıbbi ve aromatik bitki kategorisindedir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin dünya üzerinde tüketim miktarları, kullanım alanları ve ekonomik önemleri gün geçtikçe artmakta ve farklı bileşenler içeren ve hoş kokulara sahip aromatik bitkiler kozmetik sanayiinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ağrı kesici, kas gevşetici, yara iyileştirici vb. özelliklerinden dolayı ilaç sanayiinde de yer almaktadır (Serencam vd. 2018).

Gıdaların düşük sıcaklıklarda saklanması genel olarak kullanılan bir saklama şeklidir. Uçucu yağların antimikrobiyal özellikleri de gıdaların uzun süre saklanması konusundaki alternatif çözüm arayışları kitosandan üretilen yenilebilir filmlere eklenerek gıdaların kaplanması gıda raf ömrünü uzatacağı düşünülerek bu konu üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yengeç, karides, istakoz vb. deniz canlılarının kabuklarından ve bazı mantarların hücre duvarlarında bulunan kitinin deasetilasyonu sayesinde elde edilen kitosan, doğal ve çevre dostu olan bir polimer olup, antimikrobiyal aktivitesinden dolayı gıdalarda kaplama materyali olarak kullanılması önerilmektedir (No vd., 2007).

Kitosan temelli yenilebilir filmlerin araştırılmasında tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağlar eklenerek antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılması amaçlanan çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Esansiyel yağlar, bileşenleri farklı birçok maddeden oluştuğundan, biyolojik etkileri de farklılıklar göstermektedir. Değişik etken maddeler içeren uçucu yağlar, mikrobiyal suşlar üzerine etki dereceleri farklı özellikler göstermektedir (Küçükkaya vd., 2018). Kekik uçucu yağı güçlü antimikrobiyal etkiye sahiptir ve uçucu yağlar arasında en çok gıda kaplama materyalleri ile birlikte kullanılan uçucu yağlardan bir tanesidir.

Polimerik bir şeker türevi olan kitosan, bir film matrisi ve bir antimikrobiyal olarak ikili bir rol oynayabilir. Bir filmin oluşumu için, polimer bazen kimyasal olarak çapraz bağlanır ve kitosan moleküllerinin hareketliliğini azaltır bu nedenle potansiyel olarak mikroorganizmaların yüzeyi ile etkileşimlerini sınırlar. Kitosan bazlı filmler, bağlayıcıların mevcudiyetinde kovalent olarak bağlı kitosan ve kitosan içeren filmlerin antimikrobiyal olduğu ortaya koyar. Kitosan potansiyel olarak yenilebilir bir üründür (Joerger, 2007).

Bu çalışmanın amaçları şu şekilde sıralanabilir; I. Osmaniye’de yayılış gösteren *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* ve *Satureja cuneifolia* aromatik bitkilerinden elde edilen uçucu yağları kullanılarak yenilebilir film üretilmesi, II. Üretilen yenilebilir filmlerin fiziksel özelliklerinin açığa çıkarılması ve III. Farklı teknikler kullanılarak (Toplam fenolik bileşik, DPPH ve FRAP) antioksidan aktivitelerinin belirlenmesidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kienzle-Sterzer vd., (1982) yaptıkları çalışmada, kitosanın, saf suda veya organik çözücülerde çözünmediği, ancak belirli koşullar altında organik veya mineral asitlerin sulu çözeltilerinde çözünür olduğunu belirtmişlerdir. Hidrasyon üzerine artan viskozite gibi benzersiz özellikleri nedeniyle, kitosan bazlı malzemeler yenilebilir ve bozunabilir filmler veya kaplamalar olarak kullanılabildiği, yüksek nem geçirgenliği ve mekanik problemlerinden dolayı kitosan filmlerin kullanımları sınırlandırıldığını ve bununla birlikte, kitosan filmlerinin özellikleri, pH veya çözücü değiştirilerek bariyer ve mekanik özellikleri iyileştirmek için değiştirilebilir olduğunu belirlemişlerdir.

Kim vd., (2006) tarafından yapılan çalışmada, kitosanın, doğada en bol bulunan ikinci polisakkarit olan kitinin alkali N-deasetilasyonu ile elde edildiğini ,ayrıca başta kabuklu deniz ürünleri endüstrisinden kaynaklanan atıklar olmak üzere, bol miktarda yenilenebilir kaynaklardan ticari olarak temin edilebilir olduğunu ve kitosanın gıda uygulamalarında kullanımı, biyoyumluluğu, toksik olmaması nedeniyle özellikle umut verici olduğundan dolayı, yenilebilir ve bozunabilir filmler, sentetik ambalaj filmlerin yerini alabileceği belirtilmiştir.

Gómez-Estaca vd., (2009) yaptıkları çalışmada, karanfil yağı kullanılarak kitosan temelli film üretilmiş ve üretilen bu film çiğ dilimlenmiş somon balığının korunması için kullanılmış ve *Lactobacillus acidophilus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Listeria innocua* ve *Escherichia coli* üzerine antibakteriyel özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonunda, 11 günlük depolamadan sonra toplam bakteri büyümesinde bir azalma görülmüş ve bu nedenle üretilen filmlerin balık ürünlerine uygulanan aktif bir ambalaj malzemeleri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Sánchez-González vd., (2010) tarafından kitosan filmlerine farklı konsantrasyonlarda *Melaleuca alternifolia* (çay ağacı) esansiyel yağı eklenerek filmler hazırlanmıştır. Esansiyel yağın kitosan matriksine dahil edilmesinin etkisini incelemek için, kuru filmlerin su buharı geçirgenliği, mekanik ve optik özellikleri değerlendirilmiş ve filmlerin SEM görüntüleri alınmış ve ayrıca, kompozit filmlerinin *Listeria*

monocytogenes ve *Penicillium italicum*'a karşı antimikrobiyal etkinliği araştırılmıştır. Araştırma sonunda, elde edilen filmin önemli ölçüde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Can vd., (2012) kitosan ile kaplanan alabalık filetolarının +4°C ortamda tutularak değişimleri incelemişlerdir. Çalışmalarında üç deney grubu oluşturulmuş; 1) kontrol grubu, 2) bir dakika kitosan solüsyonuna daldırılan grup, 3) 30 saniye kitosan solüsyonuna daldırılıp çıkartılan ve iki dakika beklendikten sonra tekrar 30 saniye ikinci daldırmaya tabi tutulan grup. 0., 3., 6., 9. ve 12. günlerde her bir örneğin mikrobiyolojik özellikleri incelenmiş ve araştırma sonunda, kitosan yenilebilir filmleriyle kaplanan gökkuşağı alabalığı filetolarının raf ömrünün uzadığı belirlenmiştir.

Mehdizadeh vd., (2012) tarafından yapılan çalışmada, nişasta-kitosan kompozit filmine dahil edilen %0 ila %2.0 arasında değişen *Thymus kotschyanus* uçucu yağı konsantrasyonları kullanılmıştır. Antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerin, uçucu yağın dahil edilmesiyle önemli ölçüde arttığı, kontrolden önemli ölçüde yüksek olan toplam renk farklılıkları, sarılık indeksi ve beyazlık indeksi arttığı ve şeffaflığın ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte *T. kotschyanus* uçucu yağının doğal bir antibakteriyel ajan olarak dahil edilmesinin, geliştirilen filmi aktif bir ambalaj olarak kullanma potansiyeline sahip olduğuna işaret edilmiştir.

Moradi vd., (2012) antioksidan kitosan bazlı yenilebilir filmler, *Zataria multiflora* esansiyel yağı (5 ve 10 g/L) ve üzüm çekirdeği özütü (10 g/L) ile tek başına ve kombinasyon halinde geliştirilmiştir. Filmlerin fiziko-mekanik, ıslanabilirlik, şişme indeksi, renk, toplam fenol ve antioksidan özellikleri incelenmiştir. Kontrol numunesi olarak herhangi bir ajan içermeyen filmler kullanılmıştır. 10 g/L üzüm çekirdeği özütü × 10 g/L *Z. multiflora* esansiyel yağı filmi hariç tüm filmler daha düşük mukavemet ve uzama değerleri sergilediği ve sadece üzüm çekirdeği özütü filmine 10 g/L *Z. multiflora* esansiyel yağı eklenmesi kitosan filmlerinin su buharı iletim hızını iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, üzüm çekirdeği özütü ve *Z. multiflora* esansiyel yağının kitosan filme dahil edilmesi, yüzeyin ıslanabilirliğini, toplam fenol ve antioksidan aktiviteyi arttırdığı belirlenmiştir.

Ruiz-Navajas vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada, *Thymus moroderi* ve *T. piperella*'dan elde edilen uçucu yağlarla eklenmiş kitosan yenilebilir filmlerini geliştirmek ve bunların güvenliğini (antioksidan ve antibakteriyel özellikler) ve raf ömrünü artırmak için çeşitli analizler yapılmıştır. 21 gün boyunca 4 °C'de saklanan pişmiş kürlenmiş jambon *T.moroderi* ve *T. piperella*'nın kitosan filmlerle kaplanarak, kaplanmış pişmiş jambon örneklerinde kaplanmamış örneklerle karşılaştırılarak, kaplanmış pişmiş jambon örneklerinde kaplanmamış örneklerle karşılaştırılarak aerobik mezofilik bakteri ve laktik asit bakteri sayılarını azalttığı belirlenmiştir. Lipid oksidasyonu ile ilgili olarak, *T. moroderi* veya *T. piperella* ile eklenen kitosan filmlerle kaplanmış pişmiş jambon numuneleri, kaplanmamış kontrol numunelerine göre daha düşük lipid oksidasyon derecelerine sahip olduğu açıkça çıkarılmıştır.

Hromiš vd., (2016) yaptıkları çalışmada, sarımsak, karabiber, kimyon ve tarçın yağlarını kullanarak kitosan tabanlı yenilebilir film elde etmişler ve elde edilen bu filmin fiziksel, kimyasal özelliklerini ve bununla birlikte antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini araştırmışlardır. Araştırma sonunda, test edilen yağları ilave ederek elde edilen kitosan filminin su duyarlılığı, film su içeriği ve şişme kabiliyetinin düşürüldüğü tespit edilmiştir. Yağ içeren kitosan filmlerinin, saf kitosan filmi ile karşılaştırıldığında, oksijen ve havaya karşı çok iyi bariyer özelliklerine sahip olduğu bulunmuş ve bununla birlikte, yağların eklenmesiyle elde edilen kitosan filminin yüksek su buharı geçirgenliğinin de azalmadığı tespit edilmiştir.

Priyadarshi vd., (2018) aktif gıda ambalaj malzemesi olarak (*Prunus armeniaca*) kayısı çekirdeği esansiyel yağı ile birleştirilmiş kitosan filmleri üzerine yaptıkları çalışmada; gıdaların oksidatif bozunması, genel olarak atmosferik oksijenin gıdanın besin bileşenleriyle reaksiyona girerek yapısal bozulmalarına yol açtığını, bu durumun gıda bozulmasının ve beslenme kalitesinin kaybının başlıca nedenleri olduğunu belirtmişlerdir. Esansiyel yağın, ambalaj filmlerine dahil edildiğinde doğal bir antioksidan görevi gördüğü ve bu özellik kitosan filmlerinin antioksidan aktivitesini arttığını gözlemlemişlerdir.

Behbahan vd., (2019) kimyon uçucu yağı kullanılarak yaptıkları çalışmada, kitosan temelli yenilebilir film üretilmiş ve araştırma sonunda, kimyon uçucu yağının

ilavesiyle üretilen yenilebilir filmin doğal antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip olduklarını belirlenmiştir.

Handayasari vd., (2019) yaptıkları çalışmada, sarımsak yağı ve nitrit ilaveli jelatin-kitosan temelli film üretilmiş ve üretilen bu filmlerin mekanik özellikleri, antibakteriyel aktiviteleri araştırılmıştır. Araştırma sonunda, kitosan miktarının artmasıyla elde edilen filmin gerilme mukavemetinin kademli arttığı ancak kopma uzamasını azalttığı, bununla birlikte uçucu yağın ilave edilmesiyle filmlerin antibakteriyel aktivitesinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.

Utami vd., (2019) tarçın kabuğu esansiyel yağının yenilebilir filmin özellikleri ve taze sığır eti kalitesi üzerindeki etkileri, taze sığır eti raf ömrünü uzatma yeteneğini belirlemek için araştırılmıştır. Araştırma sonunda, %2 tarçın kabuğu yağı ile zenginleştirilmiş filmin sığır etinin tazeliğini koruduğunu göstermiştir. Böylelikle, yenilebilir bir kaplamaya tarçın kabuğu yağı ilavesi, mikrobiyal büyümeyi ve lipid oksidasyonunu azaltmada etkili olduğu, %2 tarçın kabuğu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir film, depolama sırasında 15 gün boyunca sığır etinin tazeliğini koruduğu açığa çıkarılmıştır.

