

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKRODALGA UYGULAMASININ AVOKADO PÜRESİNDE KALİTE VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aslıhan Begüm DADAŞ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKRODALGA UYGULAMASININ AVOKADO PÜRESİNDE KALİTE VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aslıhan Begüm DADAŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

Bu tez çalışmasında, avokado püresinin pH düzeyinin ve mikrodalga uygulamalarının pürenin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal özellikleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, ön denemeler yapılarak uygun pH düzeyi (pH4.0) ve 600 W güçteki mikrodalga uygulama süresi (30 saniye) belirlenmiştir. Mikrodalga uygulanmamış (P4) ve uygulanmış (P4-30) örneklerde +4°C'de 8 hafta boyunca depolanma sürecinde ilk 4 hafta birer sonra ikişer hafta aralıklarla örnekler alınarak öngörülen analizler yapılmıştır. 8. hafta sonunda P4 ve P4-30 kodlu örneklerde sırasıyla pH değeri 4,04'den 3,88'e ve 4,00'dan 3,93'e; polifenol oksidaz aktivitesi (Δ absorbans/mL/dakika) 6,808'den 1,728'e ve 0,318'den 0,027'ye; peroksit değeri (mEq O₂/kg) 2,852'den 8,951'e ve 1,537'den 5,955'e yükselmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri yükü (log kob/g) sırasıyla başlangıçta 3,4 ve 3,1 olarak belirlenmiş olup 8. hafta sonunda bu değerler 4,6 ve 3,6 düzeyine ulaşmıştır. Maya ve küf düzeyleri (log kob/g) başlangıçtaki 3,3 ve 3,0 düzeyinden, 8. haftada sırasıyla 4,6 ve 3,6'ya ulaşmıştır. Duyusal analizlerde renk, tat ve kıvam puanları sırasıyla 8,467'den 7,000'e, 7,667'den 6,333'e ve 8,333'ten 6,300'e; 6,600'den 5,533'e, 6,333'ten 5,200'e ve 7,467'den 5,067'ye düşmüştür. Bu sonuçlara göre, yapılan mikrodalga uygulaması ile en az 8 hafta boyunca avokado püresi tüketilebilirliğini korumuştur ki bu süre böyle bir ürün için fazlasıyla yeterlidir. Pürelerin depolanabileceği en uzun sürenin belirlenmesi amacıyla P4 ve P4-30 grubunda mikrobiyal yük, peroksit ve renk değişimi ele alınarak hızlandırılmış raf ömrü testleri yapılmıştır. Raf ömürleri sırasıyla 61 ve 145, 62,8 ve 73,1, 238,2 ve 343,6 gün olarak belirlenmiştir. Bu bulgular mikrodalga uygulamasının raf ömrünü önemli düzeyde arttırdığını göstermiştir. Mikrodalga uygulanmış pürelerde raf ömrü uygulanmamışlara göre en az %16,4 oranında artmıştır.

Şubat 2025, 140 sayfa

Anahtar Kelimeler: Avokado püresi, mikrodalga uygulama, pH ayarı, oksidasyon, peroksit değeri, *p*-anisidin değeri, renk analizi, mikrobiyal gelişim, duyuşal analiz, hızlandırılmış raf ömrü.

ABSTRACT

Master's Thesis

EFFECTS OF MICROWAVE APPLICATION ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF AVOCADO PUREE

Aslıhan Begüm DADAŞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

In this study, the effects of pH levels and microwave applications on the physical, chemical, microbiological, sensory properties, and shelf life of avocado puree were investigated. Preliminary experiments determined the appropriate pH level (pH 4.0) and microwave application time (30 seconds) at 600 W power. Predetermined analyses were conducted on microwave-untreated (P4) and microwave-treated (P4-30) samples stored at +4°C for 8 weeks, with samples collected weekly during the first 4 weeks and biweekly thereafter. By the end of the 8th week, the pH values of the P4 and P4-30 samples decreased from 4.04 to 3.88 and from 4.00 to 3.93, respectively. Polyphenol oxidase activity (Δ absorbance/mL/min) decreased from 6.808 to 1.728 and from 0.318 to 0.027, respectively. Peroxide value (mEq O₂/kg) increased from 2.852 to 8.951 and from 1.537 to 5.955, respectively. The total aerobic mesophilic bacteria count (log CFU/g), initially measured at 3.4 and 3.1, increased to 4.6 and 3.6, respectively, by the 8th week. Yeast and mold levels (log kob/g) increased from initial values of 3.3 and 3.0 to 4.6 and 3.6, respectively, by the 8th week. Sensory analysis scores for color, taste, and texture decreased from 8.467 to 7.000, 7.667 to 6.333, and 8.333 to 6.300, respectively, for P4 samples, and from 6.600 to 5.533, 6.333 to 5.200, and 7.467 to 5.067, respectively, for P4-30 samples. Based on these results, the microwave application preserved the edibility of avocado puree for at least 8 weeks, which is more than sufficient for such a product. To determine the maximum storage duration for the purees, accelerated shelf-life tests were conducted for the P4 and P4-30 groups, focusing on microbial load, peroxide value, and color changes. The shelf lives were determined to be 61 and 145 days, 62.8 and 73.1 days, and 238.2 and 343.6 days, respectively. These findings demonstrated that microwave application significantly extended the shelf life. The shelf life of microwave-treated purees increased by at least 16.4% compared to untreated purees.

February 2025, 140 page

Keywords: Avocado puree, microwave pasteurization, pH adjustment, oxidation, peroxide value, *p*-anisidine value, color analysis, microbial growth, sensory analysis, accelerated shelf life.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi, rehberlik ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, tezimin şekillenmesinde büyük bir katkı sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Y. Sedat VELİOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) en derin teşekkürlerimi sunarım. Hem akademik hem de kişisel gelişimimde yol gösterici olan kıymetli önerileri ve çalışmamı bilimsel temellere oturtmadaki rehberliği benim için çok değerliydi. Kendisi, bu zorlu süreçte sadece bir danışman değil, aynı zamanda bana ilham veren bir rol model oldu.

Mikrobiyolojik analizlerimin çözümünde ve duyuşsal analiz çalışmalarımnda desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); mikrobiyolojik çalışmalarımnda ve yağ analizlerindeki sorularımna verdiği yanıtlarla bana yol gösteren Arş. Gör. Merve Akpınar UZUN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); ayrıca mikrobiyolojik analiz sürecinde katkıları ve destekleriyle çalışmamı zenginleştiren Doç. Dr. Nefise AKÇELİK'e (Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü) şükranlarımın sunarım. Tez çalışmalarım sırasında laboratuvarlarını kullanmama olanak sağlayan ve her türlü soruma içtenlikle yanıt vererek beni destekleyen Dr. Öğr. Üyesi Simel Bağder ELMACI'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Doç. Dr. Eda Demirok SONCU'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez sürecinde yönelttiğim soruları yanıtlayarak bilgi ve rehberlik sağlayan Prof. Dr. Aslı İşci YAKAN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), Prof. Dr. Özge Şakıyan DEMİRKOL'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Aziz TEKİN'e (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte gösterdikleri yardım ve anlayış benim için büyük bir değer taşıdı. Bu tez çalışmasında sunduğu katkılar ve destekleri için danışmanımın doktora öğrencisi Bahar DEMİRCAN'a teşekkür ederim. Laboratuvar analiz süreçlerinde destek sağlayan lisans öğrencileri İrem Nur GÜRLER, Türkan Büşra BALIDEDE ve Fatma ALPER'e teşekkür ederim. Sürecin ilerleyen aşamalarında katkıda bulunan Duygu SOVUKLUK, Elçin ÖZTÜRK, Mercan ALTINTAŞ ve Ezgi YURT'a da emekleri için teşekkür ederim. Bu süreçte, Erasmus öğrenim hareketliliği kapsamında Polonya'nın Poznan şehrinde

bulunarak akademik ve kültürel anlamda benzersiz deneyimler kazandım. Yeni yerler görme, farklı kültürleri tanıma ve bunlardan ilham alma fırsatı bulduğum bu süreçte, aynı zamanda birçok değerli arkadaşlık edindim. Mustafa GÜL, İbrahim Faruk EKİCİ, Ege ATLI, Yusuf COŞKUN, Güven ARSLAN, Sedanur YILDIZ, Mariana KOTSYUBA ve Sara Santos FERREIRA, sağladıkları moral ve motivasyon ile yoğun geçen tez sürecimde bana destek oldular. Aynı bölümde yüksek lisans yaptığım ve farklı laboratuvarlarda çalışmaları da zorlandığım anlarda beni motive eden sevgili arkadaşlarım İrem Sude DOĞRU, Dicle Delal ASLANHAN ve Miyase Deniz ÇAM'a içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte moral ve destekleriyle yanımda olan arkadaşlarım Sevgi YILMAZ ve Enver GÜÇLÜ'ye teşekkür ederim. Ayrıca, lise yıllarımdan beri yanımda olan, destekleri ve dostluklarıyla her zaman güç veren sevgili arkadaşlarım Nisa Nur YILDIZ, Sezengül KANBUR ve Tuğçe PEKCAN SARIGÜL'e de en içten teşekkürlerimi sunarım. Yoğun ve yorucu geçen bu dönemde gösterdikleri anlayış, paylaştıkları güzel anılar ve dostlukları, bu çalışmayı tamamlama sürecimde bana büyük bir moral kaynağı oldu. Bu süreçte yanımda olan aileme, başta her zaman sabır, sevgi ve sonsuz destekleriyle bana güç veren canım annem Rahşan DADAŞ'a, her koşulda yanımda durarak beni cesaretlendiren babam Fikret DADAŞ'a ve neşesiyle hayatıma renk katan kardeşim Pelin DADAŞ'a en derin minnet ve şükranlarımı sunarım. Onların sevgisi, anlayışı ve varlığı, bu zorlu yolculuğu aşmamda en büyük dayanağım oldu. Bu tez çalışmasını onların verdiği destekle ve bana kattıkları değerle tamamlayabildiğim için kendimi çok şanslı hissediyorum. Hayatımın her anında olduğu gibi, bu süreçte de yanımda oldukları için sonsuz teşekkür ederim. Eğitimde ve bilimde özgür düşüncenin yolunu açan, bugün bu çalışmayı gerçekleştirebilmemin temelini atan Ulu Önder Mustafa Kemal Atatürk'e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında yürütülen "Mikrodalga Uygulamasının Avokado Püresinde Kalite ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri" (FYL-2024-3158) başlıklı proje kapsamında desteklenmiştir.

Aslıhan Begüm DADAŞ
Ankara, Şubat 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Avokado	3
2.2 Avokado Ağaçları ve Optimal Büyüme Koşulları	6
2.3 Avokadonun Besin Değerleri, Biyoaktif Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Potansiyel Faydaları	7
2.3.1 Avokado meyve eti	7
2.3.2 Avokado kabuğu	8
2.3.3 Avokado çekirdeği	8
2.4 Avokadonun Sağlık Üzerine Etkileri	9
2.4.1 Metabolik sendrom	9
2.4.2 Kardiyovasküler Sağlık	10
2.4.3 Göz sağlığı	11
2.4.4 Kanser	11
2.4.5 Cilt ve Saç Sağlığı	12
2.4.6 Obezite	13
2.5 Avokado Çeşitleri	14
2.6 Avokadonun Kullanım Alanları / Uygulamaları	15
2.6.1 Avokado yağı	17
2.6.2 Avokado çekirdeği	19
2.6.3 Avokado püresi	21
2.7 Avokado ve Avokado Bazlı Ürünlerde Raf Ömrü Sorunları	22
2.8 Polifenol Oksidaz (PPO) Mekanizması ve Etkileri	22
2.8.1 PPO'yu etkileyen faktörler	24
2.8.3 Avokado Bazlı Ürünlerde PPO Sorunları	28
2.8.4 Avokado Ürünlerinde PPO Aktivitesinin İnhibisyonu ve Kullanılan Metodlar	29
2.9 Mikrodalga Uygulaması	30
2.10 Sitrik Asit ve Özellikleri	34
2.10.1 Kullanım alanları	35
2.11 Vakum Ambalajlama	38
3. MATERYAL ve YÖNTEM	40

3.1 Materyal.....	40
3.2 Kimyasallar.....	40
3.3 Yöntem	41
3.3.1 Avokado püresi üretimi	41
3.3.2 Depolama süreci ve analiz metotları	41
3.4 Avokado Püresinde Yapılan Analizler	45
3.4.1 Renk analizi	45
3.4.2 pH analizi	45
3.4.3 Polifenol oksidaz aktivitesi	46
3.4.4 Oksidasyona ilişkin analizler	46
3.4.4.1 Peroksit değeri.....	47
3.4.4.2 <i>p</i> -anisidin değeri	48
3.4.5 Mikrobiyolojik analizler	48
3.4.5.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı	48
3.4.5.2 Maya ve küf sayımı	49
3.4.6 Duyusal analiz	49
3.4.7 İstatistiksel analiz.....	50
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
4.1 Örnek Gruplarının Seçimi	51
4.2 Depolama Süresince Avokado Püresine Yapılan Analizler	58
4.2.1 Renk analizi	58
4.2.2 pH'nın etkileri	69
4.2.3 Polifenol oksidaz aktivitesi	74
4.2.4 Oksidasyona ilişkin bulgular.....	80
4.2.4.1 Peroksit değeri.....	80
4.2.4.2 <i>p</i> -anisidin değeri	86
4.2.5 Mikrobiyolojik analizler	91
4.2.5.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri	91
4.2.5.2 Maya ve küf sayıları.....	94
4.2.6 Duyusal analiz	97
4.3 Hızlandırılmış Raf Ömrü Çalışması.....	104
4.3.1 Peroksit değerindeki değişim	104
4.3.2 Toplam aerobik mezofilik bakteri düzeyindeki değişim	109
4.3.3 Renk analizi	114
5. SONUÇ.....	122
KAYNAKLAR	124
EKLER.....	137
EK 2 AVOKADO PÜRELERİNİN DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU .	139
ÖZGEÇMİŞ.....	140

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	Alfa
a*	Kırmızılık
b*	Sarılık
°C	Santigrat Derece
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
Δ	Delta
ΔE	Toplam renk farkı
g	Gram
h	Saat
K	Potasyum
L*	Aydınlık
mEq O ₂ /kg	Miliekivalan Oksijen Başına Kilogram
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
μ l	Mikrolitre
N	Normalite
Na	Sodyum
O ₂	Oksijen
pH	Asitlik derecesi
rpm	Dakikadaki devir sayısı
s	saniye
T	Sıcaklık
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar

AA	Askorbik asit
AB	Avrupa birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BMI	Vücut kitle indeksi
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
FDA	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
FVE	Ani vakum genişlemesi
GAE	Galik asit eşdeğeri

GRAS	Genel Olarak Güvenli Kabul Edilir
HDL	Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HDL-C	Lipoprotein kolesterol
HHP	Yüksek hidrostatik basınç
KOB	Koloni oluşturan birim
LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein
MUFA	Tekli doymamış yağ asidi
NaCl	Sodyum klorür
PATS	Basınç destekli termal sterilizasyon
PCA	Plate count agar
PPO	Polifenol oksidaz
SFA	Düşük doymuş yağ asidi
TAMB	Toplam aerobik mezofilik bakteri
UV	Ultraviolet
WHO	Dünya Sağlık Teşkilatı
YGC	Yeast extract glucose chloramphenicol agar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Sitrik asit molekül formülü	34
Şekil 3.1 Tezde kullanılan Fuerte çeşidi avokadolar	40
Şekil 3.2 Avokado püresinin pH değerinin 4.0'a ayarlanması	44
Şekil 3.3 Mikrodalga işlemine tabi tutulan P4-30 avokado püresi örneği	44
Şekil 3.4 +4°C'de muhafaza edilen vakumlanarak paketlenmiş avokado püreleri.....	45
Şekil 3.5 Avokado püresinden yağ elde edilmesinde santrifüj sonrası faz ayrımının görünümü.....	47
Şekil 3.6 Duyusal analiz için hazırlanan avokado püresi örnekleri	50
Şekil 3.7 Avokado pürelerinin duysusal analizi için kullanılan bölüm ve örneklerin sunum düzeni.....	50
Şekil 4.1 Farklı depolama sürelerinde P4 ve P4-30 örneklerinin görünümü (P4: pH 4.0 grubu, P4-30: 30 saniye mikrodalga işlemlili pH 4.0 grubu).....	60
Şekil 4.2 Depolama süresince avokado püresinin renk değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	62
Şekil 4.3 Depolama süresince avokado püresinin pH değişimi (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	73
Şekil 4.4 Depolama süresince avokado püresinin polifenol oksidaz aktivitesindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	77
Şekil 4.5 Depolama süresince avokado püresinin peroksit değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	82
Şekil 4.6 Depolama süresince avokado püresinin p-anisidin değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	88
Şekil 4.7 Depolama süresince avokado püresinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayımındaki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış).....	93
Şekil 4.8 Depolama süresince avokado püresinin toplam maya ve küf sayısındaki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)	98
Şekil 4.9 Depolama süresince avokado püresinin duysusal değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış).....	102
Şekil 4.10 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda peroksit değerlerindeki değişimi	105

Şekil 4.11 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda peroksit değerlerindeki değişimi	105
Şekil 4.12 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri (log KOB g ⁻¹) değerlerindeki değişimi ...	110
Şekil 4.13 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri (log KOB g ⁻¹) değerlerindeki değişimi ...	110
Şekil 4.14 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda L* değerlerindeki değişimi	114
Şekil 4.15 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda L* değerlerindeki değişimi.....	115
Şekil 4.16 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda a* değerlerindeki değişimi	115
Şekil 4.17 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda a* değerlerindeki değişimi	116
Şekil 4.18 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda b* değerlerindeki değişimi	116
Şekil 4.19 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda b* değerlerindeki değişimi.....	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Avokado (<i>Persea americana</i>) bitkisinin sistematigi	3
Çizelge 2.2 Avokado çeşitlerinin genetik köken, şekil, meyve eti ve kabuk renkleri ile yüzey ve ağırlık özellikleri	18
Çizelge 2.3 Sitrik asidin kullanım alanları ve amaçları	37
Çizelge 3.1 Tez çalışmasındaki örnek grupları	42
Çizelge 4.1 pH seviyelerine göre örnek gruplarının renk, pH stabilitesi ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı değerleri.....	54
Çizelge 4.2 Mikrodalga işlem süresine göre P4 grubunda renk, pH ve mikrobiyal değerler.....	57
Çizelge 4.3 Depolama süresince avokado püresinin renk değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	60
Çizelge 4.4 Depolama süresince avokado püresinin pH değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	73
Çizelge 4.5 Depolama süresince avokado püresinin polifenol oksidaz aktivitesindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	77
Çizelge 4.6 Depolama süresince avokado püresinin peroksit değerleri (mEq O ₂ /kg) (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	82
Çizelge 4.7 Depolama süresince avokado püresinin <i>p</i> -anisidin değerlerindeki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	88
Çizelge 4.8 Depolama süresince avokado püresinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)*	93
Çizelge 4.9 Depolama süresince avokado püresinin toplam maya ve küf sayılarındaki değişim (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	98
Çizelge 4.10 Depolama süresince avokado püresinin duyu analizi sonuçları (P4: pH 4'e ayarlanmış; P4-30: pH 4'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *	101
Çizelge 4.11 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4-30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)	106

Çizelge 4.12 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları ($\ln(k)$) ve sıcaklığın tersine ($1/T$) ait değerler	106
Çizelge 4.13 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarının reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç peroksit değerleri (A_0) ve raf ömrü değerleri	107
Çizelge 4.14 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)	111
Çizelge 4.15 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları ($\ln(k)$) ve sıcaklığın tersine ($1/T$) ait değerler	111
Çizelge 4.16 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarının reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç mikrobiyal yük değerleri (A_0) ve raf ömrü değerleri	112
Çizelge 4.17 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)	117
Çizelge 4.18 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları ($\ln(k)$) ve sıcaklığın tersine ($1/T$) ait değerler	118
Çizelge 4.19 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarının a^* değişim hız sabitleri (k), başlangıç a^* değerleri (A_0) ve raf ömrü değerleri	119

1. GİRİŞ

Avokado (*Persea americana*), Meksika ve Orta Amerika'ya özgü subtropikal/tropikal bir meyvedir. Dünya çapında geniş çaplı üretimi ve tüketimi yapılan avokado Lauraceae familyasında 150'den fazla bilinen türü olan *Persea* cinsine ait bir meyvedir (Lopez vd. 2020). Avokado, klimakterik bir meyve olması ve bileşimindeki yüksek lipid içeriği nedeniyle lipoperoksidasyon reaksiyonlarına kolayca giren ve çabuk bozulan bir meyvedir. Taze olarak tüketilebildiği gibi püre, dilim, guacamole sos, yağ ve kurutulmuş avokado olarak da tüketilmektedir. Meyve etinin tekli doymamış yağ asitleri, steroller, tokoferoller, folat gibi fitokimyasallar, vitamin, lif, mikro besinler (folat, bakır, pantotenik asit gibi), yüksek miktarda protein ve lipid içermesi bu meyvenin tüketiminin insan sağlığı açısından önemini göstermektedir. Ayrıca, avokadonun kanser hücrelerine, enflamatuvar durumlara, mide ülserine ve oksidatif strese karşı etkili olduğu, ayrıca karbonhidrat ve lipid metabolizmasını düzenlediği belirlenmiştir (Magri vd. 2022, Salehi-Amiri vd. 2022, Ford vd. 2023).

Avokado meyvesindeki meyve eti içeriği %52-81 kadar olup avokadonun çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Avokado meyve eti işlendiğinde püre, guacamole gibi ürünlere dönüştürülmektedir. Avokado püresi, %67-78 nem, %0.8-8.4 karbonhidrat, %12-24 yağ, %1-3 protein, %1-3 lif içeriğine sahiptir. Enerji değerleri ise 140-228 kcal aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, sodyum gibi minerallere sahiptir. Çinko ve demir gibi elementler içinde iyi bir kaynaktır. Yüksek oranda potasyum ve düşük oranda sodyum içermesinden dolayı diyetinde düşük sodyum olması gereken tüketiciler içinde faydalı bir meyve olduğu belirtilmiştir (Majid vd. 2020).

Son yıllarda, tüketicilerin güvenli, sağlıklı ve minimum işleme hazırlanan taze gıdalara olan talepleri artmıştır. Bu talepler doğrultusunda, avokado püresinin enzimatik aktivitesinin azaltılması, duyuusal kabul edilebilirliğinin artırılması ve raf ömrünün uzatılması için minimum düzeyde işlenmesi önem kazanmaktadır (Plaza et al., 2009).

Bu çalışmada, orta olgunluk derecesine sahip avokado meyveleri kullanılmıştır. Çalışma, avokado püresinin pH düzenlemesi ve mikrodalga pastörizasyonu gibi minimal işleme

yöntemlerinin kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemek üzere tasarlanmıştır. Çalışmanın bir diğer amacı da bozuk şekilli, sınırlı düzeyde zedelenmiş, küçük boyutlu ve dolayısıyla pazar değeri nispeten az olan meyvelerin değerlendirilmesidir. Çalışmada mikrodalga uygulanıp +4°C’de depolanan püreler belirli aralıklarda analiz edilmiş ve zamanla kalite parametrelerindeki değişimler değerlendirilerek raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla renk, pH, polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi, peroksit değeri, *p*-anisidin değeri, toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı (TAMB), maya ve küf ile duyu analizler yapılmıştır.

Ayrıca, bu tez ve teze ilişkin proje kapsamındaki çalışmaların tamamlanması ve öngörülen hedeflere ulaşıldığının saptanmasından sonra hızlandırılmış raf ömrü testi uygulanarak, ürünün potansiyel raf ömrü tahmin edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Avokado

Persea americana Mill. (Lauraceae), Meksika, Guatemala, Kolombiya, Venezuela, Ekvador ve Peru çevresinde yaklaşık 1000 yıl önce ortaya çıkmış olan sürekli yapraklı subtropikal ve tropikal bir ağaçtır ve yaygın olarak bilinen adıyla avokado olarak anılmaktadır. Avokado, kuru ağırlığın %20'sini aşabilen son derece yüksek yağ içeriğine sahiptir, bu nedenle araştırmacılar ona "tereyağı meyvesi" adını vermiştir (Roza vd. 2021). Avokado bitkisinin sistematığı Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Avokado (*Persea americana*) bitkisinin sistematığı (Savaş 2018)

Alem	<i>Plantae</i>
Bölüm	<i>Angiosperms-magnoliids</i>
Takım	<i>Lurales</i>
Famulya	<i>Luraceae</i>
Cins	<i>Persea</i>
Tür	<i>Persea americana</i>

Avokado, 1920'lerde yeni bir ticari ürün olarak ortaya çıkmış ve günümüzde dünya genelinde yaygın bir şekilde üretilmektedir. Başlangıçta sadece menşee ülkelerde sınırlı bir şekilde yetiştirilen avokado, Meksika'dan gelen "Fuerte" çeşidinin Güney ABD'ye tanıtılmasıyla birlikte ticari bir ürün haline gelmiştir. Türkiye'de ise avokado üretimi için ilk adımlar 1970 yılında atılmıştır. Bu süreçte, California'dan getirilen Hass, Fuerte, Bacon ve Zutano gibi ticari çeşitlerin adaptasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle Antalya, Mersin, Muğla, Hatay ve Adana gibi bölgelerde gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda, Türkiye'nin güney sahillerinde Hass, Fuerte, Bacon ve Zutano çeşitlerinin yetiştirilmesine oldukça uygun olduğu belirlenmiştir. Bu sayede Türkiye'de avokado üretimi giderek artmış ve önemli bir tarımsal faaliyet haline gelmiştir (Saygı ve Mankan 2022).

Dünya genelinde avokado üretimi hızla artmakta ve avokadonun kökeni Orta Amerika'ya dayanmasına rağmen, son yıllarda yüksek besin değeri nedeniyle bu meyveye olan küresel ilgi artmış olup tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Meksika, Dominik Cumhuriyeti, Peru, Endonezya, Kolombiya, Amerika Birleşik Devletleri, Şili ve Brezilya gibi ülkeler en büyük üreticiler arasındadır. Özellikle Meksika, dünya genelinde avokado üretiminde lider konumda olup bu meyvenin %30'unu üretmektedir; ardından Dominik Cumhuriyeti, Peru ve Kolombiya gelmektedir. Yerel olarak, özellikle El-Behira valiliği gibi bazı Mısır bölgelerinde avokado yeni yetiştirilmekte olup, bu bölgeler Mısır'ın avokado üretiminin %95'ini karşılamaktadır. İhracatta ise, Meksika toplamın %46'sını oluşturarak listenin başını çekerken, ithalatta Amerika Birleşik Devletleri, Hollanda ve Fransa, toplam ithalatın %64'ünü gerçekleştirerek en talepkar ülkelerdir. Kolombiya, dünya genelinde alan açısından üçüncü sırada olup, dördüncü en büyük üreticisidir ve dünya genelindeki alanın %6'sını oluşturur. 2017 yılında dünya avokado üretimi neredeyse 6 milyon tona ulaşmıştır. Üretimde öncü olan ülkeler arasında Meksika (2 milyon tonun üzerinde), Dominik Cumhuriyeti, Kenya ve Şili yer almaktadır. Avokado üretiminde Amerika kıtası başı çeker (%74) ve aynı zamanda en fazla hasat edilen hektar sayısına sahiptir (406,464 ha). Bu, Afrika (%11.7), Asya (%11.2) ve Avrupa (%1.6) tarafından takip edilir. İspanya, 2017 yılında yaklaşık 90.000 ton üretimle Avrupa'da önemli bir ticari üretim gerçekleştiren tek ülkedir (Martín-Torres vd. 2020, Rozan vd. 2021, Sebastián vd. 2021).

Son on yılda, özellikle gelişmiş ülkelerdeki büyük talep, yılda %5'lik bir artışla yılda beş milyon tonun üzerine çıkmıştır. Bu üretimin çoğu Kuzey ve Güney Amerika'da gerçekleşmekte olup, en büyük üretici olan Meksika, toplam dünya üretiminin beşte birini oluşturarak bu artışa önemli bir katkıda bulunmuştur. Avokado endüstrisinin büyümesinin temel nedenleri arasında avokadonun 'super food' olarak premium bir statüye sahip olması ve çeşitli besinsel profil ve sağlık faydaları sunması yer almaktadır (Shaw vd. 2021).

Avokado, eski zamanlardan beri bilinmekte olup, yüksek miktarlarda makro ve mikro besin, zengin fitokimyasal içeriği, lezzeti ve çeşitli uygulamalara uygunluğu nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak tüketilmektedir. Ayrıca, avokado meyvesinin kimyasal

bileşimi ve biyoaktif bileşenleri, yetiştirildiği yer, çeşit, olgunluk şartları ve hatta ölçülen meyve kısmına kadar birçok faktörden etkilenmektedir. Birçok bilimsel rapor, avokado yağının sağlık üzerinde olumlu etkilerini doğrulamakta ve avokado yağının besinsel özelliklerinin zeytinyağına benzediğini belirtmektedir. Ayrıca, avokado tüketimi kanın düşük yoğunluklu lipoprotein içeriğini azaltırken, yüksek yoğunluklu lipoproteinleri artırarak trigliserid içeriğini düşürmeye katkıda bulunur; bu da vasküler hastalık riskini azaltmaya yardımcı olur (Rozan vd. 2021).

Avokadonun özel kimyasal bileşimi, besleyici ve sağlık üzerindeki etkileri ile ilişkilidir. Yağ içeriği bakımından, avokado meyvesi yalnızca palmye ve zeytin ağaçlarının meyvelerinden daha fazla yağ içerir. Özellikle, avokado meyvesindeki lipid içeriği mevsimsel ve dikim koşullarına bağlı olarak %5 ila %30 arasında değişebilir. Avokado meyvesinde bulunan lipidler, yüksek oranda doymamış yağ asitleri içerir ve insan kardiyovasküler sağlığı için faydalı olan poli doymamış linoleik ve linolenik asitlerin düşük oranını barındırır. Avokado meyve yağında bulunan doymamış yağ asitlerinin yüksek oranı, üstün cilt geçirgenliği ve güneş kremi performansı ile bağlantılıdır. Bu özellikler, avokado yağını kozmetik endüstrisinde sentetik kimyasalların yerine doğal bir içerik olarak kullanılabilir kılmıştır. Ayrıca, avokado çekirdeklerinden elde edilen yağ, geleneksel petrol temelli dizel yakıt yerine biyodizel olarak kullanılacak bir alternatif kaynak olarak öne çıkmaktadır (Ge vd. 2021).

Avokado, armut şeklinde, oval veya neredeyse yuvarlak bir yapıya sahip olan tropikal ve subtropikal bir meyvedir. Bu meyvenin etli kısmı, tamamen soluk sarıdan zengin sarı renklere kadar değişebilen, yumuşak ve ceviz benzeri bir lezzete sahiptir. Kabuğu, derin yeşil veya çok koyu yeşil tonlarda olabilir; düz veya çakıl taşı gibi yapıda, parlak veya mat görümlü, ince veya deri gibi dokuda, kalınlığı 6 mm'ye kadar değişen bir yapıda bulunabilir. Kabuk, aynı zamanda esnek veya tane tane, hatta kırılabilir olabilir (Martinez vd. 2022, Wang vd. 2019).

Avokado meyvesi, içerisinde tek bir tohumu barındıran, yuvarlak veya oval şekilli bir yapıya sahiptir. Bu tohum, fildişi renginde olup, iki kahverengi, ince ve kağıt gibi bir kabukla çevrilidir. Meyvenin genel görünümü, çeşitli renk, dokulama ve lezzet

özellikleriyle zengin bir çeşitliliği yansıtmaktadır. Avokado, bu görsel ve tat duyuşal çeşitliliği ile besleyici bir meyve olarak öne çıkar ve çeşitli yemeklerde kullanılabilir bir içeriğe sahiptir (Martinez vd. 2022).

2.2 Avokado Ağaçları ve Optimal Büyüme Koşulları

Avokado bitkisinin verimli olabilmesi için, sıcak, güneşli ve rüzgarsız bölgeler gerekmektedir. Batı Hint, Meksika ve Guatemala olmak üzere üç farklı Avokado türü bulunmakta ve bu türler yağ verimi ile büyüme açısından farklılık göstermektedir. Batı Hint Avokadoları genellikle büyük boyutlara ulaşır, ancak yağ içeriği en düşük olanıdır. Diğer yandan, Meksika Avokadoları en yüksek yağ içeriğine sahipken, Guatemala türleri bu ikisinin ortasında yer almaktadır. Dayanıklılık açısından incelendiğinde ise, Meksika çeşidi en dayanıklı olanıdır ve -8°C 'ye kadar direnebilirken, Batı Hint çeşitleri donma sıcaklığının altında ölür ve Guatemala ağaçları -4°C 'ye kadar olan sıcaklıklara dayanabilirler. Ayrıca, avokado ağaçlarının en iyi şekilde $20-25^{\circ}\text{C}$ arasında büyüdüğü ve çiçeklenme aşamasında gece 10°C 'nin üzerinde ve gündüz $20-30^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklıklara ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, Avokado ağaçları yeterince sulandığı sürece bu sıcaklığın üzerinde de dayanabilirler. Ancak, Avokado çiçeklerinin çevresel koşullara son derece duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, Kaliforniya, Florida, Avustralya, İsrail ve Fransa gibi bölgelerde yapılan gözlemler, en iyi iklim koşulları altında günlük çiçek açılışlarının düzenli ve öngörülebilir olduğunu, ancak bulutlu günlerin çiçekleri düzensiz bir şekilde açtığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, düşük sıcaklık koşullarında, A tipi çeşitlerde hem erkek hem de dişi çiçek açılışlarının geriye doğru gecikebileceği ve B tipi çeşitlerin tipik davranışını sergilediği gözlemlenmiştir (Bhore vd. 2021).

Avokado, hastalık toleransı, yetişme bölgesine uyum ve artırılmış verim açısından seçilen bir anaç çeşidi üzerine aşılanarak yetiştirilen bir aşı ürünüdür. Uzun gençlik dönemi ve dışa çapra özelliği nedeniyle aşılama, gerçek tip meyve üretimini koruyarak ve meyve üretimini (tohumlu bir bitkiden 3-5 yıl önce) daha erken bir olgunluk durumunu sürdürerek sağlar (Shaw vd. 2021).

2.3 Avokadonun Besin Değerleri, Biyoaktif Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Potansiyel Faydaları

Avokado, besin ve fitokimyasal özellikleri çoğunlukla sağlık ile ilgili faydalarıyla ilişkilendirildiği için bir "süper gıda" olarak kabul edilmektedir. Avokado meyvesi, A, B, C, E, K vitaminleri ile mineral besin maddelerini (Mg, K, Na), lif, tekli doymamış yağ asitleri ve düşük doymuş yağ asitlerini içermektedir. Avokado meyvesinin en belirgin özelliklerinden biri de yüksek lipid içeriğine sahip olan yağıdır. Bu yağ ağırlıklı olarak tekli doymamış yağ asitlerinden oluşmakta olup bu yağ asitleri, kardiyovasküler sistem için sağladıkları faydalarla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, ateroskleroz (lipidlerin dolaşım ve bağışıklık sistemindeki hücrelere nasıl yapıştığını değerlendiren) ve trombojenite (damarlarda kan pıhtısı oluşma eğilimini değerlendiren) indeksleri ile inflamatuvar etkiler üzerinden değerlendirildiği belirtilmiştir. Avokado, yağ rezervlerini şekerlere ek olarak sıvı yağlar ve katı yağlar şeklinde depolayan nadir meyvelerdendir. Tüketimi diğer yağda çözünen vitaminlerin ve besin maddelerinin emilimini artırarak, kardiyovasküler hastalık, diyabet ve kanser riskini azaltmada ve kilo yönetimine yardımcı olmada rol oynadığı bildirilmektedir (Shaw vd. 2021, Gonçalves vd. 2024).

Avokado temelde üç kısma ayrılır:

1. İç kısım (çekirdek)
2. Orta kısım (etli kısım/meyve eti)
3. Dış kısım (kabuk) (Muleta vd. 2023)

2.3.1 Avokado meyve eti

Avokadonun çeşitlerine bağlı olarak posa içeriği, meyve kütlelerine göre %52,9 ile %81,3 arasında değişebilir. Avokado meyve etinden suyun uzaklaştırılmasından sonra, yüksek miktarda lipid ve düşük karbonhidrat seviyeleri kalır, bu da ürüne yüksek bir kuru madde içeriği sağlar. Bu nedenle, lipid fraksiyonunu ana bileşen olarak sunan az sayıdaki kültür meyvesinden biri olarak kabul edilir ve bu fraksiyon meyve kısmının %25'ine kadar ulaşabilir. Avokado meyve eti, %67 ila %78 nem, %13,5 ila %24 lipid, %0,8 ila %4,8

karbonhidrat, %1,0 ila %3,0 protein, %0,8 ila %1,5 kül, %1,4 ila %3,0 lif ve 140 ila 228 kcal enerji yoğunluğuna sahiptir. Avokado, muz dışındaki diğer meyvelere göre dört kat daha fazla besin değerine sahip olup, %1 ila %3 arasında protein ve yağda oznen vitaminler, folik asit, kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, kükürt ve silikon içerir. Tüm bunlara ek olarak da E, B1, B2 ve D vitaminlerini içermektedir (Duarte vd. 2016). Ayrıca, avokado karbonhidratlarının yaklaşık olarak %80'i diyet lif'den oluşmaktadır. Bu lifin %30'u oznebilir, %70'inin ise oznmez lif içerdiği belirtilmiştir (Mahmassani vd. 2018).

2.3.2 Avokado kabuğu

Avokado kabuğu, yaklaşık olarak %62-73.3 karbonhidrat, %4-8.3 protein, %4.4 -9.1 lipit ve neredeyse %50 lif içermekte olup, aynı zamanda önemli miktarda biyoaktif bileşikler içermektedir. Avokado kabuğu yüksek bir fenolik içeriğe sahiptir ve bu, genellikle taze kabukta 0.6 ila 6.8 mg galik asit eşdeğerini/g örnek (mg GAE/g örnek) arasında, kuru kabukta ise 4.3 ila 120.3 mg GAE/g arasında değişmektedir. Avokado kabuğu, kavun, muz, ananas, papaya ve karpuz gibi diğer tropikal meyvelere kıyasla en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir ve kurutulmuş kabuk, diğer meyve kabuklarına göre en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterir. Bu nedenle, avokado kabuğu önemli bir biyoaktif kaynaktır (Akan 2021).

2.3.3 Avokado ekirdeği

Avokado ekirdeği, çeşitli besleyici ve biyoaktif bileşikler açısından zengin bir kaynaktır. Özellikle, proteinler, nişasta, lipitler, ham lif, vitaminler, mineraller ve birçok fitokimyasal içermektedir. Avokado ekirdeğinin, %71.9 karbonhidrat, %3.9 lif, %3.4 kül, %4.8 protein, %4.6 lipid ve %8.7 nem içerdiği bildirilmiştir. Avokado ekirdeği, çeşitli minerallerin (fosfor, kalsiyum, potasyum, demir, sodyum, çinko, bakır, kobalt ve kurşun) zengin bir kaynağıdır. Ayrıca, A vitamini, tiamin (B1), riboflavin (B2), niyasin (B3), C vitamini ve E vitamini gibi çeşitli vitaminleri içerirler. Avokado çekirdeğindeki mineral konsantrasyonları 100 gram başına sırasıyla 4.16 mg (P), 0.09 mg (Ca), 0.82 mg (Na) ve 1.41 mg (Zn) olarak ve çeşitli vitaminlerin konsantrasyonları da 100 gram başına

sırasıyla 10 mg (A), 0.33 mg (B1), 0.29 mg (B2), 0.06 mg (C) ve 0.12 mg (E) olarak belirlenmiştir (Domínguez vd. 2014, Bangar vd. 2022).

2.4 Avokadonun Sağlık Üzerine Etkileri

Avokado, besin içeriği ve sağlık üzerindeki çok yönlü faydalarıyla dikkat çeken bir meyvedir. Avokadonun %72'si su ve %6.8'i diyet lifidir. Orta-düşük enerji yoğunluğuna (1.7 kcal/g) sahiptir ve yarım avokado başına yalnızca 0.2 g gibi düşük bir şeker içeriği sunmaktadır. Diyet lifi, potasyum, magnezyum, A, C, E ve K1 vitaminleri, folat, B6 vitamini, niasin, riboflavin ve kolin gibi vitamin ve mineraller açısından zengin olan avokado, ayrıca lutein/zeaksantin, fitosteroller ve tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) gibi biyoaktif bileşenler ihtiva etmektedir. Kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler gösteren avokado, düşük doymuş yağ asidi (SFA) ve yüksek doymamış yağ asidi (MUFA ve PUFA) içeriği sayesinde LDL kolesterolü ve trigliserid seviyelerini düşürüp HDL kolesterolü artırarak kalp sağlığını desteklemektedir. Potasyum içeriği kan basıncını düzenlerken, lutein ve zeaksantin gibi antioksidanlar oksidatif stresi azaltarak damar sağlığını korumaktadır. Yüksek lif içeriği, tokluk hissini artırır ve kilo yönetimine katkı sağlamakta ve aynı zamanda da bağırsak sağlığını desteklemektedir. Benzersiz bir şeker formu olan D-mannoheptüloz ile kan şekeri kontrolüne yardımcı olmaktadır. Lutein ve zeaksantin içeriğiyle avokado, göz sağlığını korur, yaşa bağlı makula dejenerasyonu riskini azaltır ve karotenoidlerin emilimini artırır. Osteoartrit semptomlarını hafifletebilecek anti-inflamatuvar özelliklere sahip olan avokado, eklem sağlığını destekler. İçerdiği antioksidanlar ve fenolik bileşikler, DNA hasarını önleyerek yaşlanma belirtilerini azaltır, cilt sağlığını destekler ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etkiler göstermektedir. Avokado, sağlıklı beslenme planlarının önemli bir parçası olarak genel sağlık üzerinde geniş kapsamlı yararlar sağlamaktadır (Dreher ve Davenport 2013).

2.4.1 Metabolik sendrom

Flores-Balderas vd. (2013)'nin ABD'li yetişkinlerde avokado tüketiminin genel beslenme kalitesi, besin alımı ve metabolik sendrom risk faktörleri üzerindeki etkileri üzerine yaptığı araştırma, 2001-2008 yılları arasında Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme

Anketi'nden (NHANES) elde edilen verilere dayanmaktadır. Çalışmada, avokado tüketenlerin daha yüksek diyet kalitesine sahip oldukları, daha fazla sebze, meyve, toplam yağ, tekli doymamış yağ ve diyet lifi tükettikleri, aynı zamanda eklenmiş şeker tüketimlerinin daha düşük olduğu ve ve metabolik sendrom risklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Avokado tüketen bireylerde vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi (BMI) ve bel çevresi daha düşük bulunmuş, yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C) seviyelerinin ise daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, avokado tüketiminin metabolik sendrom riskini %50 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır.

2.4.2 Kardiyovasküler Sağlık

Tekli doymamış yağlar ve diyet lifleri bakımından zengin olan avokadonun, kan şekeri ve insülin gibi kardiyometabolik riskler üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir (Park vd. 2018).

Okobi vd. (2023) avokado tüketiminin kalp hastalıkları risk faktörleri üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik bir araştırma yapmıştır. Araştırmada, avokadonun içeriğindeki sağlıklı yağlar, lif ve bitkisel bileşiklerin, kolesterol seviyelerini iyileştirerek kalp sağlığına katkı sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmaya göre, düzenli olarak avokado tüketenlerde toplam kolesterol ve “kötü” kolesterol olarak bilinen düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyelerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu, kalp hastalıkları riskini azaltabilecek bir durumdur. Ayrıca, avokadonun “iyi” kolesterol olarak bilinen yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) üzerindeki etkisi ise tüketilen diyet türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Düşük yağ içeren diyetlerde avokado tüketmek HDL seviyelerini artırırken, normal diyetle tüketildiğinde bu etki sınırlı kalmıştır. Bu çalışma, avokadonun sağlıklı bir diyetin parçası olarak kolesterol seviyelerini düzenlemeye yardımcı olabileceğini ve bu yolla kalp hastalıkları riskini azaltabileceğini göstermektedir.