Eke vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, Osmaniye’den toplanan *Eucalyptus globulus* ve *Santolina chamaecyparissus* elde edilen esansiyel yağların farklı oranlarda ilave edilerek karboksimetil selüloz bazlı filmler elde edilmiş ve elde edilen bu filmlerin fiziksel, kimyasal ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonunda, uçucu yağ ilaveli filmlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kontrol grubuna göre önemli ölçüde değiştiğini ve antimikrobiyal aktivitelerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Naseri vd., (2020) antibakteriyel, fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek için farklı konsantrasyonlarda *Ferulago angulata* uçucu yağı içeren bir jelatin-kitosan karışımı kullanılarak döküm tekniği ile hazırlanmış ve yapı-özellik ilişkilerini açıklamak için SEM analizi yapılmıştır. *F. angulata* uçucu yağının jelatin-kitosan bazlı filmlere dahil edilmesi sudaki çözünürlüğü iyileştirdiği ancak su buharı geçirgenlik oranını artırdığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte aktif filmlerle

paketlenmiş hindi eti, kontrol örneklerine kıyasla daha düşük mikrobiyolojik indeks değerleri gösterdiği tespit edilmiştir.

Basaglia vd., (2021) yaptıkları çalışmada, tarçın uçucu yağı ilaveli kitosan temelli yenilebilir film üretilmiş ve üretilen bu filmin işlenmiş ananasın 15 gün boyunca fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonunda, kullanılan kaplamalar, minimum düzeyde işlenmiş ananasın korunmasında, kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında, küf ve mayaların büyümesini ve ağırlık ve sertlik kaybını oldukça azalttığı ve mikrobiyal büyümeyi geciktirmek ve ananasın raf ömrünü uzatmak için etkili olduğu açığa çıkarılmıştır.

Tan vd., (2021) tarafından yapılan çalışmada, *Chrysanthemum morifolium* esansiyel yağı (%0 ila %6 (v/v)) içeren %1.5 (w/v) kitosan temelli yenilebilir filmleri petri kabına dökülüp kurutulmasıyla üretilmiştir. Yenilebilir film, fiziksel (renk, kalınlık, su buharı geçirgenliği), mekanik (delinme mukavemeti, gerilme mukavemeti, kopma uzaması) ve kimyasal özellikleri (antioksidan analizi, Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)) açısından değerlendirilmiştir. Araştırma sonunda, kitosan filminde artan *C. morifolium* uçucu yağı konsantrasyonuyla, çekme mukavemeti, delinme kuvveti ve kopma uzaması gibi fiziksel özelliklerin test değerleri önemli ölçüde azaldığı, ancak kitosan filminin kalınlık, su geçirgenliği ve renk profili (L^* , a^* , b^*) değerleri arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, *C. morifolium* uçucu yağı konsantrasyonundaki artışla antioksidan aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir. Kitosan filmindeki *C. morifolium* uçucu yağının %2, %3 ve %4'ü, tavuk ve et ürünlerinde yaygın olarak bulunan bir bozulma bakterisi olan *Staphylococcus aureus*'a karşı 2.67 mm ila 3.82 mm arasında değişen önemli bir inhibisyon bölgesi gösterdiği ve depolama ve pH testleri, filmdeki %4 *C. morifolium*'un pH seviyesini koruduğunu (tüketilmesi güvenli) ve raf ömrünün et depolamada 3 günden 5 güne uzadığı açığa çıkarılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Bitki Materyali

Mentha longifolia subsp. *typhoides* var. *typhoides*, Bahçe, Yukarı Kardere köyü, Mandal deresi mevkii, 37° 13'39" K, 36° 37'58" D, 878 m, 10.07.2021. Gölgede 15 gün boyunca kurutulan bitkilerden (yaklaşık 1 kg) uçucu yağ elde edilmiştir (Şekil 3.1).

Satureja cuneifolia, Düziçi, Baskonuş yaylası, Odunluk mevkii, 37° 21'28" K, 36° 30'47"D, 1681 m, 07.09.2021. Gölgede 15 gün boyunca kurutulan bitkilerden (yaklaşık 1 kg) uçucu yağ elde edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 *Mentha longifolia*



Şekil 3.2 *Satureja cuneifolia*

3.1.2 Film Materyali

Ticari olarak satılan kitosan Sigma-Aldrich (Almanya) kullanılmıştır.

3.1.3 Kimyasal Malzemeler

Sodyum karbonat (Na_2CO_3), gallik asit, sodyum klorür, 2,2- Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), troloks, demir klorür (FeCl_3), sodyum asetat, metanol, tween 80, gliserol Merck'ten (Almanya) temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Uçucu Yağların Elde Edilmesi

Bitki örnekleri toplandıktan sonra aynı gün içerisinde laboratuvara getirilerek gölgede ağırlıkları değişmeyinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitki örnekleri parçalar halinde 1000 ml lik balon içerisine konularak Clevenger aparatıyla (Süfer ve Bozok, 2020), 340 W güçte uçucu yağlar ekstrakte edilmiştir. Elde edilen bitki uçucu yağları buzdolabında -20°C 'de muhafaza edilmiştir.

3.2.2 Uçucu Yağların GC/MS Analizi

Analiz Agilent Marka 7890B GC, 7010B MS sistemi ile belirlenmiştir. Hazırlanan örnekler DB-Wax ($60\text{ m} \times 0.25\text{ mm} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$, W Scientific-Folsom, ABD) kapiler kolonuna $1\text{ }\mu\text{l}$ enjekte edilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250°C , kolon sıcaklığı 40°C 'de başlatılmış dakikada 3°C artırılarak 240°C 'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Elektron enerjisi 70 eV ve kütle aralığı ise 30-600 m/z'dir. Split oranı 1/20'dir.

3.2.3 Yenilebilir Film Üretimi

200 mg kitosan 20 ml asetik asit ilave edilerek çözündürülmüştür, 70°C 'de 1 saat karıştırılmıştır. Çözündürme işlemi sırasında manyetik karıştırıcı (Wisd, MSH-20D,

Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Çözündürme işlemi sonunda 100 µl gliserol ilave edilmiştir. Bu karışım karıştırıcıda 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. İlave edilecek uçucu yağın %0.2'si oranında (v/v), ortama emülsifiye edici ajan olarak tween 80 çözeltisi eklenerek 1 saatlik karıştırma süresinin sonunda uçucu yağlar, çözelti içerisine eklenmiştir. %1 (0.6 ml), %2 (1.2 ml) ,%3 (1.8ml) uçucu yağ sırasıyla 100 µl, 200 µl ve 300 µl tween 80 çözeltisi içerisinde çözündürülmüştür ve karışımlar 20 ml olarak 100×100 mm petri kaplarına dökülmüş ve oda sıcaklığında (25°C±1)'de kurumaya bırakılmıştır.

3.2.4 Uçucu Yağların ve Yenilebilir Filmlerin Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.4.1 Toplam Fenolik Bileşen (TFB) Tayini

Toplam fenolik bileşen (TFB) tayini Li vd.'nin 2015 yılında yaptığı çalışmasından modifiye edilen prosedürde Folin-Ciocalteu yöntemi referans alınmıştır. Gallik asit standart, %80'lik metanol çözeltisi (v/v) ise şahit olarak kullanılmıştır. 0.5 ml özüt, 0.5 mL Folin- Ciocalteu reaktifi ile tepkimeye sokulup, daha sonra üzerine 3 ml %10'luk NaCO₃ çözeltisi ilave edilmiştir. 30 dakika karanlıkta bekleyen karışımın 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1800, Japonya) verdiği absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri/g yağ (film) olarak verilmiştir. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.2 Antioksidan Aktivite Tayini (DPPH Yöntemi)

Antioksidan aktivite tayini (DPPH) 0.1 ml özüte 2 mL 1,1-difenil–2-pikrilhidrazil (DPPH; %100 metanolde 0.025g/l) eklenmiştir. Şahit çözelti olarak %80'lik metanol (v/v) kullanılmıştır. Örneklerin absorbansı karanlıkta 30 dakika bekleme aşamasından sonra spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1800, Japonya) 517 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar trolox eşdeğeri cinsinden g yağ (film) olarak verilecektir (Aghraz vd. 2018'den modifiye edilmiştir). Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5 Yenilebilir Filmlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.5.1 Kalınlık Ölçümü

Filmlerin kalınlığı, filmin 5 farklı noktasından dijital kumpas (AEK Tech, Türkiye) yardımıyla ölçülmüş ve bu değerlerin ortalaması alınarak tayin edilmiştir.

3.2.5.2 Nem İçeriği ve Suda Çözünürlük

Nem tayini için, film örnekleri bir makas yardımı ile manuel olarak küçük parçalara (2×2 cm boyutlarında) ayrılmış ve tartılmıştır. Daha önceden sabit tartıma getirilmiş olan alüminyum petri kaplarına, örnekler koyularak ve kaplar 105°C'de 24 saat etüvde (Binder, ED 115, ABD) bırakılmıştır. Etüvden çıkarılan örneklerin son ağırlıkları hassas terazi (Ohaus, PA214C, İsviçre) yardımıyla belirlenmiştir. Nem analizi 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yüzde nem miktarı aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Nem} = (M_1 - M_2) / M_1 \times 100 \quad (3.1)$$

M_1 : Örneğin ilk ağırlığı (g)

M_2 : Örneğin son ağırlığı (g)

Filmlerin sudaki çözünürlüklerini belirlemek için, kurutulmuş filmler 50 ml saf suya daldırılarak, 25°C'de 24 saat çalkalanmıştır. Çözünmeyen film parçacıkları, daha sonra 105°C'de 24 saat etüvde (Binder, ED 115, ABD) bırakılmıştır. Filmlerin sudaki çözünürlüğü aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir;

$$\% \text{ Suda çözünürlük} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100 \quad (3.2)$$

W_1 : Örneğin ilk ağırlığı (g)

W_2 : Örneğin son ağırlığı (g)

3.2.5.3 Renk Özellikleri ve Opaklık

Renk ölçümleri, Konica-Minolta CR-400 (Japonya) portatif renk cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğin L^* (açıklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri, filmlerin farklı kısımlarından 4'er ayrı okuma yapılarak, ortalama bir değer olarak verilmiştir. Ayrıca filmlerin toplam renk değişimleri (ΔE);

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

formülü ile tayin edilmiştir. “Ref” ile belirtilmiş olan parametreler, esansiyel yağ içermeyen örneğe; diğerleri ise esansiyel yağ içeren numuneye ait olan değerlerdir.

Beyazlık (BI) ve sarılık (SI) indeksleri de sırasıyla eşitlik (4) ve (5) ile ortaya çıkarılmıştır;

$$BI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.4)$$

$$SI = \frac{142.86 \times b^*}{L^*} \quad (3.5)$$

Opaklık için ise, 4.5 cm uzunluğunda ve 1.2 cm genişliğinde kesilen film örnekleri, kuvartz bir küvete konulmuş ve absorbensları 600 nm’de spektrofotometre (Shimadzu, UV 1800, Japonya) yardımıyla ölçülmüştür. Absorbansın, film kalınlığına (mm) bölünmesiyle, opaklık tayin edilmiştir (Noshirvani vd. 2017).

3.2.5.5. UV-VIS Analizi

Kitosan filmlerinin optik geçirgenliği, 250 ile 850 nm arasında değişen dalga boyu bölgesinde ışık geçirgenliği açısından değerlendirilmiştir. Optik ölçümler oda sıcaklığında Shimadzu, UV 1800, (Japonya) spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır. Numunelerin yüzde geçirgenliği (%T) olarak ifade edilmiştir (Sady, vd., 2021).

3.2.5.6 Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ile fonksiyonel grupların tespiti

Film örneklerin FTIR spektrumları, bir ATR örnekleme aksesuarına sahip FTIR spektrometresi (Perkin Elmer 65, Waltham, MA, ABD) kullanılarak, $4000-400\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında elde edilmiştir. Deneylerden önce uçucu yağ ve film örnekleri, oda sıcaklığında ısı dengeye ulaşınca kadar bekletilmiş ve daha sonra, her bir spektrumun eldesi için 16 tarama gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.7 Mikroyapı Analizi

Filmden alınan yüzeysel ve kesitsel mikroyapı parçaları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Zeiss Evo 50, Jena, Almanya) ile analiz edilmiştir. Film numuneleri, bir püskürtme kaplayıcı (EMS-550, Electron Microscopy Sciences, ABD) kullanılarak Au/Pd ile kaplanmıştır. Film örnekleri 15 kV hızlanan voltajda görüntülenmiştir. Filmin yüzeyinin ve kesit alanının dijital görüntüleri $500\times$, $1000\times$ ve $3000\times$ büyütmede elde edilmiştir. Bu analiz hizmet alımı şeklinde gerçekleştirmiştir.

3.2.5.8 İstatistiksel Analiz

Analiz sonuçları, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) programı (IBM Statistics, ABD) yardımıyla (Versiyon 18.0) tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Duncan testi kullanılarak, %95 güven aralığında yürütülen testlere ilaveten, değişkenlerin (uçucu yağ cinsi, konsantrasyonu ve interaksyonu) çıktılar üzerindeki etkileri de iki yönlü varyans analizi sayesinde belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Uçucu Yağların Bileşenleri

Mentha longifolia subsp. *typhoides* var. *typhoides* (ML) uçucu yağında (verim: %0.65, v/w) 14 farklı kimyasal bileşik tanımlanmıştır (Çizelge 4.1). Temel bileşenler; %64.32 ile (+)-cis,cis-nepetalactone, %9.18 ile piperitone oxide, %9.04 ile ascaridol ve %6 ile humulene-1,2-epoxide olarak bulunmuştur. Najafian, vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada, İran'dan toplanan bitkilerin hidrodistilasyon yoluyla elde edilen esansiyel yağlarında baskın komponentler %64 oranında pulegon, %11.7 oranında 1,8-cineole ve %4.5 oranında piperitenone şeklindedir.