Wang vd. (2015) avokadonun diyetlerde doymuş yağ asitleri yerine kullanılarak düşük yoğunluklu lipoprotein kolestrolü (LDL-C) düşürebilen ve tekli doymamış yağ asitleri açısından zengin bir kaynak olduğunu belirtmişlerdir fakat avokado tüketiminin

kardiyovasküler hastalık risk faktörleri üzerine etkilerinin iyice incelendiği çalışmaların kısıtlı olduklarını savunmuşlardır. Bu sebeple yaptıkları çalışmada günlük bir Hass çeşidi avokadonun Günde bir avokado içeren orta yağlı, kolesterol düşürücü bir diyet, özellikle küçük yoğun LDL üzerinde olmak üzere, LDL-C, LDL-P ve non-HDL-C üzerinde ek düşürücü etkiler sağladığını ve avokadonun yalnızca kalp dostu yağ asidi profiliyle sınırlı kalmayan kardiyometabolik risk faktörleri üzerinde yararlı etkileri olduğu sonucuna varmışlardır.

2.4.3 Göz sağlığı

Avokadolar yüksek miktarda antioksidan içerir. İçerdiği bu güçlü antioksidanlar sayesinde göz sağlığını korumaya yardımcı olur. Bu antioksidanlar arasında lutein ve zeaksantin vardır. Bunlar göz sağlığı için son derece önemlidir ve araştırmalara göre, lutein ve zeaksantin katarakt ve yaşlılarda yaygın olarak görülen makula dejenerasyonu riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle, avokado tüketiminin uzun vadede göz sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu saptanmıştır (Chaudhary vd. 2015).

Gupta (2023) avokadodaki karotenoidlerin, özellikle lutein ve zeaksantin içeriğinin varlığının, göz sağlığına fayda sağladığını ve yaşa bağlı makula dejenerasyonu riskini potansiyel olarak azalttığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Arachchige vd. (2019)'da avokadonun içermiş olduğu lutein ve zeaksantin gibi güçlü antioksidanlar ile E vitamini gibi bileşenlerin göz sağlığı için büyük önem taşıdığını ve makula dejenerasyonu ile katarakt riskini azaltmaya yardımcı olduğunu açıklamıştır.

2.4.4 Kanser

Kanser, 2018 yılında dünya genelinde 17 milyon yeni vaka ve 9,5 milyon ölümlle büyük bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır. Kanseri, dünya çapında ölüm nedenleri arasında ikinci sırada yer almakta olup, önümüzdeki yıllarda kanser görülme sıklığı ve ölüm oranlarının artması beklenmektedir. Kanseri önlenmesine yönelik değiştirilebilir faktörlerin belirlenmesi, hastalık ve ölüm oranlarını azaltmada umut vaat etmektedir.

Meyve ve sebzeler açısından zengin diyetler, çeşitli kanser türleri için daha düşük bir risk ile ilişkilendirilmiştir. Avokadoda bulunan fitokimyasalların kanser önleme açısından faydalı olabileceğini öne sürülmüştür. Mesela, avokadodan elde edilen fitokimyasallar ve ekstraktların, kanser hücre hatlarında apoptoz (programlanmış hücre ölümü), hücre döngüsü durdurulması, antioksidan aktivite ve hücre çoğalmasının inhibisyonu gibi antikarsinojenik etkiler göstermektedir. Avokadolar karotenoidler açısından zengin olup, epidemiyolojik çalışmalar dolaşımdaki toplam karotenoid seviyeleri ile mesane kanseri ve meme kanseri riskinin ters orantılı olduğunu; ayrıca bazı karotenoidlerin alımı ile kolorektal adenom ve prostat kanseri riskinin azaldığını göstermiştir. Avokadodaki yüksek tekli doymamış yağ asitleri seviyesi de kanser önleme açısından oldukça önemlidir. Araştırmalar, tekli doymamış yağ asitlerinin ağız ve yutak kanseri, pankreas kanseri ve mesane kanseri riskine ters orantılı olduğunu bulmuştur. Ek olarak, avokadolardan elde edilen tekli doymamış yağ asitlerinin artan alımının prostat kanseri riskini azalttığı ortaya konmuştur. Bu bilgiler, avokadonun tekli doymamış yağ asitleri kaynağı olarak kanser önlemede avantajlı olduğunu göstermektedir (Ericsson vd. 2023).

2.4.5 Cilt ve Saç Sağlığı

Avokadodaki vitaminler, mineraller ve sağlıklı yağların, cilt ve saç sağlığına katkıda bulunmaktadır. E ve C vitaminleri ile birlikte biyotin, cilt elastikiyetini, nem dengesini ve kolajen üretimini desteklemektedir. Aynı zamanda sağlıklı yağlar saç derisini ve saçı besleyerek saçların güçlenmesine ve sağlıklı bir görünüme kavuşmasına katkıda bulunduğu açıklanmıştır (Maity vd. 2023).

Avokadonun cilt elastikiyetini artırmasının yanı sıra cilt sıkılığını artırdığı da belirtilmiştir. İçerdiği karotenoidler, tekli doymamış yağ asitleri ve fenoller gibi bileşikler sayesinde faydalı özelliklere sahip oldu biline avokadonun cilt elastikiyeti ve sıkılığını artırması gibi cilt üzerindeki bilinen faydaları nedeniyle genelde krem olarak topikal uygulamalarla da ilişkilendirilmiştir. Son zamanlarda avokadonun günlük beslenmede yer almasının cilt sağlığına katkıda bulunduğu ifade edilmiştir (Flores-Balderas vd. 2023).

Henninh vd. (2022) 8 hafta boyunca günde bir avokado tüketiminin cilt elastikiyeti, sıklığı, nemliliği, pigmentasyonu ve UVB ışınlarına karşı direnci üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Günde bir avokado tüketiminin, yüz cildinde elastikiyet ve sıklık artışı sağladığı tespit edilmiştir. Bu etkinin, avokadonun bünyesinde bulunan tekli doymamış yağ asitleri, karotenoidler ve diğer biyoaktif bileşiklerden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, avokadonun bu zengin profilinin, cilt sağlığını destekleyici bir gıda olarak değerlendirilmesini mümkün kılmakta olduğunu ve yaşlanma karşıtı diyetlerde rol oynayabileceğini belirtmişlerdir.

2.4.6 Obezite

Avokado, zengin besin içeriğiyle obezite yönetiminde önemli bir rol oynayabilecek bir besindir. Lif, tekli doymamış yağ asitleri ve fitokimyasallar açısından zengin olan avokado, artan tokluk hissi ve azalan açlık sayesinde enerji alımını kontrol etmeye yardımcı olarak, fazla kilo ya da obez olma riskini düşürmektedir. Araştırmalar, avokadonun diyetlere dahil edilmesinin kilo yönetimine destek sağlayabileceğini ve sağlıklı bir diyetin önemli bir parçası olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Segovia-Siapco vd. 2021).

Heskey vd. (2019) avokado tüketiminin yetişkinlerde kilo alımı ve obezite üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, geniş bir katılımcı grubuyla avokado tüketimi ile kilo kontrolü arasındaki ilişkiyi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, düzenli avokado tüketiminin kilo alımını azaltabileceğini ve obezite riskini düşürebileceğini göstermiştir. Günde ≥ 32 gram avokado tüketen bireylerin, hiç tüketmeyenlere kıyasla daha az kilo aldığı ve daha düşük vücut kitle indeksi (BMI) değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, avokadonun lif, tekli doymamış yağ asitleri ve fitokimyasallar gibi zengin besin içeriği sayesinde tokluk hissini artırarak kilo kontrolüne yardımcı olabileceğini ve fazla kilo ile obezite riskini azaltabileceğini göstermektedir. Çalışmada avokadonun obeziteyi önlemede potansiyel bir gıda olarak değerlendirilebileceğini vurgulanmıştır.

Dreher vd. (2021) yaptıkları araştırmada avokado tüketiminin obezite ile ilişkisi üzerinde önemli bulgulara ulaşmışlardır. Düzenli avokado tüketiminin kilo yönetimi üzerinde

olumlu etkiler sağlayabileceğini ve obezite riskini azaltabileceğini bulmuşlardır. Özellikle, fazla kilolu veya obez kadınlarda, avokado tüketiminin kilo kaybını desteklediği, viseral yağ dokusunu azalttığı ve obezite riskini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Zhu vd. (2019) avokado tüketiminin doyumluk hissi ve obezite ile ilişkisini incelemiştir. Çalışmada, yüksek karbonhidrat içeren bir öğünde karbonhidrat enerjisinin, avokadodan elde edilen yağ ve lifle değiştirilmesinin doyumluk hissi üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Tüm öğünlerin açlığı azalttığını ve doyumluk hissi oluşturduğu fakat tam avokado içeren öğün, düşük yağlı kontrol öğününe kıyasla açlığı daha fazla baskılamış ve katılımcıların kendilerini daha tok hissetmelerini sağlamıştır. Bu etkinin, tokluk hissini artıran hormonal değişimlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Avokadonun karbonhidrat yerine sağlıklı yağ ve lif kaynağı olarak kullanılmasının, obez bireylerde tokluk hissini artırabileceğini ve yemek sonrası metabolik tepkileri iyileştirebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, avokado tüketiminin kilo yönetimi ve obezite kontrolü için faydalı bir gıda olabileceğini işaret etmektedir.

2.5 Avokado Çeşitleri

Avokado, besin değeri yüksek ve enerji bakımından zengin meyvesiyle bilinen antik bir sürekli yapraklı ağaç türüdür. Lauraceae ailesindeki tek ticari meyve olan avokado, 45 cins ve 2500'den fazla tür içeren geniş bir ailede özel bir konuma sahiptir. Orta Amerika'ya endemik olan avokado, Doğu ve Orta Meksika'dan başlayarak Guatemala üzerinden Orta Amerika'nın batı kıyısına kadar uzanan bir doğal yayılım alanına sahiptir. Günümüzde avokado, dünya genelinde birçok tropikal ve subtropikal bölgede yetiştirilen, yüksek değerli bir ağaç ürünüdür (Shaw vd. 2021).

Avokado, ilk kez insanlar tarafından 8000 yıl önce keşfedildi. Ancak mevcut araştırmalar, en az üç coğrafi bölgede evcilleştirme olayının gerçekleştiğini göstermektedir. Bugün itibariyle üç ana yetiştirilen çeşit bulunmakta olup, bunlar kökenleri, morfolojik özellikleri, fizyolojik özellikleri ve bahçe yetiştirme özellikleri temel alınarak ayırt edilmektedir:

1. Meksika eşidi (*P. americana* var. *drymifolia*) yüksek rakımlı Meksika'dan,
2. Guatemala eşidi (*P. americana* var. *guatemalensis*) yüksek rakımlı Guatemala'dan ve
3. Batı Hint eşidi (*P. americana* Mill. var. *americana*) alçak rakımlı Meksika'dan gelmektedir.

Bugünkü ticari çeşitler genellikle bu üç ana ırktan türemiş melezlerdir ve ekonomik olarak en etkili olanı, neredeyse küresel avokado meyve pazarının tamamını domine eden Hass eşididir (Shaw vd. 2021).

Avokadonun birden fazla çeşidi bulunmaktadır. Başlıca eşitleri: Bacon, Beta, Dickenson, Duke, Fuchsia, Gottfried, Hass, Lula, Monroe, Nabal, Edranol, Ettinger, Fortuna, Dourado, Hass, Ouro Verde, Fuerte, Quintal, Geada, Choquette, Prince, Margarida, Collinson, Breda, Manteiga, Beatriz ve Booth olarak belirtilmiştir. Bu çeşitlerden bazılarının özellikleri izelge 2.2'de verilmiştir (Tripathi vd. 2014, Mardigan vd. 2019, Alnasan 2019, Bernal ve Diaz 2008, Chen vd. 2008, Bayram vd. 2006, Afzal vd. 2022, Crane vd. 2023, Mpai ve Sivakumar 2020).

2.6 Avokadonun Kullanım Alanları / Uygulamaları

Avokado, dünya genelinde farklı coğrafyalarda çeşitli şekillerde tüketilmekte olup, genellikle salata meyvesi olarak kullanılmakta, guacamole yapımında işlenmekte ve sandviç sürümlerinde değerlendirilmektedir. Avustralya ve Yeni Zelanda'da avokado başarılı bir şekilde yetiştirilmekte ve genellikle çiğ olarak tüketilmekte, ayrıca tuzlu yemeklerde, salatalarda ve sandvilerde sıkça tercih edilmektedir. Avokado yağı, meyve etinden çıkarılarak yemeklik yağ olarak soslarda, salatalarda ve marinasyonlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, avokado yağı; temizleme kremleri, güneş losyonları, saç kremleri, nemlendiriciler ve makyaj bazları gibi cilt bakım ürünlerinde de yaygın olarak tercih edilmektedir. Ayrıca avokadonun, gıda kontaminasyonunun başlıca etkenlerinden biri olan *Escherichia coli* gibi bakterilere karşı antimikrobiyal özellik gösteren maddeler içerdiği de belirtilmiştir. Toz haline getirilmiş avokado çekirdekleri ise kepeği gidermek amacıyla saa uygulanmaktadır. Dünya genelinde avokado, bölgelere özgü farklı şekillerde kullanılmaktadır. Tayvan'da avokado, süt ve şekerle tüketilirken; Meksika ve

Brezilya'da sorbeler ve dondurmalara eklenmektedir. Brezilya'da avokado, şeker ve limon ile tatlandırılarak tatlı olarak tüketilmektedir. Bu tüketim şekli, Portekizce konuşulan diğer ülkelerde de yaygındır ve geleneksel bir tat olarak kabul edilmektedir. Meksika'da guacamole, avokado ile yapılan en ünlü yiyeceklerden biridir. Guacamole, biber, kişniş, misket limonu ile ezilmiş avokadonun harmanlanmasıyla hazırlanır ve ekmeğe ya da yemeklerin yanında servis edilir. Meksika ve diğer İspanyolca konuşulan ülkelerde avokado, pilav, çorba ve salatalarda sıkça kullanılmaktadır. Endonezya'da avokado, kahve, süt ve rom ile karıştırılarak serinletici bir içecek olarak hazırlanırken, Küba'da buharda pişirilmiş balıkla birlikte servis edilen bir sosun yapımında avokado püresi, yeşil zeytin, kapari, zeytinyağı ve limon suyu kullanılmaktadır. Karayipler'de avokado, sarımsak, tuz ve hindistancevizi ile karıştırılarak ana yemek olarak servis edilmektedir. Japon mutfağında avokado, suşi ve maki gibi yemeklerde tercih edilmektedir. Avokado, Kaliforniya ruloları gibi sağlıklı yemeklerin bir parçası olarak dünya genelinde tanınmaktadır. Kore'de sütle karıştırılarak vücut losyonu ve yüz kremi olarak değerlendirilmektedir. Hindistan, Filipinler, Vietnam ve Endonezya'da avokado püresi ile yapılan süt bazlı tatlı içecekler oldukça popülerdir. Avokado püresi, süt ve şekerle karıştırılarak tatlı bir içecek olarak servis edilmekte, Nikaragua'da ise avokado, içi peynirle doldurulup kızartılarak ve fırınlanarak hazırlanmaktadır. Afrika'da avokado tüketimi oldukça çeşitlidir. Etiyopya'da avokado, muz, papaya, mango ve guava gibi meyvelerle karıştırılarak renkli bir içecek olarak tüketilmektedir. Nijerya, Kenya ve Gana'da avokado, meyve olarak ya da salatalarda dilimlenerek tüketilirken, püre haline getirilmiş avokado sandviçlere eklenmektedir. Güney Afrika'da ise avokado milkshake'leri popülerdir. Restoranlarda karides kokteyli ile doldurulmuş yarım avokado servisi yaygındır. Ayrıca, ciabatta ekmeğinde somon füme ve krem peyniri ile birleştirilen avokado, tercih edilen bir lezzettir. Haiti'de ise avokado, sabah kahvaltılarında tüketilmektedir. Genellikle, sabahları manyok ekmeğiyle birlikte avokado tüketilmektedir. Şili'de avokado, tavuk, hamburger ya da soslu sandviçlerin üzerine püre halinde sürülerek tüketilirken, dilimlenmiş avokado Sezar salatasına eklenmektedir. Peru'da özellikle balık ya da tavuk yemekleriyle birlikte servis edilen avokado dilimleri dilimleri oldukça popülerdir. Bunlara ek olarak, avokadonun işlenmesiyle yeni ürünler geliştirilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi kullanılarak besin değeri yüksek avokado meyve suyu küpleri üretilmiştir. Avokado sütü tozu, oldukça besleyici içeriği sayesinde

bağışıklık sistemini desteklemekte ve süt barları ile çikolatalar gibi katma değerli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu bilgiler ışığında, avokado dünya genelinde hem geleneksel hem de yenilikçi şekillerde tüketilmekte ve birçok kültürde farklı mutfak uygulamalarıyla yer bulmaktadır (Stephen and Radhakrishnan 2022, Kırmızıkuşak 2023).

2.6.1 Avokado yağı

Avokado yağı, kimyasal bileşimi ve fonksiyonel özellikleri ile öne çıkan bir yağdır. Bu yağ, diğer bitkisel yağlarla kıyaslandığında, başlıca yağ asitleri oleik ve linoleik asit olduğu belirtilmiştir. Zeytinyağına benzer şekilde, oleik asit (%59.46-67.69), palmitik asit (%12.79-17.50) ve linoleik asit (%10.50-15.15) gibi yağ asitleri açısından zengindir. Naturel avokado yağı, yaklaşık %65-71 tekli doymamış yağ asidi içermektedir ve kardiyovasküler sağlık için faydalı özellikler sunmaktadır. Aynı zamanda β -sitosterol, kampesterol ve stigmasterol gibi fitosteroller ve antioksidanlar açısından da zengin bir kaynaktır (Genç vd. 2022, Nasri vd. 2021).

Avokado meyvesi “yağ meyvesi” olarak adlandırılmakta olup bu meyve yüksek besin değeri ve birçok yerde tüketilmesiyle bilinmektedir. Özellikle de bu meyvenin lipit içeriği diğer meyvelere kıyasla daha yüksektir. Bu yağ, dünya genelinde kullanılan bir yağ türüdür ve hem kozmetik sektöründe hem de gıda bileşeni olarak tercih edilmektedir (Takenaga vd. 2008).

Çizelge 2.2 Avokado çeşitlerinin genetik köken, şekil, meyve eti ve kabuk renkleri ile yüzey ve ağırlık özellikleri (Tripathi vd. 2014)

Tür	Köken	Şekil	Meyve Et Rengi	Kabuk ve kabuk rengi	Yüzey özelliği	Ağırlık (g)
Fuerte	Meksika x Guatemala	Eliptik	Soluk sarı	Kalın- yeşil	Düz ile pürüzlü arası, puslu	170-500
Hass	Meksika x Guatemala	Oval	Koyu sarı	Orta kalın-siyahımsı mor	Çok pürüzlü	140- 400
Bacon	Meksika x Guatemala	Oval	Açık sarı krem	İnce- yeşil	Pürüzsüz	170-510
Zutano	Meksika x Guatemala	Oval veya eliptik	Açık sarı krem	İnce-sarımsı yeşil	Düzgün	200-400
Ettinger	Meksika	Eliptik	Açık sarı krem	İnce- parlak yeşil	Düzgün	170-510
Quintal	Guatemala x Antil	Oval	Sarı	Yeşil	Pürüzsüz	500-800
Fortuna	Guatemala ve Batı Hindistan	Oval	Sarı	Koyu yeşil	Pürüzsüz	816.7-1075
Choquette	Florida	Oval	Sarı	Kalın- koyu yeşil	Pürüzsüz	510- 1.134
Collinson	Florida	Oval	Kremsi sarı	Koyu yeşil	Pürüzsüz	500
Reed	Guatemala	Oval	Sarı	Orta kalın-koyu yeşil	Çok hafif pürüzlü	227- 510
Beta	Guatemala ve Batı Hindistan	Eliptik	Sarı-yeşil	İnce- Yeşil	Pürüzsüz	543-680
Dickenson	Guatemala	Oval	Açık sarı-yeşil	Çok kalın- Koyu mor	Pürüzlü	360-480
Duke	Meksika	Oval	Sarı-yeşil	Orta-yeşil	Pürüzsüz	227-340
Fuchsia	Batı Hindistan	Eliptik	Soluk sarı	İnce-parlak	Pürüzsüz	328-490
Nabal	Guatemala	Yuvarlak	Koyu sarı	Orta-mor	Pürüzsüz	140-400
Gottfried	Miami	Eliptik	Sarı- yeşil	İnce-mor	Pürüzsüz	210-250
Lula	Guatemala x Batı Hindistan	Eliptik	Açık koyu yeşil	Orta- koyu yeşil	Pürüzsüz	391-680
Monroe	Guatemala x Batı Hindistan	Eliptik	Soluk sarı	İnce- koyu yeşil	Pürüzsüz	453-1133
Edranol	Guatemala x Kaliforniya	Yuvarlak	Sarı	Orta- koyu yeşil	-	255-500

Avokado yağı, zengin kimyasal yapısı ve yüksek besin değeri ile dikkat çeken bir yağdır. Yüksek yanma noktası (250°C'nin üzerinde), oksidasyona dayanıklı yapısı ve hafif tereyağımsı aroması, onu özellikle kızartmalar, hafif pişirme uygulamaları ve salatalar için ideal bir seçim haline getirmektedir. Bu özellikler, avokado yağını mutfakta zeytinyağına güçlü bir alternatif olarak öne çıkarmaktadır. Yağın oksidasyona karşı dirençli olması, içeriğinde yüksek seviyede bulunan tekli doymamış yağ asidi (oleik asit) ve E vitamini ve karotenoidler gibi doğal antioksidanlar ile ilişkilidir. Bu bileşenler, sadece yağın stabilitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda sağlığa katkı sağlayan özellikler de sunmaktadır. Kozmetik endüstrisinde avokado yağı, cilt bakım ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek emoliyon özellikleri, cilt tarafından hızlı emilim sağlaması ve cildi nemlendirici etkileri ile bilinmektedir. Güneşten koruma sağlar, kepek tedavisi ve sedef hastalığı gibi cilt sorunlarında kullanılan formülasyonlarda yer almaktadır. Ayrıca, pigmentler ve fosfolipidler gibi istenmeyen bileşenlerin uzaklaştırılması için genellikle rafine edilerek kullanılır ve bu da yağı tüketici beklentilerine uygun hale getirir. Avokado yağı, yenilikçi uygulamalarda da dikkat çekmektedir. Nanoteknoloji alanında, nanoparçacık üretimi ve biyopolimer sentezinde karbon kaynağı olarak kullanılmaktadır. Farmasötik ürünlerde doğal emülsifiye edici ajan olarak değerlendirilen avokado yağı, yapılandırılmış lipidlerin geliştirilmesinde de yer bulmaktadır. Bu çok yönlü kullanım alanları, avokado yağını sadece gıda ve kozmetik sektörlerinde değil, aynı zamanda çevresel ve teknolojik uygulamalarda da değerli bir kaynak haline getirmektedir (Cervantes-Paz ve Yahia 2021).

2.6.2 Avokado çekirdeği

Avokado çekirdeği, meyvenin toplam kütlelerinin yaklaşık %13-18'ini oluşturmakta ve fitokimyasal açıdan zengin bir yapıya sahiptir. Çekirdeğin bileşimi; flavonoidler (20.33 mg/100g), tanenler (0.76 mg/100g), saponinler (0.52 mg/100g), oksalatlar (4.40 mg/100g), fitatlar (0.44 mg/100g) ve alkaloidler (5.40 mg/100g) gibi biyoaktif bileşenlerden oluşmaktadır. Çekirdekte ayrıca kafeik asit (13.7-22.5 mg/100g), klorojenik asit (0.0516-1,953 mg/100g), kateşin (24.3-2,000 mg/100g), epikateşin (1,106-2,906 mg/100g), ferulik asit (0.09-1.2 mg/100g), rutin (0.22 mg/100g), procyanidinler (152-5,560 mg/100g) ve vanilik asit (286 mg/100g) gibi polifenoller de bulunur.

Çekirdeğin bu zengin kimyasal profili, doğal bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynak olarak değerlendirilmesine imkan tanımaktadır (Setyawan vd. 2021).

Avokado çekirdeği, gıda ve kozmetik endüstrilerinde çeşitli kullanım alanlarına sahip değerli bir yan üründür. Gıda endüstrisinde, çekirdeğin antimikrobiyal özellikleri, özellikle et ve diğer bozulabilir gıdalarda doğal bir koruyucu olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Çekirdekten elde edilen nişasta, soslar, çorbalar ve tatlılar gibi ürünlerde kıvam artırıcı bir bileşen olarak değerlendirilebilmekte ve koyulaştırıcı ya da stabilizör olarak işlev görmektedir. Ayrıca, çekirdeğin yüksek antioksidan içeriği, fonksiyonel gıda ürünlerinde sağlık destekleyici bir bileşen olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır. Kozmetik sektöründe ise avokado çekirdeği özütleri, cilt bakım ürünlerinde kullanılmakta ve cilt elastikiyetini artırma, lekeleri azaltma ve UV ışınlarının zararlı etkilerini önleme gibi faydalar sunmaktadır. Çekirdekten elde edilen yağlar, nemlendirici ve onarıcı özellikleriyle sabun, şampuan ve diğer bakım ürünlerinde değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, avokado çekirdeğinden elde edilen nişasta, biyoplastik üretiminde çevre dostu bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Bu nişasta, yenilenebilir biyopolimerler ve ambalaj malzemelerinin üretiminde kullanılarak endüstriyel atıkların azaltılmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir. Bu tür uygulamalar, çevresel sürdürülebilirliğe ve ekonomik fayda yaratılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Charles vd. 2022, Tesfaye vd. 2022).

Bangar vd. (2022) Avokado çekirdeği ve çekirdekten elde edilen ekstraktların, sahip oldukları zengin biyoaktif bileşenler sayesinde gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Örneğin, avokado çekirdeği ekstraktının hazır çorbalar ve içecek ürünlerinde değerlendirilmekte ve besin destek ürünü (nutrasötik) olarak kullanılabilir. Ayrıca, fenolik bakımından zengin içeriği sayesinde yağ/su emülsiyonlarının stabilizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Antioksidan özellikleriyle bilinen bu ekstrakt, içeceklerde antioksidan çayı olarak tüketilebilmekte ve katı substrat üzerinde fermente ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır. Avokado çekirdeği ise, et ve et ürünlerinde doğal bir katkı maddesi olarak tercih edilmektedir. Örneğin, çiğ domuz köftelerinde ve et burgerlerinde doğal antioksidan olarak kullanılabilirken, antibakteriyel özellikleriyle de gıda güvenliğini artırmaktadır. Ayrıca, ayçiçek yağında antioksidan madde olarak, havuç püresinde ise doğal bir koruyucu olarak

değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, avokado çekirdeği, atık su arıtımı ve emülsiyon stabilizasyonu gibi endüstriyel süreçlerde de etkili bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Avokado çekirdeği tozuda gıda ve kozmetik sektörlerinde önemli bir potansiyele sahiptir. Sarı-turuncu renkli pigmentler içeren bu toz, gıda, ilaç ve kozmetik ürünlerinde doğal bir bileşen olarak kullanılabilir. Ayrıca, ekmek, kek ve kurabiyeler gibi unlu mamullerde lif kaynağı olarak tercih edilmektedir. Avokado çekirdeği tozu, aynı zamanda besin takviyesi olarak değerlendirilebilmekte ve ürünlerin besin değerini artırmaktadır.

2.6.3 Avokado püresi

Avokado meyvesinin yenilebilir kısmı olan meyve eti, zengin bir antioksidan ve biyoaktif bileşen içeriği ile dikkat çekmektedir. Bu bileşenler arasında karotenoidler, lutein, β -sitosterol ve potasyum gibi maddeler bulunmaktadır. Avokado meyve eti, kanser karşıtı özelliklere sahip olmasının yanı sıra, kan lipid seviyelerini düşürme ve kan basıncını iyileştirme gibi sağlık yararları sunmaktadır. Ayrıca, yüksek tekli doymamış yağ asitleri (%66,67) içeriği ile, özellikle diyabet hastalarında glisemik kontrolün sağlanmasında faydalı bir besin olarak öne çıkmaktadır (Othman vd. 2018).

Avokado meyvesinin eti işlenerek püre, ezme ve guacamole gibi farklı ürünlere dönüştürülebilen değerli bir meyvedir. Püre ve ezme, uzun süre saklanabilir ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir olması nedeniyle gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Bu ürünler arasında en dikkat çekici olanlardan biri, olgun avokado püresinin çeşitli sebzeler, otlar ve baharatlarla birleştirilmesiyle elde edilen guacamole'dir. Doğal içeriği, pratik tüketim imkanı, lezzeti, sağlıklı özellikleri ve etnik kimliğiyle öne çıkan guacamole, geniş bir tüketici kitlesi tarafından tercih edilmektedir. Guacamole, Meksika'da ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bazı gruplar arasında popüler bir yiyecek olup, genellikle soğan, biber, limon, tuz ve domates gibi malzemelerle harmanlanarak üretilmektedir (Alanon vd. 2022, Daiuto vd. 2011, Arvizu-Medrano vd. 2001). Ayrıca, Avokado püresinin, restoranlarda sıkça mısır cipsi eşliğinde aperitif olarak sunulan klasik bir dondurulmuş gıda olduğu da belirtilmiştir (Tan vd. 2019).

2.7 Avokado ve Avokado Bazlı Ürünlerde Raf Ömrü Sorunları

Avokadodaki enzimatik esmerleşme, oksidatif reaksiyonlar ve mikrobiyel bozulmalardan dolayı raf ömrü kısadır. Avokadoların hasat sonrası ömrü 4–13°C'de 14-28 gün, oda sıcaklığında ise 5-7 gündür. Avokadoların olgunlaşması hasattan sonra gerçekleşmektedir. Bu esnada meyvenin solunum hızında artış, etilen üretiminde artış hücre duvarının parçalanmasına neden olur ve su ve CO₂ salınır o esnada avokadoya O₂ girişi olur. Nem ve sıklık kaybını pektinazlar hızlandırır. Hücre duvarının parçalanmasına sebep olurlar. Bu olumsuzlukların giderilmesi, avokadonun raf ömrünün ve kalitesinin korunması gerekmektedir (Hebishy ve Tas 2023).

Avokado püresi ise genelde doğrudan sofralık tüketime uygun olmayan bozuk şekilli, standart dışı boyuttaki avokadolardan esas olarak guacamole sosu üretimi amacıyla üretilmektedir. Bu sos özellikle cips vb. gıdalarla birlikte yaygın olarak tüketilen bir sostur. Yüksek enzim aktivitesi nedeniyle bu ara ürünün raf ömrü oldukça sınırlıdır ve meyve bütünlüğünün bozulmasını takiben kısa bir süre içerisinde renk ve tatta olumsuz değişimler ortaya çıkmaktadır. Avokado meyveleri gerek yağ, gerekse fenolik madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle enzimatik reaksiyonlara son derece yatkındır. Meyve eti renginin açık olması nedeniyle renk değişimleri, doymamış yağ içeriğinin yüksekliği nedeniyle de oksidatif kaynaklı acılaşmalar çok kısa sürede kendini göstermektedir. Bunun için öncelikle enzim aktivitesinin tamamen giderilmesi veya azaltılması gerekmektedir (Demircan ve Velioğlu 2021, 2022).

2.8 Polifenol Oksidaz (PPO) Mekanizması ve Etkileri

Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerde enzimatik kararmaya neden olan polifenol oksidaz (PPO) enzimi tarafından oksitlenir. Bu enzim, katekol oksidaz veya tirozinaz olarak da bilinir. Polifenol oksidazlar, tip 3 bakır içeren oksidazlardır ve monomerik, dimerik veya tetramerik formlarda bulunabilirler. Kloroplastların tilakoitlerinde, veziküllerde ya da yeşil olmayan plastitlerdeki farklı bölmelerde yer alırlar. Bu enzimler, fiziksel doku hasarına kadar aktif olmayan durumda kalır. Polifenol oksidaz, fenolik bileşikleri oksitleyerek o-kinon adı verilen reaktif bileşikler üretir. O-kinonlar, enzimatik

olmayan reaksiyonlar sonucunda polimerize olarak kahverengi pigmentlere dönüşür. PPO'nun bu oksidatif etkisi, kesim, soyma veya fiziksel zarar gibi işlemler sırasında hücre zarlarının bozulmasıyla başlar. Hücrelerin zarar görmesi, PPO'nun fenollerle temasını artırarak kararmayı hızlandırır. Serbest kaldıklarında, kinonlar üreterek enzimatik kararmayı katalizler ve daha sonra kinonlar, enzimatik olmayan polimerizasyon yoluyla melanin pigmentlerine dönüşür (Sanchez Maldonado vd. 2015, Mishra vd. 2013).

PPO'lar, fenolik substratların o-kinonlara dönüşümünü iki aşamalı bir oksidasyon süreciyle katalize eder. İlk aşama, mevcut bir hidroksil grubunun yanındaki orto-konumun hidroksilasyonu olup bu aktivite “monofenol oksidaz” veya “monofenolaz” olarak adlandırılır. İkinci aşama ise o-dihidroksibenzenlerin o-benzoquinonlara oksidasyonudur. Bu aktiviteye “difenol oksidaz” veya “difenolaz” denir. Bu bağlamda, PPO'lar aşağıdaki alt sınıflara ayrılır:

- Monofenol Mono-Oksijenazlar: Tek bir hidroksil grubunu orto-hidroksile dönüştüren enzimler.
- Difenol Oksidazlar (Katekollazlar): Difenolleri oksitleyerek kinonları üretir.

PPO'lar, farklı substrat ve mekanizmalarına göre üç ana tipe ayrılır:

- i. Tirozinazlar: Kresolaz ve katekollaz aktivitelerine sahiptir.
- ii. Katekollazlar: O-difenollerin oksidasyonunda görev alır.
- iii. Lakkazlar: Aromatik bileşiklerin geniş bir spektrumunu radikal katalizli reaksiyon mekanizmasıyla oksitleyebilir (Taranto vd.2017).

Bu süreçte, monofenoller difenollere (monofenolaz aktivitesi) ve difenoller kinonlara (difenolaz aktivitesi) dönüştürülür. Oluşan kinonlar, fenolik bileşikler ve amino asitlerle reaksiyona girerek koyu kahverengi, siyah veya kırmızı renkli pigmentlerin oluşumuna neden olur (Hasan vd. 2023).

2.8.1 PPO'yu etkileyen faktörler

PPO aktivitesini etkileyen başlıca faktörler: sıcaklık, pH, hasat öncesi koşullar, mikrobiyal aktivite ve hücre yapısıdır (Nogales-Delgado 2021).

1. Sıcaklık : Polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini azaltmanın en etkili yöntemlerinden biri ısı uygulamasıdır. Yapılan araştırmalar, PPO'nun termal inaktivasyonuna duyarlılığını ve bu süreçte sıcaklığın önemli bir rol oynadığını göstermektedir. PPO'nun inaktive edilmesi için genellikle 70–95°C aralığındaki sıcaklıkların etkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle 80°C'de kısa süreli ısı işlemlerin, PPO'nun aktivitesini büyük ölçüde azalttığı ve enzimatik kararmayı önlediği ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, düşük sıcaklıklarda yapılan depolama, PPO aktivitesini tamamen durdurmasa da reaksiyon hızını yavaşlatarak kararma süreçlerini geciktirir. Ayrıca, buharlı haşlama ve mikrodalga gibi yenilikçi ısı işlem yöntemleri, PPO'nun etkili bir şekilde kontrol altına alınmasında oldukça etkilidir (Singh vd. 2018). Örneğin, ananas püresi üzerinde yapılan bir çalışmada PPO'nun 85°C'de 5 dakika işlem görmesiyle %93 oranında aktivitesinin azaldığı ve 90°C'de tamamen inaktive olduğu tespit edilmiştir. Bu inaktivasyon sürecinin birinci dereceden kinetiklere uygun olduğu belirtilmiştir (Chutintrasri ve Noomhorm 2005). Benzer şekilde, litchi meyvesinin PPO aktivitesinin 60°C'de 10 dakika içinde tamamen inaktive olduğu, ancak 40 ve 50°C gibi daha düşük sıcaklıklarda 120 dakikaya kadar aktivitesini koruduğu gözlemlenmiştir (Mizobutsi vd. 2010).

2. pH: PPO'nun aktivite seviyesi, bulunduğu ortamın pH derecesine oldukça duyarlıdır. En yüksek aktivite, pH'nin nötr seviyelere yakın olduğu (yaklaşık 7) ortamlarda gözlemlenir. Yine de, PPO 80°C civarında inaktive edilebilmektedir. Taze kesilmiş enginar ve armut gibi ürünlerde, yıkama işlemleri sırasında kullanılan kaplama maddeleri ve antioksidanların etkinliği büyük ölçüde pH aralığına bağlıdır. Bu ürünlerde ideal pH aralığının yaklaşık 7 olduğu belirlenmiştir. Endüstriyel işlemlerde, optimal pH aralığının seçimi, yıkama uygulamalarının etkinliğini artırmada kritik bir rol oynar (Nogales-Delgado 2021). Liu vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, şeftali PPO'sunun optimum aktivitesinin pH 6.5-7.0 arasında olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, pH'nin enzim stabilitesini de etkilediği ve pH 6.8'in en stabil ortam olduğu belirtilmiştir.

Benzer şekilde, Rocha ve Morais (2001), 'Jonagored' elmalarında PPO aktivitesinin iki optimum pH değeri (5.0 ve 7.5) arasında değiştiğini, en yüksek aktivitenin pH 7.5'te gözlemlendiğini bildirmiştir.

3. Hücre Yapısı: Hücre zarlarının korunması, PPO'nun fenolik bileşiklerle temasını sınırlandırdığı için enzimatik kararmayı önlemede önemlidir. Hücre parçalanması veya lizisi, PPO aktivitesini hızlandırır ve kararma reaksiyonlarının başlamasına yol açar. Bu nedenle, işlenmiş gıdalarda hücre bütünlüğünü desteklemek amacıyla kalsiyum gibi maddelerin kullanılması yaygın bir yöntemdir. Hücre zarının korunması, aynı zamanda ürünün tazeliğinin ve kalite özelliklerinin devamlılığını sağlar (Toivonen ve Brummell 2008).

4. Hasat Öncesi Koşullar: Meyve ve sebzelerin polifenol içerikleri ve PPO aktivitesi, hasat öncesindeki çevresel faktörler ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Örneğin, patates çeşitlerinde siyah lekeye yatkınlık, yumru dokusunun yapısına bağlıdır ve bu özellik hasat sırasında belirgin hale gelir. Bazı patates türleri, uzun süreli depolama koşullarına daha dayanıklıyken, diğer çeşitler bu konuda daha hassas olabilir. Hasat öncesinde iklim, sulama ve olgunlaşma durumu gibi faktörler, ürünün depolama dayanıklılığını ve genel kalitesini etkileyen temel unsurlar arasında yer alır (Nogales-Delgado 2021).

5. Mikrobiyal Büyüme ve Çözünme: Mikrobiyal büyüme, meyve ve sebzelerde hücre dokusunun bütünlüğünü bozarak PPO aktivitesini artırabilir. Mikroorganizmalar hücre parçalanmasına neden olduğu için, PPO ve fenolik bileşikler bir araya gelir ve kararma süreci hızlanır. Bu durum, işlenmiş ürünlerin raf ömrünü kısaltan önemli bir etkidir. Hücre yapısını güçlendiren yöntemler, örneğin kalsiyum uygulamaları hem mikrobiyal büyümeyi hem de PPO aktivitesini azaltmada etkilidir. Ayrıca, modifiye atmosfer ambalajlama ve yenilebilir kaplama gibi teknikler, mikroorganizma popülasyonunu sınırlayarak ürünün görsel kalitesini artırır. Bu tür uygulamalar hem enzimatik kararmayı hem de mikrobiyal bozulmayı azaltarak ürünün raf ömrünü uzatır. Bu nedenle, mikrobiyal kontrol, ürün kalitesini ve gıda güvenliğini sağlamak için kritik bir adımdır (Wiley 2017, Varoquaux ve Wiley 2017).

2.8.2 Polifenol oksidaz aktivitesinin düzenlenmesi ve inhibisyon yöntemleri

Enzimatik esmerleşmeyi önlemek için hem geleneksel hem de modern birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin temel amacı, polifenol oksidaz (PPO) enziminin aktivitesini durdurmak ya da sınırlamak, fenolik bileşiklerin oksidasyonunu engellemek, oksijenin reaksiyona katılımını azaltmak ve enzim ile substratların bir araya gelmesini geciktirmektir. Enzimatik kararmanın kontrolü için kullanılan teknikler arasında ısı işlemler, enzim inhibitörleri, oksijen erişimini azaltan teknolojiler, indirgeme bileşikleri ve yenilebilir kaplamalar yer almaktadır (Jiang vd. 2016).

Enzimatik kararmayı kontrol etmek için kullanılan yöntemler genel olarak fiziksel, kimyasal ve doğal yaklaşımlar olarak üçe ayrılabilir. Fiziksel yöntemler arasında, polifenol oksidazın (PPO) inaktivasyonunu sağlayan ısı işlemler (sıcak su veya buharla haşlama, mikrodalga uygulamaları, ohmik ısıtma) ve oksijenin sınırlandırılmasını hedefleyen vakumlu paketleme, modifiye atmosfer paketleme, yenilebilir kaplamalar yer alır. Isıl işlemler PPO'yu etkili bir şekilde inaktive ederken, bu süreçlerde tat, doku ve renk kaybı gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Düşük sıcaklıkta depolama ise enzim aktivitesini yavaşlatarak kararmayı geciktirir. Kimyasal yöntemlerde, asitlik düzenleyiciler (sitrik asit, askorbik asit), şelatörler (EDTA, kojik asit) ve antioksidanlar (glutatyon, sistein) PPO aktivitesini inhibe etmek veya kinonların oluşumunu önlemek amacıyla kullanılır. Geleneksel sülfür bazlı inhibitörler toksisite riskleri nedeniyle yerini daha doğal alternatiflere bırakmaktadır. Son yıllarda, tüketici talepleri doğrultusunda doğal ve sürdürülebilir yöntemler ön plana çıkmıştır. Fenolik bileşikler bakımından zengin bitki ekstraktları, çay polifenolleri ve narenciye yan ürünlerinden elde edilen biyoaktif bileşikler hem PPO aktivitesini inhibe etmekte hem de ürünün besin değerini artırdığı belirtilmiştir (Moon vd. 2021).

1. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemler: Isıl işlem, enzimlerin inaktivasyonunda ve mikroorganizmaların yok edilmesinde etkili olduğu için gıda stabilitesini sağlamada en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Isıl işlemler arasında suda haşlama, buharlı haşlama, yüksek nemli sıcak hava haşlaması, mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma gibi çeşitli teknikler bulunmaktadır. PPO enziminin aktivitesi genellikle 70 ile 90°C arasındaki

sıcaklıklarda durdurulabilir. Örneğin, biberlerde 80°C’de 10 dakika süren haşlama sırasında PPO tamamen inaktive edilmiştir. Mikrodalga ısıtma, özellikle daha kısa sürede etkili sonuçlar alınmasını sağlayan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır ve PPO aktivitesinin kontrol altına alınmasında etkili bir alternatiftir. Bunun yanı sıra, buharla haşlama ve ohmik ısıtma gibi yenilikçi yöntemler, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve homojen bir ısı transferi sağlayarak kararmayı önlemede önemli rol oynar. Ancak, ısı işlem sırasında tat, doku ve renk gibi ürün kalitesini etkileyen olumsuz değişiklikler meydana gelebileceği için bu süreçler dikkatli bir şekilde optimize edilmelidir. Düşük sıcaklıklarda (örneğin, 0–10°C) yapılan depolama işlemleri ise PPO aktivitesini tamamen durduramasa da reaksiyon hızını yavaşlatarak kararma süreçlerini geciktirebilir. Bu nedenle, soğuk zincir uygulamaları özellikle taze ürünlerin raf ömrünü uzatmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıl olmayan işlemler de son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmektedir. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP), ultrasonik işlem, yüksek basınçlı karbondioksit (HPCD), puls elektrik alanı (PEF) ve UV-C ışınımı gibi teknikler, PPO'nun etkili bir şekilde inaktive edilmesini sağlamaktadır. Örneğin, yüksek basınç (300–600 MPa) ve ultrason gibi yöntemler, PPO'nun yapısal bütünlüğünü bozarak aktivitesini engellerken, besin değerlerinin korunmasını sağlar. Ayrıca, bu yöntemler enzimlerin katalitik bölgelerinde yapısal değişikliklere neden olarak kararmayı engeller (Zawawi vd. 2022, Yılmaz ve Elmacı 2018, Iqbal vd. 2019).

2.PPO İnhibitörleri: Polifenol oksidazın aktivitesini engellemek için kullanılan kimyasal bileşikler, enzimatik kararmayı kontrol etmede önemli bir role sahiptir ve genellikle sülfid ajanları, antioksidanlar/indirgeme ajanları, asidülantlar, şelatörler ve diğer inhibitörler olarak sınıflandırılır. Sülfid ajanları, PPO aktivitesini doğrudan inhibe eden güçlü bileşiklerdir; sülfür dioksit (SO₂) ve sülfidler bu gruba dahil olup, fenolik bileşiklerin oksidasyonunu engeller ancak toksik etkileri ve alerjenik özellikleri nedeniyle kullanımları sınırlıdır. Antioksidanlar ve indirgeme ajanları arasında yer alan askorbik asit, glutatyon ve sistein gibi bileşikler, kinonları o-difenollere geri indirerek kahverengi pigmentlerin oluşumunu önler. Özellikle askorbik asit, antioksidan etkisiyle öne çıkar ve diğer indirgeme ajanlarıyla birlikte kullanıldığında daha etkili sonuçlar sağlar. Asidülantlar kategorisinde yer alan sitrik asit, ortamın pH'ını düşürerek PPO aktivitesini baskılar ve aynı zamanda şelatlayıcı özelliğiyle PPO'nun aktif bölgesindeki bakır

iyonlarını bağlayarak enzimin çalışmasını durdurur. Malik asit ve fosforik asit gibi diğer asidülantlar da benzer mekanizmalarla kararmayı sınırlar. Şelatörler arasında sinamik asit türevleri, EDTA ve kojik asit yer alır; bu bileşikler, PPO'nun aktif bölgesindeki bakır iyonlarını bağlayarak enzimin oksidasyon tepkimelerini durdurur. Son olarak, çay polifenolleri ve narenciye özütleri gibi doğal inhibitörler, çevre dostu ve güvenli çözümler olarak PPO aktivitesini kontrol etmede etkili olup, aynı zamanda gıdaların besin değerini artırma potansiyeline sahiptir (Ashie vd. 1996).

3.Oksijenin Erişimini Kısıtlama: PPO'nun kararma reaksiyonlarını başlatabilmesi için oksijene ihtiyaç duyması, bu gazın erişimini azaltan yöntemleri oldukça etkili hale getirmektedir. Vakumlu ambalajlama, modifiye atmosfer paketleme veya oksijen geçirimsiz filmler, ürün yüzeyindeki oksijen miktarını sınırlandırarak PPO'nun aktif hale gelmesini engeller. Bu teknolojiler, özellikle taze ürünlerin raf ömrünü uzatmada ve renk değişimlerini önlemede önemli bir avantaj sağlar (Jiang vd. 2016).

2.8.3 Avokado Bazlı Ürünlerde PPO Sorunları

Son yıllarda, tüketicilerin güvenli, sağlıklı ve minimum işleme hazırlanan taze gıdalara olan talepleri artmıştır. Bu talepler doğrultusunda, avokado püresinin enzimatik aktivitesinin azaltılması, duyuusal kabul edilebilirliğinin artırılması ve raf ömrünün uzatılması için minimum düzeyde işlenmesi önem kazanmaktadır (Plaza et al., 2009). Avokado püresinin temel sorunları, polifenol oksidazın neden olduğu esmerleşme ve yüksek yağ içeriğinin sebep olduğu oksidatif reaksiyonlardır. Bu sorunları önlemek için ticari ürünlere antioksidanlar ilave edilmekte ve mikrobiyal gelişmeyi engellemek için koruyucu maddeler kullanılmaktadır (Campos vd. 2020, Albahr vd. 2022).

Avokado bazlı ürünler, örneğin guacamole, avokado meyve eti, parçaları, püresi veya avokado bazlı salsalar, polifenol oksidaz (PPO) ve lipoksigenaz (LOX) gibi enzimlerin etkisiyle bozulmaya uğradıkları için genelde 5-10 gün gibi kısa bir raf ömrüne sahiptir. Enzim aktivitesini azaltmak için genellikle geleneksel ısı işlemler veya kimyasal katkı maddeleri kullanılır, ancak bu yöntemler taze ürünle kıyaslandığında ürünün kalite, renk, koku ve lezzetinde ciddi kayıplara yol açabilir (Balda vd. 2011).

2.8.4 Avokado Ürünlerinde PPO Aktivitesinin İnhibisyonu ve Kullanılan Metodlar

Polifenol oksidaz (PPO) tarafından katalize edilen enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının meyvelerin muhafazasındaki en önemli problemlerden biri olduğu, ürünlerin ticari değerinin azalmasına, tüketici tarafından kabul görememesine neden olan renk değişikliklerinin sebebi olduğu bilinmektedir. Avokadonun da kolayca kahverengiye dönmesinin asıl sebebi de bu yüksek polifenol aktivitesidir (Gomez-Lopez 2002, Bustos vd. 2015).

Avokadodaki yüksek polifenol oksidazın inaktivasyonu için yapılan çalışmalarda esmerleşme önleyici maddeler, modifiye atmosfer paketlenme, yüksek basınç ya da termal işlemler kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca avokadonun polifenol aktivitesinin daha yüksek sıcaklık, daha düşük çevresel pH ve daha yüksek basınç düzeylerine karşı hassas olduğu tespit edilmiştir (Bi vd. 2015).

Malik asit, fosforik asit, tartarik asit, sitrik asit ve askorbik asit gibi organik asitlerin polifenol oksidaz aktivitesinin inhibitörleri olduğu belirtilmiştir. Düşük O₂, yüksek CO₂ (fizyolojik tolerans eşiğini aşmamak koşuluyla) içeriği olan atmosferle ve fenolik bileşiklerle polifenol oksidaz arasındaki etkileşim enzimatik esmerleşmeyi yavaşlatmaktadır. Aslında geleneksel koruma teknolojilerinde mikrobiyal ve enzimatik stabilizasyonun sağlanması ısı işlemlerin ve kimyasalların ilave edilmesi gibi koşulların kullanımıyla sağlanmaktadır. Uygulanan koşullarda aşırıya kaçılması durumunda ise organoleptik, besleyici ve fiziko-kimyasal özelliklerde ciddi zararlar oluşmaktadır. Bu nedenle, bu yöntemler uygulanırken pH ve su aktivitesinde hafif düşüş olması, koruyucu ve katkı maddelerinin düşük konsantrasyonlarda ilave edilmesi, soğutma ya da paketlenme gibi pek çok kriterin iyi bir şekilde birleştirilmesi gerekmektedir. Bu birleşimin etkisi sonucunda da organoleptik ve besleyici özelliklere ek olarak, mikrobiyal stabilitenin de sağlanması gerektiği ve avokadonun daha uygun ve sağlıklı hale getirilmesi sağlanmalıdır (Soliva vd. 2001).

Mikrodalga işlemi, avokado püresinin pastörizasyonu için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Mikrodalga işlemi, hızlı ve hacimsel ısıtma sağlayarak meyvelerin renk, C

vitamini, toplam fenol gibi biyoaktif bileşiklerin ve antioksidan aktivitenin yüksek ve eşit bir şekilde korunduğu belirtilmektedir (Zhou vd. 2016). Mikrodalga işlemine ek olarak, farklı yöntemlerin de avokado püresinin kalitesini ve raf ömrünü iyileştirmek için kullanıldığı bildirilmiştir. Örneğin, yüksek hidrostatik basınç işlemi, avokado püresinin rengini korumak ve oksidatif reaksiyonları azaltmak için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmiştir (Malo vd. 1998). Ayrıca, buharla ısıtma ve vakum genleştirme gibi proseslerin de avokado püresinin duyuşal, renk ve tekstür özelliklerini iyileştirmede etkili olduğu belirtilmiştir (Marco vd. 2019).

2.9 Mikrodalga Uygulaması

Gıdalara uygulanan ısış işlemlerin temel amacı, gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmak ve aynı zamanda besin değerini olabildiğince korumak, bu işlem sırasında gıda güvenliğini riske atmamaktır. Teknolojideki ilerlemeler, insanların beslenme konusundaki farkındalığının artması ve yeni ürünlerin talep edilmesi, gıda işleme teknolojilerinin gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Son zamanlarda sıkça tercih edilen bir ısış işlem teknolojisi, mikrodalga ısıtma uygulamalarıdır. Gıda endüstrisi, mikrodalga enerjisinin en yaygın olarak kullanıldığı sektördür. Mikrodalga enerjisi, belirli frekansta dielektrik madde ile etkileşerek ısı üretme yeteneğine sahiptir. Bu özellik sayesinde gıda sanayisinde bir dizi önemli işlemden başarıyla kullanılmaktadır, bunlar arasında buz çözme, sıcaklık dengeleme, kurutma, dondurarak kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, pişirme ve ısıtma işlemleri bulunmaktadır. Bu teknoloji, gıda işleme süreçlerinde daha hızlı ve etkili sonuçlar elde etmeye imkan tanırken, gıda ürünlerinin kalitesini ve besin değerini daha iyi koruma fırsatı sunar (Bakr 2020, Turgut 2016, Chandrasekaran vd. 2013, Shaheen vd. 2012, Ahmed ve Ramaswamy 2007).

Mikrodalga teknolojisi, gıda endüstrisinde farklı tekniklerle yaygın şekilde kullanılmaktadır. Mikrodalgaların kullanıldığı başlıca teknikler arasında buz çözme, kurutma, pastörizasyon ve sterilizasyon, haşlama işlemleri bulunmaktadır. Ayrıca, mikrodalga enerjisi yalnızca gıda işleme süreçlerinde değil, aynı zamanda besin ve nutrasötik üretiminde de önemli bir rol oynamaktadır. Besin ve nutrasötik üretiminde mikrodalga teknolojisi, toz kurutma, ekstraksiyon, sentez, yoğunlaştırma, bağlama

reaksiyonları, esterifikasyon ve sürekli akışlı işleme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, mikrodalgalar atık yönetimi alanında da kullanılmakta olup piroliz ve damıtma gibi işlemlerle atıkların değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Mikrodalga teknolojisi, bu çok yönlü uygulamaları sayesinde gıda endüstrisinde verimliliği artırmakta, enerji tüketimini azaltmakta ve çevre dostu çözümler sunmaktadır (Guzik vd. 2021).

Mikrodalga ısıtma, geleneksel yöntemlerden farklı olarak, enerjiyi tüm hacim boyunca eş zamanlı olarak ileten hacimsel ısıtma prensibine dayanır. Bu yöntemde mikrodalga enerjisi, elektrik alan oluşturarak polar moleküllerin yön değiştirmesine neden olur. Moleküllerin bu hareketi sürtünme yaratır ve sonuçta ısı ortaya çıkar. Bu mekanizma, enerjinin hem yüzeyde hem de gıdanın derinliklerinde hızlı ve etkili bir şekilde dağılmasını sağlar. Ancak mikrodalga enerjisinin etkinliği, gıdanın içine ne kadar derinlemesine nüfuz edebildiğiyle yakından ilişkilidir. Mikrodalga penetrasyonu, elektromanyetik dalgaların gıdanın içine ne kadar nüfuz edebileceğini ifade eder. Bu derinlik, enerjinin yüzeyden itibaren belirli bir seviyeye düştüğü mesafedir ve kullanılan mikrodalga frekansı, gıdanın su içeriği, sıcaklığı ve dielektrik özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Daha düşük frekanslar genellikle daha derin bir penetrasyon sağlar. Bununla birlikte, mikrodalga ısıtmanın doğası gereği, gıdada sıcak ve soğuk noktalar oluşabilir. Sıcak noktalar, elektrik alan yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde görülür. Bu dengesizlikleri azaltmak ve ısıtmayı daha homojen hale getirmek için modern mikrodalga sistemlerinde geri bildirim döngüleri kullanılarak süreç kontrol edilir. Böylece, mikrodalga ısıtma hem hız hem de enerji verimliliği açısından avantaj sağlar (Guo vd. 2017, Ekezie vd. 2017).

Mikrodalga enerjisinin gıda matrisine etkisini anlamak için penetrasyon derinliğini belirleyen faktörler oldukça önemlidir. Mikrodalga enerjisinin gıdalara nüfuz etme derinliği, mikrodalga penetrasyonu olarak adlandırılır ve Lambert Yasası ile açıklanır. Penetrasyon derinliği, yüzeydeki enerjinin $1/e$ oranına düştüğü mesafedir ve kullanılan mikrodalga frekansı, gıdanın su içeriği, sıcaklığı ve dielektrik özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Daha düşük frekanslar, daha derin bir penetrasyon sağlar, bu da gıda ürünlerinde enerji dağılımını homojenleştirme açısından önemlidir. Özellikle, avokado

püresi gibi yüksek su içeriğine sahip gıdalarda bu etki, işlem süresinin kısaltılması ve enerji verimliliği açısından avantaj sağlar (Tang vd. 2002).

Gıdaların mikrodalga ile ısıtılması sırasında, dielektrik özelliklerin büyük bir önemi vardır. Bu önemli özellikler, dielektrik sabiti (ϵ') ve dielektrik kayıp faktörü (ϵ'') olarak bilinir ve gıdanın davranışını belirlemek için kritik öneme sahiptir. Dielektrik sabiti, bir gıdanın aldığı enerjiyi ne kadar iyi depolayabileceğini gösterirken, dielektrik kayıp faktörü, gıdanın bu enerjiyi ne kadar iyi ısıya dönüştürebileceğini ifade eder. Bu özellikler, çoğu malzemenin su içeriği, uygulanan mikrodalga frekansı, malzemenin sıcaklığı, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve fiziksel yapısı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Gıdaların temel bileşenleri olan su, yağ, karbonhidrat ve proteinler, mikrodalga ısıtma süreçleri üzerinde doğrudan etkili olan unsurlardır. Bu nedenle, gıda sanayisinde mikrodalga teknolojisinin başarıyla uygulanabilmesi için gıdaların dielektrik özelliklerinin iyi anlaşılması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu bilgi, gıdaların mikrodalga ile işlenmesinin daha etkili ve verimli hale getirilmesine yardımcı olurken, gıda ürünlerinin kalite ve besin değerinin korunmasına da katkı sağlar (Konak vd. 2009).

Mikrodalga yöntemi, geleneksel ısıtma yöntemlerine kıyasla avantajlar sunmaktadır, çünkü penetrasyon gücü yüksektir, ısıtma hızı daha hızlıdır, ısı verimliliği daha yüksektir ve işleme süresi daha kısadır. Mikrodalga işleminin, gıda ürünlerinin besleyici, fonksiyonel, duyu ve renk özelliklerinin daha iyi korunmasına katkı sağladığı belirtilmiştir (Yılmaz ve Elmacı, 2018). Ek olarak mikrodalga prosesin, renk ve tat kayıplarını en aza indirmesi, yüksek ısıtma verimliliğine sahip olması, gıdaların içine nüfuz ettiği böylelikle eşit ve hızlı prosesin sağlanması, düşük maliyetli olması, daha yüksek tekrarlanabilirlik sağlayan daha temiz, daha yeşil ve çevre dostu bir yaklaşım sunması gibi pek çok avantaja sahiptir (Acar ve Keskin 2021, Ahmed ve Ramaswamy 2007).

Bununla birlikte, mikrodalga teknolojisinin bazı sınırlamaları ve dezavantajları bulunmaktadır. Enerji dağılımı, gıdanın fiziksel yapısına ve dielektrik özelliklerine bağlı olduğundan, büyük veya düzensiz şekilli ürünlerde sıcak ve soğuk noktalar oluşabilir. Ancak, modern mikrodalga sistemlerinde geri bildirim döngüleri ve optimizasyon

teknikleri kullanılarak bu dengesizlikler büyük ölçüde giderilebilmektedir. Mikrodalga sistemlerinin başlangıç maliyetleri, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek olsa da, enerji verimliliği ve kısa işlem süreleri, uzun vadede bu maliyeti telafi etmektedir. Bazı durumlarda, mikrodalga ısıtma geleneksel yöntemlerin sunduğu karamelizasyon veya kızarma gibi duyuşal özellikleri sağlayamasa da, mikrodalgaların diğere işleme yöntemleriyle kombinasyonu bu eksikliği telafi edebilir. Bu sınırlamalara rağmen, mikrodalga teknolojisi, doğru ekipman ve yöntemlerle uygulandığında, gıda işleme süreçleri için eşsiz fırsatlar sunmaya devam etmektedir (Kakar vd. 2024).

Mikrodalga pastörizasyonu, gıda ürünlerinde patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ve toplam mikrobiyal yükün azaltılması amacıyla kullanılan yenilikçi bir teknolojidir. Geleneksel pastörizasyon yöntemlerinden farklı olarak, mikrodalga enerjisi, gıda matrisine hacimsel olarak nüfuz ederek daha hızlı bir ısı transferi sağlar. Bu yöntem, işlem süresini önemli ölçüde kısaltır; örneğin, 60°C'de sıcak su ile ön ısıtmayı içeren geleneksel bir yöntemle kıyasla mikrodalga kullanımı, istenen sıcaklığa yaklaşık 5.7 kat daha hızlı ulaşabilmektedir. Toplam işlem süresinde ise %60'a varan zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Mikrodalga pastörizasyonu, yalnızca işlem hızını artırmakla kalmaz, aynı zamanda gıdanın renk, biyoaktif bileşikler ve duyuşal özellikleri gibi kalite faktörlerini koruma açısından da avantaj sağlar. Örneğin, Maillard reaksiyonu gibi termal bozulmaların azalması, ürünlerin orijinal renk ve doku özelliklerini korumasına yardımcı olur. Endüstriyel uygulamalarda mikrodalga pastörizasyonu, tek başına veya sıcak su gibi diğere yöntemlerle kombine bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca, bu teknolojinin endüstriyel ölçekteki sistemleri, üretim kapasitesine göre 10 kW ile 200 kW arasında değışen güçlerde tasarlanmaktadır. Mikrodalga pastörizasyonu, hızlı ve enerji verimli bir yöntem olarak öne çıkarken, aynı zamanda ürün kalitesini yüksek seviyede koruyarak tüketicilere daha güvenli ve kaliteli ürünler sunmaktadır (Angoy vd. 2019).

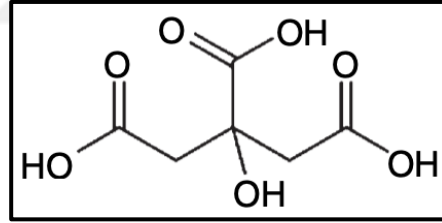
Mikrodalga pastörizasyonu, süt ve süt ürünleri, meyve suları, çorbalar ve hazır yemekler gibi çeşitli ürünlerde başarıyla uygulanmaktadır. Bu yöntem, özellikle sıcaklığa hassas ürünlerde renk, tat ve besin kaybını minimize ederken, homojen ısı dağılımı ve hızlı işlem süreleriyle mikrobiyal güvenliğı arttırdığı ve paketlenmiş gıdalar için de etkili bir çözüm

sunarak raf ömrünü uzatarak ve kaliteyi koruduğu belirtilmiştir (Stanley vd. Petersen 2017).

Mikrodalga teknolojisi, özellikle pastörizasyon süreçlerinde sağladığı hız, enerji verimliliği ve ürün kalitesini koruma avantajlarıyla gıda işleme endüstrisinde öne çıkmakta ve yenilikçi çözümlerle giderek daha yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır (Orsat vd. 2017).

2.10 Sitrik Asit ve Özellikleri

Sitrik asit (2-hidroksi-1,2,3 propantrikarboksilik asit, $C_6H_8O_7$) beyaz veya renksiz, kokusuz, kristal bir katıdır. Suda yüksek oranda çözünür, etanolde serbestçe çözünür ve eterde hafifçe çözünür. Sitrik asit üç karboksil grubuna sahiptir ve bu nedenle pH kontrolü için iyi bir tampon maddesidir. Sitrik asidin molekül formülü Şekil 2.1'deki gibidir (Goldberg ve Rokem 2009).



Şekil 2.1 Sitrik asit molekül formülü

Sitrik asit, trikarboksilik asit döngüsünün bir ara ürünüdür ve bu sebeple her canlı organizmada bulunmaktadır. İlk olarak limonların bir bileşeni olarak tanımlanmıştır ve 1920'lerde A. niger tarafından fermantasyon sürecinin geliştirilmesine kadar limonlardan üretilmiştir. Ticari olarak sitrik asit, organik asitlerin en önemlisidir. Ticari üretim, 1826'da John ve Edmund Sturge tarafından İngiltere'de İtalyan limonlarından başlamıştır. 1919'da Belçika'da A. niger kullanılarak ilk endüstriyel süreç kurulana kadar limonlar, asidin tek kaynağı olarak kalmıştır (Papagianni 2019).

Sitrik asit, sitrus meyvelerinde doğal olarak bulunan ve oksidatif hasarı azaltma işlevi ile bilinen bir bileşiktir. Gıda ve ilaç sanayilerinde köpük azaltıcı, plastikleştirici, koruyucu,

tatlandırıcı ve asitlik düzenleyici olarak yaygın olarak kullanılan bir organik asittir. Antioksidan özellikleri sayesinde hücrelerdeki lipid peroksidasyonunu azaltır ve redoks homeostazını korur (Singh vd. 2022, Adetunji vd. 2023).

Sitrik asit, esas olarak melasın mikrobiyal fermantasyonu ile üretilen organik bir asittir. Sitrik asidin çoğunluğu gıda ve ilaç uygulamalarında kullanılırken, deterjan ve kişisel bakım ürünleri endüstrilerinde de kullanılmaktadır. Sitrik asit, gıdalarda en sık "asitleştirici" olarak kullanılsa da tuz formlarında güçlü bir metal şelatlayıcıdır. Sitrik asit ve tuzları, AB, ABD ve WHO tarafından gıda katkı maddesi olarak izin verilmiştir; FDA tarafından GRAS (Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen) olarak kabul edilmektedir (21 CFR 184). AB tarafından Grup I gıda katkı maddeleri olarak sınıflandırılır (Komisyon Yönetmeliği 1129/2011). Solüsyonda sitrat-metal komplekslerinin koordinasyon kimyası uzun uzun incelenmiş olsa da, tam stekiyometrinin hala biraz belirsiz olduğu bildirilmiştir. Ancak, sitrat-metal komplekslerinin (özellikle ferrik sitrat) biyolojik açıdan kritik öneme sahip olduğu iyi bilinmektedir (Allen 2015).

2.10.1 Kullanım alanları

Sitrik asit, hoş ekşi tadı ve yüksek su çözünürlüğü sebebiyle çoğunlukla gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi tarafından onaylanan ve dünya çapında "GRAS" (genel olarak güvenli kabul edilen) olarak kabul edilen sitrik asit, gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sitrik asidin %10'u ise eczacılık ve kozmetik endüstrilerinde kullanılmaktadır. Geri kalan kısmının ise çeşitli diğer amaçlar için değerlendirildiği belirtilmiştir. Çizelge 2.3 'de, sitrik asidin başlıca uygulama alanları ve kullanım amaçları yer almaktadır (Swain vd. 2012, Vandenberghe vd. 1999).

Sitrik asit ve tuzlarının, enzimatik esmerleşmeyi önlemek için gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Meyve ve sebzelerin enzimatik kararması, raf ömrünü azaltan ve tüketici kararlarını etkileyen bir olgudur. Sitrik asit, derin dondurma öncesi durulama suyunda ve meyve şuruplarında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Depolanan meyve ve sebzelere sitrik asit ilave edilmesi, rengin korunmasını ve

organoleptik kaliteyi olumlu yönde etkileyerek raf ömrünü uzatmayı sağlamaktadır. Ayrıca, askorbik asit gibi diğer kararmayı önleyici maddelerle birlikte de kullanılabilir. Sitrik asidin polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini inhibe etmesi, pH düşürücü kapasitesine bağlıdır. PPO aktivitesi, artan sitrik asit konsantrasyonlarıyla kademeli olarak azalır.

Ancak, PPO aktivitesini inhibe etmek için gereken sitrik asit konsantrasyonu, kullanılan PPO aktivitesi ve tampon çözeltilere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Książek 2024). Adam vd. (2021)'in taze kesilmiş elma dilimleri ile yapmış olduğu çalışmada taze elma dilimleri %5 sitrik asit çözeltisine daldırıp ardından plazma ile işleme tabi tutmuşlardı. Bu işlem, PPO aktivitesinin %78 oranında inhibe edilmesini sağlamıştır. Kepok muz unu üzerine Legowo vd. (2024)'ün yaptığı çalışmada, sitrik asit konsantrasyonunun artmasının kepek muzunun kalitesini artırdığını bulunmuştur. Optimal sitrik asit konsantrasyonu %0.8 olarak belirlenmiştir. Bu konsantrasyon, PPO aktivitesini azaltarak, unun indirgen şeker içeriğini, beyazlık indeksini ve su içeriğini artırdığı saptanmıştır.

Ayrıca, sitrik asit polifenol oksidazın termodinamik parametrelerinde azalmaya katkıda bulunmaktadır. Bunun, PPO'nun stabilitesinin ve enzim yapısındaki kovalent olmayan bağların sayısının azalmasından kaynaklandığına ve bu durumun proteinin ikincil ve üçüncül yapısında değişikliklere yol açtığına inanılmaktadır. Sitrik asitin, hücresel solunumu kontrol edebilen ve depolama sırasında meyve ve sebzelerin daha iyi korunmasına katkıda bulunabilecek bir madde olarak değerlendirilebileceği açıklanmıştır (Książek 2024).

Çizelge 2.3 Sitrik asidin kullanım alanları ve amaçları (Soccol vd. 2006, Vandenberghe vd. 1999)

Kullanım alanı	Kullanım amaçları
İçecekler	Ekşilik sağlar ve meyve aromalarını tamamlar. Antimikrobiyal koruyucuların etkinliğini artırır. Eşit asitlik sağlamak amacıyla pH ayarlamasında kullanılır.
Jöleler, Reçeller ve Konserveler	Ekşilik sağlar. pH ayarlamasında kullanılır.
Şeker	Ekşilik sağlar. Sükroz inversiyonunu en aza indirir. Sert şekerlerde koyu renk verir. Asitleştirici görevi görmektedir.
Dondurulmuş meyve	Oksidatif enzimleri inaktive etmek için pH'ı düşürür. Eser metalleri etkisiz hale getirerek askorbik asidi korur.
Süt Ürünleri	Dondurmalarda ve işlenmiş peynirlerde emülgatör olarak kullanılmaktadır. Birçok peynir ürününde asitleştirici madde olarak ve antioksidan olarak kullanılır.
Katı ve sıvı yağlar	Diğer antioksidanlarla sinerjik etki gösterir, şelatlayıcı olarak görev yapar.
İlaçlar	Tozlar ve tabletlerde bikarbonatlarla birlikte efervesan olarak kullanılır. Aktif bileşenlerin hızlı çözünmesini sağlar. Hafif büzücü formülasyonlarda asitlik düzenleyici olarak görev yapar. Antikoagülan.
Kozmetik ve tuvalet malzemeleri	pH ayarı, antioksidant-sametallik-iyon şelatör, tamponlama maddesi olarak kullanılır.
Endüstriyel uygulamalar	Metal iyonlarının tutucusu, nötrleştirici, tampon maddesi olarak kullanılır.
Metal temizliği	Demir ve bakır oksitlerin hazırlık ve operasyonel temizliği için demir ve demir dışı metallerin yüzeyinden metal oksitleri çıkarır.
Diğerleri	Elektrokaplama, bakır kaplama, metal temizleme, deri tabaklama, baskı mürekkepleri, şişe yıkama bileşikleri, zemin çimentosu, tekstil, fotoğrafik reaktifler, beton, alçı, refrakterler ve kalıplar, yapıştırıcılar, kağıt, polimerler, tütün, atık arıtmada kullanılır.

Sitrik asit, pH düzenleme, tatlandırma, koruma ve mikrobiyal aktivitenin önlenmesi gibi çok yönlü özellikleriyle gıda endüstrisinde vazgeçilmez bir katkı maddesi olarak yer almaktadır. Özellikle püre, meyve şurupları ve taze kesilmiş meyveler gibi ürünlerde hem istenilen asitlik seviyesini sağlamak hem de raf ömrünü uzatmak için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Metal iyonlarını şelatlama özelliği, sitrik asidin oksidatif reaksiyonları önleyerek tat, renk ve organoleptik kaliteyi korumasına olanak tanımaktadır. Aynı

zamanda, bakteri zarlarını zayıflatarak ve mikrobiyal büyümeyi inhibe ederek, Salmonella, Listeria monocytogenes ve Escherichia coli gibi gıda kaynaklı patojenlerin etkinliğini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Sitrik asidin çevre dostu özellikleri de bu organik bileşiği sürdürülebilir gıda işleme teknolojilerinin merkezine yerleştirmektedir. Kullanımı sonrasında su, oksijen ve organik asitlere ayrılarak çevresel etkileri en aza indirmekte ve toksik atık oluşturmayarak çevreye duyarlı bir yaklaşımı desteklemektedir. Gıda ürünlerinin kalite, güvenlik ve sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik bu çok yönlü işlevleri, sitrik asidin gelecekte daha geniş bir uygulama alanı bulacağını ve endüstrideki önemini artıracığını göstermektedir (Ciriminna vd. 2017 Berovic ve Legisa 2007, Behera vd. 2020).

2.11 Vakum Ambalajlama

Gıdaların saklanması, korunması, taşınması ve estetik bir sunum kazandırılması amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de vakum paketleme tekniğidir. Bu yöntemde, ürün yerleştirilen paketin içindeki hava tamamen vakumlanarak çıkarılır ve paketin ağzı hava geçirmez şekilde kapatılır. İşlem sırasında herhangi bir gaz veya gaz karışımı pakete eklenmez. Vakum paketleme sayesinde, paket içinde serbest oksijen miktarı en aza indirildiğinden, aerobik bakterilerin üremesi ve oksidasyon kaynaklı ürünlerin oluşması daha uzun süre alır. Ayrıca, bu yöntem ürünün atmosferik oksijen ve nem ile temasını engelleyerek depolama süresini uzatır. Paketleme için kullanılacak malzemenin hava geçirmez özellikte olması da bu sürecin başarısı açısından kritik öneme sahiptir (Erdem vd. 2022).

Vakum ambalajlamanın sağladığı başlıca avantajlar şunlardır:

- Oksidatif Reaksiyonların Azaltılması: Vakum, paket içindeki oksijenin ortadan kaldırılmasını sağlayarak oksidatif reaksiyonların yavaşlamasına yardımcı olur. Bu durum, ürünün bozulmasını ve kalite kaybını engeller.
- Mikrobiyal Üremenin Azaltılması: Aerobik mikroorganizmaların büyümesini sınırlandırarak gıda güvenliğini artırır ve bozulma sürecini geciktirir.

- Ürün Kalitesinin Korunması: Vakum paketlenme, ürünlerin tat, renk ve dokusunun korunmasına katkıda bulunur. Özellikle et ve deniz ürünlerinde, renk stabilitesini destekleyerek tüketici algısını olumlu yönde etkiler.
- Ekonomik Fayda Sağlar: Ürünlerin raf ömrünü uzatması, ekonomik kayıpları azaltır ve gıda israfını önler.
- Fiziksel Koruma: Vakumla mühürlenmiş ambalajlar, ürünleri fiziksel hasarlardan korur ve taşınabilirliğini kolaylaştırır.
- Çevresel Koşullara Karşı Koruma: Paketler, nem ve hava geçirgenliğine karşı bariyer oluşturarak ürünlerin uzun süre taze kalmasını sağlar.
- Kimyasal Dayanıklılık: Vakumlu paketler, yağlara, kimyasallara ve çevresel etkilere karşı dirençlidir (Patil vd. 2020).

Vakum paketlenme, gıdaların raf ömrünü uzatma, mikrobiyal güvenliği artırma ve kalite kayıplarını en aza indirme konularında modern gıda işleme teknolojilerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Özellikle oksijenin uzaklaştırılması, oksidatif reaksiyonların ve mikrobiyal büyümenin yavaşlatılmasında kritik bir rol oynar. Bunun yanı sıra, vakum paketlenme yalnızca fiziksel koruma sağlamakla kalmaz; biyokimyasal bozulmaları önleyerek ürünlerin tat, renk ve dokularını korur. Ayrıca, doğru ambalaj materyalleri kullanılarak çevresel faktörlere karşı dayanıklılık artırılır ve ürünlerin taşınabilirliği kolaylaştırılır. Bu yönleriyle vakum paketlenme, gıda ürünlerinin güvenliği ve kalitesini korurken ekonomik fayda sağlayan etkin bir koruma yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Doğruyol 2023).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu tezde, Fuerte çeşidi avokado meyveleri kullanılmış olup, örnekler Ankara'daki Metro Gross Market'ten temin edilmiştir. Örneklerin orta olgunluk derecesinde olmasına özen gösterilmiştir. Meyveler, paslanmaz çelik bir bıçakla ortadan ikiye bölünerek çekirdekleri çıkarılmış ve kabukları meyve etinden dikkatlice ayrılmıştır. Bu meyveler bekletilmeden hemen ev tipi bir blenderde homojenize edilerek püre haline getirilmiştir. Homojenize edilen püreler, 50 gramlık porsiyonlar halinde Packtech vakum poşeti (15 x 20 cm, PT-PE) içerisine alınıp vakum altında kapatılmıştır. Vakumlama işlemi, örneklerin oksidasyona çok duyarlı olması nedeniyle işleme ve depolama sırasında kalite özelliklerinin korunmasını sağlamak amacıyla uygulanmıştır.



Şekil 3.1 Tezde kullanılan Fuerte çeşidi avokadolar

3.2 Kimyasallar

Çalışmada kullanılan sitrik asit monohidrat (%99,0 saflık, 27102), polivinilpoliprolidon (%99,5 saflık, 856568), katekol (%99,0 saflık, D-7924), *p*-anisidin (%99,0 saflık, 8.00458.0100), asetik asit (%99.8-100.5 saflık, 27225) sodyum fosfat (%98,0-100,5 saflık, 04270) Sigma-Aldrich (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Glasiyel asetik

asit (%100 saflık, 1.00063.2500), çözüdür nişasta (%99,0 saflık, F809452 031), *n*-hekzan (EMPLURA, %99,5 saflık, 1.04368.2500), sodyum klorür (%99,5 saflık, 1.06404.1000), Plate Count Agar (%99,9 saflık, 1.05463.0500), Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar (%99,9 saflık, 1.16000.0500), izooktan (%99,5 saflık, 105385) ve potasyum iyodür (%99,0-100,5 saflık, 1.05040.0250) Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Sodyum tiyosülfat (%99,5-100,5 saflık) ise Atabay (Türkiye) firmasından temin edilmiştir.

3.3 Yöntem

3.3.1 Avokado püresi üretimi

Homojenize edilen tüm püre miktarının pH seviyeleri, kontrol grubu hariç, doymun sitrik asit çözültisi ile 4.0, 4.5 ve 5.0 olarak ayarlanmış, ardından püreler ayrılarak işlem gruplarına göre porsiyonlanmıştır. Kontrol grubu, pH ayarlaması yapılmaksızın doğrudan vakum poşetlerine alınmış ve mikrodalga işlemi uygulanmadan vakum altında ısı kapatma makinesi ile kapatılmıştır. Diğer örnek gruplarında, 50 gramlık püreler cam petrilere yerleştirilmiş ve mikrodalga pastörizasyonu (Arçelik, MD 554) uygulanmıştır. Mikrodalga pastörizasyonu, pürenin 10 mm yüksekliğinde yayılması sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Sabit bir güç seviyesi olan 600 Watt (12 W/g) kullanılarak her bir örnek 30, 60 ve 90 saniye süreyle işlem görmüştür. Mikrodalga işleminden sonra, örnekler vakum poşetlerine alınarak vakum altında ısı kapatma makinesi (Audionvac VMS 153, Netherlands) ile kapatılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan 16 farklı örnek grubu, pH ayarlamaları ve mikrodalga işlem sürelerine göre Çizelge 3.1’de verilmiştir.

3.3.2 Depolama süreci ve analiz metotları

Başlangıçta oluşturulan 16 örnek grubunun 12’sinde renk, pH stabilitesi ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Doğal pH’a sahip K grubu ile yalnızca mikrodalga işlemi uygulanmış K-30, K-60 ve K-90 gruplarına herhangi bir pH müdahalesi yapılmadığından, bu grupların analiz edilmesine gerek görülmemiştir. Bu

grupların doğal pH seviyelerinde olmaları nedeniyle kendiliğinden kararına göstereceği ve pH ayarlaması yapılmış gruplara kıyasla farklı bir katkı sağlamayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle, çalışma özellikle pH ayarlamalarının ve mikrodalga işleminin kalite parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeye odaklanacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, düşük pH seviyesinin sağladığı mikrobiyal stabilite avantajı nedeniyle pH 4.0 seviyesindeki grup (P4) genel olarak diğer gruplara kıyasla daha uygun bulunmuş ve çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Daha sonra, P4 grubundaki tüm alt gruplar (P4, P4-30, P4-60 ve P4-90) üzerinde aynı analizler tekrarlanmış, ek olarak bu gruplar maya ve küf gelişimi açısından da değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmelerde, mikrodalga işlem uygulanmayan P4 grubunda küf gelişimi gözlemlenirken, mikrodalga işlem uygulanmış alt gruplarda küf oluşumunun tamamen engellendiği tespit edilmiştir. Küf gelişiminin gözlemlenmediği en düşük işlem koşulunu temsil eden 30 saniye mikrodalga işlemi uygulanmış pH 4.0 grubu (P4-30) seçilmiştir. Depolama sürecine yalnızca bu iki grup dahil edilmiştir. Seçilen P4 ve P4-30 grupları, vakum altında kapatıldıktan sonra +4°C’de depolanmış ve belirlenen periyotlarda analiz edilmiştir.

Depolama süresi 8 hafta olarak belirlenmiş ve analizler 0. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta, 6. hafta ve 8. hafta olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Her iki grup üzerinde her depolama gününde; renk analizi, pH analizi, polifenol oksidaz aktivitesi, oksidasyon analizleri (peroksit ve *p*-anisidin değerleri), toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı, maya ve küf sayımı ile duyusal analiz (renk, tat, koku, kıvam ve genel beğeni) gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1 Tez çalışmasındaki örnek grupları

Örnek grubu	pH ayarlama	Mikrodalga Uygulama Süresi (s)
K (kontrol)		0
K-30	Meyvenin doğal pH’sı	30
K-60		60
K-90		90
P4		0
P4-30	4.0	30
P4-60		60
P4-90		90

Çizelge 3.1 Tez çalışmasındaki örnek grupları (devam)

Örnek grubu	pH ayarlama	Mikrodalga Uygulama Süresi (s)
<u>P 4.5</u>		0
P4.5-30	4.5	30
P4.5-60		60
P4.5-90		90
<u>P 5</u>		0
P5-30	5.0	30
P5-60		60
P5-90		90

Tez kapsamında yapılan çalışmalarla elde edilen bulgularla pürenin 56 güne (8 hafta) kadar raf ömrünün sorunsuz bir şekilde uzayabildiği görülmüş ve bu süre bu tür bir ürün için tarafımızdan fazlası ile yeterli bulunmuştur. Çalışmamızda raf ömrünün pratikte uygulanması tercih edilmeyecek düzeye kadar uzayabileceği tahmin edilmiş ve bu nedenle ürünün maksimum ulaşabileceği raf ömrünün hızlı bir yöntemle, daha az ve en kritik parametrelerle araştırılması yoluna gidilmiştir.

Hızlandırılmış raf ömrü çalışması kapsamında, pürelerin oksidatif dayanıklılığını, mikrobiyal gelişim oranlarını ve renk stabilitesini değerlendirmek amacıyla normal olarak uygulanması mümkün olmayan, ancak hızlandırılmış raf ömrü çalışmalarına uygun farklı sıcaklıklarda depolama koşulları oluşturulmuştur. Bu analizlerde, pH 4.0 olarak ayarlanmış grup (P4) ve bu grubun 30 saniye mikrodalga işlemine tabi tutulmuş hali (P4-30) kullanılmıştır.

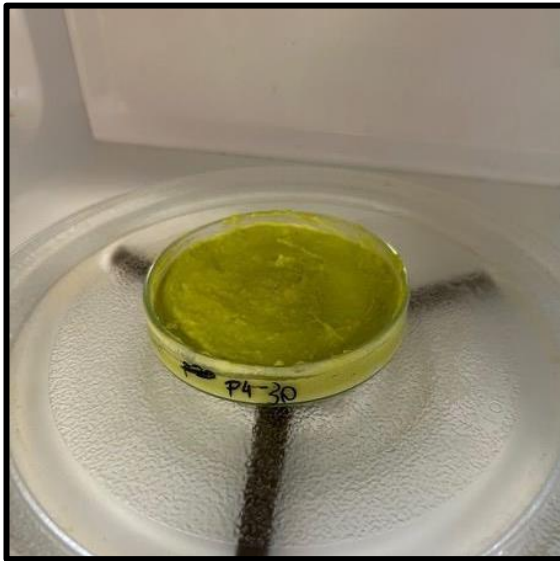
Örnekler, 10°C, 20°C ve 30°C'de 21 gün boyunca inkübatörde depolanmıştır. Depolama süresince, her 3 günde bir renk analizi, peroksit analizi ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı diğer çalışmalarda kullanılan aynı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Depolama sırasında ortam sıcaklıkları düzenli olarak kontrol edilmiş ve sabit tutulmuştur. Numunelerde oksidatif dayanıklılık, peroksit değerlerinin değişimi ile; renk stabilitesi, renk analizi sonuçları ile; mikrobiyal gelişim oranı ise aerobik mezofilik bakteri sayımıyla takip edilmiştir.

Elde edilen veriler, raf ömrünü tahmin etmek için doğrusal regresyon analizine tabi tutulmuş ve sıcaklık artışının oksidatif, mikrobiyal ve renk bozulma hızına etkisi değerlendirilmiştir.

Şekil 3.2’de avokado püresinin pH değerinin 4.0'a ayarlanma süreci gösterilmektedir. Mikrodalga pastörizasyonu uygulanan P4-30 grubuna ait avokado püresi örneği ise Şekil 3.3’te sunulmuştur. Vakum altında ısıl kapatma işlemi uygulanan ve +4°C’de muhafaza edilen vakumlanmış avokado pürelerinin görünümü Şekil 3.4’te yer almaktadır.



Şekil 3.2 Avokado püresinin pH değerinin 4.0’a ayarlanması



Şekil 3.3 Mikrodalga işlemine tabi tutulan P4-30 avokado püresi örneği



Şekil 3.4 +4°C’de muhafaza edilen vakumlanarak paketlenmiş avokado püreleri

3.4 Avokado Püresinde Yapılan Analizler

3.4.1 Renk analizi

Avokado püreleri için L* (parlaklık), a* (kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) değerlerinin ölçümü renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, CR5, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.6). Toplam renk farkı (ΔE^*) Eşitlik 3.1’deki formülden hesaplanmıştır (Ospina vd. 2019).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.1)$$

3.4.2 pH analizi

pH değerleri, Albahr vd. (2022) tarafından kullanılan metoda göre belirlenmiştir. Bu metoda göre 3 g avokado püresi 10 mL saf su ile karıştırılmış ve pH metre (inoLab pH 720, WTW 82362, Weiheim, Germany) ile ölçüm yapılmıştır.

3.4.3 Polifenol oksidaz aktivitesi

Enzim aktivitesinin belirlenmesinde Gölükcü (2006) tarafından belirlenen yöntem kullanılmıştır. Bu metoda göre, 10 g örnek 10 mL McIlvaine tampon çözeltisine (0.1 M sitrik asit (30.75 mL) ve 0.2 M sodyum fosfat (69.25 mL) çözeltilerinden yararlanarak toplam hacim 100 mL olacak şekilde hazırlanan) ve tampon çözeltisinin pH'sı 6.5'a ayarlanmıştır. Hazırlanan tampon çözeltiliye, toplam tampon hacminin %5'i olacak şekilde polivinilpoliprolidon (PVPP) eklenmiştir. Hazırlanan karışım ultra-turraks (Heidolph SilentCrusher M, Germany) kullanılarak 1 dakika boyunca homojenize edilmiş ve ardından, soğutmalı santrifüjde 12000 devir/dakika, 4°C ve 30 dakika santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatant (üst sıvı faz) Whatman 1 filtre kağıdından süzülmüştür. Bu süzüntü analizde enzimatik ekstrakt olarak kullanılmıştır (Şekil 3.7). Polifenol oksidaz aktivitesinin saptanması için 3 mL 0.05 M kateşol ile 75 µl enzim ekstraktı spektrofotometre küvetinde karıştırılıp ve spektrofotometrede (Shimadzu UV-1601, Japan) karışımın absorbansı 410 nm dalga boyunda 1 dakika boyunca ölçülmüştür. Numunelerin polifenol oksidaz aktivitesi Δ absorbans/mL/dakika olarak ifade edilmiştir.