Çizelge 4. 1 *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* var. *typhoides* esansiyel yağının uçucu bileşen içeriği

No	Bileşen İsmi	AZ	% Alan
1	D-Limonene	14.18	1.19
2	Caryophyllene	30.66	1.61
3	2-Allyl-p-cresol	31.39	0.29
4	Piperitone oxide	34.60	9.18
5	β -Copaene	34.88	1.47
6	Ascaridol	35.28	9.04
7	Humulene-1,2-epoxide	38.05	6.00
8	Cyclopentaneacetaldehyde, 2-formyl-3-methyl- α -methylene	38.61	1.90
9	p-Mentha-1,8-dien-3-one, (+)-	39.06	1.42
10	Piperitenone	41.94	2.40
11	(+)-cis,cis-Nepetalactone	43.52	64.32
12	8,9-Dehydrothymol	44.14	0.32
13	Cinrolon	44.57	0.49
14	Thymol	50.15	0.36

AZ: Alıkönme zamanı (dakika)

Satureja cuneifolia (SC) uçucu yağında (verim: %0.60, v/w) ise 36 farklı kimyasal bileşik belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Tanımlanan moleküller arasında ilk sırayı %28.24 ile carvacrol almıştır. Carvacrol'ü sırasıyla %18.91 ile thymol, %14.02 ile p-cymene, %10.16 ile endo-borneol, %5.86 ile carvacrol methyl ether ve %3.24 ile β -bisabolene takip etmiştir. Türkmenoğlu, vd., (2021)'nin Türkiye'den topladıkları çiçeklenme dönemindeki SC'nin esansiyel yağında tespit ettikleri majör bileşenler γ -terpinene (%15.96), thymol (%15.92), carvacrol (%14.45) ve p-cymen (%14.07)

şeklinde rapor edilmiştir. Karadağ'daki kimyasal kompozisyon ise biraz farklılık göstermiş ve linalool (%20.3), trans-(E)- caryophyllene (%6.1) ve germacren D (%5.8) baskın bileşikler olarak kaydedilmiştir (Bojović, vd., 2018).

Çizelge 4. 2 *Satureja cuneifolia* esansiyel yağının uçucu bileşen içeriği

No	Bileşen İsmi	AZ	% Alan
1	Terpinolene	13.36	0.14
2	Eucalyptol	14.56	0.24
3	trans-.beta.-Ocimene	15.60	0.16
4	γ -Terpinene	16.15	1.74
5	p-Cymene	17.18	14.02
6	1-Octen-3-ol	24.34	0.86
7	cis-Sabinene hydrate	25.04	1.57
8	Camphor	26.98	0.24
9	Linalool	28.29	2.25
10	trans-Sabinene hydrate	28.39	0.56
11	Thymol methyl ether	30.07	0.65
12	Carvacrol methyl ether	30.53	5.86
13	Caryophyllene	30.67	1.34
14	Aromandendrene	31.08	0.13
15	Naphth[2,3-b]oxirene, decahydro-	31.41	0.14
16	Pulegone	32.25	0.13
17	L-trans-Pinocarveol	32.44	0.15
18	Carveol	33.37	0.30
19	α -Terpineol	34.11	0.45
20	endo-Borneol	34.30	10.16
21	Copaene	34.81	0.18
22	Piperitone oxide	35.16	0.27
23	β -Bisabolene	35.49	3.24
24	γ -Elemene	35.69	0.18
25	(+)- δ -Cadinene	36.59	0.52
26	Cumaldehyde	36.92	0.22
27	p-Cymen-8-ol	39.32	0.75
28	o-Isopropylphenetole	41.74	0.12
29	(+)-cis,cis-Nepetalactone	43.05	0.27
30	Caryophyllene oxide	44.36	2.06
31	Isospathulenol	44.57	0.24
32	p-Cymen-7-ol	47.64	0.26
33	Spathulenol	48.72	2.40
34	Phenol, 2,3,5,6-tetramethyl-	49.63	0.26
35	Thymol	50.19	18.91
36	Carvacrol	51.06	28.24

AZ: Alikonma zamanı (dakika)

4.2 Uçucu Yağların Biyoaktiviteleri

ML ve SC esansiyel yağlarının toplam fenolik madde (TFM) miktarları ile DPPH ve FRAP yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktiviteleri (AA) Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 3 Esansiyel yağların toplam polifenol ve antioksidan madde miktarları

Örnek	TFM (mg GAE/g yağ)	DPPH yöntemiyle AA (μ mol TE/g yağ)	FRAP yöntemiyle AA (μ mol TE/g yağ)
<i>ML uçucu yağı</i>	2.58 $\pm$ 0.24	7.42 $\pm$ 0.20	0.35 $\pm$ 0.09
<i>SC uçucu yağı</i>	2.55 $\pm$ 0.37	12.53 $\pm$ 0.40	6.20 $\pm$ 0.29

GAE: Gallik asit eşdeğeri, TE: Troloks eşdeğeri

ML ve SC uçucu yağlarına ait TFM değerleri hemen hemen benzer olup, sırasıyla 2.58 ve 2.55 mg GAE/g yağ olarak tespit edilmiştir. Kılınç (2021) ML esansiyel yağının polifenol içeriğini 0.82 mg GAE/g yağ ve Gödelek (2021) ise SC uçucu yağının polifenol miktarını 3.01 mg GAE/g yağ olarak hesaplamışlardır. Değerler SC için yakınlık gösterse de, ML için birbirlerinden oldukça uzaktır. Bu farklılığın, her ne kadar bitkilerin toplanma lokaliteleri neredeyse aynı olsa da, toplanma zamanları ve koşulları ile, analiz şartlarının aynı olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

DPPH prosedürü takip edilerek elde edilen AA değerleri; ML esansiyel yağı için 7.42 μ mol TE/g yağ, SC esansiyel yağı için ise 12.53 μ mol TE/g yağ'dır. Asghari, vd., (2018), Batı Azerbaycan'dan topladıkları ML bitkisinin (var. *calliantha*) uçucu yağının antioksidan potansiyelini, yağın gramı başına 5.85 mmol TE olarak belirtmişlerdir. Asghari, vd., (2018)'in çalışması dışında literatürde konu ile ilgili yer alan neredeyse bütün araştırmalarda sonuçların g/l veya mg/ml gibi birimlerle (IC₅₀ şeklinde) ifade edildiği görülmektedir. Nitekim, Bai, vd., (2020) buhar distilasyonu yoluyla elde ettikleri ML uçucu yağının AA'sını 15.61 mg/ml, Gulluce, vd., (2007) ise aynı bitkinin esansiyel yağının IC₅₀ değerini 10700 μ g/ml olarak bildirmişlerdir. Oke, vd., (2009) Isparta'nın Sütçüler yöresinden topladıkları SC bitkisinin esansiyel

yağının AA'sını 65.1 µg/ml, Eminağaoğlu, vd. (2007) ise Osmaniye'nin Düziçi ilçesinden temin edilen aynı bitkiden izole edilen uçucu yağın antioksidan potansiyelini 89.1 µg/ml olarak tespit etmişlerdir. Birim farklılıklarından dolayı, önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla kıyaslama yapılamayacağı açıktır.

SC esansiyel yağının FRAP metoduyla belirlenen AA'sı (6.20 µmol TE/g yağ), ML uçucu yağının sahip olduğu potansiyelden oldukça fazladır (0.35 µmol TE/g yağ). Bu verilere dayanılarak, SC uçucu yağında demiri indirgeme yeteneğine sahip olan moleküllerin konsantrasyonlarının, ML'den elde edilen numuneye göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca Çizelge 4.3 dikkatlice incelendiğinde, DPPH sonuçlarının her iki yağ örneğinde de FRAP sonuçlarından daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylelikle hidrojen iyonu indirgeme kapasitesine sahip olan moleküllerin demiri indirgeyebilenlere nazaran miktarlarının daha fazla olduğu yargısına varılabilmektedir. Aynen DPPH yönteminde olduğu gibi, FRAP sonuçlarının da literatürde çok farklı birimlerle ifade edildiği ve FRAP tekniğinin DPPH'ya oranla AA belirleme yöntemi olarak görece daha az kullanıldığı göze çarpmaktadır. Cheraif, vd., (2020) *Mentha pulegium* uçucu yağının AA'sını FRAP tekniğini izleyerek 5.31 µmol TE/g yağ olarak bulduklarını ifade etmişlerdir.

4.3 Filmlerin Fiziksel Karakteristikleri

ML ve SC uçucu yağlarını değişen oranlarda (%1, %2 ve %3) içeren yenilebilir filmlerin bazı fiziksel özelliklerine ait verilere Çizelge 4.4'te yer verilmiştir.

Esansiyel yağ içeren yenilebilir filmlerin kalınlıkları tüm oranlarda kontrol filminden daha yüksek bulunmuştur. ML bitkisinin uçucu yağını içeren filmlerin kalınlık değerleri 0.085 ila 0.096 mm arasında değişirken, SC bitkisinden elde edilen uçucu yağlı filmlerde bu değerler 0.085-0.088 mm arasındadır. Filmlerin kalınlıkları arasındaki farklar, istatistiksel açıdan anlamsızdır ($p>0.05$). Aynı zamanda uçucu yağın cinsi, oranı ve ikisinin interaksiyon etkisi kalınlık üzerinde önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge A.1). Eke, (2020) uçucu yağ oranı arttıkça film kalınlığının artmasını, film matriksi içerisinde daha fazla yağ mikrodamlacığının tutulmasına bağlamıştır.

Çizelge 4. 4 Filmlerin kalınlık, nem ve suda çözünürlük değerleri

Film Çeşidi	Kalınlık (mm)	Nem (%)	Suda Çözünürlük (%)
Kontrol	0.083 ^a ±0.005	34.78 ^a ±0.01	62.85 ^a ±0.02
ML1	0.085 ^a ±0.005	36.60 ^a ±0.34	51.04 ^b ±1.47
ML2	0.089 ^a ±0.009	27.77 ^b ±0.02	48.63 ^b ±10.55
ML3	0.096 ^a ±0.010	23.08 ^{bc} ±0.03	62.35 ^a ±3.32
SC1	0.085 ^a ±0.007	20.70 ^{cd} ±4.67	42.41 ^b ±3.41
SC2	0.086 ^a ±0.023	15.77 ^{de} ±4.63	41.74 ^b ±1.58
SC3	0.088 ^a ±0.005	13.64 ^e ±0.02	46.88 ^b ±4.42

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Kontrol filminin nem değeri %34.78 olarak hesaplanmıştır ve %1 oranında ML esansiyel yağı içeren film haricinde diğer bütün filmlerin nem değerleri kontrol filminin altındadır. ML1 örneğinin nem içeriği kontrolden yüksek olmasına rağmen, aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır ($p>0.05$). Benzer bir duruma Hashemi ve Khaneghah'ın 2017 yılında yaptıkları çalışmalarında rastlanılmıştır. Araştırmacılar %1'den %6'ya kadar değişen oranlarda dağ kekiği yağı içeren yenilebilir film ve kaplama üretmişler ve kontrol filminin nem içeriğini %17.58 olarak tespit etmişken, diğer tüm filmlerin nem yüzdeleri saf filmde daha fazla bulduklarını belirtmişlerdir. Çizelge 4.4 yeniden incelendiğinde, film içerisindeki yağ miktarı arttıkça tüm örneklerde nemin azaldığı görülmektedir. Bunun sebebinin, filmlerin hidrofilik özelliklerinin değişerek bu durumun filmin su geçirgenliğini etkilemesi olabileceği düşünülmektedir (Singh Bisht, vd., 2017). Ayrıca kurutma koşullarının da filmin nem düzeyi üzerinde katkısı olabileceği Memis, vd., (2017) tarafından ifade edilmiştir. ML esansiyel yağı içeren numunelerin nem yüzdeleri, SC esansiyel yağı içeren örneklerle kıyasla her zaman daha yüksek seyretmiştir. Filmlerin nem içeriği üzerinde uçucu yağın cinsi ve oranı önemli bir etkidir ($p<0.05$) (Çizelge A.2).

Suda çözünürlük yenilebilir filmlerin önemli bir özelliğidir, çünkü potansiyel gıda uygulamaları ürün bütünlüğünü ve su direncini arttırmak için iyi bir suda çözünmezliğe ihtiyaç duyabilmektedir (Perez-Gago & Krochta, 1999). Ancak bazı

durumlarda ürünün tüketilmeden önce, film tabakasının suda çözünür olarak tasarlanmış olmasının faydalı olabileceği söylenmektedir (Ghasemlou, vd., 2011). Filmlerin suda çözünürlük değerleri dikkate alındığında, en düşük değerin %41.74 ile SC2 filmine, en yüksek değerin ise %62.85 ile kontrol filmine ait olduğu tespit edilmiştir. Uçucu yağ miktarı arttıkça (%3 oranları hariç) çözünürlüğün azaldığı gözlenmiştir. Nem içeriğinde olduğu gibi, suda çözünürlük değerlerinde de SC filmleri, ML filmlerinin aşağısında kalmıştır. Sadece uçucu yağ cinsi çözünürlüğe önemli derecede etki eden faktör olarak bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge A.3).