3.4.4 Oksidasyona ilişkin analizler

Peroksit ve *p*-anisidin değerlerinin analizleri için avokado püresinden yağ elde edilmesinde, Pérez-Saucedo (2021) metoduna dayalı soğuk ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, taze avokado pürelerinden 25 g numune alınmış ve 80 mL'lik santrifüj tüplerine yerleştirilmiştir. Numuneler, santrifüj cihazında (Sigma 3-30K, Germany) 12,000 rpm hızda, 25°C'de 30 dakika boyunca santrifüj edilerek yağ fazı katı ve sıvı fazlardan ayrılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Avokado püresinden yağ elde edilmesinde santrifüj sonrası faz ayrımının görünümü

3.4.4.1 Peroksit değeri

Örneklerin peroksit değeri analizi için 0.3 g yağ 50 mL’lik erlene tartılmış (Şekil 3.10) ve üzerine 10 mL asetik asit/izooktan (3:2 v/v) ilave edilerek yağ tamamen çözülünceye kadar karıştırılmıştır. Ardından 0.5 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilerek 1 dk bekletildikten sonra yavaş bir biçimde çalkalanmış ve karışıma 10 mL saf su ilave edilmiştir. Saf su ilave edildikten sonra bu karışım 0.002 N sodyum tiyosülfat ile 0.5 mL nişasta (%0.5’lik) indikatörü eşliğinde titre edilmiştir. Peroksit değeri Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır (Komaç 2018).

$$\text{Peroksit değeri (mEq O}_2\text{/kg yağ)} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{Numune ağırlığı}} \quad (3.2)$$

burada S: Numune için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmini (mL), B: Kör için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmini (mL) ve N: Sodyum tiyosülfatın normalitesini ifade etmektedir.

3.4.4.2 *p*-anisidin değeri

Örneklerden ekstrakte edilen yağdan yaklaşık olarak 1.5 g tartılarak *n*-hekzan ile 25 mL'ye seyreltilmiştir. Hazırlanan bu çözeltinin absorbansı (A_1) *n*-hekzana karşı ölçülmüştür. Sonrasında *n*-hekzan içinde hazırlanmış olan yağ çözeltisinden 5 mL alınarak 1 mL *p*-anisidin çözeltisi ile (glasiyel asetik asit içinde %0.25'lik *p*-anisidin çözeltisi) karıştırılmıştır. Ayrı bir yerde de 5 mL *n*-hekzan ile 1 mL *p*-anisidin çözeltisi karıştırılmıştır. Bu iki karışım 10 dakika boyunca karanlıkta bekletilip 350 nm dalga boyunda UV spektrofotometrede (Shimadzu UV-1601, Japan) absorbansları (A_2) ölçülmüştür. *p*-anisidin değeri Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır (Gölkücü 2006).

$$p - anisidin\ değeri = \frac{25 \times [1.2 \times (A_2 - A_1)]}{Numune\ ağırlığı} \quad (3.3)$$

3.4.5 Mikrobiyolojik analizler

Numunelerde mikrobiyolojik analiz kapsamında toplam toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya/küf sayımı, Halkman (2005) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılacak tüm malzemeler otoklavda sterilize edilmiş ve işlemler steril koşullarda yürütülmüştür. Bu amaçla, 10 g örnek, 90 mL fizyolojik tuzlu su çözeltisi (%0.85 NaCl içeren) içerisinde homojenize edilmiş ve gerekli seyreltmeler yapılarak seri dilüsyonlar hazırlanmıştır.

3.4.5.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Ön denemeler ile belirlenmiş uygun üç seri, yani 10^{-1} , 10^{-2} ve 10^{-3} dilüsyonlarından, Plate Count Agar (PCA) besiyerine dökme plak yöntemi ile steril plastik petrilere ekim yapılmıştır. Hazırlanan petrilere, inkübatörde (Mettler, Germany) 28°C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılarak, sonuçlar log kob/g örnek cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.5.2 Maya ve küf sayımı

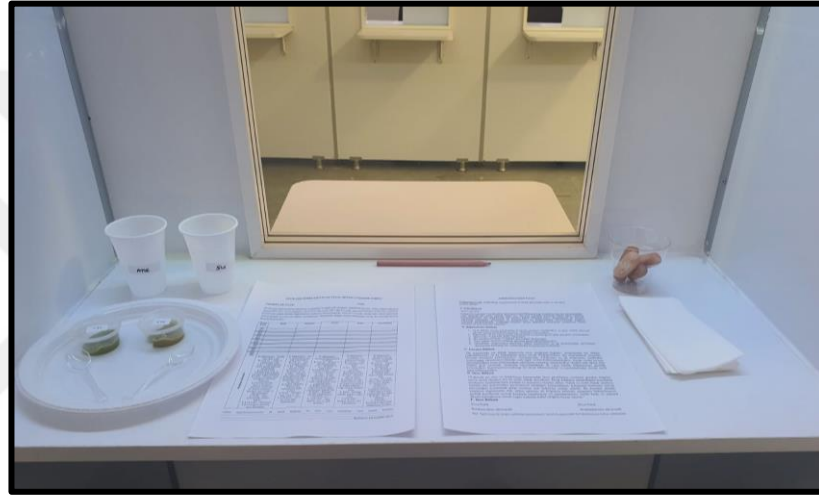
Ön denemeler ile belirlenmiş uygun üç seri, yani 10^{-1} , 10^{-2} ve 10^{-3} dilüsyonlarından, Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar (YGC) besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan petriler, inkübatörde (Nüve EN 400, Turkey) 25-28°C'de 3-5 gün inkübe edilmiştir. 3. gün sonunda maya kolonileri, 5. gün sonunda ise küf kolonileri sayılarak sonuçlar log kob/g örnek cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.6 Duyusal analiz

Avokado pürelerinin duyusal değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personeli ve öğrencilerinden oluşan 15 gönüllü panelistin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde, EK 1'de sunulan "Aydınlatılmış Onam Formu" aracılığıyla panelistlere çalışma hakkında detaylı bilgi verilmiş ve katılım koşulları açıklanmıştır. Gönüllü katılımcıların onamları alınarak etik ilkeler çerçevesinde değerlendirme süreci başlatılmıştır. Duyusal analiz sırasında, her bir avokado püre örneği rastgele sırayla panelistlere sunulmuş ve EK 2'de yer alan "Avokado Pürelerinin Duyusal Değerlendirme Formu" kullanılarak panelistler tarafından değerlendirilmeleri sağlanmıştır. Değerlendirme kriterleri arasında renk, tat/lezzet (örneğin, acılık, ekşilik, burukluk gibi algılar), kıvam ve genel beğeni yer almıştır. Tüm kriterler, 9 puanlı bir hedonik skala (1: çok kötü, 9: mükemmel) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme süreci, Bölüm Duyusal Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve analizlerin doğruluğunu artırmak amacıyla örnekler steril kaplarda sunulmuştur. Ayrıca, her değerlendirme arasında damak nötralizasyonunu sağlamak için panelistlere su ve tuzsuz kraker verilmiştir (Marco vd. 2019, Campos vd. 2020). Şekil 3.6'da, duyusal analiz için hazırlanan avokado püresi örnekleri gösterilmektedir. Şekil 3.7'de ise avokado pürelerinin duyusal analizi sırasında kullanılan değerlendirme ortamı ve örneklerin sunum düzeni gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Duyusal analiz için hazırlanan avokado püresi örnekleri



Şekil 3.7 Avokado pürelerinin duyusal analizi için kullanılan bölüm ve örneklerin sunum düzeni

3.4.7 İstatistiksel analiz

Sonuçlar, varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklılık görülen gruplarda Duncan testi uygulanmıştır. Farklar, $P < 0.05$ önemli olarak kabul edilerek tüm istatistiksel analizler, SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chiago, IL, USA) yazılımı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Örnek Gruplarının Seçimi

Tez çalışması kapsamında, avokado püresinde pH ve mikrodalga işlem sürelerinin ürün kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmanın başlangıç aşamasında, renk özellikleri (L^* , a^* , b^*), pH stabilitesi ve mikrobiyal yük analizleri kullanılarak 16 farklı işlem grubu test edilmiştir. Bu analizler, mikrodalga işlem sürelerinin ve farklı pH'ların ürün kalitesine olan etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, ürün stabilitesini ve kabul edilebilirlik seviyelerini optimize etmek için hangi işlem gruplarının daha etkili olduğunu belirlemek üzere değerlendirilmiştir. Farklı pH seviyelerinde ve mikrodalga işlem sürelerinde elde edilen renk parametreleri (L^* , a^* , b^*), pH değerleri ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

L^* değerleri, P4 grubunda başlangıçta 63.594 ± 0.220 ile daha düşük bir değere sahipken, mikrodalga uygulamasıyla bu değer P4-30 grubunda 65.340 ± 0.237 'ye, P4-60 grubunda 66.132 ± 0.405 'e ve P4-90 grubunda 66.764 ± 0.358 'e yükselmiştir. P4.5 ve P5 gruplarında da mikrodalga işlem süresinin artışıyla benzer bir artış gözlenmiştir. P4.5 grubunda L^* değerleri başlangıçta 62.511 ± 0.365 iken P4.5-90 grubunda 64.248 ± 0.432 'ye; P5 grubu başlangıçta 60.650 ± 0.382 iken P5-90 grubunda 62.980 ± 0.193 'e ulaşmıştır. L^* değerlerindeki bu artış, mikrodalga işleminin ürünlerin L^* değerini artırdığını göstermektedir. Yapılan istatistiksel analizlerde gruplar arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). L^* değerleri açısından en yüksek artış P4-90 grubunda görülse de, P4-30 grubu renk stabilitesini daha dengeli bir şekilde sağlamıştır. a^* değerleri, gruplar arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir ($P < 0.05$). P4 grubu başlangıçta -10.837 ± 0.147 değerine sahipken, mikrodalga işlem süreleri uzadıkça bu değer giderek artmıştır: P4-30 grubunda -6.920 ± 0.123 , P4-60 grubunda -6.128 ± 0.361 ve P4-90 grubunda -6.108 ± 0.486 olarak ölçülmüştür. Benzer bir eğilim P4.5 ve P5 gruplarında da gözlenmiştir; P4.5 grubunda -8.614 ± 0.229 olan başlangıç değeri P4.5-90 grubunda -6.138 ± 0.667 'ye, P5 grubunda -12.892 ± 0.123 olan başlangıç değeri ise P5-90 grubunda -9.074 ± 0.636 'ya ulaşmıştır. Mikrodalga işlemi, a^* değerlerini artırarak ürünlerin daha az yeşil ve daha fazla kırmızı tona kaymasına neden olmuştur. a^* değeri

açısından, P4-30 grubu diğer alt gruplara göre daha dengeli bir artış göstermiş ve bu nedenle renk stabilitesi bakımından tercih edilebilir bir sonuç sunmuştur.

b* değerlerinde gruplar arasında belirgin farklılıklar görülmüştür. P4 grubunda başlangıç değeri 30.477 ± 0.371 iken, mikrodalga uygulamasıyla bu değer P4-30 grubunda 30.895 ± 0.317 , P4-60 grubunda 32.338 ± 0.797 ve P4-90 grubunda 33.112 ± 0.955 olarak artış göstermiştir. P4.5 ve P5 gruplarında da benzer bir eğilim gözlenmiştir; P4.5 grubunda 25.385 ± 0.387 olan başlangıç değeri P4.5-90 grubunda 25.811 ± 0.776 'ya; P5 grubunda 27.742 ± 0.140 olan başlangıç değeri P5-90 grubunda 27.037 ± 0.864 'e yükselmiştir. b* değerlerindeki bu artış, mikrodalga işlemin ürünlerin daha sarı tonlarına kaymasına neden olduğunu göstermektedir. En yüksek b* değeri P4-90 grubunda olsa da, P4-30 grubu sarı tonlarının kontrolü açısından daha uygun bir denge sunmuştur. Gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). Farklı pH seviyelerinde yapılan ölçümler sonucunda, pH değerleri gruplar arasında belirgin bir değişim göstermiştir. pH 4.0 seviyesindeki P4 grubu, 4.04 ± 0.015 değeriyle en yüksek başlangıç değerine sahipken, mikrodalga uygulamasıyla işlem görmüş alt gruplarda bu değer giderek azalmıştır. P4-30 grubunda 4.00 ± 0.017 , P4-60 grubunda 3.97 ± 0.055 ve P4-90 grubunda 3.88 ± 0.025 olarak ölçülmüştür. Daha yüksek başlangıç pH'ına sahip olan P4.5 ve P5 gruplarında da benzer bir eğilim izlenmiştir; P4.5 grubu için pH 4.53 ± 0.010 'dan P4.5-90 grubu için 4.47 ± 0.032 'ye, P5 grubu içinse 5.01 ± 0.032 'den P5-90 grubu için 4.93 ± 0.010 'a düşüş kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, mikrodalga işlem süresinin artışıyla pH seviyelerinin azaldığını göstermektedir. En düşük pH değerine P4-90 grubu ulaşmış olsa da, P4-30 grubu mikrodalga işlemin pH stabilitesi üzerindeki etkisi açısından optimum bir denge sunmuştur. İstatistiksel analizler, pH seviyelerindeki bu değişimlerin gruplar arasında anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ($P < 0.05$).

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları, gruplar arasında mikrodalga işlemin etkisini açıkça göstermiştir. P4 grubu başlangıçta 3.5 ± 0.015 log KOB/g değerine sahipken, mikrodalga uygulamasıyla bu değer P4-30 grubunda 3.2 ± 0.068 , P4-60 grubunda 3.1 ± 0.015 ve P4-90 grubunda 3.0 ± 0.025 olarak azalmıştır. P4.5 ve P5 gruplarında da benzer azalmalar gözlenmiştir.

Bu sonuçlar, mikrodalga işleminin mikrobiyal yükü azaltma etkisine işaret etmektedir. Toplam aerobik mezofilik bakteri açısından en düşük değer P4-90 grubunda gözlemlense de, P4-30 grubu hem mikrobiyal kontrol hem de diğer kalite parametreleri açısından genel olarak daha etkili bir sonuç sunmuştur. İstatistiksel analizler bu farkların anlamlı olduğunu göstermiştir ($P < 0.05$).

Çalışma kapsamında, farklı pH seviyelerine (pH 4.0, 4.5 ve 5.0) ayarlanmış örnek gruplarında, renk özellikleri, pH değişimi ve toplam aerobik mezofilik bakteri yükü değerlendirilmiştir.

Analizler sonucunda, düşük pH seviyesinin sağladığı mikrobiyal stabilite avantajı nedeniyle pH 4.0 grubunun (P4) diğer gruplara kıyasla daha uygun olduğu belirlenmiştir. P4 grubu, başlangıç pH seviyesini koruma kapasitesi, renk parametrelerinde iyileştirme potansiyeli ve mikrobiyal yükü azaltmadaki etkisi nedeniyle seçilmiştir. P4 grubu ve alt grupları (P4-30, P4-60 ve P4-90) üzerinde, başlangıç analizleri tekrarlandıktan sonra bu gruplar maya ve küf gelişimi açısından da değerlendirilmiştir. Mikrodalga işlem süresiyle birlikte maya ve küf oluşumunun kontrol altına alınma düzeyi detaylı olarak incelenmiş ve bu analizlerin sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Mikrodalga işleminin etkisiyle L^* değerlerinde önemli bir artış kaydedilmiştir. P4 grubunun başlangıç L^* değeri 61.859 ± 0.609 iken, P4-30, P4-60 ve P4-90 gruplarında bu değer sırasıyla 64.657 ± 0.224 , 65.495 ± 0.154 ve 66.102 ± 0.374 olarak artış göstermiştir.

Çizelge 4.1 pH seviyelerine göre örnek gruplarının renk, pH stabilitesi ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı değerleri

Örnek grubu	pH	L*	a*	b*	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (log KOB/g)
P4	4.04 ^f ±0.015	63.594 ^e ±0.220	-10.837 ^e ±0.147	30.477 ^b ±0.371	3.5 ^c ±0.015
P4-30	4.00 ^g ±0.017	65.340 ^c ±0.237	-6.920 ^b ±0.123	30.895 ^b ±0.317	3.2 ^f ±0.068
P4-60	3.97 ^g ±0.055	66.132 ^b ±0.405	-6.128 ^a ±0.361	32.338 ^a ±0.797	3.1 ^g ±0.015
P4-90	3.88 ^h ±0.025	66.764 ^a ±0.358	-6.108 ^a ±0.486	33.112 ^a ±0.955	3.0 [±] 0.025
P4.5	4.53 ^d ±0.010	62.511 ^g ±0.365	-8.614 ^{cd} ±0.229	25.385 ^d ±0.387	3.6 ^b ±0.015
P4.5-30	4.50 ^{de} ±0.000	63.641 ^e ±0.199	-8.115 ^c ±0.081	27.048 ^c ±0.620	3.4 ^d ±0.025
P4.5-60	4.49 ^{de} ±0.010	64.022 ^d ±0.409	-8.088 ^c ±0.348	27.932 ^c ±0.774	3.2 ^f ±0.005
P4.5-90	4.47 ^e ±0.032	64.248 ^d ±0.432	-6.138 ^a ±0.667	25.811 ^d ±0.776	3.1 ^h ±0.020
P5	5.01 ^a ±0.032	60.650 [±] 0.382	-12.892 ^g ±0.123	27.742 ^c ±0.140	3.8 ^a ±0.015
P5-30	4.98 ^{ab} ±0.010	61.517 ^h ±0.392	-11.525 ^f ±0.587	27.390 ^c ±0.506	3.6 ^b ±0.025
P5-60	4.95 ^{bc} ±0.010	62.292 ^g ±0.370	-10.557 ^e ±0.316	27.988 ^c ±0.074	3.5 ^c ±0.005
P5-90	4.93 ^c ±0.010	62.980 ^f ±0.193	-9.074 ^d ±0.636	27.037 ^c ±0.864	3.4 ^e ±0.032

*Aynı sütunda farklı harfler, Duncan testi sonuçlarına göre (P<0,05) örnek grupları arasındaki farkları göstermektedir. Tablodaki değerler, ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Bu sonuçlar, mikrodalga işlemin ürünlerin aydınlık seviyelerini artırdığını göstermektedir. Aydınlık değerleri açısından en yüksek artış P4-90 grubunda görülse de, P4-30 grubu renk stabilitesi bakımından daha dengeli sonuçlar sunmuştur. İstatistiksel analizler, gruplar arasındaki L* değerlerindeki artışların anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ($P<0.05$). Bilindiği üzere yüksek L değerleri renk esmerleşmesinin azlığına işaret etmektedir.

a* değerleri gruplar arasında belirgin bir artış göstermiştir. P4 grubunun başlangıç değeri -11.658 ± 0.629 iken, P4-30 grubunda -8.840 ± 0.311 , P4-60 grubunda -7.566 ± 0.137 ve P4-90 grubunda -6.533 ± 0.435 olarak yükselmiştir. Bu artış, mikrodalga işleminin ürünlerin renk tonlarını yeşilden kırmızıya doğru kaydırıldığını, bir başka deyişle esmerleşmeyi göstermektedir. a* değerleri açısından P4-30 grubu, dengeli bir artış sağlayarak, ürünlerin renk stabilitesi açısından olumlu bir performans sergilemiştir. Yapılan istatistiksel analizler, gruplar arasındaki farkların anlamlı olduğunu göstermiştir ($P<0.05$).

b* değerlerinde de gruplar arasında anlamlı artışlar gözlenmiştir. P4 grubunun başlangıç değeri 31.394 ± 0.851 iken, mikrodalga işleme bu değer P4-30 grubunda 31.642 ± 0.687 , P4-60 grubunda 32.349 ± 0.203 ve P4-90 grubunda 33.179 ± 0.276 olarak artmıştır. Bu artış, mikrodalga işlemin ürünlerin sarı tonlarını artırdığını göstermektedir. Sarı tonları kontrolü açısından P4-30 grubu, daha dengeli bir artış sunarak tercih edilebilir bir seçenek olmuştur. İstatistiksel analizler, b* değerleri arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu göstermiştir ($P<0.05$).

Farklı mikrodalga işlem süreleri boyunca pH değerlerinde belirgin bir düşüş gözlenmiştir. P4 grubu başlangıçta 4.04 ± 0.008 pH değerine sahipken, mikrodalga işlem süresi arttıkça bu değer sırasıyla P4-30 grubunda 4.00 ± 0.019 , P4-60 grubunda 3.98 ± 0.041 ve P4-90 grubunda 3.89 ± 0.016 olarak azalmıştır. Bu düşüş, mikrodalga işlemin pH üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. pH seviyelerindeki azalışların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Düşük pH seviyelerinde P4-30 grubu, işlem sonrası dengeli bir pH değeri sunarak, kalite ve stabilite açısından uygun bir seçenek olarak öne çıkmıştır.

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarında, mikrodalga işlem süresi arttıkça belirgin bir azalma kaydedilmiştir. P4 grubunda bu değer 3.6 ± 0.016 log KOB/g olarak ölçülmüşken, P4-30 grubunda 3.3 ± 0.017 , P4-60 grubunda 3.2 ± 0.016 ve P4-90 grubunda 3.0 ± 0.017 olmuştur. Bu azalma, mikrodalga işlemin mikrobiyal yükü azaltmadaki etkinliğini göstermektedir. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı açısından en düşük değer P4-90 grubunda gözlemlenmiş olsa da, P4-30 grubu, mikrobiyal güvenlik ile kalite parametrelerini dengeli bir şekilde bir araya getirerek, optimal bir sonuç sunmuştur. Yapılan istatistiksel analizlerde gruplar arasındaki farkların anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$).

P4 grubunda başlangıç maya sayımı 3.3 ± 0.016 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Mikrodalga işlem uygulanmış gruplarda bu değer P4-30 grubunda 3.0 ± 0.017 , P4-60 grubunda 2.8 ± 0.016 ve P4-90 grubunda 2.8 ± 0.017 olarak azalmıştır. Bu sonuçlar, mikrodalga işlemin maya gelişimini kontrol altına aldığını göstermektedir.

Yapılan istatistiksel analizler, maya sayılarındaki farklılıkların anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ($P < 0.05$). Küf sayımı açısından, mikrodalga işlem uygulanmış tüm gruplarda küf gelişimi gözlemlenmemiştir. Bu durum, mikrodalga işlemin küf oluşumunu engellemede etkili olduğunu göstermektedir. Küf gelişiminin gözlemlenmediği en düşük işlem koşulunu temsil eden P4-30 grubu hem mikrobiyal güvenlik hem de ürün kalitesini koruma açısından ideal bir seçim olarak değerlendirilmiştir. Depolama sürecinde yalnızca P4 ve P4-30 grupları analiz edilmek üzere çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

Çizelge 4.2 Mikrodalga işlem süresine göre P4 grubunda renk, pH ve mikrobiyal değerler

Örnek Grubu	pH	L*	a*	b*	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (log KOB/g)	Maya (log KOB/g)	Küf (log KOB/g)
P4	4,04 ^a ±0,008	61,859 ^c ±0,609	-11,658 ^c ±0,629	31,394 ^b ±0,851	3,6 ^a ±0,016	3,3 ^a ±0,016	1,9±0,031
P4-30	4,00 ^{±ab} 0,019	64,657 ^b ±0,224	-8,840 ^b ±0,311	31,642 ^b ±0,687	3,3 ^b ±0,017	3,0 ^b ±0,017	Küf gelişimi gözlenmemiştir.
P4-60	3,98 ^b ±0,041	65,495 ^{ab} ±0,154	-7,566 ^{ab} ±0,137	32,349 ^{ab} ±0,203	3,2 ^c ±0,016	2,8 ^c ±0,016	Küf gelişimi gözlenmemiştir.
P4-90	3,89 ^c ±0,016	66,102 ^a ±0,374	-6,533 ^a ±0,435	33,179 ^a ±0,276	3,0 ^d ±0,017	2,8 ^d ±0,017	Küf gelişimi gözlenmemiştir.

*Aynı sütunda farklı harfler, Duncan testi sonuçlarına göre (P<0,05) örnek gruplar arasındaki farkları göstermektedir. Tablodaki değerler, ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir

4.2 Depolama Süresince Avokado Püresine Yapılan Analizler

Farklı depolama sürelerine ait P4 ve P4-30 örneklerinin görselleri, depolama süresi boyunca renk ve görünüm özelliklerindeki değişimlerin ortaya konulması amacıyla belirli aralıklarla çekilmiş olup Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

4.2.1 Renk analizi

Renk, sebze ve meyvelerin en dikkat çekici özelliklerinden biri olup, ürünlerin raf ömrü boyunca takip edilmesi gereken temel bir kalite göstergesidir. Tüketicilerin tercihlerini etkileyen bu önemli parametre, ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi hakkında da dolaylı bilgi sağlar. Gıdaların renk özellikleri, büyüme, olgunlaşma ve işleme süreçleri sırasında meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişikliklerle şekillenir. Özellikle avokado gibi ürünlerde, renk değişimi enzimatik reaksiyonlar sonucu oluşan esmerleşme ile ilişkilidir. Polifenol oksidaz (PPO) enzimi, fenolik bileşikleri oksitleyerek kahverengi pigmentlerin oluşumuna neden olur ve bu durum avokadonun rengini etkileyen temel faktörlerden biridir (Moon vd. 2020). Avokadoya özgü olan yeşillik ($-a^*$) değeri, ürünün tazeliği ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği açısından kritik bir öneme sahip olduğu da açıklanmıştır (Pathare vd. 2012, Albahr vd. 2022).









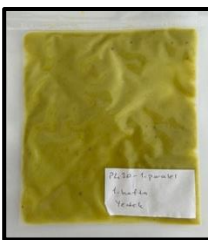


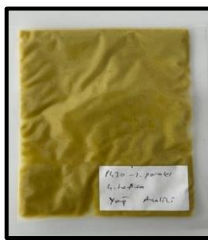


Renk analizinde kullanılan L^* , a^* ve b^* parametreleri, nesnelerin renk özelliklerini belirler. L^* değeri parlaklığı (0: siyah, 100: beyaz), a^* değeri kırmızılık ve yeşilliği (negatif: yeşil, pozitif: kırmızı), b^* değeri ise sarılık ve maviliği (negatif: mavi, pozitif: sarı) ifade etmektedir (Keskin vd. 2017). Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2'de, $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolama boyunca avokado püresinin renk parametrelerindeki (L^* , a^* , b^* ve ΔE^*) değişimler P4 ve P4-30 grupları için gösterilmiştir.

Depolama süresi boyunca grupların L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Parlaklık indeksi olan L^* değeri her iki grupta da azalmıştır. P4 grubunda, 0. haftada 61.33 ± 0.40 olan L^* değeri, depolamanın sonunda 57.51 ± 0.32 'ye düşmüş ve bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). P4-30 grubunda

ise başlangıç değeri olan 64.13 ± 0.48 , 8. haftada 62.60 ± 0.45 seviyesine düşmüş ve bu fark da anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). Kırmızı-yeşil eğilimini ifade eden a^* değeri açısından her iki grupta da negatif değerlerde azalma gözlenmiş, bu da yeşil rengin kaybolduğunu göstermiştir. P4 grubunda, 0. haftada -14.52 ± 0.19 olan a^* değeri, 8. haftada -9.76 ± 0.62 'ye yükselmiş ve bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$).

Benzer şekilde, P4-30 grubunda 0. haftada -10.80 ± 0.31 , 8. haftada ise -6.45 ± 0.22 olarak ölçülmüş ve bu fark anlamlıdır ($P < 0.05$). Sarı-mavi eğilimini ifade eden b^* değeri, depolama süresi boyunca her iki grupta da azalmıştır. P4 grubunda, 0. haftada 35.75 ± 0.55 olan b^* değeri, depolamanın sonunda 33.04 ± 0.64 olarak ölçülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). P4-30 grubunda ise başlangıç değeri olan 38.86 ± 0.50 , 8. haftada 34.48 ± 0.56 olarak belirlenmiş ve bu fark da anlamlıdır ($P < 0.05$). Toplam renk farkını (ΔE^*) ifade eden değerlerde her iki grupta da belirgin artışlar gözlenmiştir. P4 grubunda, 1. haftada 1.97 ± 0.68 olan ΔE^* değeri, 8. haftada 6.68 ± 1.00 seviyesine yükselmiş ve bu artış anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). P4-30 grubunda ise ΔE^* değeri 1. haftada 1.89 ± 0.85 , 8. haftada 6.38 ± 0.24 olarak belirlenmiş ve bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$).

Guzmán vd. (2002), mikrodalga işleminin ve çinko ile bakır klorür ilavesinin avokado püresinin rengi üzerindeki etkilerini incelemiştir. 25 ve 30 saniyelik mikrodalga işleminin, renk stabilitesini daha iyi koruduğu ve polifenol oksidaz (PPO) enzimini kısmen inaktive ederek kararmayı azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, çinko ve bakır klorür eklenmesi, klorofil komplekslerinin oluşumunu desteklemiştir böylelikle rengin daha iyi korunduğu saptanmıştır.

		Depolama Süresi (Hafta)						
		0	1	2	3	4	6	8
Örnek Grupları	P4							
	P4-30							

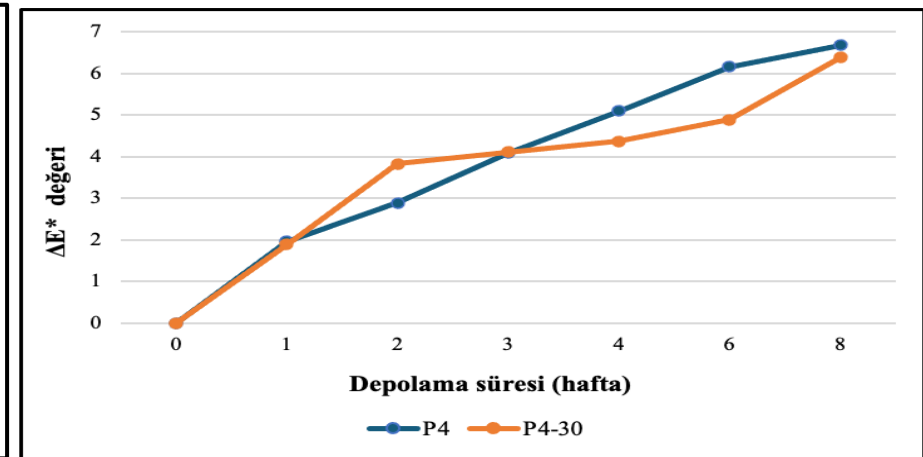
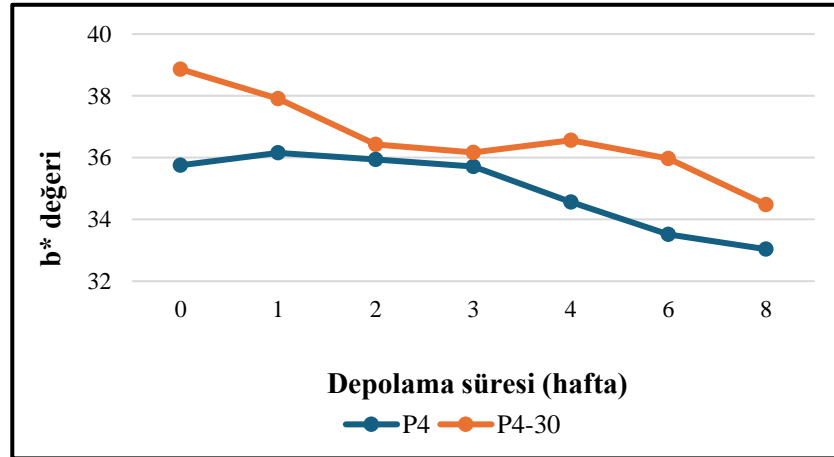
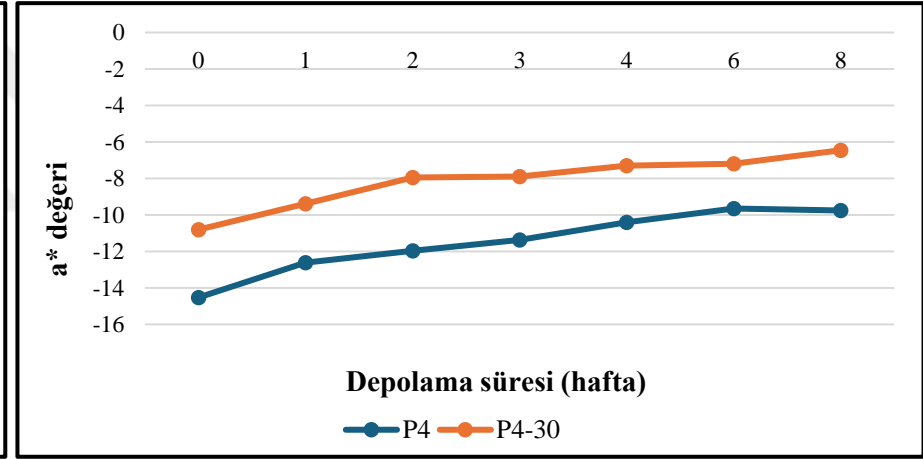
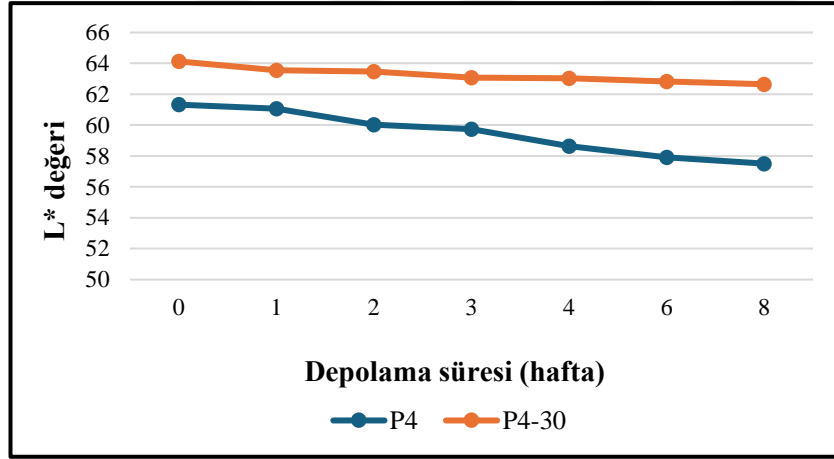
Şekil 4.1 Farklı depolama sürelerinde P4 ve P4-30 örneklerinin görünümü (P4: pH 4.0 grubu, P4-30: 30 saniye mikrodalga işlemlili pH 4.0 grubu)

Çizelge 4.3 Depolama süresince avokado püresinin renk değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

	Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)						
		0	1	2	3	4	6	8
L*	P4	61.327 ^a ±0.399	61.074 ^a ±0.390	60.024 ^b ±0.291	58.747 ^c ±0.355	58.639 ^c ±0.275	57.923 ^d ±0.637	57.511 ^d ±0.315
	P4-30	64.127 ^a ±0.479	63.561 ^b ±0.255	63.463 ^{bc} ±0.456	63.069 ^{cd} ±0.364	63.044 ^{cd} ±0.470	62.591 ^d ±0.429	62.598 ^d ±0.449
a*	P4	-14.525 ^f ±0.188	-12.620 ^e ±0.738	-11.965 ^d ±0.168	-11.364 ^c ±0.178	-10.403 ^b ±0.060	-9.647 ^a ±0.557	-9.763 ^a ±0.620
	P4-30	-10.804 ^e ±0.309	-9.381 ^d ±0.069	-7.948 ^c ±0.252	-7.886 ^c ±0.337	-7.302 ^b ±0.061	-7.192 ^b ±0.198	-6.454 ^a ±0.223
b*	P4	35.753 ^a ±0.549	36.154 ^a ±1.473	35.938 ^a ±0.324	35.711 ^a ±0.517	34.562 ^b ±0.256	33.513 ^c ±0.924	33.036 ^c ±0.637
	P4-30	38.864 ^a ±0.499	37.905 ^b ±1.285	36.431 ^c ±0.408	36.166 ^c ±2.009	36.562 ^c ±0.119	35.968 ^c ±0.388	34.483 ^d ±0.561
ΔE*	P4	-	1,966 ^e ±0,676	2,886 ^{de} ±0,075	4,087 ^{cd} ±0,109	5,100 ^{bc} ±0,362	6,159 ^{ab} ±0,704	6,680 ^a ±0,996
	P4-30	-	1,893 ^c ±0,847	3,828 ^b ±0,125	4,113 ^b ±0,509	4,366 ^b ±0,007	4,888 ^b ±0,197	6,375 ^a ±0,241

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.2 Depolama süresince avokado püresinin renk değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Zhou vd. (2016) çalışmasında, mikrodalga işleminin avokado püresinin renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Mikrodalga işlem görmüş örneklerde, parlaklık indeksi olan L^* değerinin, depolama süresi boyunca azalma gösterdiği ancak bu azalmanın kontrol altında olduğu belirtilmiştir. İşlemden sonra yüksek bir başlangıç seviyesinde olan L^* değeri, depolama sırasında işlenmemiş örneklerde daha belirgin şekilde düşerken, mikrodalga ile işlenmiş örneklerde bu azalma daha azdır. Benzer şekilde, yeşil tonlarını ifade eden negatif a^* değerleri, hem işlem görmüş hem de işlenmemiş örneklerde azalma göstermiştir. Ancak mikrodalga işlem görmüş örneklerde, yeşil tonlarının kaybı daha yavaş gerçekleşmiş ve bu değerler depolama boyunca nispeten daha stabil kalmıştır. Bu sonuçlar, mikrodalga işlemin ürünün görsel kalitesini koruyarak renk değişimlerini kontrol altına alma noktasında etkili olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda da benzer şekilde, mikrodalga işlemin L^* değerinde daha az bir azalma sağladığı ve a^* değerinde yeşil tonlarının daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir. Her iki çalışmada da mikrodalga işlemin, hem parlaklık kaybını hem de yeşil rengin kaybolmasını minimize ederek ürünün görsel kalitesine önemli bir katkı sağladığı ortak bir şekilde ortaya konulmuştur.

Woolf vd. (2013), avokado dilimlerinde yüksek basınç işlemine (HPP) maruz kalan örneklerin renk özelliklerini incelemiştir. HPP işlemi sonucunda, L^* değerlerinde basınca bağlı olarak bir azalma gözlenmiştir. Kontrol grubu için dış dokuda L^* değeri yaklaşık 57.5, iç dokuda ise 69.5 olarak ölçülmüştür. 600 MPa işlem sonrası bu değerler sırasıyla 52.5 ve 63–66 aralığına düşmüştür. Bu durum, HPP işleminin parlaklık kaybına yol açabileceğini göstermektedir. Her iki çalışmada da işlem gruplarının renk parametreleri üzerindeki etkileri benzer eğilimler göstermiştir. Çalışmada HPP işleminin renk değişikliklerini sınırladığı belirtilmiştir; benzer şekilde çalışmamızda mikrodalga işlemin, L^* ve a^* değerlerini kontrol altında tutarak parlaklık kaybını ve yeşil tonların kaybolmasını önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Bununla birlikte, Woolf vd. (2013) yeşil tonların kaybını kontrol etme açısından daha az etkili sonuçlar rapor etmişken, çalışmamızda mikrodalga işlemin bu parametre üzerinde daha belirgin bir iyileştirici etkisi olduğu ortaya konmuştur.

Literatürde Rodríguez-Campos vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, limon ve soğan ekstresi eklenen formülasyonların PPO aktivitesini baskılayarak renk stabilitesini

artırdığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda P4-30 grubunda başlangıçtaki L* değerinin daha yüksek olması ve depolama boyunca daha az değişiklik göstermesi, mikrodalga işleminin PPO aktivitesini sınırlandırmadaki etkinliği ile ilişkilendirilebilir. Öte yandan, P4 grubunda gözlemlenen daha belirgin renk değişimleri, mikrodalga işlemi uygulanmadığı için PPO aktivitesinin kontrol edilememesiyle ilişkilendirilebilir. Bu durum, P4 grubunun daha yüksek oksidatif reaksiyonlara maruz kalarak renk kaybının daha fazla olduğunu göstermektedir.

Wang vd. (2022), manyetik alan destekli dondurma (MFAF) yönteminin avokado püresinin renk özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada başlangıç L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 60,29, -10,62 ve 36,30 olduğu ve bu değerlerin azaldığını ayrıca ΔE değerinin ise arttığını bildirmişlerdir. Bunun sebebinin de avokado püresinin PPO aktivitesi olduğu yani polifenollerin tutulmasıyla alakalı olduğunu belirtmişlerdir.

Bi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, ultrason uygulamasının avokado püresinin L* değerinde belirgin bir artış sağladığı ve bu durumun pürenin daha parlak ve daha az kahverengi bir görünüme sahip olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu değişimin, ultrason işleminin hücresel yapı üzerinde yarattığı homojen dağılım ve renk kararmasını azaltan etkisinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Literatürde belirtilen bu bulgular, çalışmamızda mikrodalga uygulamasıyla elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Çalışmamızda, özellikle P4-30 grubunda, mikrodalga uygulamasının başlangıç L* değerlerini artırdığı ve pürelerin parlaklığını artırarak kararmayı sınırladığı gözlemlenmiştir. Mikrodalga işleminin PPO aktivitesini sınırlandırarak başlangıçta renk stabilitesine katkı sağladığı sonucuna varılmıştır. Mikrodalga işlemi ile ultrason uygulaması arasındaki bu benzerlikler, her iki yöntemin de başlangıç parlaklık artışı sağlama potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Uzunlu (2024), avokado püresine 600 MPa basınçta, 3 dakika süreyle yüksek hidrostatik basınç (HHP) işlemi uygulamış, pH'ını sitrik asit ile 4.0'a ayarlamış ve örnekleri polietilen (PE) torbalara yerleştirip vakumladıktan sonra +4°C'de 28 gün boyunca depolamıştır. Uzunlu (2024), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin avokado püresinin renk parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kontrol grubunda L*

değeri 63.41 ± 1.85 'ten 55.77 ± 1.09 'a düşerken, HHP uygulanan grupta 50.75 ± 0.60 'tan 52.18 ± 3.60 'a yükselmiştir. a^* değeri kontrol grubunda -9.48 ± 0.04 'ten 1.93 ± 0.14 'e yükselerek yeşil tonlarını kaybetmiştir. HHP uygulanan grupta ise a^* değeri -2.79 ± 0.14 'ten -2.25 ± 0.52 'ye hafif bir artış göstermiştir. Sarı-mavi eğilimini ifade eden b^* değeri kontrol grubunda 31.44 ± 0.08 'den 18.66 ± 0.52 'ye düşerken, HHP grubunda 25.75 ± 0.56 'dan 23.10 ± 0.37 'ye gerilemiştir. Çalışmamızda mikrodalga işlemi, depolama boyunca renk parametrelerindeki değişimleri kontrol altında tutmuş ve renk stabilitesinin korunmasına katkıda bulunmuştur. Benzer şekilde, Uzunlu (2024) çalışmasında HHP işleminin renk değişimlerini sınırladığı gösterilmiştir. Her iki çalışmada da kontrol gruplarında L^* değerinde azalma, a^* değerinde yeşil tonların kaybı ve b^* değerinde sarı tonların azalması gözlenmiştir. Mikrodalga işlemi ve HHP uygulamaları, bu değişimleri sınırlandırmada etkili olmuş, fakat mikrodalga işlemi bazı parametrelerde daha üstün bir koruma sağladığı saptanmıştır.

Tan vd. (2019) donmuş ve çözülmüş avokado püresinde üniform manyetik alan etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar manyetik alanın yönünün artması ile L^* , b^* , ΔE değerinin azaldığını ve a^* değerinin ise arttığını bildirmişlerdir. ΔE 'nin düşük olmasının renk kalitesi açısından taze örnek ile işlenmiş örnek arasındaki benzerlikten olduğunu ve üniform manyetik alanda, moleküler akından dolayı buz kristali boyutunun küçüldüğünü belirtmişlerdir. Hücre boyutu küçüldüğü için renk pigmentlerinin salınımını engellendiği açıklanmıştır.