4.4. Filmlerin Renk Özellikleri

ML ve SC uçucu yağlarını içeren yenilebilir filmlerin bazı optik karakteristiklerine ait elde edilen sonuçlara Çizelge 4.5'te yer verilmiştir.

Çizelge 4. 5 Filmlerin açıklık, kırmızılık-yeşillik, sarılık-mavilik değerleri ile toplam renk değişimleri

Film Çeşidi	L*	a*	b*	ΔE
Kontrol	82.05 ^a ±1.14	-1.71 ^b ±0.04	6.62 ^d ±0.47	0 ^e
ML1	78.42 ^{bc} ±3.45	-2.92 ^{cd} ±0.15	19.63 ^a ±2.39	13.98 ^{ab} ±2.20
ML2	76.59 ^c ±1.85	-2.73 ^{de} ±0.23	18.46 ^{ab} ±2.04	13.22 ^b ±1.93
ML3	70.33 ^d ±3.07	-2.45 ^c ±0.29	16.69 ^b ±2.14	15.72 ^a ±2.36
SC1	81.70 ^a ±3.05	-2.62 ^e ±0.28	12.54 ^c ±1.31	6.57 ^d ±1.75
SC2	80.23 ^{ab} ±2.80	-1.48 ^b ±0.34	12.51 ^c ±1.58	6.73 ^d ±1.55
SC3	77.35 ^{bc} ±3.15	-0.72 ^a ±0.22	13.41 ^c ±0.78	8.09 ^c ±1.89

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Açıklığı (parlaklığı) ifade eden renk özelliği L*, 0 ile 100 arasında değişen bir parametre olup, 0 siyahlığı 100 ise beyazlığı nitelemektedir. Film numunelerinde L* en düşük 70.33, en yüksek 82.05 değerini almıştır. Diğer bir deyişle, örnekler içerisinde en parlak olan kontrol numunesidir. Esansiyel yağ ilavesi, örneklerin L* değerini önemli ölçüde etkilemiş ve azaltmıştır ($p<0.05$). Benzer bir eğilim Choi, vd., (2016) tarafından, farklı oranlarda bergamot ve nane yağı içeren hidroksipropil metilselüloz kullanılarak üretilmiş filmlerde de bildirilmiştir. Öte yandan ML uçucu

yağını içeren filmlerin, SC esansiyel yağını içerenlere kıyasla daha koyu bir renge sahip olduğu söylenebilir. Öte yandan, L^* parametresi üzerinde sadece interaksiyon etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge A.4).

a^* değerinin negatif olması ürün rengindeki yeşil tonları betimlemektedir. ML esansiyel yağının kontrol filmine ilavesi örneklerin a^* parametrelerini düşürmüştür, fakat yağ ilave oranı arttıkça filmlerin a^* değerlerinde (kendi içlerinde) kırmızılığa doğru bir değişim söz konusu olmuştur. SC uçucu yağının yüzdesinin filmler içerisinde azalması, a^* değerinin daha çok yeşillığe doğru kaymasına sebebiyet vermiştir. Aynı zamanda, SC uçucu yağını içeren yenilebilir filmler, diğerlerine oranla (kontrol hariç) daha yüksek a^* değerlerine sahiptir. *M. pulegium* uçucu yağını içeren sodyum aljinat filminin a^* değeri -0.442 olarak belirtilmiştir (Mahcene, vd., 2020). Enteresan bir sonuç olarak, a^* parametresi üzerinde uçucu yağın cinsi, oranı ve her ikisinin interaksiyonu önemli ölçüde etkin olarak bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge A.4).

Sarılığın ve maviliğin bir göstergesi olan b^* , örneklerde 6.62 ila 19.63 arasında değişmektedir. Kontrol filmi, maviliği diğerlerine göre en yüksek olan örnektir. Herhangi bir esansiyel yağ ilavesinin örneklerin b^* değerini arttırdığı, ancak ekleme oranı yükseldikçe bu artışın azaldığı tablodan rahatlıkla okunabilmektedir. SC uçucu yağını içeren örneklerin bu özellik açısından aralarında anlamlı farklılık bulunamamıştır ($p>0.05$). Aynı zamanda uçucu yağın elde edildiği bitki, b^* deperleri üzerinde etkilidir ($p<0.05$) (Çizelge A.4).

Toplam renk değişimi (ΔE), bir ürünün referans olan bir diğer ürüne göre renginde tespit edilen farklılığın sayısal bir ölçüsüdür. Esansiyel yağ içeren filmler, yağ içermeyen kontrol filmiyle kıyaslanmış ve ΔE değerleri hesaplanmıştır. Üretilen bir malzeme, renk açısından ne kadar referans alınan ürüne yakınsa, bu değer o kadar düşük olmaktadır ve dolayısıyla ürün özgün haline bir o kadar benzemektedir. Bu bilgiler ışığında, en düşük ΔE değerleri SC uçucu yağı içeren filmlerde hesaplandığından dolayı, kontrol filmine en yakın olan örnekler SC uçucu yağını içeren filmlerdir. ML esansiyel yağını içeren örneklerin toplam renk değişimleri ise, diğer yağın neredeyse 2 katı kadardır. SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerde yağ

oranı arttıkça ΔE değerlerinde kademeli olarak artışlar gözlenirse de, aynı durum ML esansiyel yağını içeren filmler için geçerli olmamıştır. Önceki çalışmalar incelendiğinde, oldukça düşük ΔE değerlerine sahip filmler olduğu gibi (Choi, vd., 2016), bu tez çalışmasındaki bulgulara, özellikle SC uçucu yağını içeren filmlere yakın sonuçlar da olduğu (Eke, 2020) görülmüştür. Öte yandan, toplam renk farklılığı üzerinde sadece interaksiyon etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge A.4).

4.5 Filmlerin Beyazlık İndeksleri, Sarılık İndeksleri ve Opaklıkları

ML ve SC uçucu yağlarını içeren yenilebilir filmlerin beyazlık ve sarılık indeksleri (BI ve SI) ile opaklıklarına ait veriler Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 6 Filmlerin bazı renk indeksleri ve opaklıkları

Film Çeşidi	BI	SI	Opaklık
Kontrol	80.78 ^a ±0.91	11.52 ^c ±0.67	1.24 ^d ±0.01
ML1	70.51 ^d ±2.50	35.75 ^a ±3.92	4.59 ^{ab} ±0.09
ML2	69.99 ^d ±1.76	34.45 ^a ±3.73	4.18 ^{bc} ±0.40
ML3	65.77 ^e ±2.55	33.91 ^a ±4.17	4.52 ^{ab} ±0.09
SC1	77.61 ^b ±2.86	21.98 ^b ±2.74	1.80 ^d ±0.14
SC2	76.45 ^b ±2.20	22.26 ^b ±2.64	3.46 ^c ±0.62
SC3	73.60 ^c ±2.58	24.77 ^b ±1.27	5.02 ^a ±0.54

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo dikkatlice incelendiğinde, esansiyel yağ ilavesinin filmlerin BI değerlerini önemli ölçüde değiştirdiği gözlenmektedir ($p<0.05$). En yüksek BI kontrol filmine aitken (80.78), uçucu yağ eklenmesiyle ve yağ oranının artmasıyla bu değer düşmektedir. Benzer sonuçlar Choi, vd., (2016) tarafından rapor edilmiştir. Araştırmacılar kontrol filminin BI değerini 94.95 hesaplamışken, %2’ye kadar olan uçucu yağ ilavelerinde bu değer, kekik uçucu yağlı filmde 92.76’ya, bergamot uçucu yağlı filmde ise 93.88’e düştüğünü söylemişlerdir. Bu tez projesinde, %1 ve %2 oranında yağ içeren numuneler arasında kendi aralarında istatistiksel olarak anlamsız farklılıklar var iken ($p>0.05$), yağ oranı %3’e çıktığında BI’da daha yüksek

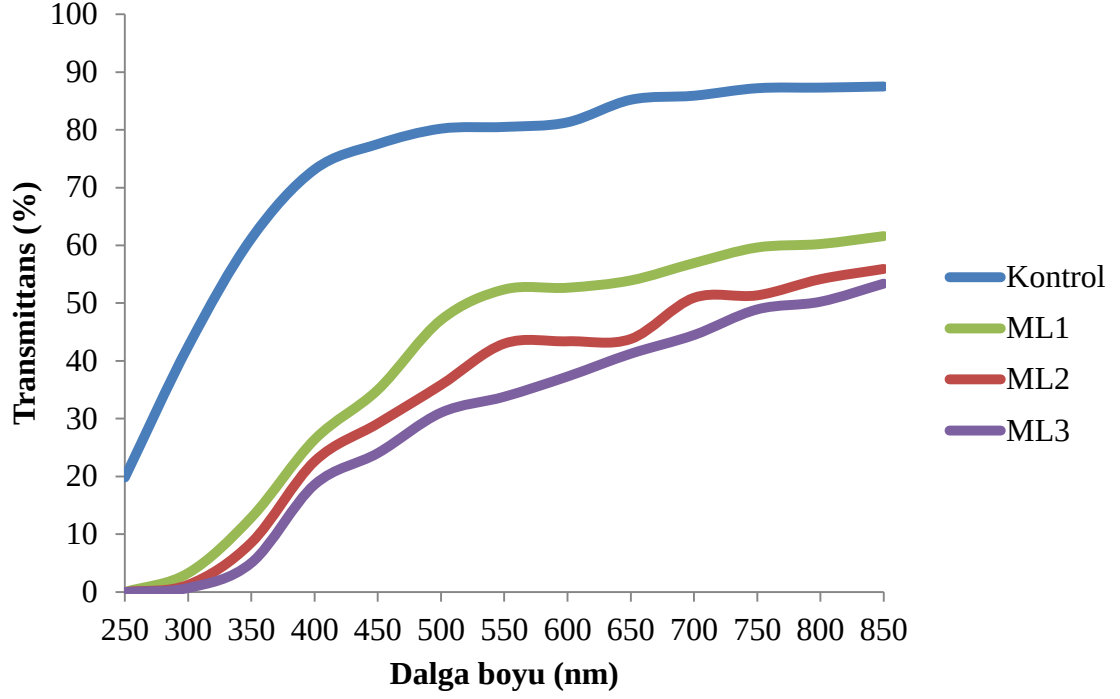
düşüşler görülmektedir. SC uçucu yağını içeren filmlerin, ML yağlı filmlere kıyasla daha yüksek beyazlığa sahip olduğu belirlenmiştir. L* özelliğine benzer olarak, BI üzerinde esansiyel yağın cinsinin ve miktarının etken rol oynadığı tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge A.4).

SI, uçucu yağ eklenen tüm örneklerde kontrolden daha yüksek değerler almıştır ve bu veriler saf filminkinden (11.52) önemli ölçüde farklıdır ($p<0.05$). İlginç bir sonuç olarak, esansiyel yağın film içindeki oranının artması, ML bitkisinden elde edilen uçucu yağ içeren örneklerde SI'nın azalmasına sebep olurken, SC'de ise tam tersi bir durumun gözlenmesine sebep olmuştur. SC esansiyel yağlı filmlerin SI değerleri 21.98-24.77 aralığında iken, ML uçucu yağlı filmlerde ise bu veriler 33.91-35.75 aralığındadır. SI sadece esansiyel yağın cinsinden etkilenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge A.4).

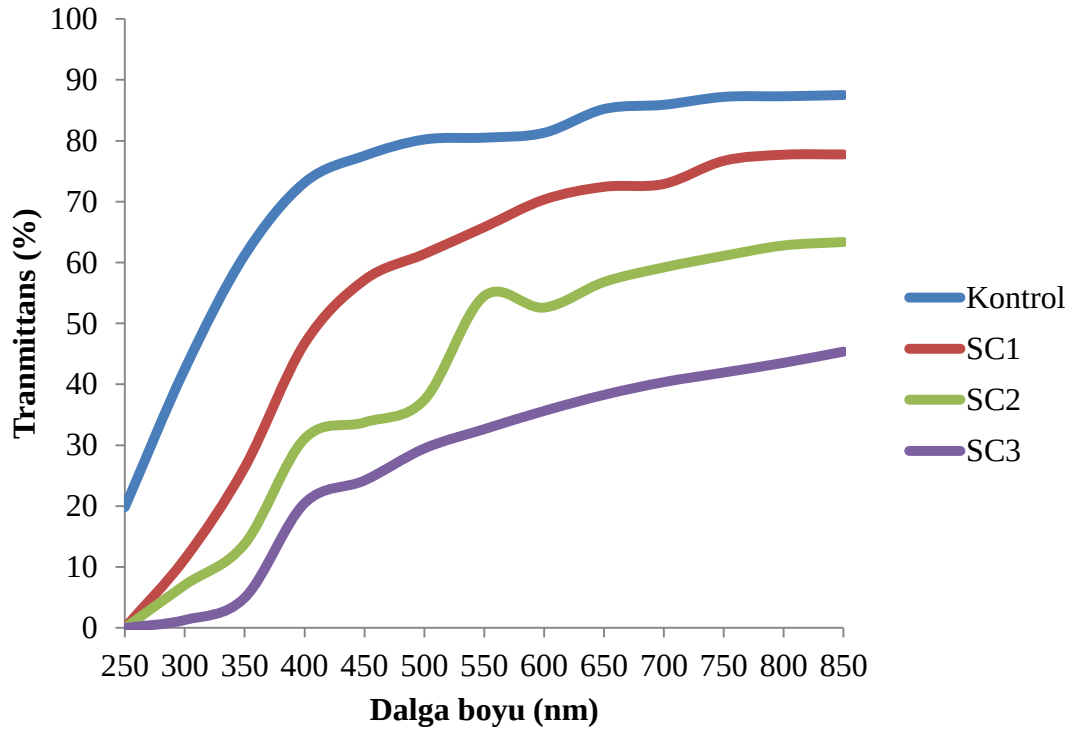
Opaklık, gıda ambalajlamada yenilebilir filmlerin önemli bir parametresidir. Çünkü ışığa duyarlı bileşenler içeren bir film, ışığın emisyonunu azaltabilir (Zhang, vd., 2020). Çizelge 4.6'ya göre, opaklığı kontrol numunesine (1.24) en yakın olan SC1 örneğidir (1.80) ve SC esansiyel yağ oranı arttıkça opaklığın da arttığı görülmektedir. Aynı eğilim ML uçucu yağını içeren örneklerde, yağ oranı arttıkça tespit edilmemiştir. Uçucu yağ içeren örneklerde opaklık değeri 1.80-5.02 aralığında değişkenlik göstermiştir ve hem uçucu yağ cinsi ve oranı hem de interaksiyon etkisi bu özellik üzerinde oldukça etkili olarak bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge A.5). Antioksidan madde olarak α - tokoferol içeren kitosan/zein bazlı yenilebilir filmlerin opaklık değerlerinin 1.092 ila 14.123 arasında değiştiği Zhang, vd., 2020 tarafından rapor edilmiştir. Opaklıktaki bu artış, yenilebilir film boyunca ışığın emisyonunu engelleme yeteneğine sahip bir aktif bileşen olan α - tokoferola bağlanmıştır. Benzer bir çıkarımı, bu tez çalışmasındaki antioksidan molekülleri içeren esansiyel yağlar için yapılabilmek mümkündür.

4.6 UV Işığını Engelleme Yeteneği

Şekil 4.1'de ML ve Şekil 4.2'de SC uçucu yağlarını içeren yenilebilir filmlerin optik transmittansları gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Farklı oranlarda ML uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin UV-görünür ışığındaki yüzde transmittansları

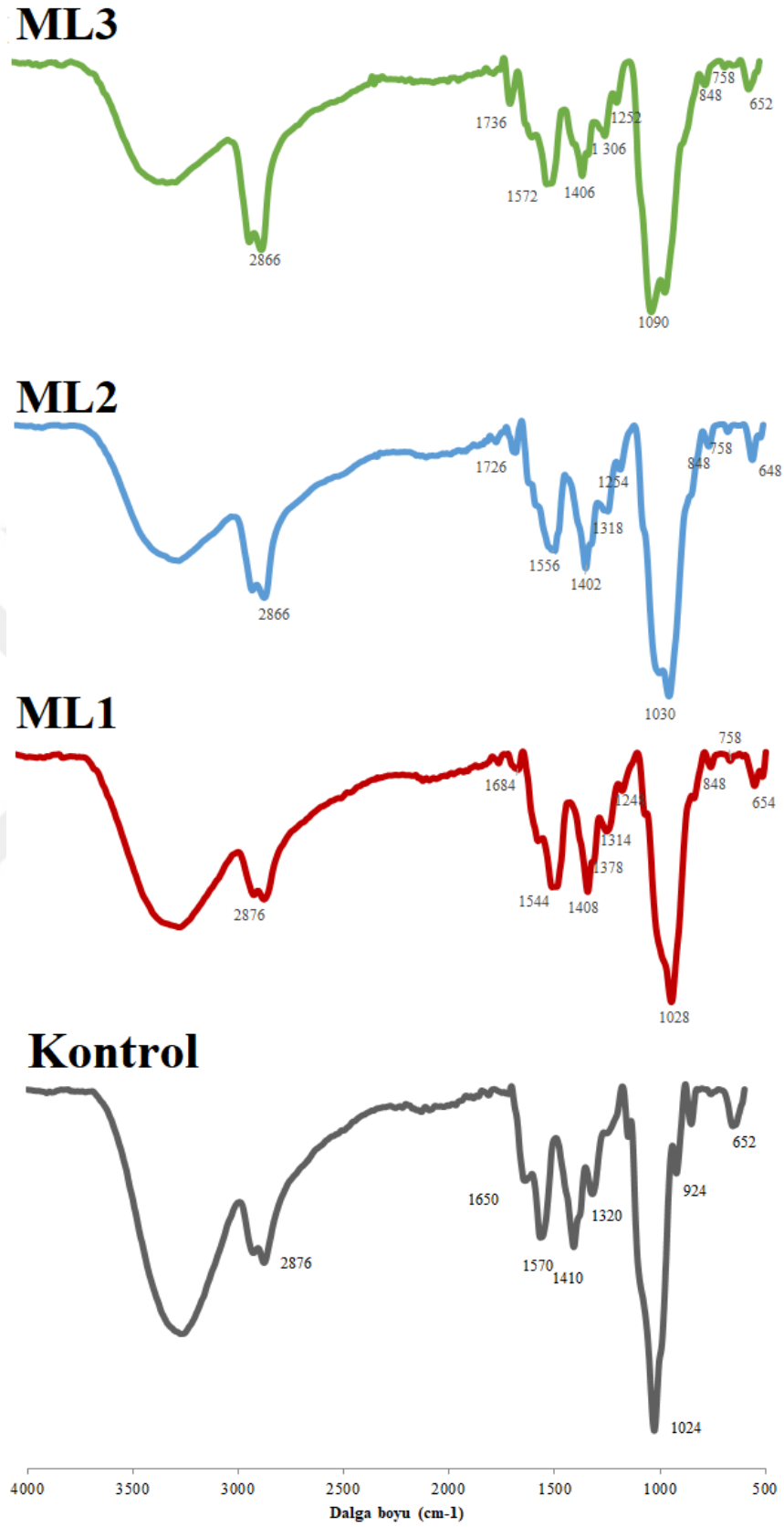


Şekil 4.2 Farklı oranlarda SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin UV-görünür ışığındaki yüzde transmittansları

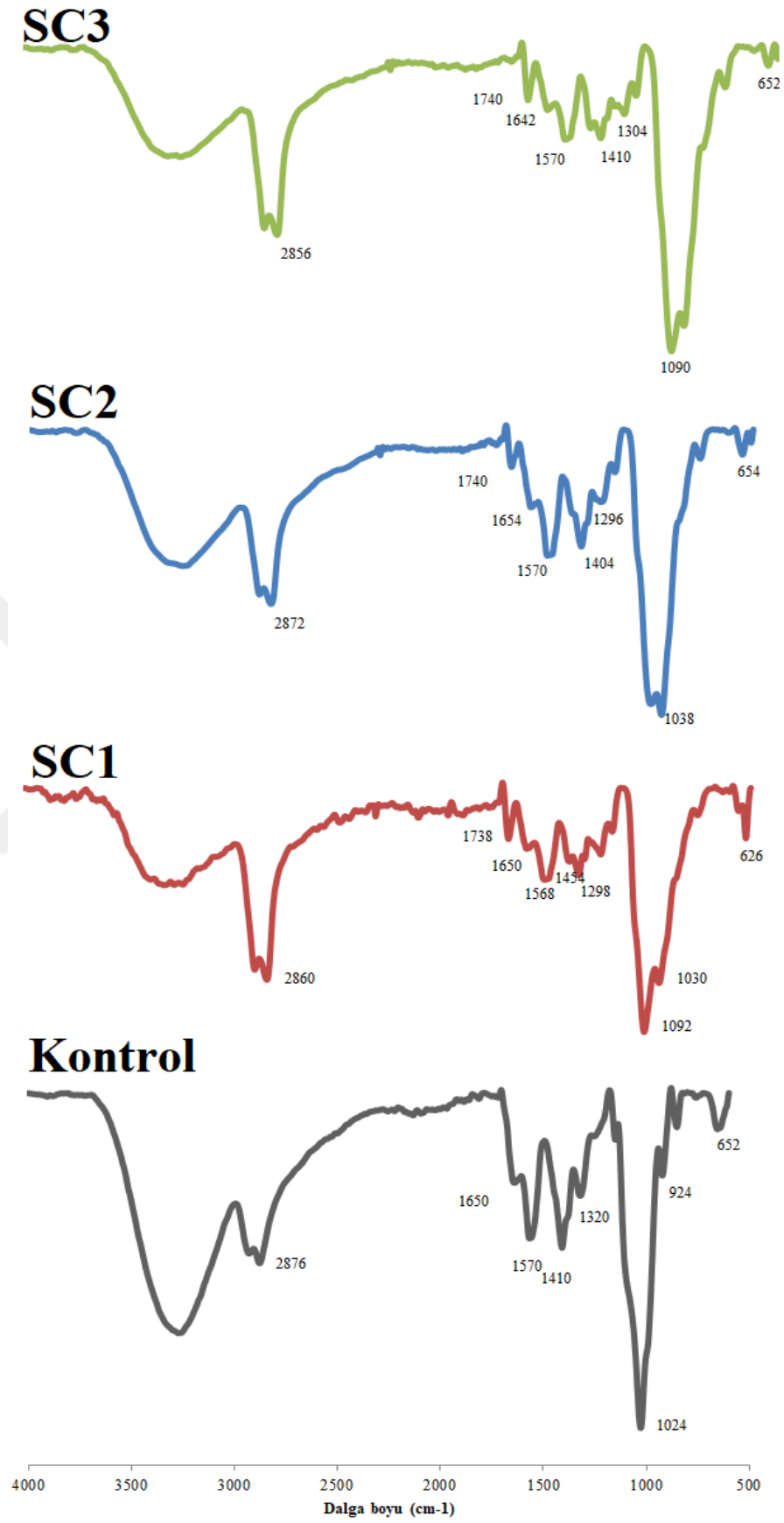
Ambalaj malzemelerinin UV-görünür bariyer özellikleri, lipid gibi ışığa karşı duyarlı gıda bileşenleri için kayda değer bir anlama sahiptir (Sady, vd., 2021), bu nedenle kitosan filmlerin ışık transmittansları tez kapsamında çalışılmıştır. Kontrol filmi her iki çeşit örnekte de en yüksek UV-görünür ışık transmittansına sahiptir. Esansiyel yağ içeriği arttıkça, kademeli olarak transmittans değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Transmittans azalma hızının artış gösterdiği bölgeler, ML esansiyel yağı için 250-350 nm ve 550-650 nm aralıkları, SC uçucu yağı için ise 250-350 nm ve 600-650 nm aralıklarıdır. %3 oranında esansiyel yağ içeren numunelerin UV ışığına karşı en yüksek engelleme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yong, vd. (2019) bu durumu, kitosan filme ilave edilmiş olan yardımcı bileşendeki aromatik halka yapısına bağlamışlardır. Benzer bir çalışma, zerdeçal ilavesi yapılmış kitosan filmlerde de yürütülmüş olup, 200-800 nm aralığında %0.01-%55.8 bir ışık transmisyonu ölçülmüştür (Kalaycıoğlu, vd., 2017).

4.7 Filmlerin FTIR ile Moleküler Karakterizasyonu

Şekil 4.3’de ML ve Şekil 4.4’de SC uçucu yağlarını farklı oranlarda (%1, %2 ve %3) içeren yenilebilir filmlerin 4000-600 cm^{-1} dalga boyu aralığındaki FTIR spektrumları sunulmuştur. FTIR analizi, fonksiyonel grupların tanımlanması, kitosan ve esansiyel yağlar arasındaki olası interaksiyonları görüntüleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Şekillerden de açıkça görüleceği üzere, hem esansiyel yağ içeren hem de içermeyen örnekler benzer pik davranışları sergilemiştir. Bu sonuçlar, Mahcene, vd., (2020)’nin sonuçlarıyla uyumludur. 1024-1030 cm^{-1} bandı CO ve C-O-C gruplarına (Mahcene, vd., 2020), 1406 cm^{-1} ve civarının birincil alkolik grupların O-H bağlarına, 1543 cm^{-1} ve civarının amid I (C = O) bandının O-H bağlarına (Bonilla ve Sobral, 2016), 1642-1654 cm^{-1} bandının amid II (N -H) bandının O-H bağlarına (Silva-Rodrigues, vd., 2020) ve 1733 cm^{-1} civarındaki karakteristik pikin ise film matriksindeki karbonil grubunun (C = O) varlığına (Martins, vd., 2012) işaret edebileceği bildirilmiştir. 3100 ila 3500 cm^{-1} arasında değişen geniş bandın O-H germe titreşimine ait olduğu ve bu titreşimin aynı bölgede yer alan N-H germe titreşimi ile de çakıştığı, aynı zamanda 2800-3100 cm^{-1} arasındaki bölgede ise C-H titreşimlerinin gerçekleştiği kaynaklarda belirtilmiştir (Martins, vd., 2012).