EDTA ve askorbik asit gibi antioksidanlar, farklı ambalajlama atmosferleri (nitrojen, vakum ve hava) ve sorbik asit gibi antimikrobiyal ajanların birleşik etkisini Soliva vd. (2001) $+4^\circ\text{C}$ 'de 4 ay boyunca incelemiştir. Depolama süresince avokado pürelerinin L^* değerinin 72.4 'den 55.2 'ye azaldığını yani pürelerin daha koyu hale geldiğini gözlemlemiştir. N_2 atmosferinde depolama, L^* değerini en iyi şekilde korumuştur. a^* değeri negatiften pozitive değişmiş ve püreler daha kırmızı bir renge kaymıştır. EDTA ilave edilmiş ve N_2 atmosferinde saklanan püreler, a^* değerini en düşük seviyede tutmuştur. b^* değerinde daha az değişiklik gözlenmiş, bu da toplam renk farkı üzerindeki azotun etkisinin sınırlı olduğunu göstermiştir. ΔE ise depolama süresince artış göstermiş, en büyük değişimler L^* değerindeki azalmaya bağlı olmuştur. 4 ay sonunda ΔE değerleri

6.9 ile 31.2 arasında değişiklik göstermiş ve N₂ atmosferi ile EDTA kombinasyonu bu artışı minimize etmiştir. Araştırmacılar, pürelere renk stabilitesini korumada atmosfer ve antioksidan seçiminin önemli olduğunu ve 4 aylık depolamada pürelere renginin daha koyu ve kırmızı olduğunu belirtmişlerdir.

Rico-Londoño vd. (2021) Hass çeşidi avokado püresinde UV ışınlatma, askorbik asit ve sitrik asit gibi çözeltilerinin uygulaması ve modifiye atmosferde paketleme (MAP) yöntemlerinin bütünsel etkisini 14 gün +4°C’de koşullarında incelemiştir. Depolama boyunca tüm örnek gruplarında L* değerinde azalma gözlemlenmiştir. Özellikle, MAP uygulaması ve çözeltilerinin kombinasyonunun L* değerindeki azalmayı sınırlamış ve parlaklığın korunmasına katkı sağlamıştır. Ancak, UV ışınlatmanın ise tek başına uygulanmasının belirgin bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. a* değerlerinde ise artış olduğu ve pürenin yeşil tonunun zamanla kaybolarak kırmızımsı bir renk oluştuğu belirtilmiştir. a* değerinde yeşil rengin korunmasına MAP uygulaması ve antioksidan çözeltilerinin kombinasyonunun etkili olduğu saptanmıştır. b* değerinde ise depolama boyunca azalma olmuştur. Bu değerin korunmasında ise antioksidan çözeltilerinin ve UV ışınlatmanın birleşik etkisi olduğu ve sarı renk kaybını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Marco vd. (2019), ani vakum genişlemesi (FVE: Flash vacuum-expansion) yönteminin farklı aşamalarının (T1: ısıtma işlemi, T2: vakum genişlemesi) Hass avokado püresinin renk özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, kontrol grubunda L* değeri 61.11 olarak ölçülürken, T1 grubunda 57.80, T2 grubunda ise 56.13 olarak belirlenmiştir. L* değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir. a* değeri açısından kontrol grubunda -12.82, T1 grubunda -11.41 ve T2 grubunda -6.93 değerleri bulunmuştur. T2 grubunun kırmızı tonlara kaydığı, kontrol ve T1’in ise yeşil tonlara daha yakın olduğunu belirtmişlerdir. b* değeri ise kontrol grubunda 31.31, T1 grubunda 31.22 ve T2 grubunda 23.77 olarak ölçülmüş, T2 grubunda sarı tonların belirgin şekilde azaldığı saptanmıştır.

Vargas-Ortiz vd. (2016) ani vakum genişlemesi (FVE) yönteminin, avokado püresinde renk değişimleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kontrol grubunda, depolama boyunca belirgin bir renk değişimi gözlemlenmiş, başlangıçta parlak yeşil renkte (L*: 61) olan püre, depolama sonunda parlaklığını yitirerek mat bir görünüme (L*: 37) dönüşmüştür.

Bu durumun, polifenol oksidaz (PPO) enziminin aktivitesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Yani, PPO'nun oksidatif reaksiyonları, kahverengimsi pigmentlerin oluşumuna ve görsel bozulmaya yol açmıştır ve kontrol grubundaki bu değişiklikler, PPO'nun çeşitli izoformlarının varlığı ve depolama sırasında optimal pH koşullarında aktivite göstermesiyle açıklanmıştır. Bu metot ile işlenen püre gruplarında başlangıç renk parametreleri (L^* : 60-56) depolama süresi boyunca korunduğu ve bu stabilitenin işlem sırasında PPO aktivitesinin etkili bir şekilde inhibe edilmesine bağlanmıştır. Yöntem, enzimlerin termal olarak denatüre edilmesini ve oksidasyon reaksiyonlarının önlenmesini sağlamıştır. Ayrıca, FVE ile üretilen pürelerin daha parlak ve homojen bir renk koruduğu, bu nedenle depolama boyunca görsel olarak daha çekici olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda, avokado püresinde PPO aktivitesini sınırlamak amacıyla uygulanan mikrodalga yöntemi ile FVE yöntemi karşılaştırıldığında, her iki yöntemin de PPO aktivitesini baskılayarak oksidatif reaksiyonların sınırlandırılmasına katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Mikrodalga uygulaması sonrası PPO aktivitesindeki bu azalma, FVE yönteminde olduğu gibi L^* değerinin korunmasına ve renk stabilitesinin artırılmasına yardımcı olmuştur.

Lopez-Malo vd. (1998), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin avokado püresinin renk özellikleri üzerindeki etkileri farklı basınç seviyeleri, işlem süreleri ve pH değerleri altında incelenmiştir. HHP işleminin, avokado püresinin başlangıç rengini korumada etkili olduğu bulunmuştur. İşlenmiş ve işlenmemiş püreler arasında başlangıç renk değerlerinde bir fark gözlenmemiş ve HHP ile işlenen pürelerin başlangıç renk değerleri, taze hazırlanmış pürelerle eşdeğer bulunmuştur. a^* değerleri ise -7.90 ile -7.03 arasında değişmiştir. Avokado püresinde a^* değerinin -0.47 ± 0.30 olarak belirlenmesi, ürünün renk açısından kabul edilebilirlik sınırını ifade etmekte olup a^* değerinin sıfıra yaklaşarak yeşil rengin kaybolmasına neden olduğu süre, depolama sırasında renk değişiminin kabul edilemez seviyeye ulaştığını ve dolayısıyla ürünün kabul edilebilir raf ömrünü tanımlandığı belirtilmiştir. Ek olarak, depolama süresince renk değişiklikleri ortaya çıkmıştır. L^* değeri 5°C 'de, 689 MPa basınç ve 20 dakikalık işlemle işlenen pürelerde %1'den az bir değişim gözlenmiştir. Buna karşılık, 15 ve 25°C 'de depolanan, 517 MPa işlem görmüş pürelerde L^* değerinde %12'ye kadar azalma olmuştur. En iyi L^* değerinin, pH 3.9 veya 4.1'de, 5°C 'de depolanan pürelerde elde edildiği ve a^* değerinin

ise depolama sırasında pozitif değerlere kayarak yeşil rengin kaybını gösterdiği belirtilmiştir. Daha düşük basınç ve daha yüksek sıcaklıklar, a değerinin pozitif değerlere daha kısa sürede ulaşmasına neden olmuştur. pH 3.9'da 517 MPa işlem gören ve 5°C'de depolanan püreler, yeşil rengi 63 gün koruyabilmiştir. Benzer şekilde, pH 4.1'de, 689 MPa'da işlenen ve 5°C'de depolanan pürelerin, yeşil rengini 103 gün muhafaza ettiği rapor edilmiştir. b* değeri depolama boyunca sabit kalmıştır. Sarı tonlarında belirgin bir değişim gözlenmediği açıklanmıştır.

Jacobo-Velázquez ve Hernández-Brenes (2010), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin (600 MPa, 3 dakika) avokado püresi üzerindeki renk etkilerini +4°C'de 45 gün boyunca incelenmiştir. İşlenmemiş örneklerde L* değeri başlangıçta 65.7 ± 0.6 olarak ölçülmüştür. İşlem sonrasında bu değer 65.8 ± 0.2 'ye yükselmiş, ancak depolamanın sonunda (45. gün) 65.1 ± 0.4 'e düşmüştür. a* değeri, işlenmemiş örneklerde başlangıçta -17.1 ± 0.2 olarak kaydedilirken, işlemde sonra -17.2 ± 0.2 olarak benzer bir değerde kalmıştır. Ancak, depolamanın sonunda bu değer -14.9 ± 0.2 'ye yükselmiştir. b* değeri, işlenmemiş örneklerde başlangıçta 41.5 ± 0.2 olarak ölçülmüş, HHP işleminden sonra 40.9 ± 0.1 'e düşmüştür. Depolamanın sonunda ise bu değer 39.5 ± 0.4 'e kadar azalmıştır.

Albahr vd. (2022) farklı ambalaj türleri paket A (etilen-vinil alkol kopolimer (EVOH) bazlı bir bariyer film) ve paket B (alüminyum oksit (AlOx) kaplamalı polietilen tereftalat (PET)) ve askorbik asit ilavesinin, basınç destekli termal sterilizasyon (PATS) işlemi uygulanmış avokado püresinin renk özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. İşlemden hemen sonra, farklı paketlerdeki avokado püresinin toplam renk farkı (ΔE) değerleri 6.23 ± 0.59 ile 6.55 ± 0.32 arasında ölçülmüş ve bu değerler, işlemin püre renginde fark edilir bir değişikliğe neden olduğunu göstermiştir. İşlem sonrası L* değeri 56.8 ± 0.21 'den 52.8 ± 0.36 'ya düşerek parlaklıkta bir azalma meydana gelmiştir. a* değeri -8.6 ± 0.04 'ten -4.3 ± 0.21 'e yükselmiş ve pürenin yeşil tonlarını kaybettiği belirtilmiştir. Ayrıca, b* değerinde de PATS işleminden sonra artış gözlenmiş, pürenin sarımsı tonlarının arttığı ifade edilmiştir. Depolama süresince renk değişiklikleri ambalaj materyali çeşitlerine göre farklılık gösterdiğini belirten araştırmacılar depolama sonunda L* değeri paket A'da 52.6 ± 0.07 ile 52.7 ± 0.41 arasında, paket B'de ise 55.5 ± 0.41 ile 55.7 ± 0.13 arasında ölçülmüştür. Depolama süresi boyunca b* değerlerinde azalma gözlenmiştir. ΔE değerleri

depolama sonunda artış göstererek paket A için 9.99 ± 0.043 , paket B için ise 9.53 ± 0.037 olarak kaydedilmiştir. Ek olarak, ΔE değerlerinin 12'nin altında kalması, renk değişimlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu belirtilmiştir. Basınç destekli termal sterilizasyon işleminin ve kullanılan ambalaj türlerinin avokado püresinin renk stabilitesini etkilediğini ve daha iyi bariyer özelliklerine sahip paket B'nin renk stabilitesini daha iyi koruduğu saptanmıştır.

Albahr vd. (2022), PATS işlemi uygulanan avokado püresinde depolama boyunca L^* değerinin azaldığı belirtilmiş olup, benzer şekilde bizim çalışmamızda da hem P4 hem de P4-30 gruplarında düzenli bir parlaklık kaybı gözlenmiştir. Bu durum, depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte parlaklık kaybının arttığını göstermektedir. a^* değerlerinde her iki çalışmada da yeşil tonların kaybına işaret eden bir artış görülmüş ve bu sonuçlar uyumlu bulunmuştur. b^* değerlerindeki azalma, söz konusu çalışmada dikkat çekilmiş olup, bizim çalışmamızda da özellikle P4 grubunda benzer bir düşüş kaydedilmiştir. ΔE değerleri açısından, söz konusu çalışmada depolama sonunda ölçülen 9.53–9.99 aralığındaki değerler, bizim çalışmamızda ölçülen 6.37–6.68 aralığından daha yüksek bulunmuştur. Ancak her iki çalışmada da ΔE 'nin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması, renk değişimlerinin tüketici açısından tolere edilebilir olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ve tez çalışmamızdaki bulgular, depolama sırasında renk değişimlerinin benzer eğilimler gösterdiğini ve uygulanan işlemlerin renk stabilitesinin korunmasında etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

4.2.2 pH'nın etkileri

pH, gıda ürünlerinin kalite ve güvenlik parametrelerini etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle bozulma süreçlerinin izlenmesi, renk stabilitesinin korunması ve enzimatik reaksiyonların sınırlandırılmasında kritik bir rol oynar. Ürünlerin dokusal yapısı, lezzeti, aromatik kalitesi ve raf ömrü gibi özellikleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olan pH, aynı zamanda pigment stabilitesi ve kimyasal reaksiyonlar üzerinde de doğrudan etkili olabilir. pH değerlerindeki değişimler, enzimatik ve mikrobiyal aktivitelerin yanı sıra oksidatif süreçlerin hızını ve niteliğini de etkileyerek, gıdanın genel kalitesini belirler. Özellikle avokado gibi yüksek yağ içeriğine sahip meyvelerde, pH kontrolü, oksidasyon

süreçlerinin yavaşlatılması ve renk değişimlerinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Aksoy 2021, Andrés-Bello vd. 2013). Çalışmada, +4°C’de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarının pH değerlerindeki değişimler Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3’de verilmiştir.

Depolama süresi boyunca her iki grupta da pH değerlerinde anlamlı bir düşüş meydana gelmiştir. P4 grubunda, 0. haftada 4.04 ± 0.008 olan pH değeri, 8. haftada 3.88 ± 0.011 ’e düşmüştür. P4-30 grubunda ise başlangıçta 4.00 ± 0.005 olarak ölçülen pH değeri, depolama sonunda 3.93 ± 0.017 olarak tespit edilmiştir. Her iki grup için gözlemlenen bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$).

Vargas-Ortiz vd. (2016), Hass avokado püresi üzerinde yapılan bir çalışmada, çeşitli işleme yöntemlerinin pH değeri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada kontrol grubu dışında dört farklı işlem uygulanmıştır: T1 (20 dakikalık buharla ısıtma), T2 (Hızlı Vakum-Genleşme işlemi - FVE), T3 (25 dakikalık buharla ısıtma) ve T4 (kabukları soyulmuş meyvelere FVE uygulanması). Elde edilen püreler, 5°C’de 15 gün boyunca depolanmış ve pH değişimleri düzenli olarak ölçülmüştür. Kontrol grubunda ve T1 grubunda, depolama boyunca pH değerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Başlangıç pH değerleri yaklaşık 7.0 civarında olup, 15 gün sonunda kontrol grubunda pH 5.5 seviyesine kadar düşmüştür. Bu düşüşün nedeninin, lipoksigenaz enziminin çoklu doymamış yağ asitlerini parçalaması sonucu oluşan asitler olduğu bildirilmiştir. Lipoksigenazın ürettiği hidroperoksitlerin aldehit ve asitlere dönüşümü, pH’ta azalmayı tetikleyen önemli bir faktör olarak belirtilmiştir. T2, T3 ve T4 gruplarında ise başlangıç pH değerlerinin daha düşük olduğu (yaklaşık 6.0–6.5) ve depolama süresi boyunca bu gruplarda pH’ın nispeten sabit kaldığı görülmüştür. FVE işlemi sırasında hücre vakuollerinin parçalanması, çözünmüş organik asitlerin serbest kalmasına ve başlangıç pH değerinin kontrol grubuna göre daha düşük olmasına neden olmuştur. Vakuollerde depolanan organik asitlerin salınımı, bu gruplarda pH’ın düşüşünü sınırlandırmıştır. Tüm gruplar arasında en kararlı pH seviyesinin T2, T3 ve T4 gruplarında sağlandığı belirtilmiştir. Bu durum, FVE işleminin organik asit salınımı ile pH dengesini sağlaması ve pH’ı stabilize etmesinden kaynaklanmıştır. Bunun yanı sıra, düşük pH seviyesinin polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz gibi enzimlerin aktivitesini baskıladığı ifade

edilmiştir. Örneğin, PPO'nun monofenolaz aktivitesinin pH 6–7 aralığında minimal olduğu, peroksidaz aktivitesinin ise 6.2–7.4 pH aralığında en düşük seviyelerde bulunduğu vurgulanmıştır. Bu enzimlerin aktivitesindeki sınırlama, T2, T3 ve T4 gruplarında renk kararmasının kontrol altına alınmasında etkili olmuştur. Çalışmamızda ise, avokado pürelere pH değerleri başlangıçta P4 grubunda 4.04, P4-30 grubunda ise 4.00 olarak belirlenmiştir. Sekiz haftalık depolama süresi boyunca, P4 grubunda pH değeri 3.88'e, P4-30 grubunda ise 3.93'e düşmüştür. Bu araştırma ile kıyaslandığında, P4 ve P4-30 gruplarındaki başlangıç pH değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, sitrik asit ile pH'ın 4.0'a ayarlanmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Vargas-Ortiz vd. (2016) çalışmasında FVE işlemi ile elde edilen düşük başlangıç pH değerlerinin, bizim çalışmamızdaki sitrik asit kullanımına paralel bir etki oluşturduğu söylenebilir. Her iki çalışmada da pH değişimlerinin, uygulanan işlemlerin türüne ve başlangıç pH seviyelerine bağlı olarak şekillendiği belirtilmiştir. Ancak, P4 ve P4-30 gruplarındaki pH değişimlerinin oldukça sınırlı olması, mikrodalga uygulamasının pH'ı stabilize edici bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu durum, FVE işlemi ile mikrodalga uygulamasının pH stabilitesi açısından benzer sonuçlar doğurduğunu ve her iki yöntemin de ürün kalitesini koruma açısından etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Jacobo-Velázquez ve Hernández-Brenes (2010), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin (600 MPa, 3 dakika) avokado püresi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. İşlem sonrası taze avokado püresinin pH değeri başlangıç seviyesinde kalmıştır. Ancak depolama sürecinde, ilk 20 gün boyunca pH değerleri sürekli bir düşüş göstermiş ve başlangıç pH'ından %10.87 daha düşük bir seviyeye (ortalama 5.8) ulaşmıştır. Bu azalma, organik asitlerin hücre içinden matrikse sızması ve lipoliz sonucu serbest yağ asitlerinin artışı ile ilişkilendirilmiştir. Bu işlemin sebze hücre zarlarında morfolojik değişikliklere neden olarak hücre içi bileşenlerin dışarı sızmasına yol açtığı ve bu süreçlerin pH düşüşünde etkili olduğu belirtilmiştir.

Uzunlu (2024), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin avokado püresinin pH değerine etkisini değerlendirmiştir. Değerlendirmede kontrol ve HHP uygulanan gruplarda pH değişimlerini depolama süresi boyunca incelemiştir. Her iki grupta da başlangıç pH değeri 4.0 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubunda pH değerinin depolama

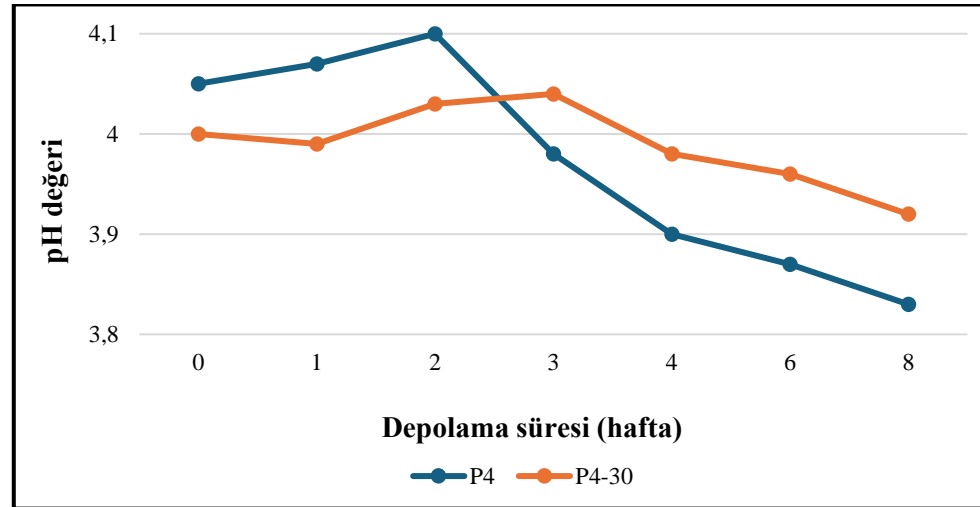
süresi boyunca yavaşça azalarak 28. gün sonunda 3.95'e düştüğü gözlenmiştir. HHP uygulanan grupta ise pH değeri 3.96 seviyesinde sabit kalmış ve depolama boyunca bir değişim göstermemiştir. Çalışmamızda mikrodalga işlemi pH değişimini sınırlamış ancak azalma tamamen engellenememiştir. Kontrol grupları karşılaştırıldığında, çalışmamızda kontrol grubunda pH düşüşü daha belirgin olmuştur. Mikrodalga işlemi ve HHP'nin pH stabilitesine katkıları benzerlik göstermektedir.

Albahr vd. (2022) basınç destekli termal sterilizasyon (PATS) yöntemi uygulanarak, iki farklı ambalaj materyalinin (Paket A ve Paket B) avokado püresinin pH değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmada, ambalaj malzemelerinin ve askorbik asit (AA) ilavesinin pH değişikliklerine olan etkisi değerlendirilmiş, depolama süreci boyunca pH değerlerindeki değişim izlenmiştir. İşlem sonrasında, ambalaj türüne göre pH değerlerinde azalma gözlenmiştir. Paket A'daki pürelerin pH değeri 5.35 ± 0.04 , Paket B'de ise 5.38 ± 0.03 olarak belirlenmiştir. Askorbik asit eklenmiş pürede, Paket A + AA grubunda pH 5.35 ± 0.03 , Paket B + AA grubunda ise 5.40 ± 0.02 olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar, pH değerlerindeki azalmanın, gıda matrisinden salınan asidik bileşiklerin etkisine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Uygulanan bu işlemin pH değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ve depolama süresince pH stabilitesinin korunduğu belirtilmiştir. Araştırmada, pH değerlerinde önemli bir azalma görülmüş ve bu durum gıda matrisinden asidik bileşiklerin salınımına bağlanmıştır. Depolama süresince pH değerleri genelde sabit kalmış, yalnızca bir ambalaj türünde hafif değişiklikler gözlenmiştir. Çalışmamızda ise her iki grupta (P4 ve P4-30) depolama boyunca pH değerlerinde düzenli bir azalma meydana gelmiştir. Özellikle P4 grubunda daha belirgin olan bu düşüş, mikrodalga işleminin ve sitrik asit ile pH ayarlamasının etkisiyle ilişkilendirilebilir. Her iki çalışmada da başlangıçta gözlenen pH düşüşleri benzerlik gösterirken, çalışmamızda depolama süresi boyunca devam eden azalma, kullanılan farklı işlem teknolojileri ve depolama koşullarının etkilerini yansıtmaktadır.

Çizelge 4.4 Depolama süresince avokado püresinin pH değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)						
	0	1	2	3	4	6	8
P4	4.04 ^c ±0.008	4.07 ^b ±0.007	4.10 ^a ±0.005	3.98 ^d ±0.006	3.96 ^e ±0.012	3.93 ^f ±0.013	3.88 ^g ±0.011
P4-30	4.00 ^c ±0.005	3.99 ^d ±0.005	4.03 ^b ±0.005	4.04 ^a ±0.004	3.98 ^d ±0.004	3.96 ^e ±0.004	3.93 ^f ±0.017

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).
Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.3 Depolama süresince avokado püresinin pH değişimi (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

4.2.3 Polifenol oksidaz aktivitesi

Polifenol oksidaz (PPO), fenolik bileşenlerin oksidasyonunu katalize eden ve enzimatik esmerleşmeye yol açan bir enzimdir. PPO, taze sebze ve meyvelerde, özellikle hücrelerin kesilmesi veya mekanik işlemlerle zarar görmesi sonucu aktif hale gelir ve bu süreç istenmeyen renk değişimlerine neden olabilir. Avokado gibi meyvelerde PPO aktivitesi, kesme veya ezme gibi işlemler sırasında hücre yapısının bozulmasıyla artar ve bu da istenmeyen renk değişimlerine neden olabilir. Bu durum hem ürünün duyu kalitesinde hem de besin değerinde kayıplara yol açar. Bu nedenle, PPO aktivitesinin ölçülmesi, ürün kalitesinin korunması açısından oldukça önemlidir (Aksoy 2020). Çalışmamızda +4°C’de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait polifenol oksidaz aktivitesindeki değişimler Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4’te gösterilmiştir. Depolama süresi boyunca her iki grupta da polifenol oksidaz aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar meydana gelmiştir ($P < 0.05$). P4 grubunda başlangıçta (0. hafta) 6.808 ± 0.555 olarak ölçülen PPO aktivitesi, 8. haftanın sonunda 1.728 ± 0.150 seviyesine gerilemiştir. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri 0.318 ± 0.109 olan PPO aktivitesi, 8. haftada 0.027 ± 0.007 seviyesine düşmüştür. Mikrodalga uygulaması yapılan P4-30 grubunda, başlangıçtan itibaren çok düşük bir PPO aktivitesi gözlemlenmiş ve depolama süresi boyunca aktivitenin daha hızlı bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, mikrodalga işleminin polifenol oksidaz enzimi aktivitesini başlangıçtan itibaren önemli ölçüde inhibe ettiğini ve depolama boyunca bu inhibisyonun devam ettiğini göstermektedir.

Mikrodalga işlemi (80 s, 11 W/g) ve sitrik asit uygulamasının (limon suyu ilavesiyle) PPO aktivitesi üzerindeki etkilerini -10 °C, -14 °C, -18 °C’lerde 6 aylık depolama süresi boyunca değerlendiren Ospina vd. (2019), her iki yöntemin de enzim aktivitesini önemli ölçüde azalttığını belirtmiştir. Hiçbir işlem uygulanmayan püre ile karşılaştırıldığında, sitrik asit ve limon suyu içeren uygulamada PPO aktivitesi %85 oranında azalarak enzimatik aktivite 0.140’dan 0.020’ya azalmıştır. Mikrodalga işleminde ise %98,9 oranında inhibisyon sağlanmış ve enzimatik aktivite 0.001’e düşmüştür. Mikrodalga işleminin PPO üzerindeki azaltıcı etkisinin, donmuş depolama koşulları boyunca korunduğu ve enzim aktivitesinin tamamen baskılandığı ifade edilmiştir. Sitrik asit ve limon suyu içeren uygulamada ise depolama süresince PPO aktivitesinde azalma devam

etmiş ancak tamamen inhibe edilememiştir. Araştırmacılar, PPO aktivitesini kontrol altına almak ve oksidasyon riskini azaltmak için mikrodalga işleminin daha etkili bir yöntem olduğunu açıklamıştır. Çalışmamızda, iki farklı grup değerlendirilmiştir. Mikrodalga uygulaması yapılan P4-30 grubunda, başlangıç PPO aktivitesi 0.318'den 0.027'ye düşerek %91,5 oranında inhibisyon sağlanmıştır. P4 grubunda ise başlangıç PPO aktivitesi 6.808'den 1.728'e düşerek %74,6 oranında bir azalma görülmüştür. Bu sonuçlar, bu araştırmadaki %98,9'luk inhibisyon oranıyla kıyaslandığında P4-30 grubunun benzer etkinlik gösterdiğini, ancak P4 grubunun daha sınırlı bir azalma sağladığını göstermektedir.

Zhou vd. (2016) çalışmasında mikrodalga işleminin PPO aktivitesini önemli ölçüde azalttığını belirtmiştir. Çalışmada, 11 W/g enerji yoğunluğunda 80 saniyelik mikrodalga işlemi sonucunda PPO aktivitesinin %80 oranında azaldığı ve 4 haftalık depolama sürecinde bu aktivitenin sabit bir şekilde %20 civarlarında kaldığını bildirmişlerdir. Kontrol örneklerinde ise PPO aktivitesinin depolama sırasında %250'ye kadar artış gösterdiği vurgulanmıştır. Ayrıca, mikrodalga işleminin hızlı ısıtma özelliği sayesinde PPO aktivitesinin yeniden aktive olmasını önlediğini ifade etmişlerdir. Bu bulgular, tez çalışmasında elde edilen sonuçları desteklemektedir. Özellikle, mikrodalga uygulaması yapılan P4-30 grubunda, PPO aktivitesinin düşük başlangıç seviyeleri ve depolama süresi boyunca devam eden inhibisyonu, literatürde belirtilen mikrodalga işleminin PPO üzerindeki güçlü etkisiyle paralellik göstermektedir.

Guzmán vd. (2002), 25-30 saniye boyunca uygulanan mikrodalga prosesinin PPO aktivitesini önemli ölçüde azalttığını ve bunun pürenin rengini korumaya da katkı sağladığını bildirmiştir. Mikrodalga işlemi uygulanan numunelerde polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesinde belirgin bir azalma gözlenmiş fakat PPO enziminin tamamen inaktive edilmediği, depolama süresince kısmen aktif kalmaya devam ettiği belirtilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızda 30 saniye mikrodalga uygulanan P4-30 grubunda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Woolf vd. (2013), HPP işleminin avokado dilimlerindeki PPO aktivitesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. 400 MPa ve üzerindeki basınçlarda PPO aktivitesinde

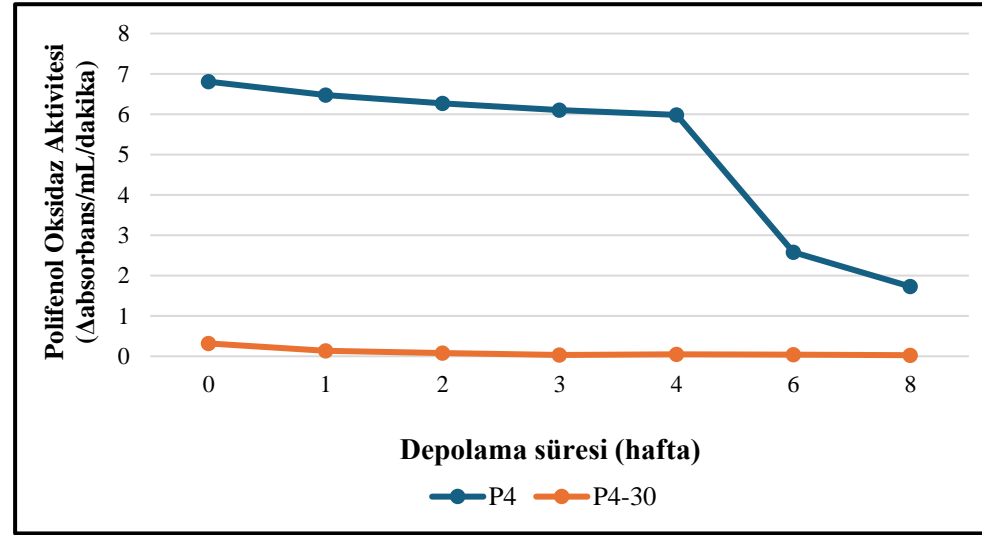
kontrol grubuna kıyasla %30'a varan artış gözlemlenmiştir. Bu artışın, hücre zarı parçalanmasıyla enzimlerin serbest hale gelmesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Fakat 600 MPa'da PPO aktivitesi, 400 MPa işlem görmüş örneklerle kıyasla azalmış olsa da, kontrol grubuna yakın bir seviyede kalmıştır. HPP işleminin doğal pH'daki (6.2-6.5) avokado dilimlerinde PPO inaktivasyonu açısından etkili olmadığı vurgulanmıştır. Yaptıkları bu çalışmada, HPP işlemi PPO inaktivasyonu açısından beklenen etkiyi sağlayamamış ve PPO aktivitesinde artışlar gözlenmiştir. Çalışmamızla kıyaslandığında, mikrodalga işlemin özellikle PPO inaktivasyonu açısından Woolf vd. (2013)'ün elde ettiği HPP sonuçlarından daha üstün bir performans sergilediğini ortaya koymuştur.

Gölükcü (2006), Bacon, Zutano, Fuerte ve Hass çeşitlerinde polifenol oksidaz (PPO) aktivitesinin, üç farklı hasat zamanı, depolama sıcaklığı (+4°C ve -18°C) ve depolama süresine bağlı olarak değişimini incelemiştir. Çalışmada, %1 NaCl, 200 mg/kg askorbik asit ve 300 mg/kg sorbik asit ile işlenen pürelerin pH'ı sitrik asitle 4.0'a ayarlanmış, karbon dioksit gazı ile doldurulup hermetik olarak kapatılarak 6 ay boyunca PPO aktivitesi düzenli aralıklarla analiz edilmiştir. +4°C'de depolanan Bacon, Zutano, Fuerte ve Hass çeşitlerinin PPO aktiviteleri incelendiğinde, başlangıç değerlerinin tür ve hasat zamanına bağlı olarak farklılık gösterdiği, ancak tüm çeşitlerde depolama süresi boyunca azaldığı gözlenmiştir. Bacon çeşidinde, başlangıç PPO aktivitesi birinci hasatta 5.44, ikinci hasatta 5.15 ve üçüncü hasatta 4.95 olarak ölçülmüş; bu değerler 2. ay sonunda sırasıyla 1.24, 1.70 ve 1.68'e, 6. ay sonunda ise sırasıyla 0.41, 0.45 ve 0.67'ye düşmüştür. Zutano çeşidinde, başlangıç PPO aktivitesi birinci, ikinci ve üçüncü hasatta sırasıyla 6.62, 6.50 ve 5.70 olarak belirlenmiş; 2. ay sonunda bu değerler sırasıyla 2.09, 2.11 ve 2.05'e, 6. ay sonunda ise 1.01, 1.19 ve 1.09'a gerilemiştir. Fuerte çeşidinde, birinci, ikinci ve üçüncü hasatta başlangıç PPO aktivitesi sırasıyla 8.13, 8.26 ve 8.20 olarak ölçülmüş; bu değerler 2. ay sonunda sırasıyla 2.83, 2.41 ve 2.05'e, 6. ay sonunda ise sırasıyla 0.79, 0.94 ve 0.97'ye düşmüştür.

Çizelge 4.2 Depolama süresince avokado püresinin polifenol oksidaz aktivitesindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)						
	0	1	2	3	4	6	8
P4	6.808 ^a ±0.555	6.473 ^{ab} ±0.716	6.268 ^{ab} ±0.897	6.101 ^{ab} ±0.450	5.987 ^b ±0.747	2.580 ^c ±0.882	1.728 ^d ±0.150
P4-30	0.318 ^a ±0.109	0.138 ^b ±0.010	0.083 ^c ±0.038	0.047 ^{cd} ±0.012	0.048 ^{cd} ±0.006	0.037 ^{cd} ±0.011	0.027 ^d ±0.007

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).
Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.4 Depolama süresince avokado püresinin polifenol oksidaz aktivitesindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Hass çeşidinde ise başlangıç PPO aktivitesi birinci, ikinci ve üçüncü hasatta sırasıyla 7.32, 7.13 ve 7.11 olarak ölçülmüş; bu değerler 2. ay sonunda 2.30, 2.21 ve 2.05'e, 6. ay sonunda ise 0.88, 0.65 ve 0.46'ya düşmüştür. Bu tez çalışmasında Fuerte çeşidi avokadolar kullanılmıştır. P4 grubundaki PPO aktivitesinin başlangıç değeri 6.808 olarak belirlenmiştir. Bu değer, 2. haftanın sonunda 6.268'e ve 8. haftanın sonunda ise 1.728'e düşmüştür. Mikrodalga uygulaması yapılan P4-30 grubunda ise PPO aktivitesi başlangıçta 0.318 olarak ölçülmüş, 2. haftada 0.083'e ve 8. haftada ise 0.027'ye kadar azalmıştır. Yapılan çalışmadaki Fuerte çeşidinde başlangıç değerleri bizim değerlerimize göre daha yüksek bulunmuş olsa da bunun nedeninin hasat zamanına bağlı olduğu düşünülmektedir. Her iki çalışmada da PPO aktivitesinin depolama süresi boyunca azaldığı gözlenmiştir. Fakat çalışmada birden çok katkı maddeleriyle sağlanan enzim aktivite kontrolü, tezimizde mikrodalga uygulaması ve sitrik asitle pH ayarlaması ile başarılı bir şekilde sağlanmıştır. Bu durum, mikrodalga işleminin PPO aktivitesini kontrol altına almak için katkı maddelerine alternatif bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Wang vd. (2022), manyetik alan destekli dondurma (MFAF) yönteminin, avokado püresinin renk parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. PPO aktivitesinin depolama boyunca (120 gün) arttığını gözlemlemiştir. Kontrol grubunda PPO aktivitesi başlangıç değerinden %120 artarak 220 U/g seviyesine ulaşmıştır. Manyetik alan destekli dondurma (MFAF) yöntemi ise bu artışı sınırlamış ve PPO aktivitesinde sadece %50 artış görülmüştür. Çalışmamızda, mikrodalga işlem gören grupta (P4-30) PPO aktivitesi başlangıçtan itibaren %91.5 oranında azaltmış ve aktivite 8. haftanın sonunda 0.027 ± 0.007 'ye düşmüştür. Kontrol grubunda ise %74.6'lık bir azalma kaydedilmiştir. Wang vd. (2022) çalışmasındaki uygulama PPO aktivitesindeki artışı sınırlarken, araştırmamızdaki mikrodalga işlemi PPO aktivitesini daha etkili bir şekilde inhibe etmiş ve depolama boyunca düşük seviyelerde sabit tutmuştur.

Soliva vd. (2001), EDTA ve askorbik asit gibi antioksidanların, nitrojen, vakum ve hava gibi farklı ambalajlama atmosferlerinin ve sorbik asit gibi antimikrobiyal ajanların birleşik etkilerini +4°C'de 4 ay süresince incelemiştir. PPO aktivitesini kullanılan metodlara bağlı olarak %29-99 arasında azaldığını belirtmişlerdir. EDTA, PPO aktivitesini azaltmada en etkili ajan olmuştur. %76,8-99,2 arasında inhibisyon

sağlamıştır. Askorbik asit ise %52,4-85,5 arasında daha düşük bir inhibisyon etkisi göstermiştir. Ambalaj atmosferleri arasında nitrojen (N₂), PPO aktivitesini azaltmada en etkili atmosfer olarak belirlenmiştir ve bu sıralamayı vakum ambalajlama izlemiştir. Buna karşılık, hava ile ambalajlama PPO aktivitesinin daha yüksek kalmasına ve buna bağlı olarak kararmanın artmasına sebep olmuştur. Antimikrobiyal olarak sorbik asit kullanımı ise PPO aktivitesi üzerinde önemli bir etki göstermemiştir.

Lopez-Malo vd. (1998), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işlemlerinin avokado püresinin enzimatik aktivitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, farklı basınç seviyeleri, işlem süreleri ve pH değerleri uygulanarak PPO aktivitesindeki değişimler değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, HHP işleminin, PPO aktivitesini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. 689 MPa basınç ve pH 4.1’de, işlem süresine bağlı olarak PPO aktivitesinin %24.7, %21.8 ve %15.6 oranlarında bir azaldığı saptanmıştır. PPO aktivitesindeki düşüşün, uygulanan basınç ve pH değerinden önemli ölçüde etkilendiği ve en düşük PPO aktivitesinin (%62), 345 MPa basınçta, pH 3.9’a ayarlanmış ve 20 dakika işlem uygulanmış pürelerde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, pH 4.1 ve 4.3’te PPO aktivitesi %75’in üzerinde kalmış ve işlem süresi 30 dakika olsa dahi bu oran korunmuştur.

Vargas-Ortiz vd. (2016), avokado püresinde polifenol oksidaz (PPO) aktivitesinin kontrol altına alınmasında ani vakum genişlemesi (FVE) yönteminin etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, bu yöntemle işlenen pürelerde depolama süresi boyunca PPO aktivitesindeki değişimler ve yöntemin enzim aktivitesini azaltmadaki etkinliği değerlendirilmiştir. Kontrol grubunda, diğer gruplardan anlamlı şekilde yüksek PPO aktivitesi gözlemlenmiştir fakat, bu grupta zamanla bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum pH değişiklikleri ve düşük depolama sıcaklığı gibi faktörlere bağlanmıştır. Düşük sıcaklığın, moleküler kinetik enerjiyi azaltarak enzimatik reaksiyonları yavaşlattığı belirtilmiştir. FVE metoduyla işlenen gruplar, PPO aktivitesi sergilememiştir. Bu durum, yöntemin kombine etkilerine dayandırılmıştır: pH düzenlenmesi, düşük depolama sıcaklığı (5°C) ve ısı işlem sırasında enzimin denatürasyonu. FVE sürecinde, bitkisel dokularda hızlı buharlaşma ve oksidasyonun engellenmesi gibi etkilerin enzimin aktivitesini tamamen bastırdığı ifade edilmiştir. Depolama süresince PPO aktivitesinin sınırlandırılması,

avokado püresi gibi ürünlerde kalite kaybını önlemek açısından kritik öneme sahiptir. Flash vakum genişletme (FVE) yönteminin, PPO aktivitesini etkili bir şekilde baskıladığı ve bu sayede oksidatif reaksiyonların sınırlanmasına katkıda bulunduğu literatürde ifade edilmiştir. Benzer şekilde, mikrodalga işlemi de PPO aktivitesini başlangıçta önemli ölçüde azaltarak oksidasyonun kontrol altına alınmasına yardımcı olmuştur. Çalışmamızın sonuçlarının, literatürde belirtilen FVE yönteminin ürün stabilitesini artırmaya yönelik etkileriyle uyumlu olduğu söylenebilir. Bu durum, her iki yöntemin de pürelerin depolama süresince daha uzun süre kalite korumasını sağlama açısından etkili teknikler olduğunu göstermektedir.

Bi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, ultrason işleminin avokado püresi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ultrason uygulamasının avokado püresinde polifenol PPO aktivitesini artırdığı ve bunun hücresel yapıyı bozarak enzim aktivitesini teşvik etmesiyle ilişkilendirildiği belirtilmiştir. Fakat çalışmamızda, mikrodalga işlemi ve pH ayarlamasıyla PPO aktivitesinin başlangıçtan itibaren baskılandığı ve depolama süresi boyunca düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür. Bu durum, farklı işlem teknolojilerinin PPO aktivitesine etkilerinin çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Mikrodalga işleminin, ultrasona kıyasla enzim aktivitesini baskılama konusunda daha etkili bir yöntem olduğu söylenebilir.

4.2.4 Oksidasyona ilişkin bulgular

4.2.4.1 Peroksit değeri

Peroksit değeri, yağların ve yağ içeren gıdaların oksidasyon seviyesini belirleyen kritik bir parametredir. Yağ ve yağ ürünlerinin işlenmesi veya muhafazası sırasında gerçekleşen oksidasyon süreçleri, lezzet, aroma, renk, doku ve besin değerinde bozulmalara sebep olmaktadır. Ayrıca, bu reaksiyonlar toksik bileşiklerin oluşumuna yol açarak gıda güvenliği açısından risk teşkil edebilir. Peroksit değeri, oksidasyonun erken aşamalarında oluşan hidroperoksitlerin miktarını belirlemek için kullanılır ve bu sayede hem gıda kalitesinin hem de güvenliğinin korunmasına katkı sağlar. Yüksek peroksit değeri, yağın acılaştığını ve kalitesinin düştüğünü gösterir. Avokado, yüksek yağ içeriğine sahip

olduğundan, peroksit değerinin izlenmesi, ürünün tazeliği ve raf ömrü açısından kritik bir parametredir (Gotoh ve Wada 2006, Bustani ve Soni 2023, Marović vd. 2024). Çalışmamızda, +4°C’de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait peroksit değerlerindeki değişimler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5’de verilmiştir.

Depolamanın başlangıcında P4 grubunda 2.852 ± 0.807 mEq O₂/kg olarak ölçülen peroksit değeri, 8. hafta sonunda 8.951 ± 0.306 mEq O₂/kg düzeyine yükselmiştir. P4-30 grubunda ise başlangıçta 1.537 ± 0.399 mEq O₂/kg olan peroksit değeri, depolamanın sonunda 5.955 ± 0.337 mEq O₂/kg düzeyine ulaşmıştır. Her iki grupta da depolama süresi boyunca peroksit değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir ($P < 0.05$).