Şekil 4.3 ML uçucu yağını içeren filmlerin FTIR spektrumları



Şekil 4.4 SC uçucu yağını içeren filmlerin FTIR spektrumları

Kontrol filmine esansiyel yağın ilave edilmesi, bazı piklerin yerlerinin daha üst ya da daha alt dalga boylarına taşınmasına sebep olmuştur. Örneğin; kontrol ve ML1 filminde 1718 cm^{-1} 'de yer alan pik ML2 ve ML3'te sırasıyla 1726 cm^{-1} ve 1736 cm^{-1} 'de yer almıştır. Aynı pik SC esansiyel yağında ise %1 oranında 1738 cm^{-1} 'de, %2 ve %3'de 1740 cm^{-1} 'de görülmüştür. Benzer şekilde saf kitosan ve ML1 filmlerinde 2876 cm^{-1} 'de yer alan karakteristik pik, ML2 ve ML3 örneklerinde 2866 cm^{-1} 'e kaymıştır.

4.8 Filmlerin Biyoaktiviteleri

ML ve SC esansiyel yağlarını içeren yenilebilir filmlerin TFM miktarları ile DPPH yöntemiyle belirlenen AA'ları Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Film örnekleri için aynen esansiyel yağlarda olduğu gibi FRAP analizi de yapılmış olup, kalibrasyon eğrisi örnek absorbanslarının dışında kaldığından sonuçlar hesaplanamamıştır.

Çizelge 4. 7 Esansiyel yağ içeren film örneklerinin toplam polifenol ve antioksidan madde miktarları

Film Çeşidi	TFM (mg GAE/g film)	DPPH yöntemiyle AA ($\mu\text{mol TE/g film}$)
Kontrol	$0.31^e \pm 0.06$	Belirlenememiştir
ML1	$0.91^{cd} \pm 0.12$	$2.60^b \pm 0.38$
ML2	$1.87^b \pm 0.14$	$3.05^b \pm 1.00$
ML3	$2.42^a \pm 0.38$	$3.14^b \pm 0.36$
SC1	$0.40^{de} \pm 0.39$	$2.13^b \pm 0.05$
SC2	$0.69^{cde} \pm 0.11$	$3.07^b \pm 1.12$
SC3	$1.11^c \pm 0.45$	$4.68^a \pm 0.01$

GAE: Gallik asit eşdeğeri, TE: Troloks eşdeğeri

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Sadece kitosan içeren yenilebilir filmin TFM'si filmin gramı başına 0.31 mg GAE olarak hesaplanmıştır ve bu değer uçucu yağ içeren tüm filmlerin TFM'sinin

altındadır. Ruiz-Navajas, vd., (2013) de *Thymus piperella* esansiyel yağı ilavesi yaparak ürettikleri kitosan bazlı yenilebilir filmlerde de aynı sonucu gözlemlemişlerdir. Kontrol filminin bir polifenol içeriği olması, araştırmacılar tarafından kromojenlerin oluşumuyla açıklanmıştır. Kromojenlerin, Folin-Ciocalteu reaktifi ile fenolik olmayan molekülleri indirgeyen maddeler arasındaki reaksiyondan ileri geldiği ve ürünlerin spektrofotometrik olarak tanımlanabildiği aynı kişiler tarafından belirtilmiştir. ML esansiyel yağını içeren örnekler 0.91-2.42 mg GAE/g film ve SC esansiyel yağını içeren örnekler ise 0.40-1.11 mg GAE/g film aralıklarında değişen polifenol konsantrasyonlarına sahiptir. Esansiyel yağ ilavesi beklenildiği üzere filmlerin TFM'lerini önemli ölçüde arttırmıştır ($p<0.05$). Aynı zamanda TFM verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, uçucu yağ türünün ve konsantrasyonunun istatistiksel olarak anlamlı düzeyde polifenol içeriğini etkilediği saptanmıştır ($p<0.05$) (Çizelge A.6).

Herhangi bir ürün için bir ön eleme kriteri olarak değerlendirilebilecek antioksidan kapasitenin önemli bir göstergesi olan fenolik içerik, fonksiyonel gıdalarda antioksidanların doğal bir kaynağı olarak kullanılabilir (Viuda-Martos, vd., 2011; Ruiz-Navajas, vd., 2013). Bu nedenle, hiperoksitlerin oksiradikalere dönüşümünü engelleyen, lipid serbest radikal zincirlerini inaktive eden ve redoks-aktif metal iyonlarını şelatlayan ve bütün bunları AA'ya sahip olduğu için gerçekleştiren polifenoller oldukça önemli bitkisel materyallerdir (Cabral de Oliveira, vd., 2009; Ruiz-Navajas, vd., 2013).

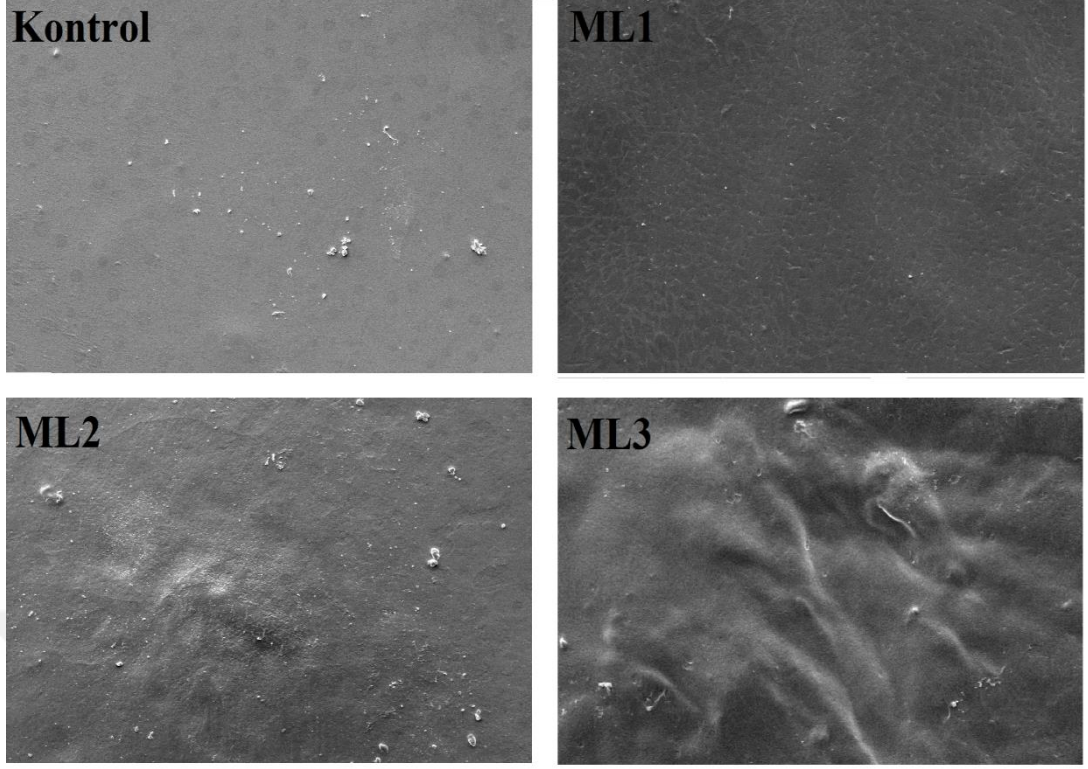
Herhangi bir uçucu yağ içermeyen yenilebilir filmin DPPH yöntemiyle AA'sı tanımlanamamıştır. Diğer filmlerin antioksidan potansiyelleri incelendiğinde ise, SC esansiyel yağını içeren filmlerin antioksidan davranışlarının genel olarak, ML uçucu yağını içerenlere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. SC3 örneği hariç tutulmak üzere, diğer tüm örnekler arasındaki istatistiksel fark anlamsızdır ($p>0.05$). Bu istatistiki sonucu destekleyen çift yönlü ANOVA çıktılarına da Çizelge A.7'de yer verilmiştir. Sady, vd., (2021), %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında aronya meyvesi posasının ekstraktını kullanarak ürettikleri kitosan içeren yenilebilir filmlerde aynı metotla AA'yı 0.31-0.56 mmol TE/100 g film olarak tespit etmişlerdir. Bu değerlerin

3.1-5.6 µmol TE/g filme karşılık geldiği düşünüldüğünde, sonuçlar tez çalışmasındaki çıktılarla benzerlik göstermektedir.

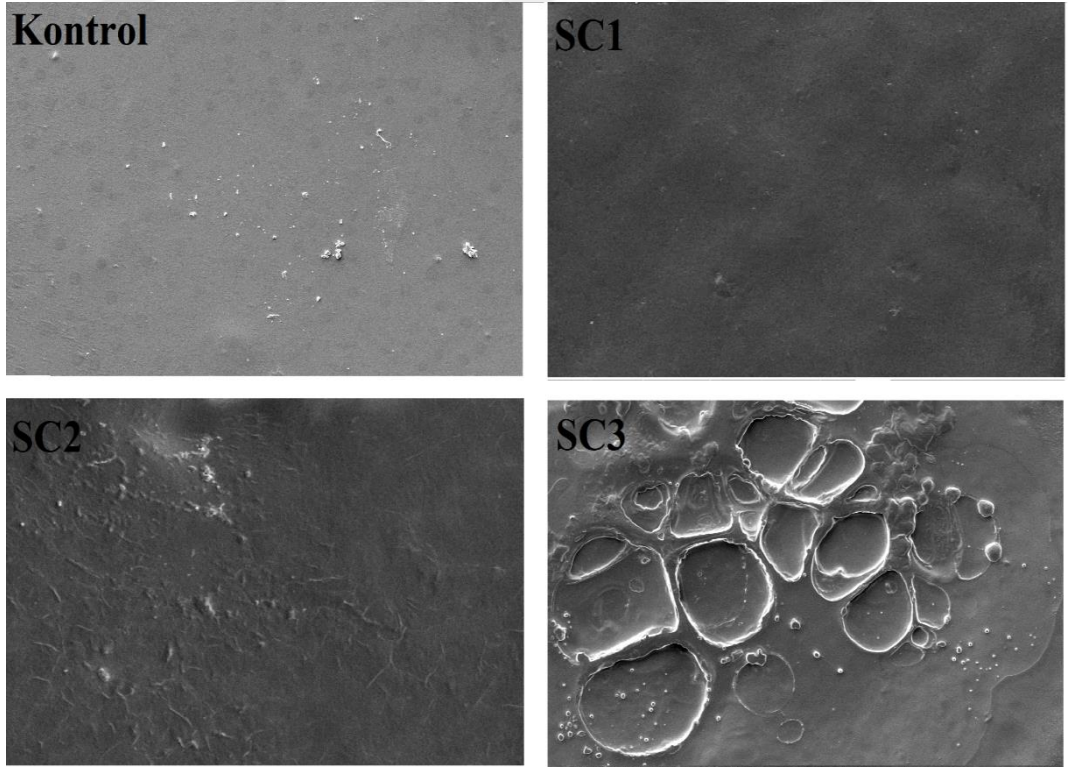
4.9 Filmlerin Morfolojisi

SEM fotoğrafları, filmlerin yapısı ve özellikleri arasındaki ilişkiyi açığa çıkartması nedeniyle kayda değerdir (Liu, vd., 2021). Kitosandan ve ML bitkisinden elde edilen uçucu yağlarla hazırlanan filmlerin yüzey görünüşlerini aydınlatmak için çekilmiş olan, 2000 kez büyütülmüş SEM görüntülerine Şekil 4.5'te yer verilmiştir. Saf kitosan filmi incelendiğinde, yapısının homojen ve düzgün olduğu görülmüştür. ML1 örneği içerisinde yer alan %1 oranındaki esansiyel yağın damlacıklarının, polimer matriks içerisine mükemmel bir şekilde entegre olduğu (Bonilla, vd., 2012) ve görünüş olarak kontrol filmiyle benzerlik gösterdiği göze çarpmıştır. Uçucu yağın film formülasyonundaki oranı %1'in üzerinde çıktığında ise, yüzeylerin yer yer heterojen bir görünüme kavuştuğu ve üzerinde bazı tümsek ve çukurların (kümelerin) ortaya çıktığı fark edilmiştir. ML uçucu yağının varlığı ile filmin ağ yapısı içerisinde zayıflayan polisakkarit interaksiyonları ve yığılma sırasında polimer zinciri üzerinde çözücü buharlaşması sebebiyle oluşan deforme edici güç, bu olumsuz sonuçları doğurma potansiyeline sahiptir (Sanchez-Gonzales, vd., 2009; Bonilla, vd., 2012; Liu, vd., 2021)

Kitosandan ve SC bitkisinden elde edilen esansiyel yağlardan üretilmiş yenilebilir filmlerin 2000 kez büyütülmüş SEM mikrografilerine Şekil 4.6'da yer verilmiştir. SC1 ve SC2 filmlerinde gözlenen homojen yapı, bileşimde bulunan uçucu yağın matrikste iyi derecede dağıldığını, SC3 filminde ise açıkça görülen yağ damlacıkları ise, esansiyel yağın film matriksinde tutunamadığını gözler önüne sermiştir. Ghasemlou, vd., (2013) ve Liu, vd., (2021), su içinde yağ solüsyonlarında damlacıklar arası çarpışma sıklığının artmasının bu sonuca yol açtığını öne sürmüşlerdir. Böylelikle, boyutları büyümüş olan yağ damlacıkları kremleşmeyi ve faz ayrımını kolaylaştırmayı sağlayabilir. Yüksek konsantrasyondaki SC esansiyel yağı kurutma aşamasında ayrılmış ve filmin üst yüzeyine konumlanmış olabilir (Hosseini, vd., 2015).