Codex Alimentarius, bir yağın spesifikasyonlara uygunluğunu, peroksit indeksinin 10 mEq/kg’ın altında olmasıyla ilişkilendirmektedir (Valdivia vd. 2002). Çalışmamızda, depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait peroksit değerlerinin bu limit değeri aşmadığı belirlenmiş ve bu durum, örneklerimizin oksidatif stabilitesinin ve güvenliğinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ortaya koymuştur.

Komaç (2018), geleneksel ve avokadolu mayonezlerde peroksit değerlerindeki değişimleri farklı sıcaklıklarda (4 °C, 25 °C ve 35 °C) ve 45 günlük depolama süresi boyunca değerlendirmiştir. 4 °C’de yapılan analizlerde, geleneksel mayonezin peroksit değeri başlangıçta 1.67 ± 0.33 mEq O₂/kg olarak ölçülmüş ve 45 gün sonunda 4.25 ± 0.32 mEq O₂/kg seviyesine yükselmiştir. Avokadolu mayonezde ise başlangıç peroksit değeri 3.98 ± 0.00 mEq O₂/kg olup, 45 gün sonunda 5.30 ± 0.02 mEq O₂/kg olarak belirlenmiştir. Çalışmada, depolama sıcaklığı arttıkça (25 °C ve 35 °C) peroksit değerlerinde daha hızlı artışlar gözlenmiştir.

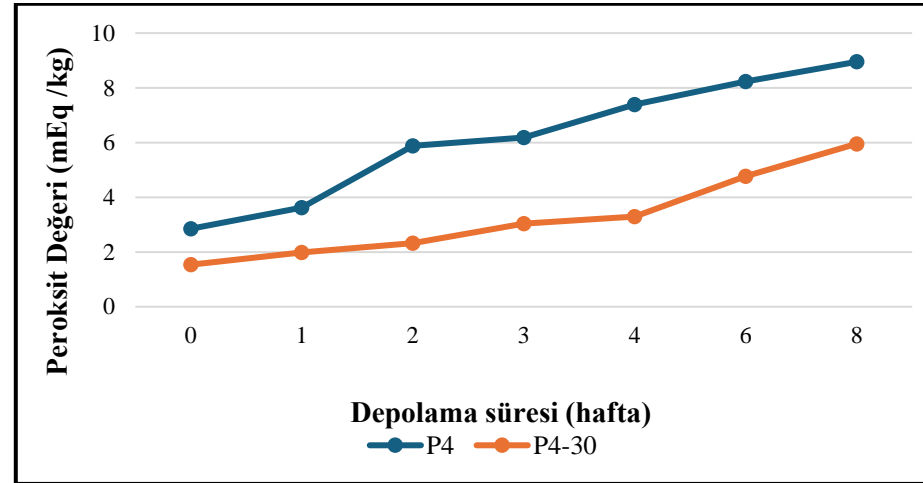
Çizelge 4.3 Depolama süresince avokado püresinin peroksit değerleri (mEq O₂/kg) (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)						
	0	1	2	3	4	6	8
P4	2.852 ^d ±0.807	3.624 ^d ±0.393	5.877 ^c ±0.799	6.190 ^c ±0.912	7.382 ^b ±0.746	8.229 ^{ab} ±0.722	8.951 ^a ±0.306
P4-30	1.537 ^d ±0.399	1.981 ^d ±0.899	2.325 ^{cd} ±0.607	3.040 ^c ±0.865	3.296 ^c ±0.524	4.764 ^b ±0.590	5.955 ^a ±0.337

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.

82



Şekil 4.5 Depolama süresince avokado püresinin peroksit değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Brzezińska vd. (2021), Hass ve Reed çeşitlerinden elde edilen avokado yağlarının oksidatif stabilitesi değerlendirilmiş ve 2 aylık depolama süresi boyunca peroksit değerleri belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında Hass çeşidinde 3.99 ± 0.08 meq O_2/kg yağ, Reed çeşidinde ise 4.90 ± 0.08 meq O_2/kg yağ düzeyinde peroksit değerleri elde edilmiştir. Depolama süresince her iki çeşitte de peroksit değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiş, özellikle Hass çeşidinde daha hızlı bir oksidasyon süreci gerçekleşmiştir. Birinci ayın sonunda peroksit değeri (meq O_2/kg) Hass yağında 7.01 ± 0.06 'ya, Reed yağında ise 7.48 ± 0.08 'e yükselmiştir. İkinci ayda ise Hass çeşidinin peroksit değeri (meq O_2/kg) 9.13 ± 0.33 , Reed çeşidinin peroksit değeri 8.29 ± 0.05 olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, Hass yağının oksidatif stabilitesinin Reed çeşidine göre daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Yani, depolama süresi boyunca her iki yağ çeşidinde de lipid oksidasyonuna bağlı olarak oksidatif bozulmanın ilerlediği ve Hass çeşidinin daha hızlı oksidasyona uğradığı belirlenmiştir. Bu durum, yağların stabilitesini etkileyen faktörlerin türler arasında farklılık gösterebileceğini ve oksidasyon süreçlerinin depolama koşullarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada Hass çeşidinin Reed çeşidine göre daha düşük oksidatif stabiliteye sahip olduğu belirtilmiş, bu durum türler arasındaki doğal bileşim farklılıklarına bağlanmıştır. Çalışmamızda ise hem mikrodalga işleminin hem de vakumlu depolama koşullarının oksidasyon süreçlerini yavaşlatarak peroksit değerlerini sınırlandırdığı görülmüştür. Özellikle, vakumlu ambalajlama sayesinde oksijen miktarının sınırlanması, oksidasyon süreçlerinin kontrol altında tutulmasına katkı sağlamıştır. Her iki çalışmada da lipid oksidasyonunun depolama süresi boyunca ilerlediği, ancak yağın türü, uygulanan işlem teknolojisi ve depolama koşullarının oksidasyon hızını belirleyici bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Elez-Martínez vd. (2005), minimal işlenmiş avokado püresinin oksidatif stabilitesini değerlendirmek amacıyla, püre örneklerine 100 ppm α -tokoferol, 200 ppm askorbik asit ve 200 ppm EDTA gibi antioksidanlar eklemiş ve bu örnekleri $4^\circ C$ 'de vakum altında veya hava ile temas eden koşullarda 24 hafta boyunca depolamışlardır. Çalışmada, depolama sıcaklığı, ambalaj koşulları ve kullanılan antioksidanların oksidasyon süreçlerine etkisi karşılaştırılmıştır. Başlangıç peroksit değerlerinin 5.90 ile 7.01 mEq O_2/kg yağ arasında değiştiği ve α -tokoferol eklenmiş vakum altında depolanan pürede, peroksit oluşumunun 20 hafta boyunca etkili bir şekilde geciktirildiği belirtilmiştir. Buna

karşın, vakum olmaksızın ambalajlanmış α -tokoferol eklenmiş örneklerde peroksit değerleri 12. haftadan itibaren artmış ve 24. haftada 23.45 mEq O₂/kg olarak kaydedilmiştir. Kontrol ve EDTA eklenmiş pürelerde ise peroksit değerleri depolamanın ilk haftalarında hızlı bir artış göstermiş; kontrol grubunda maksimum değer 4. haftada 16.57 mEq O₂/kg, EDTA eklenmiş grupta ise 6. haftada 20.29 mEq O₂/kg olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, avokadonun yüksek klorofil içeriğinin, yağ fazında oksidasyon süreçlerini hızlandıran bir etki gösterebileceğini belirtmişlerdir. Avokado yağındaki klorofil düzeyinin diğer yağ türlerine göre oldukça yüksek olduğu ifade edilmiş ve bu durumun, başlangıç peroksit değerlerinin yüksek olmasına neden olabileceği öne sürülmüştür. Ayrıca, meyve hücrelerinden salınan lipolitik enzimlerin, oksidasyon süreçlerini tetikleyerek bu artışa katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır.

Vakumlu depolamanın oksidasyonu yavaşlattığı, ancak antioksidanların etkisinin daha belirleyici olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, EDTA'nın güçlü bir metal iyonu şelatlayıcı olarak kahverengileşmeyi geciktirdiği, ancak lipid fazındaki oksidatif reaksiyonları durdurmada yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Çalışma sonuçları, α -tokoferol ve askorbik asit kombinasyonunun peroksit oluşumunu yavaşlatmada sinerjik bir etki oluşturabileceğini ortaya koymuştur. Kontrol ve EDTA eklenmiş pürelerde peroksit değerlerindeki hızlı artışın, klorofil ve hidroperoksitler arasındaki etkileşim ve lipid fazındaki oksidasyon süreçleri ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Sonuçlar, antioksidanların avokado püresinin raf ömrünü uzatmada etkili bir araç olabileceğini göstermiştir. Çalışmamızda başlangıç peroksit değerlerinin, bu çalışmada bildirilen değerlere kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Bu farklılık, kullanılan hammaddenin başlangıç oksidasyon düzeyleri, üretim yöntemlerindeki farklılıklar ve klorofil gibi pro-oksidan bileşiklerin miktarları ile ilişkilendirilebilir. Literatürde, avokadonun yüksek klorofil içeriğinin yağ fazında oksidasyon süreçlerini hızlandırdığı ifade edilmiş ve bu durum, Elez-Martínez vd. (2005)'in çalışmasında görüleceği üzere daha yüksek başlangıç peroksit değerleri ile sonuçlanmıştır. Bizim çalışmamızda, sitrik asidin pH ayarlayıcı rolü ve mikrodalga işleminin oksidasyonu sınırlandırıcı etkisi, özellikle vakumlu depolama ile birleştirildiğinde oksidatif reaksiyonları baskılamada etkili olmuştur. Bu mikrodalga işleminin peroksit değerlerindeki artışı yavaşlattığını ve oksidatif stabiliteyi koruduğunu göstermektedir. P4-30 grubunda oksidatif reaksiyonların daha sınırlı olduğu ve ürün

stabilitesinin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgu, literatürde α -tokoferol ve EDTA gibi antioksidanların etkilerine benzer bir etkiyi mikrodalga işleminin sağladığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, P4 grubundaki peroksit değerlerinin depolama süresince artış göstermesi, literatürde kontrol ve EDTA gruplarında gözlemlenen eğilimlerle uyumlu bulunmuştur.

Mepba vd. (2008) çalışmasında, avokado püresinde propil gallat (PG), askorbik asit eklenmiş örnekler ve askorbik asit ile propil gallat kombinasyonu içeren örnekler (AP+PG1 ve AP+PG2) oluşturmuş ve farklı depolama koşullarında peroksit değerleri belirlenmiştir. Örnekler, oda sıcaklığı (23–25 °C) ve soğuk depolama (5–6 °C) ortamlarında 16 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesiyle peroksit değerlerinde düzenli bir artış gözlemlendiği ve oda sıcaklığında depolanan kontrol grubunda oksidasyonun daha hızlı ilerlediği, peroksit değerlerinin daha kısa sürede yükseldiği belirlenmiştir. Buna karşın, soğuk ortamda depolanan örneklerde oksidatif süreçlerin daha yavaş ilerlediği gözlemlenmiştir. Antioksidan eklenen örneklerde ise kontrol grubuna kıyasla peroksit değerlerindeki artışın önemli ölçüde azaldığı ve oksidasyonun daha etkili bir şekilde kontrol altına alındığı tespit edilmiştir. Özellikle askorbik asit ve propil gallat kombinasyonunun oksidatif stabiliteyi artırmada güçlü bir etki sağladığı ifade edilmiştir. Hem depolama sıcaklığının oksidatif süreçlerin hızını önemli ölçüde etkilediğini hem de antioksidan bileşenlerin lipid oksidasyonunu yavaşlatmada etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen bu bulgular, çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, avokado püresinin +4 °C’de depolanması sırasında peroksit değerlerinde düzenli bir artış kaydedilmiştir. Bu durum, düşük sıcaklığın lipid oksidasyonunu yavaşlatmadaki etkisini destekler niteliktedir. Çalışmada antioksidan içeren gruplarda peroksit değerlerindeki artışın kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda ise mikrodalga işlemi ve pH ayarlamasının, özellikle P4-30 grubunda peroksit değerlerinin daha düşük seyretmesine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Her iki çalışmada da depolama sıcaklığı, oksidasyon süreçlerini sınırlandırmada temel bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu araştırmada, soğuk depolama koşullarında oksidasyonun daha yavaş ilerlediği vurgulanırken, çalışmamızda mikrodalga işlemi ve pH düzenlemesiyle birlikte düşük sıcaklığın peroksit değerlerini kontrol etmede etkili olduğu ortaya konmuştur. Lipid oksidasyonunu yavaşlatmak ve

ürünlerin raf ömrünü uzatmak için uygun depolama sıcaklıkları ve işleme teknolojilerinin bir arada kullanılmasının önemli olduğu görülmektedir.

Elez-Martínez vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, avokado püre örneklerine 300 ppm sorbik asit ve 100 ppm α - tokoferol gibi bileşenler eklenmiş ve püreler modifiye edilmemiş atmosferde ya da azot atmosferi altında ambalajlanarak depolanmıştır. Taze avokado püresinin başlangıç peroksit değerlerinin 5.90 ile 7.01 meq O₂/kg yağ arasında değiştiği belirtilmiştir. Meyve hücrelerinden salınan lipolitik enzimlerin ve oksidasyona açık yüzeylerin başlangıç değerlerindeki bu farklılıklara neden olduğu ifade edilmiştir. 300 ppm sorbik asit eklenmesinin oksidatif stabiliteyi olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Sorbik asit içeren pürelerin ambalaj tepe boşluğunda oksijen konsantrasyonunun daha yüksek olduğu ve bunun hidroperoksit oluşumunu artırdığı bildirilmiştir. Antioksidan eklenmeyen pürelerde peroksit değerlerinin ilk dört hafta boyunca hızla arttığı ve daha sonra düşüşe geçtiği belirtilirken, 100 ppm α - tokoferol eklenen pürelerde oksidasyon süreçlerinin 12 hafta boyunca indüksiyon aşamasında tutulabildiği bildirilmiştir. Bu durum, α - tokoferolün lipid peroksil radikallerini temizleme mekanizması sayesinde oksidasyon hızını yavaşlatıcı etkisine bağlanmıştır. Yapılan bu araştırmada, avokado püresinin başlangıç peroksit değerleri bizim çalışmamıza göre daha yüksektir. Bu farkın, kullanılan yöntemler, pürelerin başlangıç koşulları veya işleme sürecindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Elez-Martínez vd. (2007) çalışmasında, azot atmosferinde ambalajlama ile oksidasyonun daha iyi kontrol altına alındığı ifade edilirken, bizim çalışmamızda vakumlu ambalajlama ve mikrodalga işleminin birlikte uygulanması, özellikle P4-30 grubunda oksidasyonu daha etkili bir şekilde sınırlandırmıştır. Her iki çalışmada da oksidasyon kontrolü için farklı yöntemlerin etkili olduğu, ancak kullanılan işlem teknolojisinin oksidasyon hızını önemli ölçüde belirlediği sonucuna varılmıştır.

4.2.4.2 *p*-anisidin değeri

p-anisidin değeri (*p*-AV), yağların ve yağ ürünlerinin oksidatif bozulmasını değerlendirmek için kullanılan güvenilir bir parametredir. Bu değer, oksidasyon süreci

sırasında oluşan ikincil ürünlerin, özellikle aldehit ve keton gibi bileşiklerin, miktarını belirlemek amacıyla ölçülür (Kong ve Singh 2011).

Çalışmamızda, +4°C’de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait *p*-anisidin değerlerindeki değişimler Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

Depolama süresi boyunca her iki grupta da *p*-anisidin değerlerinde anlamlı artışlar meydana gelmiştir ($P < 0.05$). P4 grubunda, başlangıçta (0. hafta) -0.692 ± 0.735 olarak ölçülen *p*-anisidin değeri, depolama sonunda (8. hafta) 3.030 ± 0.780 seviyesine ulaşmıştır. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri -0.775 ± 0.841 iken, depolama sonunda 1.211 ± 0.857 olarak belirlenmiştir.

Yenilebilir yağlar için önerilen *p*-anisidin değeri limit değerinin <20 *p*-AV’dir (Li vd. 2019, Ismail vd. 2016). Çalışmamızda, depolama boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait *p*-anisidin değerlerinin limit değer olan <20 *p*-AV’nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, *p*-anisidin değerlerinin başlangıçta düşük olması, avokado yağının zengin bileşimsel özellikleriyle ilişkilendirilebilir. Literatürde, avokado yağının oleik asit ve α - tokoferol gibi doğal antioksidanlar açısından zengin olduğu, bu bileşenlerin oksidasyon stabilitesine önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir (Berasategi vd. 2012).

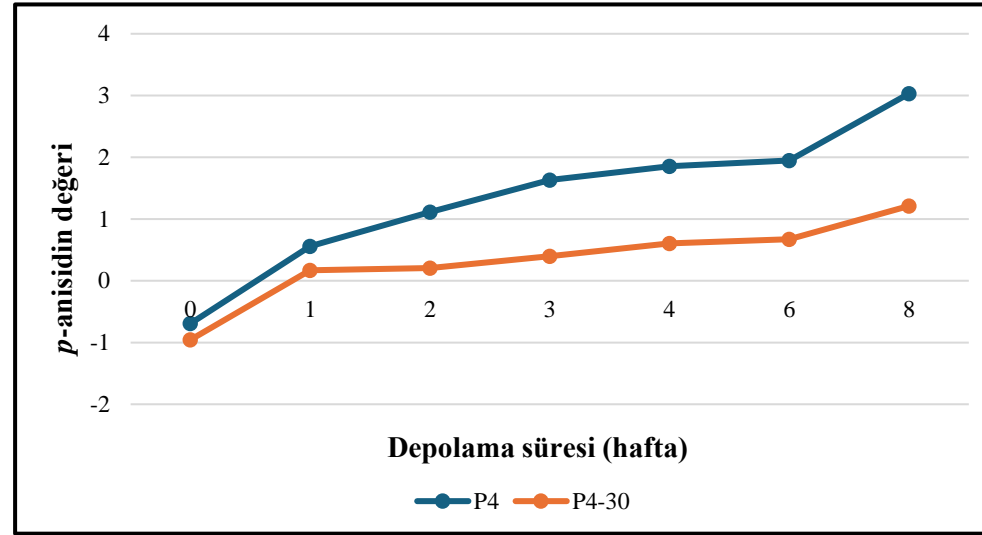
Komaç (2018), geleneksel mayonez ve avokado püresinden yaptığı mayonezleri farklı sıcaklıklarda (4 °C, 25 °C ve 35 °C) ve 45 gün boyunca depolamıştır. 4 °C’de, geleneksel mayonezin *p*-anisidin değeri başlangıçta 0.13 ± 0.07 olarak ölçülmüş ve 45 gün sonunda 5.89 ± 0.07 seviyesine yükselmiştir. Avokadolu mayonezde ise başlangıç *p*-anisidin değeri 0.76 ± 0.06 olarak belirlenmiş ve 45 gün sonunda 4.16 ± 0.03 ’e yükselmiştir. Daha yüksek depolama sıcaklıklarında *p*-anisidin değerlerinin her iki mayonez türünde de daha belirgin artışlar gösterdiği ifade edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde *p*-anisidin değerleri artış göstermiş olup, bu durum Komaç (2018) ile paralellik taşımaktadır ve depolama süresince oksidatif bozulmanın arttığını desteklemektedir.

Çizelge 4.4 Depolama süresince avokado püresinin *p*-anisidin değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)						
	0	1	2	3	4	6	8
P4	-0.692 ^c ±0.735	0.559 ^{bc} ±0.296	1.111 ^b ±0.438	1.633 ^{ab} ±0.586	1.856 ^{ab} ±0.601	1.950 ^{ab} ±0.226	3.030 ^a ±0.780
P4-30	-0.775 ^b ±0.841	0.170 ^{ab} ±0.155	0.206 ^{ab} ±0.049	0.397 ^{ab} ±0.240	0.603 ^{ab} ±0.424	0.672 ^{ab} ±0.367	1.211 ^a ±0.857

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.6 Depolama süresince avokado püresinin *p*-anisidin değerlerindeki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Yağın ana yağ asitleri oleik asit (%59.46–67.69), palmitik asit (%12.79–17.50) ve linoleik asit (%10.50–15.15) olup, α -tokoferol içeriği 100 gramda 7 ila 19 mg arasında değişmektedir. α -tokoferol, serbest radikallerin neden olduğu zincir reaksiyonlarını durdurarak çoklu doymamış yağ asitlerini korumada etkili bir antioksidandır. Özellikle düşük peroksit değerlerinde, bir α -tokoferol molekülünün yaklaşık 10^3 ila 10^8 molekül çoklu doymamış yağ asidini koruyabileceği belirtilmiştir (Silva Moura vd. 2023). Ayrıca, tokoferollerin ve oleik asidin oksidasyon stabilitesini artırarak yağların raf ömrünü uzattığı ve oksidasyon ürünlerinin birikimini sınırlandırdığı bildirilmiştir (Guillén-Sánchez vd. 2020).

Gölkücü (2006) tarafından, farklı avokado çeşitlerinin (Bacon, Zutano, Fuerte, Hass) 3 farklı hasat zamanına, depolama sıcaklığına (+4°C ve -18°C) ve depolama süresine bağlı olarak avokado püresindeki *p*-anisidin değerlerindeki değişimi analiz edilmiştir. Üretilen avokado pürelere, %1 oranında NaCl, 200 mg/kg askorbik asit ve 300 mg/kg sorbik asit ile işlenmiş, pH'ları 4'e ayarlanmış ve karbon dioksit gazı ile dolun yapılarak hermetik olarak kapatılmıştır. Ürünler, +4°C'de ve -18°C'de 6 ay boyunca depolanmıştır. Depolamanın başında tüm çeşitlerde *p*-anisidin değerleri tespit edilememiştir fakat +4°C'de depolanan örneklerde *p*-anisidin değerleri zamanla artış göstermiş, -18°C'de depolanan örneklerde ise değerler depolama süresinin sonunda dahi analiz hassasiyetinin altında kaldığı belirtilmiştir. Hasat zamanının *p*-anisidin değerleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu, farklı hasat dönemlerinden elde edilen örneklerde oksidasyon seviyelerinin değişebildiği ortaya konmuştur. Bu durumun, meyvenin olgunluk durumu ve bileşen konsantrasyonları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. +4°C'de depolanan avokado çeşitlerinden Bacon, Zutano, Fuerte ve Hass türlerinin *p*-anisidin değerleri, Bacon çeşidinde, birinci hasat dönemine ait *p*-anisidin değeri 2. ayda 0.42, 6. ayda ise 1.89 olarak belirlenmiştir. İkinci hasatta bu değerler sırasıyla 0.46 ve 2.05, üçüncü hasatta ise 0.93 ve 2.11 olarak kaydedilmiştir. Zutano çeşidinde birinci hasatta 2. ayda 0.87, 6. ayda 2.61; ikinci hasatta 2. ayda 1.76, 6. ayda 2.62; üçüncü hasatta ise 2. ayda 2.05, 6. ayda 2.60 olarak ölçülmüştür. Fuerte çeşidinde birinci hasatta *p*-anisidin değerleri 2. ayda 0.99 ve 6. ayda 2.46 iken, ikinci hasatta 2. ayda 1.46 ve 6. ayda 2.09; üçüncü hasatta ise 2. ayda 1.97 ve 6. ayda 2.43 olarak kaydedilmiştir. Hass çeşidinde ise birinci hasatta 2. ayda 1.43, 6. ayda 2.57; ikinci hasatta 2. ayda 1.74, 6. ayda 2.05; üçüncü hasatta ise 2. ayda 2.03 ve

6. ayda 2.33 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda, 2 aylık depolama sonunda P4 grubundaki *p*-anisidin değeri 3.03, mikrodalga uygulaması yapılan P4-30 grubunda ise 1.21 olarak belirlenmiştir. Gölükcü (2006) çalışmasında, Fuerte çeşidi için +4°C’de depolanan örneklerde 2 aylık *p*-anisidin değerleri birinci hasatta 0.99, ikinci hasatta 1.46 ve üçüncü hasatta 1.97 olarak ölçülmüştür. P4-30 grubunun *p*-anisidin değeri (1.21), Fuerte çeşidinin birinci ve ikinci hasat dönemindeki değerlerine daha yakinken, P4 grubunun *p*-anisidin değeri (3.03) ise üçüncü hasat döneminde ölçülen değere daha yakındır. Çalışmada kullanılan askorbik asit, sorbik asit ve NaCl gibi katkı maddelerinin oksidasyonu sınırlayıcı etkisi, P4 grubunda daha yüksek *p*-anisidin değeri görülmesinin bir nedeni olarak değerlendirilebilir. Buna karşılık, mikrodalga uygulamasının P4-30 grubunda *p*-anisidin değerini azaltması, tek bir koruyucu kullanılarak da oksidasyon ürünlerinin birikiminin sınırlanabileceğini göstermektedir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların bir diğer nedeni hasat zamanı olabilir. Hasat zamanının oksidasyon seviyeleri üzerinde belirleyici olduğunu ifade edilmiş ve farklı hasat dönemlerinden elde edilen örneklerin *p*-anisidin değerlerinde önemli değişikliklere yol açtığını rapor edilmiştir. Çalışmamızda, yalnızca tek bir hasat zamanından elde edilen örnekler kullanılmıştır. Bu durum, çalışmadaki farklılıkları açıklayan bir diğer etken olabilir.

Gölükcü (2006) çalışmasında, avokado püresinin başlangıçta *p*-anisidin değerlerinin analiz hassasiyetinin altında kaldığı rapor edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, başlangıç *p*-anisidin değerleri negatif ölçülmüş ve bu durum, analiz hassasiyetinin altında kaldığını göstermiştir. Her iki çalışmada da *p*-anisidin değerlerinin depolama süresi boyunca arttığı gözlenmiştir. Ancak kullanılan yöntemler, avokado çeşidi, hasat zamanı ve katkı maddelerinin varlığı gibi faktörler oksidasyon süreci üzerinde belirgin farklılıklara neden olmuştur. Çalışmamızda gözlemlenen düşük *p*-anisidin değerleri, avokado yağının oleik asit ve tokoferol gibi doğal bileşenlerinin oksidasyonu sınırlandırıcı etkisini desteklemektedir. Bu bileşenler, yağın oksidasyon stabilitesini artırarak oksidasyon ürünlerinin birikimini yavaşlatmada önemli bir rol oynamaktadır.

4.2.5 Mikrobiyolojik analizler

4.2.5.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, gıdalarda bulunan mikrobiyal yükü ölçmek için kullanılan temel yöntemlerden biridir. Bu yöntem, bir ürünün hijyen standartlarını, üretim süreçlerinin verimliliğini ve saklama koşullarının etkinliğini değerlendirmeye yardımcı olur. Özellikle avokado gibi taze ürünlerde mikrobiyal yükün düzenli olarak takip edilmesi hem tüketici sağlığını korumak hem de ürün güvenliğini sağlamak açısından büyük bir öneme sahiptir (Mendonca vd. 2020). Çalışmamızda, +4°C’de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait toplam aerobik mezofilik bakteri sayımındaki değişimler Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Depolama süresi boyunca her iki grupta da toplam aerofilik mezofilik bakteri sayısında istatistiksel olarak anlamlı artışlar meydana gelmiştir ($P < 0.05$). P4 grubunda, başlangıçta (0. hafta) 3.4 ± 0.021 log KOB g⁻¹ olarak ölçülen bakteri sayısı, depolama sonunda (8. hafta) 4.6 ± 0.021 log KOB g⁻¹ seviyesine yükselmiştir. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri 3.1 ± 0.014 log KOB g⁻¹ iken, depolamanın 8. haftasında 3.6 ± 0.007 log KOB g⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Uzunlu (2024), yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) yükü üzerindeki etkisini incelemiştir. Kontrol grubunda TAMB yükünü başlangıçta 6.75 log KOB/g olarak ölçmüş ve pH’ın 4.0’a ayarlanması nedeniyle ilk 7 gün boyunca yaklaşık 2 log azalma gözlemlemiştir. Ancak, 14. günden itibaren TAMB yükü hızla artarak 8 log KOB/g seviyesini aşmış ve ürün tüketim için uygun olmayan hale gelmiştir. Bu noktadan sonra kontrol grubu için analiz yapılmamıştır. HHP işlemi uygulanan grupta ise TAMB yükü başlangıçtan itibaren kontrol altına alınmış, ilk 7 gün içinde 4.64 log KOB/g seviyesine düşmüş ve depolamanın geri kalanında 5 log KOB/g civarında sabit kalmıştır. Çalışmamızda mikrodalga işlemi, toplam aerobik mezofilik bakteri yükünü depolama süresi boyunca kontrol altında tutmuş ve sınırlı bir artış göstermiştir. Kontrol grubunda ise mikrobiyal yük daha hızlı artış göstermiştir. Araştırmada ise HHP işleminin TAMB yükünü kontrol

altına aldığı ve depolama boyunca artışı sınırladığı görülmüştür. Bununla birlikte, kontrol grubu mikrobiyal yükte daha hızlı bir artış göstermiş ve ürün daha erken bir sürede mikrobiyal sınırı aşmıştır. Bu bulgular, hem mikrodalga hem de HHP işlemlerinin TAMB yükünü kontrol etmede etkili olduğunu, ancak çalışmamızda mikrodalga işlemin TAMB üzerinde daha iyi bir stabilite sağladığını göstermektedir.

Soliva-Frotuny vd. (2004) avokado püresine sorbik asit ilavesi, su aktivitesini (a_w) azaltma (maltoz ile), pH düşürme, soğukta depolama (+4 °C) ve vakum ambalajlamanın kombine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, sorbik asit eklenen örneklerde toplam aerobik bakteri yükünün, depolamanın ilk 15 gününde belirgin bir şekilde azaldığını ve 126 gün boyunca 5 log KOB/g'nin altında kaldığını belirtmiştir. Antimikrobiyal kullanılmayan vakumlu örneklerde ise mikrobiyal yükün, başlangıçta sabit kalmasına rağmen 42. günden itibaren artmaya başladığı ve 126 gün sonunda kabul edilebilir sınır olan 5 log KOB/g'ye ulaştığı saptanmıştır. Vakum ambalajlama, depolama sıcaklığı ve su aktivitesinin mikrobiyel büyümeyi önemli ölçüde sınırladığı fakat sorbik asit ilavesinin güçlü bir etki sağlamadığı sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmamızda mikrodalga işlemi, toplam aerobik mezofilik bakteri yükünü sınırlı bir seviyede tutmuş ve depolama boyunca artışı kontrol altına almıştır. Mikrodalga işlemi uygulanmayan kontrol grubunda ise mikrobiyal yük artışı daha belirgin olmuştur. Bu araştırma, çalışmamızda kullandığımız soğukta depolama, vakum ambalajlama ve pH düşürmenin mikrobiyal stabilite üzerindeki önemli etkisini kanıtlar niteliktedir. Bu çalışmada, avokado püresi üzerinde sorbik asit ilavesi, pH düşürme ve vakum ambalajlama gibi yöntemlerin mikrobiyal büyümeyi sınırladığı belirtilmiş olup, bu bulgu çalışmamızdaki mikrodalga işlemi, soğukta depolama ve pH düşürme kombinasyonu ile elde edilen mikrobiyal stabilite sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

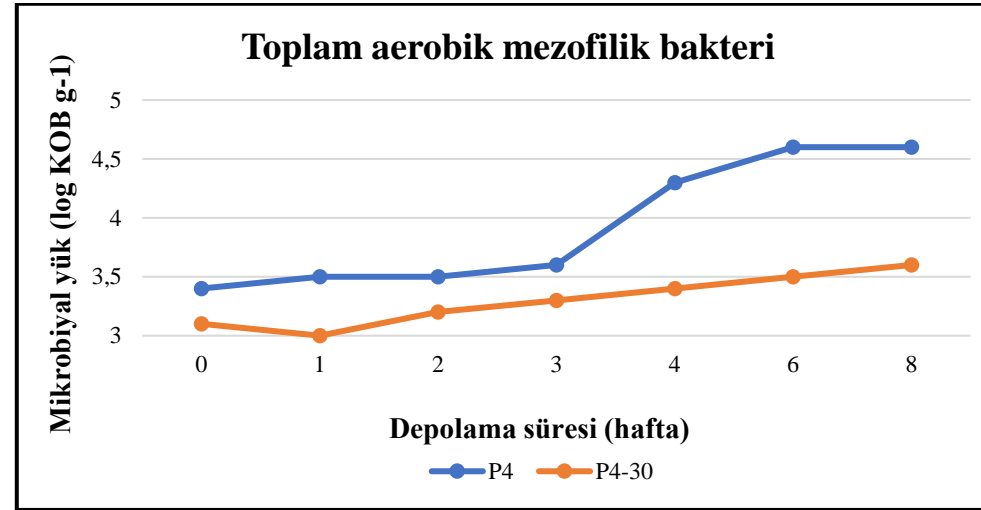
Çizelge 4.5 Depolama süresince avokado püresinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)*

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)							
	0	1	2	3	4	6	8	
P4	3.4 ^e ±0.021	3.5 ^d ±0.014	3.5 ^d ±0.000	3.6 ^c ±0.035	4.3 ^b ±0.000	4.6 ^a ±0.021	4.6 ^a ±0.021	
P4-30	3.1 ^f ±0.014	3.0 ^g ±0.021	3.2 ^e ±0.021	3.3 ^d ±0.014	3.4 ^c ±0.007	3.5 ^b ±0.014	3.6 ^a ±0.007	

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.

96



Şekil 4.7 Depolama süresince avokado püresinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayımındaki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Rico-Londoño vd. (2021) UV ışınlatma, antioksidan çözelti karışımı ve modifiye atmosferde ambalajlama (MAP)'nın +4°C 14 gün muhafazasının avokado püresindeki (Hass çeşidi) etkilerini araştırmıştır. Aerobik mezofilik bakteriler açısından, kontrol grubunda 0. günde 4.0 log KOB/g olan değer, 14. günde 4.3 log KOB/g'ye yükselmiştir. 6.77 kJ/m² UV uygulamasında bakteri yükü 0. günde 3.2 log KOB/g iken, 14. günde 3.0 log KOB/g'ye düşmüştür. 13.55 ve 20.32 kJ/m² UV uygulamalarında başlangıç değerleri sırasıyla 2.7 ve 3.3 log KOB/g olarak ölçülmüş, 14. günde her iki grupta da artış gözlenerek sırasıyla 4.2 ve 4.1 log KOB/g seviyelerine ulaşmıştır. Antioksidan çözelti ve UV kombinasyonunda mezofilik bakteriler 0. günde 3.0 log KOB/g iken, 14. günde 4.3 log KOB/g'ye yükselmiştir. Antioksidan çözelti, UV ve modifiye atmosfer birleşiminde ise başlangıçta 2.7 log KOB/g olan bakteri yükü, 14. günde aynı seviyede (2.7 log KOB/g) kalmıştır. Sonuç olarak, UV ışınlatma, mikroorganizma yükünü başlangıçta azaltmış fakat depolama süresi boyunca kontrol grubuna kıyasla daha düşük artış göstermiştir. En düşük mikrobiyal yükün, antioksidan çözeltisi ve modifiye atmosfer kombinasyonu ile sağlandığı belirtilmiştir. UV ışınlatma ve antioksidan çözelti kombinasyonunun mikrobiyal yükü kontrol altına aldığı belirtilmiş olup, özellikle modifiye atmosferle birlikte en düşük bakteri yükünün sağlandığı ifade edilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızda mikrodalga işlemi ve pH düşürme yöntemleriyle depolama boyunca mikrobiyal yükün etkili bir şekilde kontrol edilmesiyle benzerlik göstermektedir.

4.2.5.2 Maya ve küf sayıları

Maya ve küfler, gıdalarda bozulmaya yol açarak tat, koku ve doku üzerinde istenmeyen değişikliklere neden olabilir. Bu mikroorganizmalar, düşük sıcaklık, düşük pH ve düşük su aktivitesi gibi koşullara dayanıklı olmalarının yanı sıra, nem oranı yüksek gıdalarda kolayca çoğalabilirler. Özellikle avokado gibi yüksek nem içeriğine sahip taze ürünlerde, maya ve küf sayımının yapılması, mikrobiyal stabilitenin korunması ve raf ömrünün uzatılması açısından kritik bir öneme sahiptir (Schmidt ve Fontana 2010, Abdel-Aziz vd. 2016). Çizelge 4.9 ve Şekil 4.8' de +4°C'de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait toplam maya ve küf sayısındaki değişimler verilmiştir.

Depolama süresi boyunca her iki grupta da maya ve küf sayısında istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir ($P < 0.05$). P4 grubunda, başlangıçta (0. hafta) 3.3 ± 0.141 log KOB g^{-1} olarak ölçülen maya ve küf sayısı, depolama sonunda (8. hafta) 4.6 ± 0.014 log KOB g^{-1} seviyesine yükselmiştir. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri 3.0 ± 0.007 log KOB g^{-1} iken, 8. haftada 3.6 ± 0.007 log KOB g^{-1} olarak bulunmuştur.

Lopez-Malo vd. (1998), avokado püresine yüksek hidrostatik basınç (HHP) işlemi uygulamışlardır. Farklı basınç seviyeleri (345, 517 ve 689 MPa), işlem süreleri (10, 20 ve 30 dakika) ve başlangıç pH değerleri (3.9, 4.1 ve 4.3) kullanılarak HHP işlemleri yapılmıştır. İşlem öncesinde maya ve küf sayısı 3.5×10^3 KOB/g olarak tespit edilmiştir. İşlem uygulandıktan sonra ise bu değerler düşmüştür. Ayrıca, kontrol avokado pürelere, $5^{\circ}C$ 'de dahi 5 gün içinde bozulmuş ve maya ile küf popülasyonlarında hızlı bir artış gözlenmiştir. Sonuç olarak, HHP işleminin maya ve küf gelişimini önemli düzeyde azalttığı belirtilmiştir. Çalışmada kontrol grubu $5^{\circ}C$ 'de yalnızca 5 gün içinde maya ve küf popülasyonlarında hızlı bir artış gösterip bozulurken, bizim çalışmamızda P4 grubunda dahi 8 haftaya kadar dayanıklılık sağlanmıştır. Mikrodalga işlemine tabi tutulan P4-30 grubunda ise maya ve küf popülasyonları depolama süresi boyunca 3.6 log KOB/g seviyelerinde sabit kalmış, bu da mikrodalga işleminin mikrobiyal stabilite üzerindeki güçlü etkisini göstermektedir. Bu sonuç, kullanılan yöntemlerin dayanıklılığı artırma potansiyelinin önemli bir göstergesidir.

Uzunlu (2024), HHP işleminin depolama süresince maya ve küf yükü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmada, kontrol grubunda maya ve küf yükünün 7. günden itibaren sürekli artış gösterdiğini ve 28. gün sonunda 7.33 log KOB/g seviyesine ulaşarak ürünün mikrobiyolojik olarak bozulmasına neden olduğunu belirtmiştir. HHP işlemi uygulanan grupta ise maya ve küf yükü başlangıçtaki 4.97 log KOB /g seviyesinden 1.15 log KOB/g seviyesine düşmüştür. Depolama süresince maya ve küf yükü düşük seviyelerde sabit kalmıştır ve bozulma engellenmiştir. Çalışmamızda mikrodalga işlemi, maya ve küf yükünü depolama süresi boyunca sınırlı bir seviyede tutmuş ve artışı etkili bir şekilde kontrol etmiştir. Kontrol grubunda ise maya ve küf yükü daha belirgin bir artış göstermiştir. Uzunlu (2024) çalışmasında HHP işlemi maya ve küf yükünü başlangıçtan itibaren düşürmüş ve depolama boyunca düşük seviyelerde sabit tutmuştur. Ancak

çalışmadaki kontrol grubunda maya ve küf yükü hızla artış göstermiş ve ürün daha erken bozulma seviyesine ulaşmıştır.

Soliva-Fortuny vd. (2004) sorbik asit ilavesi, maltoz kullanarak su aktivitesini azaltma, pH düşürme, soğukta depolama ve vakum ambalajlamanın avokado püresi üzerinde kombine etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya göre, sorbik asit ilave edilmeyen ve hava ile ambalajlanan örneklerde maya ve küf yükü, depolama boyunca hızla artmış ve 28. günde ürün mikrobiyolojik olarak kabul edilemez hale gelmiştir. Sorbik asit ilave edilen ve vakumlu paketleme yapılan örneklerde ise maya ve küf gelişimi 126 gün boyunca düşük seviyelerde bulunmuştur. +4 °C depolamanın maya ve küf gelişimi üzerinde oldukça etkili olduğunu belirten araştırmacılar antimikrobiyal ajan olan sorbik asitin eklenmesi bile sadece soğuk depolama ve vakum ambalajlama ile 112 gün boyunca ürünün korunabileceğini ancak tadında istenmeyen değişimlerin olabileceğini de belirtmişlerdir. Çalışmamızdaki mikrodalga işlemi, maya ve küf yükünü depolama boyunca sınırlı seviyelerde tutmuş ve kontrol grubuna göre daha iyi bir mikrobiyolojik stabilite sağlamıştır. Soliva-Fortuny vd. (2004) çalışmasında ise farklı kombinasyonlarla elde edilen sonuçlar, mikrodalga işlemin sağladığı stabiliteye yakın bir performans göstermiştir. Fakat kontrol gruplarını kıyaslandığında, mikrodalga işlemi uygulanmayan örneklerde bile maya ve küf popülasyonlarının artış oranı, Soliva-Fortuny vd. (2004) çalışmasındaki antimikrobiyal eklenmeyen örneklerle göre daha yavaş olduğu tespit edilmiştir.

Rico-Londoño vd. (2021), UV ışınlatma, antioksidan çözelti kullanımı ve modifiye atmosfer ambalajlamanın, +4°C'de 14 gün boyunca saklanan Hass avokado püresi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Maya ve küf açısından kontrol grubunda 0. günde 3.0 log KOB/g olarak ölçülen değer, 14. günde koloniler sayılabilir sınırın üzerinde bulunmuştur. 6.77, 13.55 ve 20.32 kJ/m² UV uygulamalarında başlangıç değerleri sırasıyla 3.0, 3.2 ve 4.0 log KOB/g olarak belirlenmiş, 14. günde bu gruplarda da koloniler sayılabilir değer üzerinde kalmıştır. Antioksidan çözelti ve UV kombinasyonu uygulandığında maya ve küf yükü 0. günde 3.2 log KOB/g olarak belirlenmiş ve 14. günde 4.2 log KOB/g'ye yükselmiştir. Çözelti, paketleme ve UV ışınlatmanın birleşiminde ise 0. günde 2.0 log KOB/g olan maya ve küf sayısı, 14. günde yalnızca 2.6

log KOB/g'ye yükselmiştir. Çalışma sonunda maya ve küf sayısını sınırlandırmak için en etkili yöntemin çözelti, paketlenme ve UV ışınlanmanın birleşimi olduğu saptanmıştır.

4.2.6 Duyusal analiz

Duyusal analiz, gıda ürünlerinin tat, koku, doku ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerinin insan duyuları aracılığıyla değerlendirilmesidir. Avokado gibi meyvelerde duysal özellikler, tüketici tercihleri ve ürünün pazarlanabilirliği açısından büyük önem taşır. Ürün geliştirme ve kalite kontrol süreçlerinde de kritik bir rol oynar (Ruiz-Capillas vd. 2021, Ray 2021). Çalışmada, +4°C'de depolama süresi boyunca P4 ve P4-30 gruplarına ait duysal analiz sonuçlarındaki değişimler Çizelge 4.10 ve Şekil 4.9'de verilmiştir.

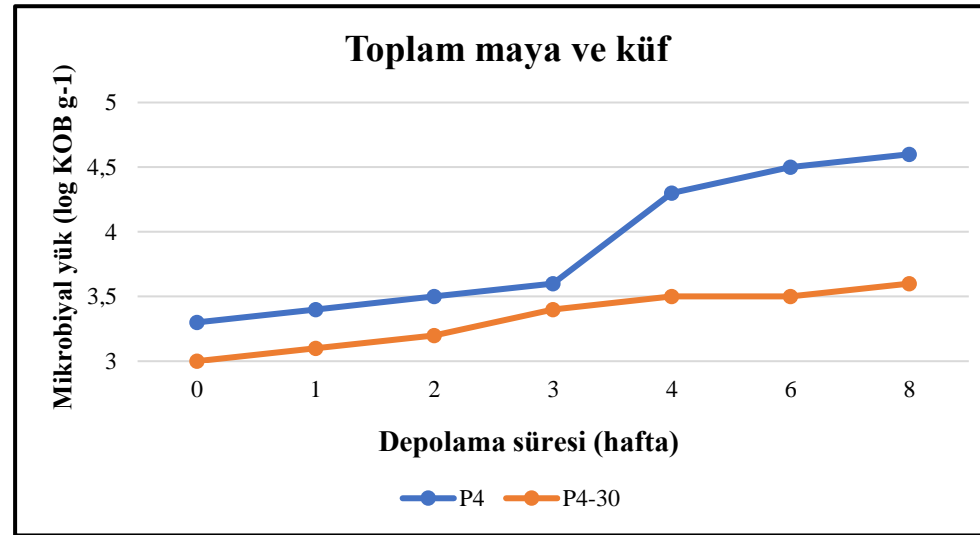
Depolama süresi boyunca duysal parametrelerin tümünde anlamlı değişiklikler gözlenmiştir ($P < 0.05$). Renk değerlendirmesinde P4 grubunda başlangıç değeri 8.47 ± 0.52 iken, 8. haftada bu skor 7.00 ± 0.76 'ya düşmüştür. P4-30 grubunda ise başlangıç skoru 6.60 ± 0.63 iken, depolama sonunda 5.53 ± 0.74 olarak ölçülmüştür. Tat/lezzet değerlendirmesinde P4 grubunda başlangıç skoru 7.67 ± 0.62 iken, depolama sonunda 6.33 ± 0.90 seviyesine gerilemiştir. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri 6.33 ± 0.72 , 8. haftada 5.20 ± 0.68 olarak belirlenmiştir. Kıvam, koku ve genel beğeni parametrelerinde de benzer şekilde düşüşler gözlenmiştir. Kıvam skorları P4 grubunda başlangıçta 8.33 ± 0.72 olarak ölçülürken, depolama sonunda 6.30 ± 0.46 seviyesine düşmüştür. P4-30 grubunda ise başlangıç değeri 7.47 ± 0.92 iken, 8. haftada 5.07 ± 0.70 olarak ölçülmüştür. Koku parametresinde P4 grubunda başlangıç skoru 7.73 ± 0.80 'den 6.87 ± 0.87 seviyesine gerilerken, P4-30 grubunda başlangıç skoru 6.87 ± 0.74 'ten 5.73 ± 1.03 seviyesine düşmüştür. Genel beğeni skorları ise P4 grubunda 7.60 ± 0.91 'den 6.23 ± 0.68 seviyesine, P4-30 grubunda ise 6.77 ± 0.78 'den 5.40 ± 0.63 seviyesine düşmüştür.

Çizelge 4.6 Depolama süresince avokado püresinin toplam maya ve küf sayılarındaki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

Örnek grubu	Depolama süresi (hafta)							
	0	1	2	3	4	6	8	
P4	3.3 ^g ±0.141	3.4 ^f ±0.021	3.5 ^e ±0.007	3.6 ^d ±0.141	4.3 ^c ±0.141	4.5 ^b ±0.028	4.6 ^a ±0.014	
P4-30	3.0 ^g ±0.007	3.1 ^f ±0.282	3.2 ^e ±0.141	3.4 ^d ±0.212	3.5 ^c ±0.000	3.5 ^b ±0.007	3.6 ^a ±0.007	

*Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.8 Depolama süresince avokado püresinin toplam maya ve küf sayısındaki değişim (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

Rodríguez-Campos vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, limon ve soğan ekstresi gibi doğal bileşenlerin avokado püresinin duyuşal özelliklerini korumada etkili olduğu ve özellikle polifenol oksidaz aktivitesinin baskılanması yoluyla renk stabilitesine katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Araştırmada, limon ekstresinin sağladığı yüksek asiditenin tat kabulünü olumsuz etkilediği ve bundan dolayı lezzet parametresinin en düşük puanı aldığı ifade edilmiştir. Çalışmamızda ise pürelerin pH'nın sitrik asit ile ayarlanması ve mikrodalga işleminin uygulanması sonucu, duyuşal parametrelerin depolama haftalarına bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Başlangıçta duyuşal kalite korunmuş olsa da depolama süresi boyunca bu etkinin azaldığı görülmüştür. Özellikle, sitrik asit kullanımıyla pürelerin başlangıç asiditesinin düzenlenmiş olması PPO aktivitesini sınırlandırmada etkili olmasına rağmen, bu durumun tat kabulü üzerinde olumsuz bir etki yaratmış olabileceği düşünülmektedir. Yapılan araştırmada kullanılan doğal inhibitörler sayesinde renk ve genel beğeni gibi duyuşal özelliklerin daha uzun süre korunabileceği, çalışmamızda ise mikrodalga işleminin tek başına uzun vadeli stabilite sağlamada yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Sitrik asit kullanımı, pürelerin başlangıç asiditesini düzenleyerek PPO aktivitesini sınırlandırmış olsa da lezzet kabulü üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Doğal inhibitörlerin mikrodalga işleminle birlikte kullanımı, sitrik asit kullanımına ek olarak renk ve tat kabulünü artırarak duyuşal kaliteyi korumada etkili bir yöntem sunabilir.

Jacobo-Velázquez ve Hernández-Brenes (2011) yaptıkları çalışmada, yüksek hidrostatik basınç (HHP) işleminin avokado püresinin duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada, ekşi tat, bayat tat ve genel kabul edilebilirlik gibi duyuşal parametreler incelenmiştir. Depolamanın başlangıcında ürün, tüketiciler tarafından genel olarak kabul edilebilir bulunmuş, ancak ekşi tat yoğunluğunun depolama süresince belirgin bir şekilde artması duyuşal kaliteyi olumsuz etkilediği ve bu artışın işlem sırasında hücresel yapıdaki hasar nedeniyle organik asitlerin serbest kalmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Ekşi tat, duyuşal raf ömrünü sınırlayan en önemli faktörlerden biri olarak tanımlanmıştır. Bayat tat ise depolama boyunca kademeli bir artış göstermiş, bu durumun sebepleri de lipid oksidasyonu ve lipoksigenaz enzimi aktivitesine bağlanmıştır. Eğitilmiş panelin değerlendirmelerine göre, ürünün duyuşal raf ömrü 19 gün olarak belirlenmiş ve bu süre sonunda tüketici kabul edilebilirliğinde önemli bir düşüş

gözenmiştir. Araştırma, mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilen (45 gün) ürünün duyusal kalite kaybı nedeniyle uzun süreli depolama sırasında tüketici taleplerini karşılama sınırını sınırlı olduğunu ortaya koymuş ve formülasyon ile depolama koşullarının optimize edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Yapılan bu çalışmada, HHP işlemi uygulanmış avokado püresinde depolama boyunca ekşi tat ve bayat tat yoğunluğunun artarak duyusal kabul edilebilirliği sınırladığı belirtilmiştir. Çalışmamızda da tat/lezzet puanlarının depolama süresince düzenli bir şekilde azaldığı görülmüştür. Özellikle ilk haftalarda tat parametresi yüksek kabul görmesine rağmen, ilerleyen haftalarda tat/lezzet puanlarında azalma kaydedilmiştir. Bu durum, literatürde olduğu gibi, ürün bileşimindeki kimyasal değişiklikler veya sitrik asit kaynaklı asitlik artışı ile ilişkilendirilebilir. Çalışmamızın bulguları, bu çalışması ile uyumlu olarak, depolama süresince duyusal özelliklerde azalmalar yaşandığını ve bu durumun ürünün uzun süreli duyusal kalitesini koruma konusunda sınırlamalar oluşturduğunu göstermektedir.

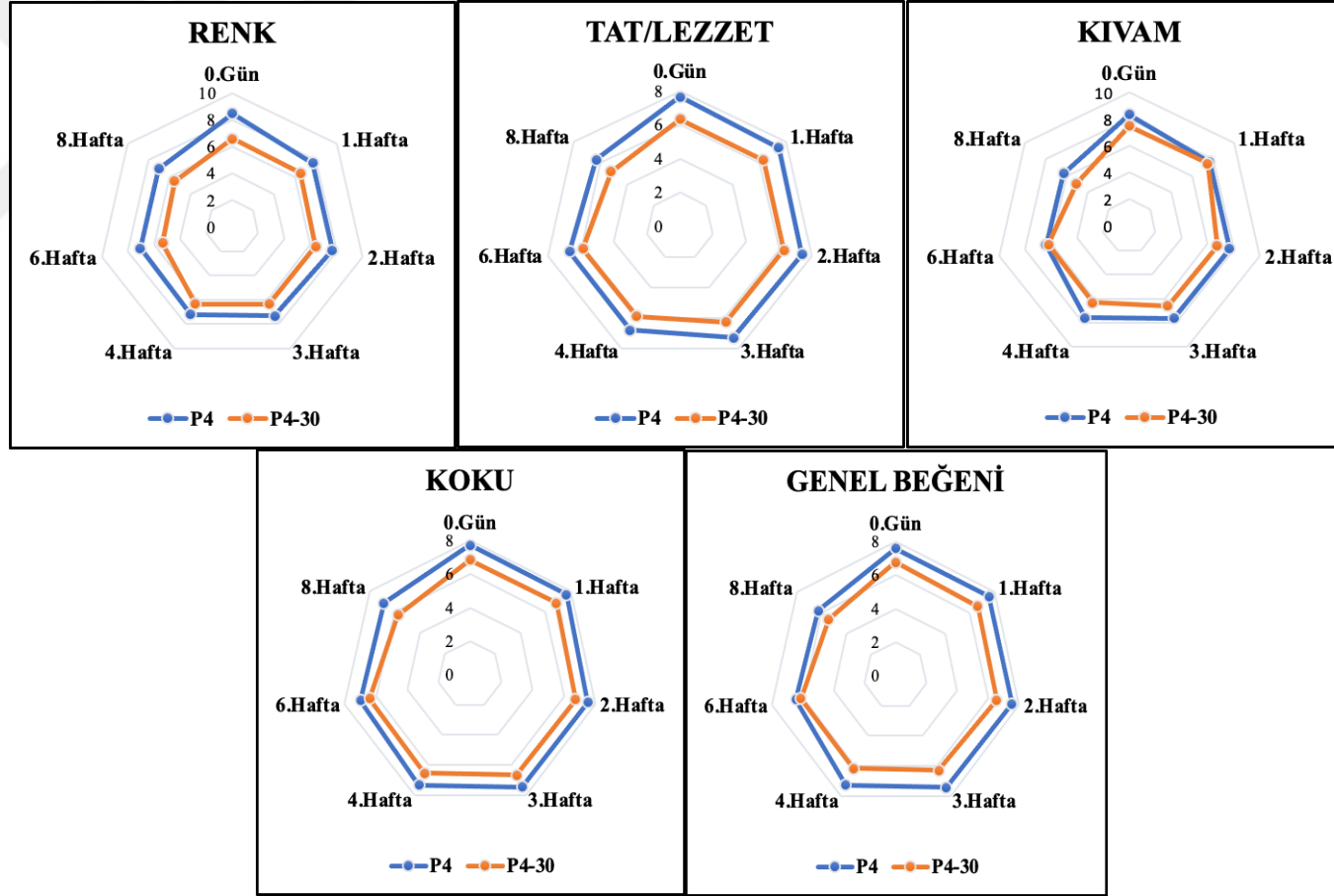
Guzmán vd. (2002), çinko ve bakır klorür ilavesi yapılan avokado pürelerinin tat/lezzet kabul edilebilirliğini duyusal analiz ile değerlendirmiştir. Hedonik testler sonucunda, çinko (120 ppm) ve bakır (12 ppm) klorür eklenmiş numunelerin tat kabul edilebilirliğinde kontrol gruplarına kıyasla olumsuz bir değişiklik görülmemiştir. Yani, çinko ve bakır klorür gibi katkı maddelerinin önerilen konsantrasyonlarda kullanıldığında avokado püresinin duyusal özelliklerini koruduğunu ve tüketici tarafından kabul edilebilir nitelikte bir ürün sunduğu ve bu katkı maddelerinin tat üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı belirlenmiştir. Çalışmamızda ise sitrik asit kullanımının her iki grubun tat/lezzet skorlarını azaltması, sitrik asit doygunluğunun duyusal algıyı etkileyebileceğini düşündürmektedir. Bu durum, kullanılan katkı maddelerinin konsantrasyonlarının duyusal özellikler üzerindeki etkisini değerlendirme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.7 Depolama süresince avokado püresinin duyu analizi sonuçları (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış) *

		Depolama süresi (hafta)							
Örnek grubu		0	1	2	3	4	6	8	
Renk	P4	8,467 ^a ±0,516	7,700 ^b ±0,702	7,667 ^b ±0,816	7,333 ^{bc} ±0,789	7,200 ^{bc} ±0,560	7,033 ^c ±0,972	7,000 ^c ±0,755	
	P4-30	6,600 ^a ±0,632	6,500 ^a ±0,516	6,400 ^a ±0,632	6,333 ^a ±0,617	6,333 ^a ±0,789	5,333 ^b ±0,617	5,533 ^b ±0,743	
Tat/lezzet	P4	7,667 ^a ±0,617	7,467 ^a ±0,516	7,400 ^a ±0,507	7,300 ^a ±0,766	6,800 ^b ±0,676	6,667 ^b ±0,723	6,333 ^b ±0,869	
	P4-30	6,333 ^a ±0,723	6,300 ^a ±0,455	6,300 ^a ±0,316	6,267 ^a ±0,798	5,900 ^a ±0,929	5,867 ^a ±0,743	5,200 ^b ±0,676	
Kıvam	P4	8,333 ^a ±0,723	7,667 ^b ±0,789	7,667 ^b ±0,816	7,633 ^b ±0,611	7,600 ^b ±0,879	6,400 ^c ±0,910	6,300 ^c ±0,455	
	P4-30	7,467 ^a ±0,915	7,467 ^a ±0,884	6,733 ^b ±0,988	6,600 ^b ±0,632	6,333 ^b ±0,899	6,200 ^b ±0,414	5,067 ^c ±0,703	
Koku	P4	7,733 ^a ±0,798	7,667 ^{ab} ±0,899	7,533 ^{abc} ±0,516	7,467 ^{abc} ±0,915	7,333 ^{abc} ±0,723	7,000 ^{bc} ±0,894	6,867 ^c ±0,868	
	P4-30	6,867 ^a ±0,743	6,867 ^a ±0,915	6,733 ^a ±0,457	6,667 ^a ±0,869	6,533 ^a ±0,516	6,400 ^a ±0,879	5,733 ^b ±0,998	
Genel beğeni	P4	7,600 ^a ±0,879	7,567 ^a ±0,478	7,533 ^a ±0,884	7,433 ^a ±0,873	7,267 ^a ±0,772	6,467 ^b ±0,718	6,233 ^b ±0,677	
	P4-30	6,767 ^a ±0,776	6,633 ^{ab} ±0,464	6,567 ^{ab} ±0,478	6,300 ^{ab} ±0,891	6,167 ^b ±0,675	6,133 ^b ±0,884	5,400 ^c ±0,632	

* Aynı satırda farklı harfler, Duncan testine göre farklı haftalar arasındaki farkı gösterir (P<0,05).

Tabloda yer alan değerler ortalama ± standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.9 Depolama süresince avokado püresinin duysal değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması (P4: pH 4.0'e ayarlanmış; P4-30: pH 4.0'e ayarlanmış ve 30 saniye mikrodalga uygulanmış)

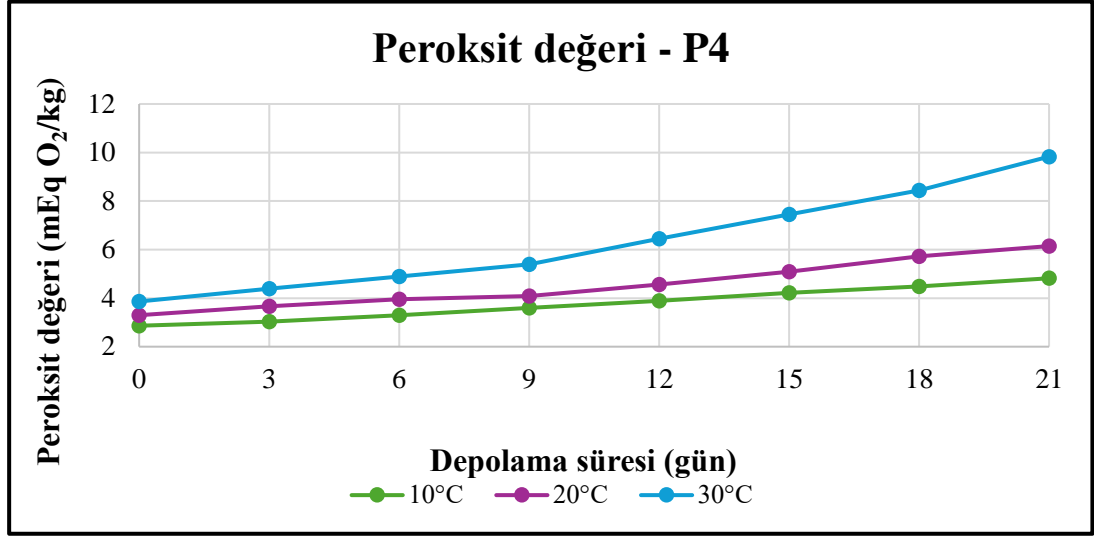
Mepba vd. (2008), avokado pürelerinin duyuşsal özelliklerini (renk, koku ve tat/aroma) 7 puanlık bir ölçek kullanarak araştırmışlardır. Araştırmada, askorbil palmitat (AP) ve propil gallat (PG) gibi antioksidanların etkileri, kontrol grubuyla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ürünler, hem ortam sıcaklığında ($30\pm 1^{\circ}\text{C}$) hem de soğuk depolama koşullarında ($5-6^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilerek analiz edilmiştir. depolama süresinin ilerlemesiyle duyuşsal özelliklerde genel bir bozulma olduğunu göstermiştir. Ortam sıcaklığında depolanan örneklerde renk, koku ve tat/aroma skorlarının depolamanın ilk 4 gününü sonrasında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Özellikle kontrol grubunda, renk bozulmaları daha hızlı gözlemlenmiş ve pastaların yüzeyinde kahverengi lekeler oluşmuştur. Buna karşın, AP ve PG kombinasyonu ile stabilize edilen örneklerde renk stabilitesinin daha uzun süre korunduğu ve skorlardaki düşüşün daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Koku ve tat/aroma skorlarında da benzer bir bozulma eğilimi gözlemlendiği ve kontrol grubunda 8. gün itibarıyla koku ve tat/aroma yoğunluklarında önemli bir azalma görülürken, AP+PG ile stabilize edilen örnekler bu özelliklerini daha uzun süre muhafaza ettiği belirtilmiştir. Ayrıca, soğuk depolama koşullarında bu bozulma süreci yavaşlamış ve özellikle AP+PG stabilizasyonu, duyuşsal kaliteyi 8 güne kadar etkili bir şekilde korunduğu bildirilmiştir. Araştırmada, lipid oksidasyonunun avokado pürelerinde duyuşsal kalite kaybına neden olan temel faktörlerden biri olduğu vurgulanmıştır. Lipid oksidasyonu, yağ ürünlerinde renk, koku ve tat/aroma gibi duyuşsal parametrelerin azalmasına yol açan önemli bir süreçtir. Avokadonun oleik ve linoleik asit gibi doymamış yağ asitleri bakımından zengin olması, bu süreçte oksidasyona daha duyarlı olmasına neden olmaktadır. Çalışmada, oksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitlerin parçalanarak aldehitler, ketonlar, alkol ve lakton gibi kısa zincirli karbon bileşiklerine dönüştüğü, bu bileşiklerin ise ürünlerde istenmeyen tat ve kokulara neden olduğu ifade edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde depolama boyunca duyuşsal kalite kaybı gözlemlenmiş ve bu kaybın, lipid oksidasyonuna bağlı tat/aroma değişimleriyle ilişkilendirilebileceği düşünülmüştür. Mikrodalga işleme başlangıçta duyuşsal kaliteyi korumada etkili olmuş, ancak depolama süresinin ilerlemesiyle tat ve aromada olumsuz değişiklikler meydana gelmiştir. Bu durum, Mepba vd. (2008)'in bulgularıyla uyumlu olarak, lipid oksidasyonuna bağlı olarak meydana gelen bileşiklerin (aldehitler ve ketonlar gibi) duyuşsal kaliteyi olumsuz etkilediğini düşündürmektedir.

Marco vd. (2019), ani vakum genişlemesi (FVE) yönteminin Hass avokado püresinin duyuşsal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Değerlendirmede homojenlik, parlaklık, yeşil renk yoğunluğu, kahverengilik, yağlılık, liflilik, acılık, tatlılık, burukluk, pürüzlülük, lifli yapı ve genel beğeni gibi 12 farklı duyuşsal özellik incelenmiştir. Çalışma, işlenmemiş avokado püresi (kontrol grubu), ısıtma işlemi sonrası buhar aşamasını temsil eden T1 ve vakum genişleme aşaması olan T2 grupları değerlendirmiştir. T1, püreye daha homojen bir yapı ve yeşil renk kazandırırken, T2'nin kahverengi tohum ve kabuk parçalarının karışması nedeniyle heterojen bir görünüme neden olduğu belirtilmiştir. Parlaklık açısından kontrol grubu en yüksek değerlere sahip olmuş, T2 ise en düşük parlaklık değerlerini göstermiştir. T1 ve T2 gruplarında, ısı işlemi kaynaklı oksilipin oluşumu nedeniyle acılık ve burukluk artışı gözlemlendiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. T2 grubu ayrıca pürüzlülük ve liflilik açısından en yüksek değerlere sahipken, bu duruma kabuk ve çekirdek parçalarının karışmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Kontrol grubu ise tat açısından en beğenilen grup olmuştur. Marco vd. (2019) çalışmasında vakum genişleme işleminin bazı duyuşsal özelliklerde olumsuz etkilere neden olduğu belirtilirken, çalışmamızda mikrodalga işlemi başlangıçta duyuşsal kaliteyi büyük ölçüde korumuştur.

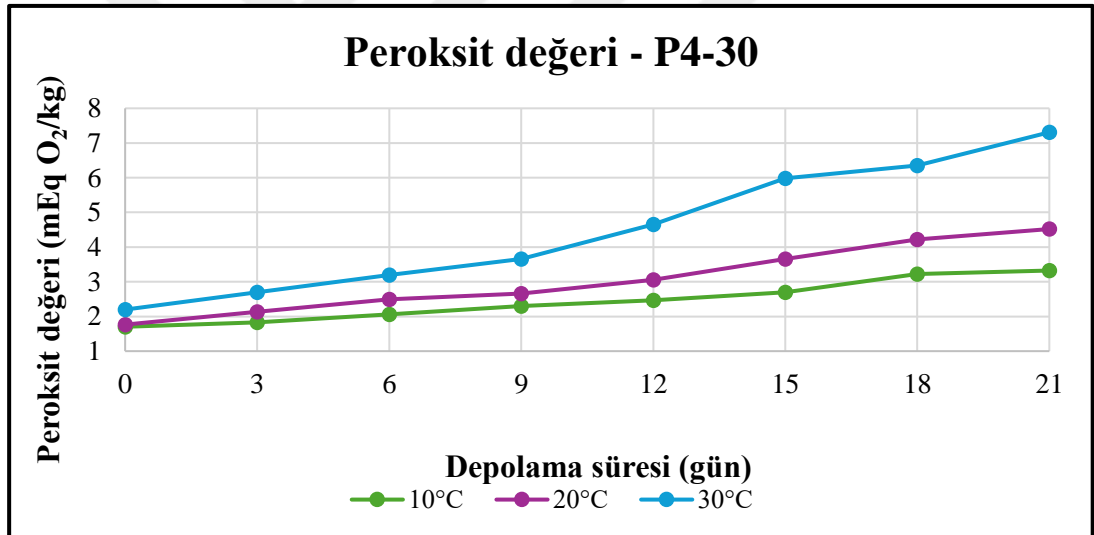
4.3 Hızlandırılmış Raf Ömrü Çalışması

4.3.1 Peroksit değerindeki değişim

Bu çalışmada, P4 ve P4-30 gruplarının farklı sıcaklıklarda depolama süresi boyunca peroksit değerlerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü testleri kapsamında, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında yapılan depolamalar üç hafta (21 gün) sürmüş ve bu süre boyunca peroksit değerleri her 3 günde bir ölçülmüştür. P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki peroksit değerlerindeki değişimler Şekil 4.10'da, P4-30 grubunun aynı sıcaklıklardaki değişimleri ise Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Bu grafiklerde, depolama süresi boyunca peroksit değerlerindeki düzenli artış ve sıcaklık değişiminin bu artış üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 4.9 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda peroksit değerlerindeki değişimi



Şekil 4.10 Depolama süresi boyunca P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda peroksit değerlerindeki değişimi

P4 ve P4-30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki örnekler için peroksit değerlerinin (A) başlangıç peroksit değerlerine (A_0) oranının doğal logaritması $\ln(A/A_0)$ ile depolama süresi arasındaki ilişki incelenmiştir. Her iki grup için 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında $\ln(A/A_0)$ değerleri hesaplanmış ve bu değerlerden reaksiyon hız sabitleri (k) doğrusal regresyon analizi ile belirlenmiştir. Her bir sıcaklık için elde edilen regresyon denklemleri ve bu denklemlerden hesaplanan k değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge 4.11,

10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında her iki grup için doğrusal regresyon denklemleri ve bu denklemlerden elde edilen reaksiyon hız sabitlerini göstermektedir.

Çizelge 4.8 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4-30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)

Sıcaklık (°C)	Denklem		Reaksiyon hız sabiti (k)	
	P4	P4-30	P4	P4-30
10	$y=0,0255x-0,0066$	$y=0,0333x-0,0116$	0.0255	0.0333
20	$y=0,0295x-0,0059$	$y=0,0448x+0,0345$	0.0295	0.0448
30	$y=0,0446x-0,0207$	$y=0,0666x+0,0675$	0.0446	0.0666

Tablo 2’de P4 ve P4-30 grupları için 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında elde edilen reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ile sıcaklığın tersi (1/T) değerleri belirtilmiştir. Sıcaklıklar Kelvin (K) cinsinden ifade edilmiş olup, her bir sıcaklığa karşılık gelen 1/T değerleri Çizelge 4.12’de yer almaktadır.

P4 grubunda ln(k) ile 1/T değerleri arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden regresyon doğrusu Eşitlik (4.1)’de verilmiştir:

$$y = -2412,5x + 4,8004 \quad (R^2 = 0,9156) \quad (4.1)$$

Benzer şekilde, P4-30 grubuna ait regresyon doğrusu Eşitlik (4.2)’de ifade edilmiştir:

$$y = -3005,3x + 7,1858 \quad (R^2 = 0,9884) \quad (4.2)$$

Çizelge 4.9 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ve sıcaklığın tersine (1/T) ait değerler

Sıcaklık (°C)	T (K)	1/T (1/K)	P4 (k)	P4 ln(k)	P4-30 (k)	P4-30 (ln(k))
10	283.15	0.00353	0.0255	-3.6691	0.0333	-3.4022
20	293.15	0.00341	0.0295	-3.5234	0.0448	-3.1055
30	303.15	0.00330	0.0446	-3.1100	0.0666	-2.7091

Çizelge 4.13’de ise, P4 ve P4-30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki (+4°C, 10°C, 20°C ve 30°C) reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç peroksit değerleri (A₀) ve raf ömrü

sonuçları gösterilmiştir. +4°C’de k değeri, her iki grup için (P4 ve P4–30) ln(k)-1/T grafiğinden elde edilen denklemin kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Diğer sıcaklıklardaki (10°C, 20°C ve 30°C) k değerleri ise doğrudan deneysel verilerden elde edilmiştir. Başlangıç peroksit değerleri (A₀), depolama başlangıcındaki peroksit miktarlarını ifade etmekte olup, P4 ve P4–30 grupları için ayrı sütunlarda verilmiştir. Raf ömrü değerleri (gün), her bir grup ve sıcaklık koşulunda ürünün kabul edilebilir sınırlar içinde kalma süresini ifade etmekte olup, bu değer A_{lim}= 10 mEq O₂/kg sınırına ulaşma süresine göre hesaplanmış ve bu hesaplamalarda Eşitlik (4.3) kullanılmıştır:

$$t_{raf \text{ ömrü}} = \frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{k} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.10 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarının reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç peroksit değerleri (A₀) ve raf ömrü değerleri

Sıcaklık (°C)	Reaksiyon hız sabiti (k)		Başlangıç peroksit değerleri (A ₀)		Raf ömrü (gün)	
	P4	P4-30	P4	P4-30	P4	P4-30
+4	0.0200	0.0256	2.852	1.537	62.8	73.1
10	0.0255	0.0333	2.863	1.703	49.1	53.1
20	0.0295	0.0448	3.297	1.765	37.6	38.7
30	0.0446	0.0666	3.862	2.198	21.3	22.8

Şekil 4.10'da P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda depolama süresi boyunca peroksit değerlerindeki değişimi verilmiştir. Depolama süresi ilerledikçe peroksit değerlerinin sıcaklıkla birlikte arttığı gözlemlenmiştir. En düşük peroksit değeri 10°C'de depolanan grupta tespit edilirken, 30°C sıcaklıkta depolanan grubun peroksit değerleri en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Özellikle 21. gün itibarıyla, 30°C'deki P4 grubunun peroksit değeri yaklaşık 10 mEq O₂/kg seviyesine ulaşmış, bu da lipid oksidasyonunun hızlandığını göstermiştir. Bu durum, sıcaklığın lipid oksidasyonuna olan etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Şekil 4.11'de ise P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda depolama süresi boyunca peroksit değerlerindeki değişimi sunulmuştur. Mikrodalga işlemine tabi

tutulmuş bu grupta da benzer bir eğilim gözlenmiş, sıcaklık arttıkça peroksit değerleri yükselmiştir. Ancak P4 grubuna kıyasla peroksit değerlerinin daha düşük seviyelerde seyrettiği dikkat çekmektedir. Örneğin, 21. gün itibarıyla 30°C'de depolanan P4-30 grubunun peroksit değeri yaklaşık 7 mEq O₂/kg olarak ölçülmüştür. Bu durum, mikrodalga işlemin lipid oksidasyonunu kısmen yavaşlatıcı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Her iki grafik birlikte değerlendirildiğinde, depolama sıcaklığı arttıkça lipid oksidasyonunun hızlandığı, ancak mikrodalga işleminin oksidasyon üzerinde koruyucu bir etki sağladığı söylenebilir. Özellikle 10°C'deki gruplar, en düşük peroksit değerlerini göstererek oksidasyon açısından daha uygun koşullar sunmuştur. Bu bulgular, ürün stabilitesini artırmak için hem sıcaklık kontrolünün hem de mikrodalga işleminin önemini vurgulamaktadır.

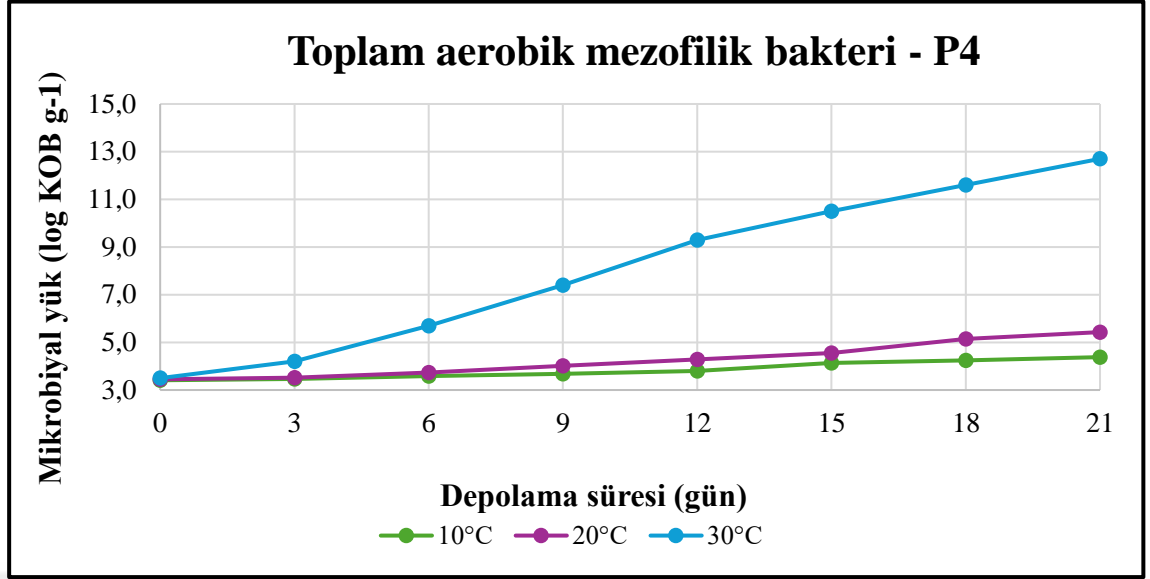
P4 grubu için +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında sırasıyla 62.8 gün, 49.1 gün, 37.6 gün ve 21.3 gün raf ömrü elde edilmiştir. Aynı sıcaklıklar için reaksiyon hız sabitleri (k) sırasıyla P4 grubunda 0.0200, 0.0255, 0.0295 ve 0.0446 olarak hesaplanmıştır. P4-30 grubu ise aynı sıcaklıklarda daha uzun raf ömrü sergilemiş olup, sırasıyla 73.1 gün, 53.1 gün, 38.7 gün ve 22.8 gün olarak belirlenmiştir. Bu gruptaki reaksiyon hız sabitleri ise +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıkları için sırasıyla 0.0256, 0.0333, 0.0448 ve 0.0666 olarak bulunmuştur. Artan sıcaklığın, her iki grupta da oksidasyon hızını artırarak raf ömrünü önemli ölçüde kısalttığı gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen peroksit değeri sonuçları, literatürde bildirilen benzer araştırmalarla uyum göstermektedir. Örneğin, Owusu vd. (2012), avokado püresinden üretilen sürülebilir gıda ürünüde peroksit değerlerini izleyerek raf ömrü belirlemişlerdir. Çalışmada, peroksit değerinin artan depolama sıcaklıklarıyla birlikte daha hızlı yükseldiği ve daha düşük sıcaklıklarda bu artışın daha yavaş gerçekleştiği rapor edilmiştir. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da peroksit değerlerinde sıcaklık arttıkça belirgin bir yükselme gözlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklıkların oksidasyon hızını artırarak raf ömrünü kısalttığını ve düşük sıcaklıkların oksidatif stabiliteyi koruduğunu açıkça göstermektedir.

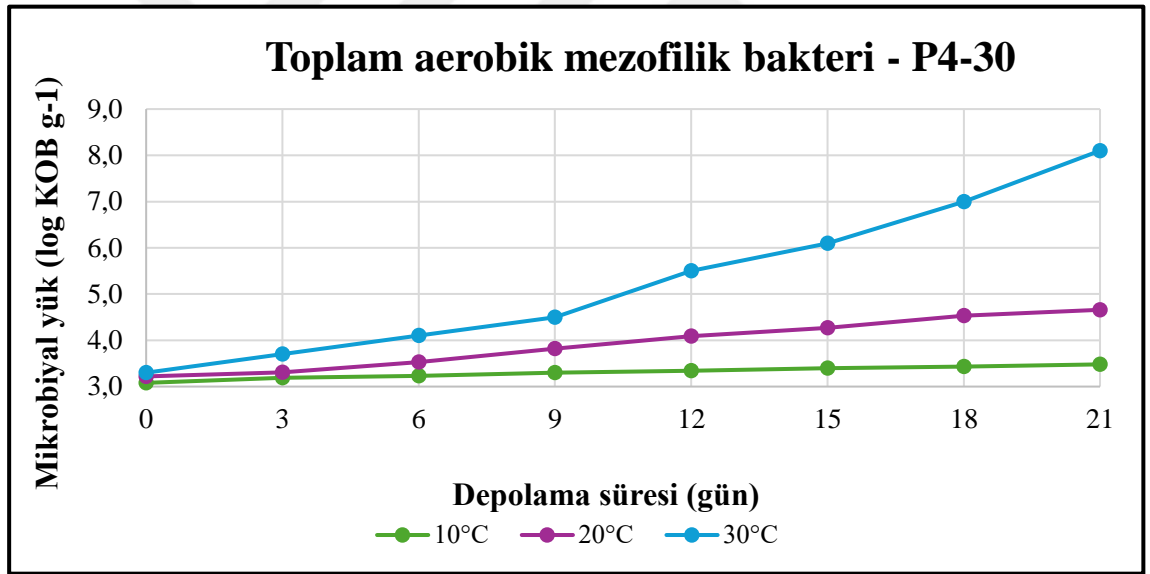
Parajuli vd. (2022), avokado püresinin geleneksel mayoneze alternatif bir ürün olarak kullanıldığı bir mayonez benzeri ürünün raf ömrünü değerlendirmiştir. Çalışma, ürünün 25°C, 40°C ve 50°C'de depolanarak hızlandırılmış raf ömrü analizini kapsamaktadır. Analiz süresi boyunca peroksit değerleri ölçülmüş ve 30 güne kadar gözlemlenmiştir. Çalışmada, 25°C'de peroksit değerine bağlı raf ömrü 35 gün, 40°C'de 20 gün ve 50°C'de 12 gün olarak rapor edilmiştir. Yapılan bu araştırmada, bulgularımızı destekler nitelikte olup, sıcaklık artışının oksidasyon hızını artırdığı ve raf ömrünü belirgin şekilde kısalttığına dair sonuçları ortaya koymaktadır. Çalışmamızda da benzer şekilde, sıcaklık artışı peroksit değerinde belirgin bir yükselişe neden olmuş ve oksidatif stabilitenin sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

4.3.2 Toplam aerobik mezofilik bakteri düzeyindeki değişim

Bu çalışmada, P4 ve P4-30 gruplarının farklı sıcaklıklarda depolama süresi boyunca toplam aerobik mezofilik bakteri yükünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü testleri kapsamında, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında yapılan depolamalar üç hafta (21 gün) sürmüştür ve bu süre boyunca mikrobiyal yük her 3 günde bir belirlenmiştir. P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki toplam aerobik mezofilik bakteri yükündeki değişimler Şekil 4.12'de verilmiştir. Benzer şekilde, P4-30 grubunun aynı sıcaklıklardaki toplam aerobik mezofilik bakteri yükündeki değişimler ise Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri (log KOB g⁻¹) değerlerindeki değişimi



Şekil 4.12 Depolama süresi boyunca P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri (log KOB g⁻¹) değerlerindeki değişimi

P4 ve P4-30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki örnekler için mikrobiyal yük değerlerinin (A) başlangıç mikrobiyal yük değerlerine (A₀) oranının doğal logaritması $\ln(A/A_0)$ ile depolama süresi arasındaki ilişki doğrusal regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Her bir sıcaklık için elde edilen doğrusal regresyon denklemleri ve bu denklemlerden hesaplanan reaksiyon hız sabitleri (k) Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge 4.14, 10°C,

20°C ve 30°C sıcaklıklarında her iki grup için doğrusal regresyon denklemleri ve bu denklemlerden elde edilen reaksiyon hız sabitlerini göstermektedir.

Çizelge 4.11 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4-30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)

Sıcaklık (°C)	Denklem		Reaksiyon hız sabiti (k)	
	P4	P4-30	P4	P4-30
10	$y=0,0124x-0,0215$	$y=0,0054x+0,0123$	0,0124	0,0054
20	$y=0,0228x-0,0407$	$y=0,0191x-0,0088$	0,0228	0,0191
30	$y=0,0642x+0,0705$	$y=0,0432x-0,0317$	0,0642	0,0432

Tablo 5, P4 ve P4-30 grupları için 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında elde edilen mikrobiyal artış hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ile sıcaklığın tersi (1/T) değerlerini göstermektedir. Sıcaklıklar Kelvin (K) cinsinden ifade edilmiş olup, her bir sıcaklığa karşılık gelen 1/T değerleri Çizelge 4.15'te yer almaktadır. P4 grubu için, ln(k) ile 1/T değerleri arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden regresyon doğrusu Eşitlik (4.4)'te verilmiştir:

$$y = -7308,8x + 21,323 (R^2 = 0,9663) \quad (4.4)$$

Benzer şekilde, P4-30 grubuna ait grafikte doğrusal regresyon analizi yapılmış ve regresyon doğrusu Eşitlik (4.5)'te ifade edilmiştir:

$$y = -7544,9x + 21,528 (R^2 = 0,9448) \quad (4.5)$$

Çizelge 4.12 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ve sıcaklığın tersine (1/T) ait değerler

Sıcaklık (°C)	T (K)	1/T (1/K)	P4 (k)	P4 ln(k)	P4-30 (k)	P4-30 (ln(k))
10	283.15	0.00353	0.0124	-4.3901	0.0054	-5.2214
20	293.15	0.00341	0.0228	-3.7810	0.0191	-3.9581
30	303.15	0.00330	0.0642	-2.7458	0.0432	-3.1419

Çizelge 4.16'da ise, P4 ve P4-30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki (+4°C, 10°C, 20°C ve 30°C) reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç mikrobiyal yük değerleri (A₀) ve raf ömrü

sonuçları gösterilmiştir. +4°C’de k değeri, her iki grup için (P4 ve P4-30) ln(k)-1/T grafiğinden elde edilen denklemin kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Diğer sıcaklıklardaki (10°C, 20°C ve 30°C) k değerleri ise doğrudan deneysel verilerden elde edilmiştir. Başlangıç mikrobiyal yük değerleri (A₀), depolama başlangıcındaki mikrobiyal yük değerlerini ifade etmekte olup, P4 ve P4-30 grupları için ayrı sütunlarda verilmiştir. Raf ömrü değerleri (gün), her bir grup ve sıcaklık koşulunda ürünün kabul edilebilir sınırlar içinde kalma süresini ifade etmekte olup, bu değer A_{lim}= 5 log KOB/g sınırına ulaşma süresine göre hesaplanmış ve bu hesaplamalarda Eşitlik (4.6) kullanılmıştır:

$$t_{raf\ \text{ömrü}} = \frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{k} \quad (4.6)$$

Çizelge 4.13 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4-30 gruplarının reaksiyon hız sabitleri (k), başlangıç mikrobiyal yük değerleri (A₀) ve raf ömrü değerleri

Sıcaklık (°C)	Reaksiyon hız sabitleri (k)		Başlangıç mikrobiyal yük değerleri (A ₀)		Raf ömrü (gün)	
	P4	P4-30	P4	P4-30	P4	P4-30
+4	0.0063	0.0033	3.4	3.1	61.11	145.03
10	0.0124	0.0054	3.4	3.1	31.05	88.52
20	0.0228	0.0191	3.5	3.2	15.66	23.40
30	0.0642	0.0432	3.5	3.3	5.56	9.63

Şekil 4.12’de P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri değerlerindeki değişim sunulmuştur. Depolama süresine bağlı olarak, 30°C’deki P4 grubunun mikrobiyal yükü 21. gün sonunda 12,7 log KOB g⁻¹ ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Aynı süre içinde 20°C’de depolanan örneklerde mikrobiyal yük 5,4 log KOB g⁻¹ olarak ölçülmüş, 10°C’de depolanan örneklerde ise bu değer 4,4 log KOB g⁻¹ ile en düşük seviyede kalmıştır.

Şekil 4.13’de P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri değerlerindeki değişim gösterilmiştir. Mikrodalga işleminin etkisiyle, P4-30 grubunda tüm sıcaklık seviyelerinde mikrobiyal yükler P4 grubuna kıyasla daha düşük seyretmiştir. 30°C’de depolanan P4-30 grubunun mikrobiyal yükü 21. gün sonunda 8,1

log KOB g⁻¹ olarak kaydedilirken, 20°C’de bu değer 4,7 log KOB g⁻¹, 10°C’de ise 3,5 log KOB g⁻¹ olarak ölçülmüştür.