Şekil 4. 5 Değişen oranlarda (%0, %1, %2, %3) ML uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin mikroskopik analiz sonuçları



Şekil 4. 6 Değişen oranlarda (%0, %1, %2, %3) SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmlerin mikroskopik analiz sonuçları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Osmaniye'nin Bahçe ve Düziçi ilçelerinden toplanan *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* (ML) ve *Satureja cuneifolia* (SC) bitkilerinden mikrodalga ekstraksiyonu yoluyla elde edilen uçucu yağların bileşenleri ve antioksidan potansiyelleri belirlenmiş, sonrasında bu aromatik yağlar kitosan bazlı yenilebilir filmlerin yapısına %1, %2 ve %3 oranlarında ilave edilerek, filmlerin nem, kalınlık, suda çözünürlük, renk özellikleri, opaklık, UV-bariyer, fonksiyonel grup içeriği, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve mikroyapı gibi karakteristikleri değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamında tespit edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- SC uçucu yağında, ML'ye göre daha fazla aromatik bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenler SC esansiyel yağının yüksek antioksidan aktivitesine katkıda bulunmuş olabilir.
- Aromatik yağların fenolik içerikleri neredeyse birbirlerinin aynısıdır.
- Üretilen filmlerin kalınlık değerleri benzerdir.
- Film matriksine herhangi bir esansiyel yağın ilavesi nem ve suda çözünürlük değerlerini azaltmıştır. Bu azalış, SC esansiyel yağını içeren örneklerde daha fazladır.
- Filmlerin ölçülen ve hesaplanan renk özellikleri; beyazlık-siyahlık (parlaklık), kırmızılık-yeşillik, sarılık-mavilik, toplam renk değişimi, beyazlık indeksi ve sarılık indeksidir. Kırmızılık-yeşillik tüm numunelerde negatif değere sahipken, filmler için önemli bir kalite parametresi olan toplam renk değişimi verileri 6.57 ile 13.98 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek renk farklılıkları, ML uçucu yağı içeren örneklerde tespit edilmiştir.
- Esansiyel yağlar içerisinde bulunan biyoaktif bileşiklerin, filmlerin opaklık değerleri üzerinde arttırıcı etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir.
- %1 ve %2 oranında esansiyel yağ içeren numunelerde UV bariyer özelliği en yüksek olan filmler ML bitkisinden elde edilenler olurken, aromatik yağ oranı %3'e çıktığında ise SC uçucu yağı içeren yenilebilir filmler % transmittans açısından en düşük değerlere sahip olmuştur.

- Filmler içerisinde FTIR ile tanımlanabilen bazı fonksiyonel bileşikler; birincil alkoller, amidler ve karbonil grubudur.
- Esansiyel yağ içermeyen ve sadece kitosandan oluşan filmin bir polifenol içeriği varken, antioksidan kapasitesi bulunmamaktadır.
- Filmlerin demiri indirgeme potansiyeline sahip olan antioksidan moleküllerinin konsantrasyonu, hidrojeni indirgeme yeteneğine sahip olanlardan oldukça düşüktür.
- ML uçucu yağı içeren filmlerin yapısı %1'in üzerindeki yağ oranlarında bozulmaya başlamışken, SC aromatik yağında bu konsantrasyon %2'dir.
- ML uçucu yağı içeren filmlerde heterojenlik daha çok kümeleşme şeklinde görülmüşken, SC esansiyel yağında kompakt yapı yağ globüllerinin film matriksinde tutunamamasıyla bozulmuştur.
- İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, uçucu yağın cinsinin, konsantrasyonun ve her ikisinin interaksiyonunun aynı anda etkili oldukları özellikler; kırmızılık-yeşillik ve opaklıktır.

Tüm sonuçlar bir bütün halinde değerlendirildiğinde, SC uçucu yağının kitosan temelli bir yenilebilir filmde kullanılmasının ML'ye göre daha başarılı olacağı kanaatine varılmaktadır. SC aromatik yağını içeren filmler hakkında daha fazla bilgiye sahip olabilmek için, ileriki çalışmaların filmin oksijen ve su buharı geçirgenliğinin tanımlanması, antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi, mekanik özelliklerinin saptanması ve ısı karakteristیکlerinin tespiti üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Aynı zamanda filmlerin kurutma kinetiklerinin belirlenmesi de modelleme ve tasarım çalışmaları yapacak araştırmacılar için faydalı olacaktır. Farklı kurutma teknikleri kullanılarak da yenilebilir filmlerin elde edilmesi, güncel makalelerde çalışılan konulardandır. SC bitkisinden elde edilen esansiyel yağı içeren filmlerin gıda sistemlerine uygulanması ve uygulandığı gıdalarda duyu özelliklerinin incelenmesi de filmlerin kullanılabilirliğinin test edilmesi açısından ayrıca önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Asghari, B., Zengin, G., Bahadori, M. B., Abbas-Mohammadi, M., Dinparast, L., Amylase, glucosidase, tyrosinase, and cholinesterases inhibitory, antioxidant effects, and GC-MS analysis of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha*) essential oil: A natural remedy. *European Journal of Integrative Medicine*, 22, 44-49, 2018.
- Aghraz, A., Gonçalves, S., Rodríguez-Solana, R., Dra, L. A., Di Stefano, V., Dugo, G., Romano, A., Antioxidant activity and enzymes inhibitory properties of several extracts from two Moroccan Asteraceae species. *South African Journal of Botany*, 118, 58-64, 2018.
- Basaglia, R. R., Pizato, S., Santiago, N. G., de Almeida, M. M. M., Pinedo, R. A., Cortez-Vega, W. R., Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (*Smooth cayenne*), *Food Bioscience*, 41, 100966, 2021.
- Behbahan, B. A., Noshad, M., Falah, F., Cumin essential oil: Phytochemical analysis, antimicrobial activity and investigation of its mechanism of action through scanning electron microscopy, *Microbial Pathogenesis*, 136, 103716, 2019.
- Bai, X., Aimila, A., Aidarhan, N., Duan, X., & Maiwulanjiang, M., Chemical constituents and biological activities of essential oil from *Mentha longifolia*: Effects of different extraction methods. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1951-1960, 2020.
- Bisht, A. S., Alam, M. S., Bhatia, S., Gupta, S., Studies on development and evaluation of glycerol incorporated cellulose and alginate based edible films, *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 30(1), 67-72, 2017.
- Bojović, D., Šoškić, M., Tadić, V., Comparative study of chemical composition of the essential oils from *Satureja cuneifolia* Ten. and *Satureja montana* L., Lamiaceae collected at National park Lovćen, Montenegro. *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Chemia*, 63(4), 167-180, 2018.
- Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M., Chiralt, A., Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 9-16, 2012.

- Bonilla, J., Sobral, P. J., Investigation of the physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. *Food Bioscience*, 16, 17-25, 2016.
- Butler, B. L., Vergano, P. J., Testin, R. F., Bunn, J. N., Wiles, J. L., Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage, *Journal of Food Science*, 61(5), 953-955, 1996.
- Can, Ö.P., Patır, B., Kitosan kaplamanın gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi* 42(4), 148-154, 2012.
- Cheraif, K., Bakchiche, B., Gherib, A., Bardaweel, S. K., Çol Ayvaz, M., Flamini, G., Ghareeb, M. A., Chemical composition, antioxidant, anti-tyrosinase, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of essential oils of six Algerian plants, *Molecules*, 25(7), 1710, 2020.
- Choi, W. S., Singh, S., Lee, Y. S., Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.), *LWT*, 70, 213-222, 2016.
- Davis, P. H., *Flora of Turkey and the East Aegean Island*, University Press, Edinburg, Vol 7, 316. ve 388. sayfalar, 1982.
- De Oliveira, A. C., Valentim, I. B., Silva, C. A., Bechara, E. J. H., de Barros, M. P., Mano, C. M., & Goulart, M. O. F., Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues, *Food Chemistry*, 115(2), 469-475, 2009.
- Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., Shakila, B., Edible films from polysaccharides, *Food Science and Quality Management*, 3, 9-17, 2012.
- Dutta, P. K., Dutta J., and Tripathi, V.S., Chitin and chitosan: Chemistry, Properties and Applications, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 63, 20-31, 2004.
- Eke, B., Esansiyel yağ ilaveli yenilebilir filmlerin gıda sistemine uygulanması, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye*, 98, 2020.
- Eminagaoglu, O., Tepe, B., Yumrutas, O., Akpulat, H. A., Daferera, D., Polissiou, M., Sokmen, A., The *in vitro* antioxidative properties of the essential oils and

- methanol extracts of *Satureja spicigera* (K. Koch.) Boiss. and *Satureja cuneifolia* ten, Food Chemistry, 100(1), 339-343, 2007.
- Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A., Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran. Carbohydrate Polymers, 84(1), 477-483, 2011.
- Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M. J., Khaksar, R., Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils, Carbohydrate polymers, 98(1), 1117-1126, 2013.
- Gödelek, D., *Satureja cuneifolia* ve *Calamintha nepeta* subsp. *nepeta* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların antioksidan ve antikanser aktivitelerinin araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 56, 2021.
- Gulluce, M., Sahin, F., Sokmen, M., Ozer, H., Daferera, D., Sokmen, A., Ozkan, H., Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*, Food Chemistry, 103(4), 1449-1456, 2007.
- Gómez-Estaca, J., López-Lacey, A., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., Montero, P., Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil, Journal of Aquatic Food Product Technology, 18(1-2), 46-52, 2009.
- Handayasari, F., Suyatma, N. E., Nurjanah, S., Physiochemical and antibacterial analysis of gelatin–chitosan edible film with the addition of nitrite and garlic essential oil by response surface methodology. Journal of Food Processing and Preservation, 43(12), e14265, 2019.
- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil, Progress in Organic Coatings, 110, 35-41, 2017.
- Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., Farahmandghavi, F., Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil, Industrial Crops and Products, 67, 403-413, 2015.
- Hromiš, N., Lazić, V., Popović, S., Markov, S., Vaštag, Z., Šuput, D., Bulut, S., Tomović, V., Investigation of a product-specific active packaging material

- based on chitosan biofilm with spice oleoresins, Journal of Food and Nutrition Research, 55(1), 78-88, 2016.
- Joerger, R.D., Antimicrobial films for food applications: a quantitative analysis of their effectiveness, Packaging Technology and Science, 20 (4), 231-273, 2007.
- Kalaycıoğlu, Z., Torlak, E., Akın-Evingür, G., Özen, İ., Erim, F. B., Antimicrobial and physical properties of chitosan films incorporated with turmeric extract. International Journal of Biological Macromolecules, 101, 882-888, 2017.
- Kılınç, B. Ö., Osmaniye’de yayılış gösteren *Thymus kotschyanus* var. *glabrescens* ve *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* var. *typhoides* bitkileri uçucu yağlarının antioksidan ve antikanser aktivitelerinin araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 74, 2021.
- Kienzle-Sterzer, C. A., Rodriguez-Sanchez, D., Rha, C., Mechanical properties of chitosan films, effect of solvent acid, Die Makromolekulare Chemie, 183(25), 1353-1359, 1982.
- Kim, K. M., Son, J. H., Kim, S.-K., Weller, C. L., Hanna, M. A., Properties of chitosan films as a function of pH and solvent type, Journal of Food Science, 71(3), E119-E124, 2006.
- Kittur, F. S., Kumar, K. R., Tharanathan, R. N., Functional packaging properties of chitosan films, Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 206, 44-47, 1998.
- Küçükkaya, S., Kitosan-uçucu yağ ile kaplanmış sucuklarda fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 138, 2018.
- Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., Ahmad, I., Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis, Food Chemistry, 175, 575-584, 2015.
- Liu, Z., Lin, D., Shen, R., Zhang, R., Liu, L., Yang, X., Konjac glucomannan-based edible films loaded with thyme essential oil: Physical properties and antioxidant-antibacterial activities, Food Packaging and Shelf Life, 29, 100700, 2021.
- Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Akman, P. K., Bozkurt, F., Birech, K., Tornuk, F., Development and characterization of sodium alginate based active edible

- films incorporated with essential oils of some medicinal plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 124-132, 2021.
- Martins, J. T., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films, *Food Hydrocolloids*, 27(1), 220-227, 2012.
- Mehdizadeh, T., Tajik, H., Rohani, S. M. R., Oromiehie, A. R., Antibacterial, antioxidant and optical properties of edible starch-chitosan composite film containing *Thymus kotschyanus* essential oil. In *Veterinary Research Forum*, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran, 3(3), 167, 2012.
- Memiş, S., Tornuk, F., Bozkurt, F., Durak, M. Z., Production and characterization of a new biodegradable fenugreek seed gum based active nanocomposite film reinforced with nanoclays. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 669-675, 2017.
- Moradi, M., Tajik, H., Rohani, S. M. R., Oromiehie, A. R., Malekinejad, H., Aliakbarlu, J., Hadian, M., Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract. *LWT-Food Science and Technology*, 46(2), 477-484, 2012.
- Naseri, H. R., Beigmohammadi, F., Mohammadi, R., Sadeghi, E., Production and characterization of edible film based on gelatin–chitosan containing *Ferulago angulate* essential oil and its application in the prolongation of the shelf life of turkey meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14558, 2020.
- Najafian, S., Rowshan, V., Fathi, S., comparison of chemical constituents of essential oil from aerial constituent of *Mentha longifolia* and *Salvia multicaulis* obtained by hydro distillation and headspace analysis, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(4), 719-727, 2020.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatukul, W., Xu, Z., Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72(5), 87-100, 2007.
- Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Gardrat, C., Rezaei, M. R., Hashemi, M., Le Coz, C., Coma, V., Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal,

- physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films. Food Hydrocolloids, 70, 36-45, 2017.
- Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S., Altundag, S., Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chemistry, 112(4), 874-879, 2009.
- Pérez-Gago, M. B., Nadaud, P., Krochta, J. M., Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. Journal of food science, 64(6), 1034-1037, 1999.
- Priyadarshi, R., Kumar, B., Deeba, F., Kulshreshtha, A., Negi, Y. S., Chitosan films incorporated with Apricot (*Prunus armeniaca*) kernel essential oil as active food packaging material. Food Hydrocolloids, 85, 158-166, 2018.
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Perez-Alvarez, J. A., Fernández-López, J., *In vitro* antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils. Food Control, 30(2), 386-392, 2013.
- Sady, S., Błaszczyk, A., Kozak, W., Boryło, P., Szindler, M., Quality assessment of innovative chitosan-based biopolymers for edible food packaging applications. Food Packaging and Shelf Life, 30, 100756, 2021.
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A., Cháfer, M., Characterization of edible films based on hydroxypropylmethylcellulose and tea tree essential oil. Food Hydrocolloids, 23(8), 2102-2109, 2019.
- Silva-Rodrigues, H. C., Silveira, M. P., Helm, C. V., de Matos Jorge, L. M., Jorge, R. M., Gluten free edible film based on rice flour reinforced by guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) pulp. Journal of Applied Polymer Science, 137(41), 49254, 2020.
- Süfer, Ö., Bozok, F., Characterization of essential oil from *Matricaria sevanensis* by microwave-assisted distillation, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 140(1), 253-261, 2020.
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Barber, X., Sendra, E., Perez-Alvarez, J. A., Fernández-López, J., Effect of chitosan edible films added with *Thymus moroderi* and *Thymus piperella* essential oil on shelf-life of cooked cured ham, Journal of Food Science and Technology, 52(10), 6493-6501, 2015.

- Sánchez-González, L., González-Martínez, C., Chiralt, A., Cháfer, M., Physical and antimicrobial properties of chitosan–tea tree essential oil composite films. *Journal of Food Engineering*, 98(4), 443-452, 2010.
- Serencam, H., Gül, V., Gıdık, B., Sefalı, A., Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, (Editör: Gıdık, B.), Uçucu Yağlı Bitkiler, İksad, Türkiye, 4-6, 2018.
- Tan, C. P. Che Man, Y. B., Differential scanning calorimetric analysis of edible oils: Comparison of thermal properties and chemical composition, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 143-155, 2000.
- Tan, L. F., Elaine, E., Pui, L. P., Nyam, K. L., Aniza, Y., Development of chitosan edible film incorporated with *Chrysanthemum morifolium* essential oil, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(1), 55-66, 2021.
- Torlak, E., Nizamlıoğlu, M., Doğal antimikrobiyal maddeler ile hazırlanan yenilebilir filmlerin *Listeria monocytogenes* üzerine etkileri, *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 25(1-2), 15-21, 2009.
- Tural, S., Sarıcıoğlu, F. T., Turhan, S., Yenilebilir film ve kaplamalar: Üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kaslı gıdalarda kullanımlar, *Akademik Gıda*, 84-94, 2017.
- Türkmenoğlu G., Sarıkaya A.G., Fakir H. Akseki (Antalya) bölgesinde doğal olarak yayılış gösteren *Satureja cuneifolia* Ten.'nın farklı toplama zamanlarına ait uçucu bileşenlerinin belirlenmesi, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 654-660, 2021.
- Utami, R., Khasanah, L. U., Manuhara, G. J., Ayuningrum, Z. K., Effects of cinnamon bark essential oil (*Cinnamomum burmannii*) on characteristics of edible film and quality of fresh beef, *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(4), 2019.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., amp;Pérez-Álvarez, J. A., Antioxidant properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses obtained as co-product in the juice extraction. *Food Research International*, 44,1217-1223, 2011.
- Yong, H., Wang, X., Bai, R., Miao, Z., Zhang, X., Liu, J., Development of antioxidant and intelligent pH-sensing packaging films by incorporating purple-fleshed sweet potato extract into chitosan matrix. *Food Hydrocolloids*, 90, 216-224, 2019.

- Zhang, L., Liu, Z., Sun, Y., Wang, X., Li, L., Effect of α -tocopherol antioxidant on rheological and physicochemical properties of chitosan/zein edible films. LWT-Food Science and Technology, 118, 108799, 2020.
- Xu, Y. X., Kim, K. M., Hanna, M. A., Nag, D., Chitosan- starch composite film: Preparation and characterization, Industrial Crops and Products, 21(2), 185-192, 2005.



EKLER

Çizelge A.1 Kalınlık verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,001 ^a	6	,000	1,026	,426
Intercept	,237	1	,237	1973,658	,000
ucucuyag	8,239E-5	1	8,239E-5	,687	,413
oran	,000	2	9,608E-5	,801	,457
ucucuyag * oran	7,534E-5	2	3,767E-5	,314	,733
Error	,004	32	,000		
Total	,308	39			
Corrected Total	,005	38			

a. R Squared = ,161 (Adjusted R Squared = ,004)

Çizelge A.2 Nem verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	947,132 ^a	6	157,855	25,468	,000
Intercept	8580,731	1	8580,731	1384,382	,000
ucucuyag	465,293	1	465,293	75,069	,000
oran	219,769	2	109,885	17,728	,002
ucucuyag * oran	21,150	2	10,575	1,706	,249
Error	43,388	7	6,198		
Total	9477,463	14			
Corrected Total	990,520	13			

a. R Squared = ,956 (Adjusted R Squared = ,919)

Çizelge A.3 Suda çözünürlük verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	871,798 ^a	6	145,300	6,393	,014
Intercept	34854,085	1	34854,085	1533,425	,000
ucucuyag	320,370	1	320,370	14,095	,007
oran	204,519	2	102,260	4,499	,055
ucucuyag * oran	41,191	2	20,596	,906	,447
Error	159,107	7	22,730		
Total	37090,666	14			
Corrected Total	1030,905	13			

Çizelge A.3 Suda çözünürlük verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	871,798 ^a	6	145,300	6,393	,014
Intercept	34854,085	1	34854,085	1533,425	,000
ucucuyag	320,370	1	320,370	14,095	,007
oran	204,519	2	102,260	4,499	,055
ucucuyag * oran	41,191	2	20,596	,906	,447
Error	159,107	7	22,730		
Total	37090,666	14			
Corrected Total	1030,905	13			

a. R Squared = ,846 (Adjusted R Squared = ,713)

Çizelge A.4 Renk özelliklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	L	953,201 ^a	6	158,867	19,562	,000
	a	31,000 ^b	6	5,167	82,773	,000
	b	836,962 ^c	6	139,494	40,726	,000
	E	1302,142 ^d	6	217,024	57,746	,000
	BI	1337,978 ^e	6	222,996	40,571	,000
	SI	3412,576 ^f	6	568,763	51,149	,000
Intercept	L	242837,628	1	242837,628	29902,200	,000
	a	164,250	1	164,250	2631,354	,000
	b	6964,759	1	6964,759	2033,419	,000
	E	2586,525	1	2586,525	688,222	,000
	BI	217840,873	1	217840,873	39633,232	,000
	SI	23641,149	1	23641,149	2126,040	,000
ucucuyag	L	309,283	1	309,283	38,084	,000
	a	17,194	1	17,194	275,459	,000
	b	424,918	1	424,918	124,058	,000
	E	699,513	1	699,513	186,126	,000
	BI	729,442	1	729,442	132,712	,000
	SI	1961,716	1	1961,716	176,416	,000
oran	L	364,465	2	182,233	22,440	,000
	a	12,951	2	6,476	103,743	,000
	b	9,948	2	4,974	1,452	,242
	E	51,139	2	25,570	6,804	,002
	BI	187,786	2	93,893	17,083	,000
	SI	9,117	2	4,559	,410	,666
ucucuyag * oran	L	36,936	2	18,468	2,274	,112
	a	4,833	2	2,417	38,717	,000
	b	33,603	2	16,801	4,905	,011
	E	2,303	2	1,152	,306	,737
	BI	4,368	2	2,184	,397	,674
	SI	48,812	2	24,406	2,195	,121
Error	L	471,022	58	8,121		
	a	3,620	58	,062		
	b	198,659	58	3,425		

	E	217,980	58	3,758		
	BI	318,792	58	5,496		
	SI	644,949	58	11,120		
Total	L	391291,259	65			
	a	366,434	65			
dimension1	b	16489,236	65			
	E	8918,060	65			
	BI	341921,154	65			
	SI	57541,588	65			
Corrected	L	1424,223	64			
Total	a	34,621	64			
	b	1035,620	64			
dimension1	E	1520,121	64			
	BI	1656,770	64			
	SI	4057,524	64			

a. R Squared = ,669 (Adjusted R Squared = ,635)

b. R Squared = ,895 (Adjusted R Squared = ,885)

c. R Squared = ,808 (Adjusted R Squared = ,788)

d. R Squared = ,857 (Adjusted R Squared = ,842)

e. R Squared = ,808 (Adjusted R Squared = ,788)

f. R Squared = ,841 (Adjusted R Squared = ,825)

Çizelge A.5 Opaklık verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	32,228 ^a	6	5,371	37,632	,000
Intercept	156,695	1	156,695	1097,806	,000
ucucuyag	3,857	1	3,857	27,025	,000
oran	6,636	2	3,318	23,248	,000
ucucuyag * oran	7,507	2	3,754	26,297	,000
Error	1,570	11	,143		
Total	264,994	18			
Corrected Total	33,798	17			

a. R Squared = ,954 (Adjusted R Squared = ,928)

Çizelge A.6 TFM verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12,699 ^a	6	2,117	25,789	,000
Intercept	19,344	1	19,344	235,699	,000
ucucuyag	4,530	1	4,530	55,196	,000
oran	3,371	2	1,686	20,540	,000
ucucuyag * oran	,442	2	,221	2,696	,098
Error	1,313	16	,082		
Total	47,953	23			
Corrected Total	14,012	22			

a. R Squared = ,906 (Adjusted R Squared = ,871)

Çizelge A.7 DPPH yöntemiyle hesaplanan AA verilerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	24,810 ^a	6	4,135	8,725	,001
Intercept	78,935	1	78,935	166,562	,000
ucucuyag	,499	1	,499	1,053	,327
oran	5,739	2	2,870	6,055	,017
ucucuyag * oran	2,681	2	1,340	2,828	,102
Error	5,213	11	,474		
Total	162,054	18			
Corrected Total	30,023	17			

a. R Squared = ,826 (Adjusted R Squared = ,732)

ÖZGEÇMİŞ

1.Adı Soyadı: Merve BÜLBÜL

2.Doğum Tarihi:

3.Unvanı: Öğrenci

4.Öğrenim Durumu: Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite/Okul	Bitirme Yılı
Lisans	Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji	KSÜ	2003
Tezsiz Yüksek Lisans	Eğitim Bilimleri Biyoloji Öğretmenliği	MÜ	2007
Yüksek Lisans	Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji	OKÜ	2022

5. İş Tecrübesi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Biyoloji öğretmeni	Adana Çukurova Fen Dershanesi / Kahramanmaraş Tümay Dershanesi	2003-2006
Bölge Müdürü	Kahramanmaraş	2006-2008
Kıdemli Bölge Müdürü	Gaziantep-Kilis- Kahramanmaraş- Adıyaman- Diyarbakır- Şanlıurfa-Bingöl- Tunceli-Elazığ- Malatya-Osmaniye	2008-2015
Biyoloji Öğretmeni		2021-2022