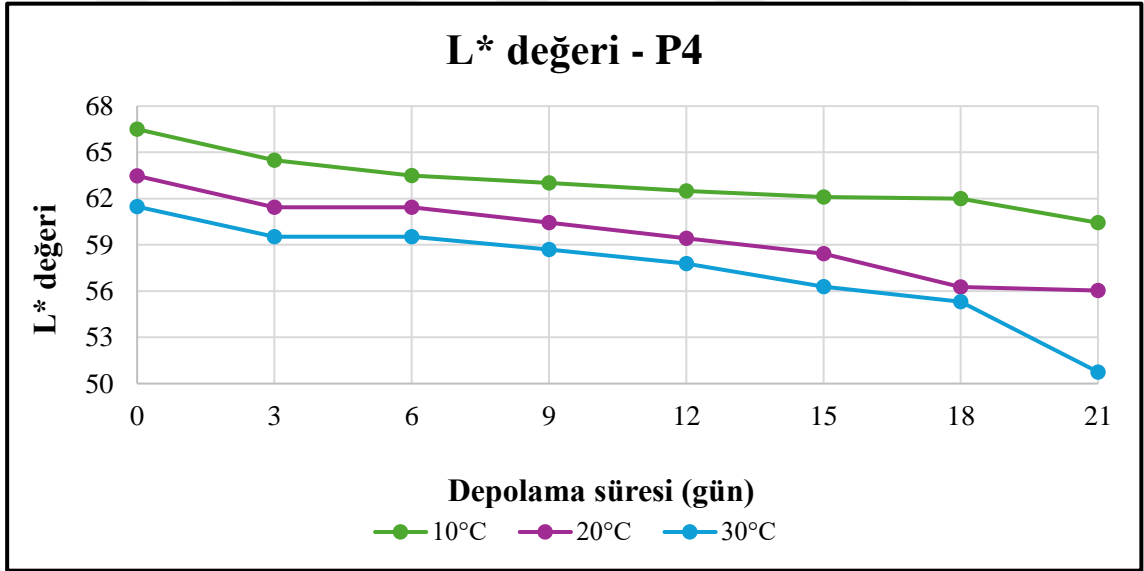
Genel olarak değerlendirildiğinde hem P4 hem de P4-30 gruplarında depolama sıcaklığının artışı mikrobiyal yükte artışa neden olmuş, ancak mikrodalga işleminin mikrobiyal yük artışını yavaşlatıcı bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Her iki grup için de en düşük mikrobiyal yük artışı, 10°C’de depolanan gruplarda tespit edilmiştir. Bu bulgular, düşük depolama sıcaklığının mikrobiyal güvenliği sağlamakta etkili olduğunu ve mikrodalga işleminin bu etkiyi desteklediğini ortaya koymaktadır.

P4 grubu için +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda toplam aerobik mezofilik bakteri yüküne bağlı olarak belirlenen raf ömrü değerleri sırasıyla 61.1 gün, 31.05 gün, 15.66 gün ve 5.56 gün olarak hesaplanmıştır. Bu sıcaklıklar için reaksiyon hız sabitleri (k) sırasıyla P4 grubu için 0.0063, 0.0124, 0.0228 ve 0.0642 olarak tespit edilmiştir. P4–30 grubunda ise aynı sıcaklıklarda daha uzun raf ömrü süreleri gözlemlenmiş olup, bu süreler sırasıyla 145.03 gün, 88.52 gün, 23.40 gün ve 9.63 gün olarak bulunmuştur. Bu gruba ait reaksiyon hız sabitleri ise +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıkları için sırasıyla 0.0033, 0.0054, 0.0191 ve 0.0432 şeklinde belirlenmiştir. Artan sıcaklık, her iki grupta da mikrobiyal büyüme hızını artırarak raf ömründe belirgin bir azalmaya neden olmuştur.

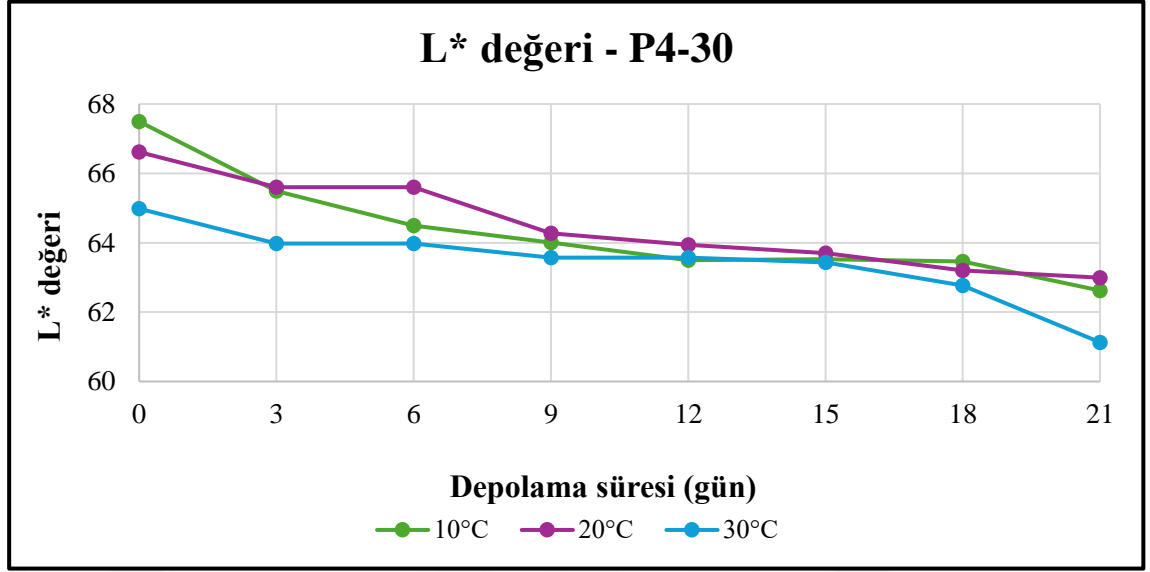
Toplam aerobik mezofilik bakteri yüküne ilişkin sonuçlar, literatürle örtüşmektedir. Owusu vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, avokado püresi bazlı bir sürülebilir gıda ürününün mikrobiyal yüküne bağlı olarak raf ömrü değerlendirilmiştir. Çalışmada, ürünün soğutma koşullarında mikrobiyal güvenliğ sınırını 47.50 günde, ortam sıcaklığında ise 37.49 günde aştığı rapor edilmiştir. Düşük sıcaklıkların mikrobiyal büyümeyi yavaşlatarak raf ömrünü uzattığı, buna karşın yüksek sıcaklıklarda mikrobiyal büyümenin hızlandığı belirtilmiştir. Bu bulgular, depolama sıcaklığının ürün güvenliği ve raf ömrü üzerindeki kritik rolünü vurgulamaktadır.

4.3.3 Renk analizi

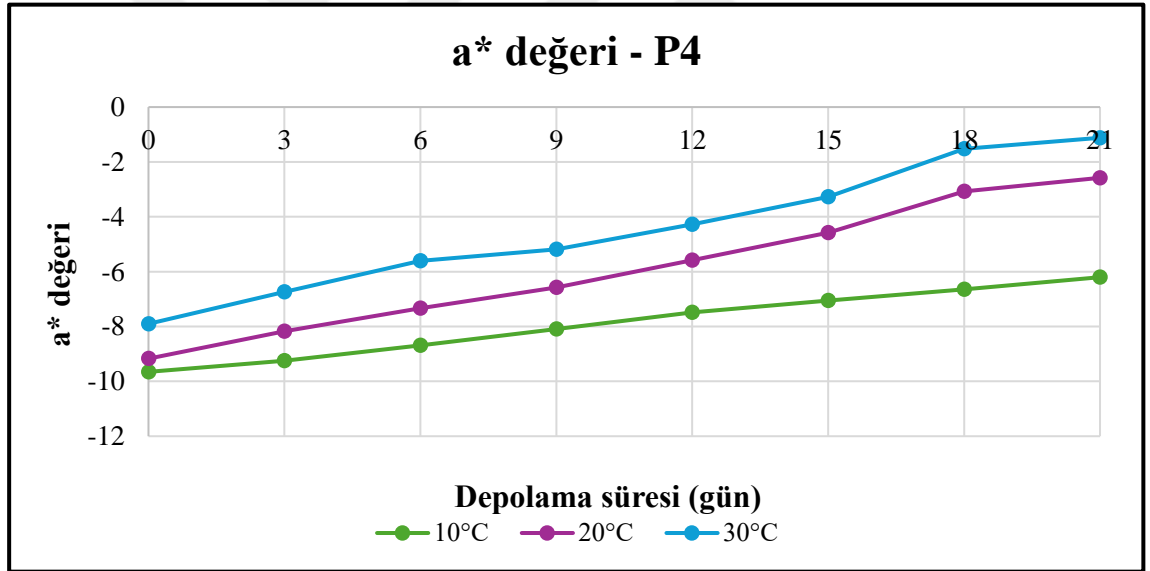
Avokado meyvesinin enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına son derece yatkın bir meyve olması nedeniyle P4 ve P4-30 gruplarının farklı sıcaklıklarda depolama süresi boyunca renk özelliklerinde meydana gelen değişimler de incelenmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü testleri kapsamında, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda yapılan depolamalar üç hafta (21 gün) sürmüş ve bu süre boyunca renk analizi her 3 günde bir gerçekleştirilmiştir. P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki L* değerlerindeki değişimler Şekil 4.14 'de, P4-30 grubunun L* değerlerindeki değişimler ise Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Benzer şekilde, P4 grubunun a* değerlerindeki değişimler Şekil 4.16'da, P4-30 grubunun a* değerlerindeki değişimler ise Şekil 4.17'de sunulmuştur. Son olarak, P4 grubunun b* değerlerindeki değişimler Şekil 4.18'de, P4-30 grubunun b* değerlerindeki değişimler ise Şekil 4.19'da verilmiştir. Her bir grafik, depolama süresi boyunca renk değerlerindeki düzenli değişimi ve sıcaklık değişiminin bu değişim üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.



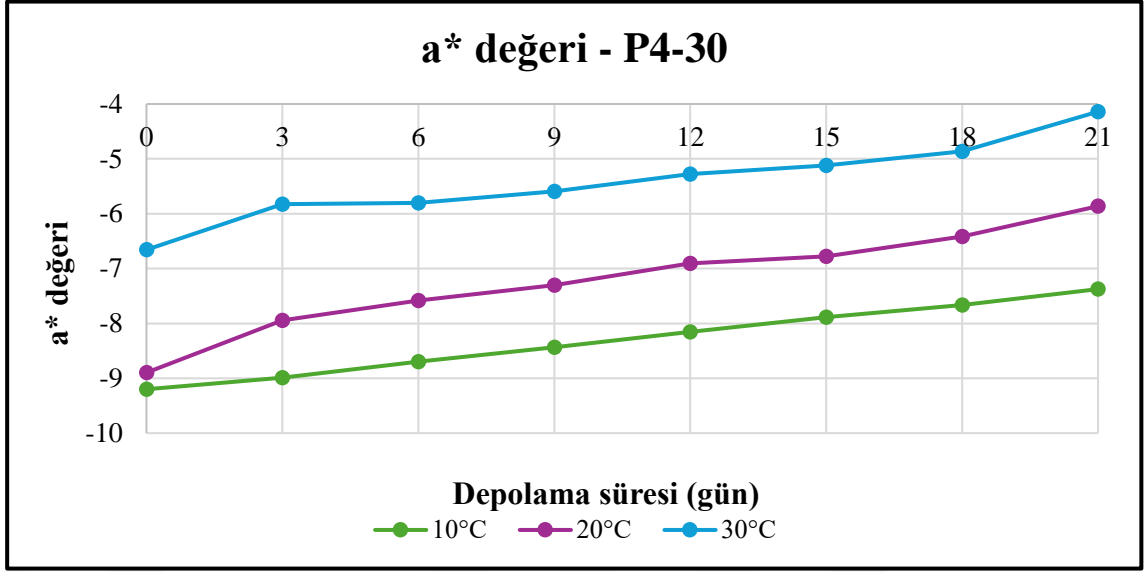
Şekil 4.13 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda L* değerlerindeki değişimi



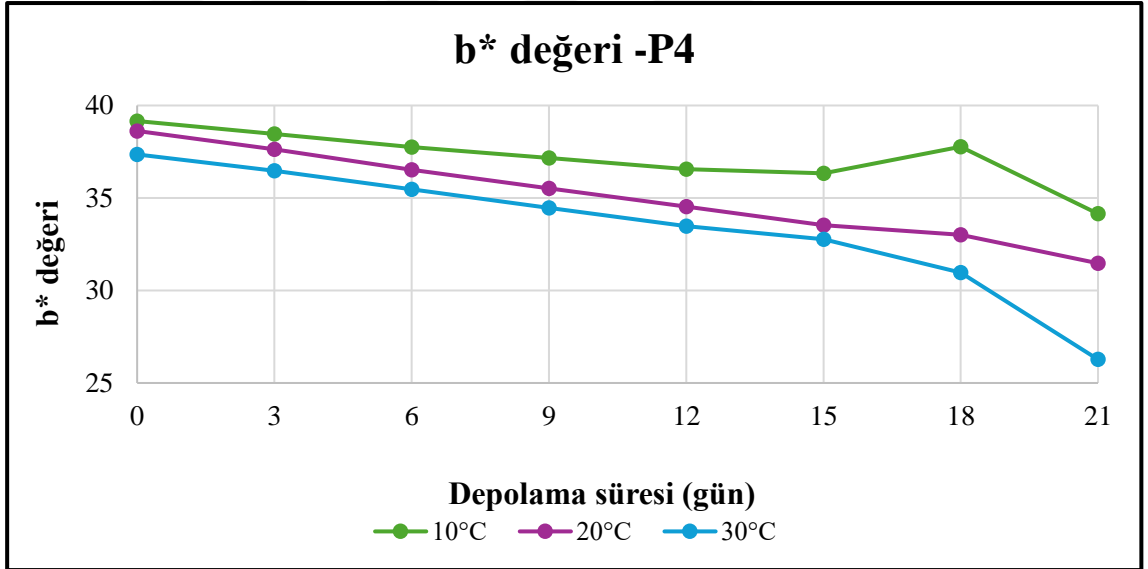
Şekil 4.14 Depolama süresi boyunca P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda L* değerlerindeki değişimi



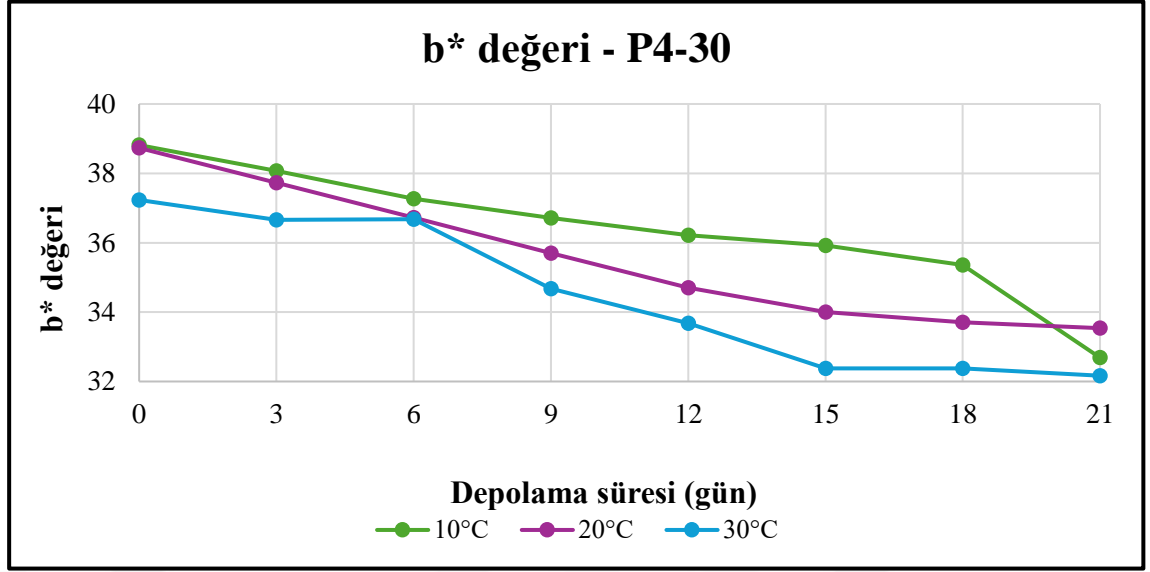
Şekil 4.15 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda a* değerlerindeki değişimi



Şekil 4.16 Depolama süresi boyunca P4-30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda a* değerlerindeki değişimi



Şekil 4.17 Depolama süresi boyunca P4 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda b* değerlerindeki değişimi



Şekil 4.18 Depolama süresi boyunca P4–30 grubunun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda b* değerlerindeki değişimi

P4 ve P4–30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki örnekler için a* değerlerinin (A) başlangıç a* değerlerine (A₀) oranının doğal logaritması ln(A/A₀) ile depolama süresi arasındaki ilişki doğrusal regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Her bir sıcaklık için elde edilen doğrusal regresyon denklemleri ve bu denklemlerden hesaplanan a* değişim hız sabitleri (k) Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.17, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında her iki grup için doğrusal regresyon denklemleri ve bu denklemlerden elde edilen a* değişim hız sabitlerini göstermektedir.

Çizelge 4.14 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4–30 gruplarına ait doğrusal regresyon denklemleri ve reaksiyon hız sabitleri (k)

Sıcaklık (°C)	Denklem		Reaksiyon hız sabiti (k)	
	P4	P4-30	P4	P4-30
10	$y=-0,0216x+0,0137$	$y=-0,0104x+0,0022$	0.0216	0.0104
20	$y=-0,0609x-0,1111$	$y=-0,0174x-0,0351$	0.0609	0.0174
30	$y=-0,091x+0,2028$	$y=-0,0185x-0,0216$	0.0910	0.0185

Çizelge 4.18, P4 ve P4–30 grupları için 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarında elde edilen a* değişim hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ile sıcaklığın tersi (1/T) değerlerini göstermektedir. Sıcaklıklar Kelvin (K) cinsinden ifade edilmiş olup, her bir sıcaklığa karşılık gelen 1/T değerleri Çizelge 4.18’de yer almaktadır. P4 grubuna ait ln(k) ile 1/T

değerleri arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden regresyon doğrusu Eşitlik (4.7)'de verilmiştir:

$$y = -6289,1x + 18,457 \quad (R^2 = 0,9504) \quad (4.7)$$

Benzer şekilde, P4-30 grubuna ait grafikte doğrusal regresyon analizi yapılmış ve regresyon doğrusu Eşitlik (8)'de ifade edilmiştir:

$$y = -2530,9x + 4,4363 \quad (R^2 = 0,8473) \quad (4.8)$$

Çizelge 4.15 Farklı sıcaklıklarda depolama koşullarında reaksiyon hız sabitinin (k) doğal logaritmaları (ln(k)) ve sıcaklığın tersine (1/T) ait değerler

Sıcaklık (°C)	T (K)	1/T (1/K)	P4 (k)	P4 ln(k)	P4-30 (k)	P4-30 (ln(k))
10	283.15	0.00353	0.0216	-3.8351	0.0104	-4.5659
20	293.15	0.00341	0.0609	-2.7985	0.0174	-4.0513
30	303.15	0.00330	0.0910	-2.3969	0.0185	-3.9900

Çizelge 4.19 'da, P4 ve P4-30 gruplarına ait farklı sıcaklıklardaki (+4°C, 10°C, 20°C ve 30°C) a* değişim hız sabitleri (k), başlangıç a* değerleri (A₀) ve raf ömrü sonuçları gösterilmiştir. +4°C'de k değeri, her iki grup için (P4 ve P4-30) ln(k)-1/T grafiğinden elde edilen denklemin kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Diğer sıcaklıklardaki (10°C, 20°C ve 30°C) k değerleri ise doğrudan deneysel verilerden elde edilmiştir. Başlangıç a* değerleri (A₀), depolama başlangıcındaki a* değerlerini ifade etmekte olup, P4 ve P4-30 grupları için ayrı sütunlarda verilmiştir. Raf ömrü değerleri (gün), her bir grup ve sıcaklık koşulunda ürünün kabul edilebilir sınırlar içinde kalma süresini ifade etmekte olup, bu değer A_{lim}= -0,47 sınırına ulaşma süresine göre hesaplanmış ve bu hesaplamalarda Eşitlik (4.9) kullanılmıştır:

$$t_{raf \text{ ömrü}} = \frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{k} \quad (4.9)$$

Çizelge 4.16 Farklı sıcaklıklarda depolanan P4 ve P4-30 gruplarının a* değişim hız sabitleri (k), başlangıç a* değerleri (A₀) ve raf ömrü değerleri

Sıcaklık (°C)	Reaksiyon hız sabiti (k)		Başlangıç a* değerleri (A ₀)		Raf ömrü (gün)	
	P4	P4-30	P4	P4-30	P4	P4-30
+4	0.0144	0.0091	-14.525	-10.804	238.19	343.59
10	0.0216	0.0104	-9.653	-9.200	139.81	285.57
20	0.0609	0.0174	-9.172	-8.897	48.75	169.54
30	0.0910	0.0185	-7.902	-6.657	30.99	143.24

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 'de P4 ve P4-30 gruplarının farklı sıcaklıklarda depolama süresi boyunca L* değerlerindeki değişim sunulmuştur. P4 grubunda, başlangıç L* değerleri depolama sıcaklığına göre farklılık göstermektedir: 10°C için 66,5, 20°C için 63,47 ve 30°C için 61,48 olarak ölçülmüştür. Depolama süresi boyunca tüm sıcaklıklarda L* değerleri azalma göstermiştir. 21. gün sonunda bu değerler sırasıyla 10°C'de 60,43, 20°C'de 56,03 ve 30°C'de 50,75'e düşmüştür. P4-30 grubunda ise başlangıç L* değerleri sırasıyla 10°C'de 67,50, 20°C'de 66,61 ve 30°C'de 64,98 olarak kaydedilmiştir. 21. gün sonunda bu değerler 10°C'de 62,62, 20°C'de 62,99 ve 30°C'de 61,13 seviyelerine kadar azalmıştır. Her iki grup için de depolama sıcaklığının artması, L* değeri kaybını hızlandırmıştır. Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de P4 ve P4-30 gruplarının a* değerlerindeki değişim sunulmuştur. P4 grubunda, başlangıç a* değerleri sırasıyla 10°C için -9,65, 20°C için -9,17 ve 30°C için -7,90 olarak ölçülmüştür. Depolama süresi boyunca bu değerler artış göstermiş ve 21. gün sonunda 10°C'de -6,20, 20°C'de -2,58 ve 30°C'de -1,12 seviyelerine ulaşmıştır. P4-30 grubunda ise başlangıç a* değerleri 10°C'de -9,20, 20°C'de -8,89 ve 30°C'de -6,65 olarak ölçülmüştür. 21. gün sonunda bu değerler sırasıyla 10°C'de -7,37, 20°C'de -5,86 ve 30°C'de -4,14'e yükselmiştir. Mikrodalga işlemden geçmiş P4-30 grubunda a* değerlerindeki artışın daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir, bu da renk stabilitesinin daha iyi korunduğunu göstermektedir.

Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da görüldüğü üzere, her iki grupta da b* değerlerinde belirgin bir düşüş yaşanmıştır. P4 grubunda başlangıç b* değerleri sırasıyla 10°C için 39,16, 20°C için 38,62 ve 30°C için 37,35 olarak ölçülmüştür. 21. gün sonunda bu değerler 10°C'de 34,14, 20°C'de 31,47 ve 30°C'de 26,27 seviyelerine gerilemiştir. P4-30 grubunda ise

başlangıç b^* değerleri 10°C’de 38,82, 20°C’de 38,73 ve 30°C’de 37,23 olarak ölçülmüştür. 21. gün sonunda bu değerler 10°C’de 32,68, 20°C’de 33,53 ve 30°C’de 32,16 seviyelerine düşmüştür. P4 grubunda b^* değerlerindeki azalma daha belirgin iken, P4-30 grubunda b^* değerlerinin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir.

L^* , a^* ve b^* değerleri açısından her iki grupta da sıcaklık artışının renk parametrelerinde olumsuz etkileri olduğu açıkça görülmektedir. Ancak P4-30 grubu, mikrodalga işlemin etkisiyle L^* değeri kaybını yavaşlatmış, kırmızı tonlarına kaymayı kontrol altına almış ve sarı tonlarını daha iyi korumuştur. Bu bulgular, mikrodalga işleminin renk stabilitesi açısından olumlu bir etki sağladığını ve düşük sıcaklıkta depolamayla birleştirildiğinde bu etkinin daha belirgin hale geldiğini ortaya koymaktadır.

P4 grubu için +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda renk değişimine bağlı olarak belirlenen raf ömrü değerleri sırasıyla 238.19 gün, 139.81 gün, 48.75 gün ve 30.99 gün olarak hesaplanmıştır. Bu sıcaklıklar için renk değişim hız sabitleri (k) P4 grubu için sırasıyla 0.0144, 0.0216, 0.0609 ve 0.0910 olarak bulunmuştur. P4-30 grubu ise aynı sıcaklıklarda daha uzun süre dayanıklılık göstermiş olup, raf ömrü süreleri sırasıyla 343.59 gün, 285.57 gün, 169.54 gün ve 143.24 gün olarak belirlenmiştir. Bu gruptaki renk değişim hız sabitleri ise +4°C, 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıkları için sırasıyla 0.0091, 0.0104, 0.0174 ve 0.0185 olarak bulunmuştur. Artan sıcaklık, her iki grupta da renk bozulma hızını artırarak ürünlerin raf ömrünün önemli ölçüde kısalmasına yol açmıştır.

Renk analizinden elde edilen sonuçlar, literatür ile paralellik göstermektedir. Sarantakou vd. (2023), avokado püresi bazlı smoothie içeceğinde L^* , a^* ve b^* değerlerini değerlendirerek, daha düşük depolama sıcaklıklarında renk stabilitesinin korunduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada, 5°C’de depolanan ürünlerin renk değişim hızını yavaşlattığı, ancak daha yüksek sıcaklıklarda bu değişimlerin hızlandığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde, düşük sıcaklıkların renk bozulma hızını yavaşlattığı ve yüksek sıcaklıkların bu değişimleri hızlandığı gözlenmiştir. Bu bulgular, düşük sıcaklıkların renk stabilitesini artırarak ürünün görsel kalitesini koruduğunu açıkça göstermektedir.

Sonuç olarak, hızlandırılmış raf ömrü çalışmaları kapsamında elde edilen veriler ışığında, +4°C’de depolama koşullarına ilişkin raf ömrü hesaplanmıştır. P4 grubu için yapılan değerlendirmelerde, renk parametresine göre 238,19 gün, mikrobiyolojik kriterlere göre 61,11 gün ve peroksit değerine göre 62,8 gün raf ömrü tespit edilmiştir. Mikrodalga işlem uygulanmış P4-30 grubu için ise renk parametresine göre 343,59 gün, mikrobiyolojik kriterlere göre 145,03 gün ve peroksit değerine göre 73,1 gün raf ömrü hesaplanmıştır.



5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, mikrodalga uygulamasının avokado püresinin kalite parametreleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Mikrodalga uygulamasının fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, bu yöntemin hem kaliteyi koruma hem de raf ömrünü uzatma açısından etkili bir çözüm sunduğunu ortaya koymuştur.

Bu tür ürünlerde en önemli ölçüt mikrobiyal yüküdür. Yapılan mikrodalga işleminin, toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf yüklerini azaltarak mikrobiyal güvenliğini sağladığı görülmüştür. Ayrıca, renk, pH ve duyu özellikler gibi kritik kalite parametrelerinde depolama süresi boyunca stabilite sağlandığı gözlemlenmiştir. Peroksit ve *p*-anisidin gibi oksidasyon göstergelerindeki artışın kontrollü olması, mikrodalga işleminin oksidatif stabiliteyi artırmada etkili olduğunu kanıtlamaktadır. Depolama sırasında mikrodalga ile işlenmiş numunelerin daha iyi sonuçlar vermesi, bu yöntemin raf ömrünü uzatma potansiyelini de desteklemiştir.

Sonuçlar, mikrodalga uygulamasının duyu kaliteyi koruma açısından da etkili olduğunu ortaya koymuştur. Duyu analiz sonuçları, mikrodalga işleminin renk, tat ve kıvam gibi tüketici tarafından algılanan özellikleri belirli bir süre boyunca korunmasına katkı sağladığını göstermiştir. Çalışmamızda ürünün 8 haftaya kadar sorunsuz depolanabildiği görülmüştür ki bu ürünlerde genelde 3 haftalık raf ömrü yeterlidir. Nitekim daha sonra yapılan ve maksimum raf ömrünü belirlemeye yönelik hızlandırılmış raf ömrü çalışmasında en az 73 güne kadar ürünün muhafaza edilebilir olduğu hesaplanmıştır. Bu durum uygulanan yöntemin ticari üretim süreçlerinde bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, mikrodalga uygulamasının avokado püresi üzerindeki olumlu etkilerini açık bir şekilde ortaya koymuş olmakla birlikte, bu alandaki araştırmaların daha da derinleştirilmesi gerektiği açıktır. İlk olarak, farklı mikrodalga güçleri, süreleri ve frekanslarının kalite parametrelerine etkileri incelenmelidir. Bu tür

alışmalar, mikrodalga uygulamasının daha geniş bir ürün yelpazesi için optimize edilmesine olanak tanıyabilir.

Ayrıca, mikrodalga uygulamasının diğer gıda işleme teknikleri ile kombinasyonu değerlendirilmelidir. Örneğin, yüksek basınç veya ultrason uygulamaları ile birleştirilen mikrodalga işleminin kalite ve raf ömrü üzerindeki sinerjik etkileri araştırılabilir. Bu tür yaklaşımlar, özellikle yüksek katma değerli ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahiptir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Aziz, S. M., Asker, M. M. S., Keera, A. A., ve Mahmoud, M. G. 2016. Microbial Food Spoilage: Control Strategies for Shelf Life Extension. *Microbes in Food and Health*, Chapter 13, 239–262.
- Adam, A.M., Jeganathan,B., Vasanthan, T. ve Roopesh, M.S. 2022. Dipping fresh-cut apples in citric acid before plasma-integrated low-pressure cooling improves Salmonella and polyphenol oxidase inactivation. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 102(8), 3425-3434.
- Adetunji, A.I., Oberholster, P.J. ve Erasmus,M. 2023. From garbage to treasure: A review on biorefinery of organic solid wastes into valuable biobased products. *Bioresource Technology Reports*, 24, 1-18.
- Afzal, M.,Akhtar,A., Bukhari,R.A., Hasan, S.Z.U. ve Syed,H. 2022. A review on avocado fruit: description, morphological characteristics, composition, nutritional benefits and propagation technique. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* ,23(29&30), 32-41.
- Aksoy, A. 2021. Gıdalarda pH Ölçümünün Önemi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 193-216.
- Aksoy, M. 2020. Prevention of Enzymatic Browning by Inhibiting Polyphenol Oxidase with Some Natural Compounds and Benzenethiol. *European Journal of Science and Technology*, 20, 723-727.
- Alanon,M.E.,Cadiz-Gurrea,M.L., Oliver-Simancas,R.,Leyva-Jimenez,F.J., Arraez-Roman,D. ve Segura-Carretero,A. 2022.Quality Assurance of commercial guacamoles preserved by high pressure processing versus conventional thermal processing. *Food Control*, 135,1-9.
- Albahr, Z., Al-Ghamdi, S., Tang, J. and Sablani, S.S. 2022. Pressure-assisted thermal sterilization and storage stability of avocado puree in high barrier polymeric packaging. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 2616–2628.
- Allen, K.E.2015. Metal chelators as antioxidants. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 79-104.
- Alnasan, Z. 2019. Characteristics of the oil of different varieties of avocado grown in brazil and a new methodology for extra-virgin avocado oil extraction. Tese De Doutorado Em Agronomia. Universidade De Brasília,Faculdade De Agronomia E Medicina Veterinária, Programa De Pós-Graduação Em Agronomia, Brasília.
- Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., ve Martínez-Monzó, J. 2013. Effect of pH on Color and Texture of Food Products. *Food Engineering Reviews*, 5(3), 158–170.

- Angoy, A., Brianceau, S., Chabrier, F., Ginisty, P., Jomaa, W., Rochas, J.-F., Sommer, A., ve Valat, M. 2019. Microwave Technology for Food Applications. Green Food Processing Techniques, Chapter 17, 456–490.
- Arachchige, U. S. P. R. , Ranaweera, S. J. , Ampemohotti, A.A.L.T. , Nayanakanthi, P.K.T. , Edirisinghe, D.S.P. ve Wimalarathne, N.R.G.S.S. 2019. Preparation of avocado butter. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(10), 3527-3530.
- Arvizu-Medrano, S.M., Iturriaga, M.H. ve Escartin, E.F. 2001. Indicator and pathogenic bacteria in guacamole and their behavior in avocado pulp. *Journal of Food Safety*, 21(4), 233-244.
- Ashie, I. N. A., Simpson, B. K., ve Smith, J. P. 1996. Mechanisms for Controlling Enzymatic Reactions in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(1–2), 1–30.
- Balda, F.P., Tonello, C., Peregrina, R. ve Celis, C.D. 2011. Industrial high-pressure processing of avocado products: Emerging trends and implementation in new markets. Proceedings VII World Avocado Congress, 5 – 9 September, Cairns, Australia.
- Bangar, S.P., Dunno, K., Dhull, S.B., Siroha, A.K., Changan, S., Maqsood, S., Rusu, A.V. 2022. Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry X*, 16, 1-14.
- Bayram, S., Arslan, M.A. ve Turgutoğlu, E. 2006. Türkiye’de avokado yetiştiriciliğinin gelişimi, önemi ve önerilen bazı çeşitler. *Derim*, 23(2), 1-13.
- Behera, B. C., Mishra, R., ve Mohapatra, S. 2021. Microbial citric acid: Production, properties, application, and future perspectives. *Food Frontiers*, 2, 62–76.
- Bernal, J.A. ve Diaz, C.A. 2008. Generalidades del cultivo. In: Bernal JA, Diaz CA (eds) Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Colombia). ISBN: 978-958-8311-74-6.
- Berovic, M., ve Legisa, M. 2007. Citric Acid Production. *Biotechnology Annual Review*, 13, 303–343.
- Bhore, S.J., Ochoa, D.S., Houssari, A.A., Zelaya, A.L., Yang, R., Chen, Z., Deeya, S.S., Sens, S.C.S., Schumann, M., Zhang, Z., Eltantawy, E. 2021. The Avocado (*Persea americana* Mill.): A Review and Sustainability Perspectives.
- Bi, X., Hemar, Y., Balaban, M. O., ve Liao, X. 2015. The effect of ultrasound on particle size, color, viscosity and polyphenol oxidase activity of diluted avocado puree. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 567–575.
- Brzezińska, R., Górská, A., Gotowicka, K., Bryś, J., Ostrowska-Ligeża, E., ve Wirkowska-Wojdyła, M. 2021. Quality Assessment of Avocado Pulp Oils during Storage. *Proceedings*, 70, 14.

- Bustani, S., ve Soni, S. 2023. Review on the Impact of Peroxide Value from Edible Oil: Indian Perspective. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(2), 26-33.
- Bustos, M.C., Mazzobre, M.F. and Buera, M.P. 2015. Stabilization of refrigerated avocado pulp: effect of allium and brassica extracts on enzymatic browning. *LWT - Food Science and Technology*, 61, 89-97.
- Campos, S.V.R., Carranza, P.H., Sosa, R.A., Lopez, I.I.R. and Velasco, C.E.O. 2020. Effect of natural extracts addition on antioxidant, color and sensory properties of avocado (*Persea americana* cv. criollo sp.) puree. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 2623–2634.
- Cervantes-Paz, B. ve Yahia, E.M. 2021. Avocado oil: Production and market demand, bioactive components, implications in health, and tendencies and potential uses. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, 20(4), 4120-4158.
- Charles, A.C., Dadmohammadi, Y. ve Abbaspourrad, A. 2022. Food and cosmetic applications of the avocado seed: a review. *Food & Function*, 13(13), 6894–6901.
- Chaudhary, P., Khamar, J. ve Sen, D.J. 2015. Avocado: the holistic source as a natural doctor!. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(8), 748-761.
- Chen, H., Morrell, P.L., Ashworth, V.E.T.M., Cruz, M.D.L.C. ve Clegg, M.T. 2008. Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. *Journal of Heredity*, 100(1), 56–65.
- Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Delisi, R., ve Pagliaro, M. 2017. Citric acid: Emerging applications of key biotechnology industrial product. *Chemistry Central Journal*, 11(22).
- Crane, J.H., Balerdi, C.F. ve Maguire, I. 2023. Avocado Growing in the Florida Home Landscape. *Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*, 1-12.
- Daiuto, E.R., Vieites, R.L., Carvalho, L.R., Wagner, S.J., Russo, V.C. 2011. Sensory evaluation of guacamole with addition of α -tocopherol and ascorbic acid preserved by cold. *Revista Ceres*, 58(2), 140–148.
- Demircan, B. ve Velioğlu, Y.S. 2021. Avokado: Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 19(3), 309-324.
- Demircan, B. ve Velioğlu, Y.S. 2022. Avokado: İşlenmesi ve Kullanım Alanları. *Akademik Gıda* 20(1), 80-93.
- Doğruyol, H. 2023. Vakum Paketleme Tekniği. *Gıda Güvencesinde Akuatik Kaynaklar ve Sürdürülebilir Gıda Güvenliği*, 15. Bölüm, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 295–312.

- Domínguez, M. P., Araus, K., Bonert, P., Sánchez, F., San Miguel, G., Toledo, M. 2014. The avocado and its waste: An approach of fuel potential/application. In *The handbook of environmental chemistry*, Springer, 199–223.
- Dreher, M.L. ve Davenport, A.J. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 738–750.
- Dreher, M.L., Cheng, F.W. ve Ford, N.A. 2021. A comprehensive review of hass avocado clinical trials, observational studies, and biological mechanisms. *Nutrients*, 13(12), 4376.
- Ekezie, F.-G. C., Sun, D.-W., Han, Z., ve Cheng, J.-H. 2017. Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 58–69.
- Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R. C., Gorinstein, S., ve Martín-Belloso, O. 2005. Natural antioxidants preserve the lipid oxidative stability of minimally processed avocado purée. *Journal of Food Science*, 70(5), 325-329.
- Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R. C., ve Martín-Belloso, O. 2007. Oxidative rancidity in avocado purée as affected by α -tocopherol, sorbic acid and storage atmosphere. *European Food Research and Technology*, 226(3), 295-300.
- Erdem, M. E., Tunçtaş, N., Köstekli, B., ve Keskin, İ. 2022. Su Ürünlerinde Kullanılan Paketleme Yöntemleri: Vakum Paketleme, MAP, Biosensörler, Oksijen Emici Etiketler. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 7(2), 128–137.
- Ericsson, C.I., Pacheco, L.S., Romanos-Nanclares, A., Ecsedy, E., Giovannucci, E.L., Eliassen, A.H., Mucci, L.A. ve Fu, B.C. 2023. Prospective study of avocado consumption and cancer risk in us men and women. *Cancer Prevention Research*, 16(4), 211-218.
- Flores-Balderas, X., Peña-Peña, M., Rada, K.M., Alvarez-Alvarez, Y.Q., Guzmán-Martín, C.A., Sánchez-Gloria, J.L., Huang, F., Ruiz-Ojeda, D., Morán-Ramos, S., Fulgoni, V. L. III, Dreher, M., Davenport, A. J. 2013. Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001–2008. *Nutrition Journal*, 12(1), 1-6.
- Ford, N.A., Spagnuolo, P., Kraft, J. and Bauer, E. 2023. Nutritional composition of Hass avocado pulp. *Foods*, 12 (13), 1-23.
- Ge, Y., Dong, X., Liu, Y., Yang, Y., Zhan, R. 2021. Molecular and biochemical analyses of avocado (*Persea americana*) reveal differences in the oil accumulation pattern between the mesocarp and seed during the fruit developmental period. *Scientia Horticulturae*, 276, 1-14.

- Genç, E., Yıldırım-Vardin, A. ve Yorulmaz, A. 2022. Avokado yağının karakteristik özellikleri ve üretim teknolojisi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 16(64),2 1-320.
- Goldberg, I., ve Rokem, J.S .2009. Organic and Fatty Acid Production, Microbial. *Encyclopedia of Microbiology*, 421-442.
- Gomez-Lopez, V. M.2002. Some biochemical properties of polyphenol oxidase from two varieties of avocado. *Food Chemistry* 77, 163–169.
- Gonçalves, D., Gouveia, C.S.S., Ferreira, M.J., Ganança, J.F.T., Pinto, D.C.G., Carvalho, M.A.A.P. 2024. Comparative analysis of antioxidant and fatty acid composition in avocado (*Persea americana* Mill.) fruits: Exploring regional and commercial varieties. *Food Chemistry*, 442, 1-10.
- Gotoh, N., ve Wada, S. 2006. The Importance of Peroxide Value in Assessing Food Quality and Food Safety. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(5), 473–474.
- Gölkücü, M. 2006. Bazı avokado (*Persea americana* Mill.) çeşitlerinin püre üretimine uygunluklarının belirlenmesi ve ürün stabilitesi üzerine depolama sıcaklığının etkisi. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- Guo, Q., Sun, D.-W., Cheng, J.-H., ve Han, Z. 2017. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 236–247.
- Gupta, P. 2023. Avocado: nature's nutritional and pharmaceutical treasure trove. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(8),1-4.
- Guzik, P., Kulawik, P., Zając, M., ve Migdał, W. 2021. Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(29), 7989–8008.
- Guzman, G. R., Dorantes, A. L., Hernandez, U. H., Hernandez, S. H., Ortiz, A., ve Mora, E. R. 2002. Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 47-53.
- Hasan, M. U., Singh, Z., Shah, H. M. S., Kaur, J., Woodward, A., Afrifa-Yamoah, E., ve Malik, A. U. 2023. Oxalic acid: A blooming organic acid for postharvest quality preservation of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 206, 112574.
- Hebishy, E. and Tas, A.A. 2023. 4-hexylresorcinol and sodium metabisulphite-based edible coatings for avocado shelf-life extension. *Applied Food Research*, 3(1), 1-12.

- Henning, S.M., Guzman, J.B., Thames, G., Yang, J., Tseng, C.H., Heber, D., Kim, J., Li, Z. 2022. Avocado consumption increased skin elasticity and firmness in women - a pilot study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(9), 4028-4034.
- Heskey, C., Oda, K. ve Sabaté, J. 2019. Avocado intake, and longitudinal weight and body mass index changes in an adult cohort. *Nutrients*, 11(3), 691.
- Iqbal, A., Murtaza, A., Hua, W., Ahmad, I., Ahmed, A., ve Xu, X. 2019. Activation and inactivation mechanisms of polyphenol oxidase during thermal and non-thermal methods of food processing. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 170–182.
- Ismail, A., Bannenberg, G., Rice, H. B., Schutt, E., ve MacKay, D. 2016. Oxidation in EPA- and DHA-rich oils: an overview. *Lipid Technology*, 28(3–4), 55–59.
- Jacobo-Velazquez, D. A., ve Hernandez-Brenes, C. 2010. Biochemical changes during the storage of high hydrostatic pressure processed avocado paste. *Journal of Food Science*, 75(6), 264-270.
- Jacobo-Velazquez, D. A., ve Hernandez-Brenes, C. 2011. Sensory Shelf-Life Limiting Factor of High Hydrostatic Pressure Processed Avocado Paste. *Journal of Food Science*, 76(6), 388-395.
- Jiang, Y., Duan, X., Qu, H., ve Zheng, S. 2016. Browning: Enzymatic Browning. *Encyclopedia of Food and Health*, 508-514.
- Kakar, U. M., Sarwari, A., Rahime, M., Hassand, M. H., ve Niazi, P. 2024. Revolutionizing Food Processing: A Comprehensive Review of Microwave Applications. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 2(2), 38-47.
- Keskin, M., Setlek, P., ve Demir, S. 2017. Renk Ölçüm Sistemlerinin Gıda Bilimleri ve Tarımda Kullanım Alanları. *International Advanced Researches & Engineering Congress 2017 (IAREC'17)*, 16-18 Kasım 2017, Osmaniye, Türkiye, Bildiri Kitabı, 2350-2359.
- Kırmızıkuşak, D. 2023. A Functional Food: Avocado (*Persea Americana Mill.*), *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(12), 1665-1676.
- Komaç, F. 2018. Düşük Kolesterol ve Yağ İçerikli Mayonez Üretiminde Avokado Püresinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 79 sayfa, Antalya.
- Kong, F., ve Singh, R. P. 2011. Advances in Instrumental Methods to Determine Food Quality Deterioration. *Food and Beverage Stability and Shelf Life*, Woodhead Publishing, 382-393.
- Książek, E. 2024. Citric acid: properties, microbial production, and applications in industries. *Molecules*, 29(1), 1-38.

- Legowo, A.M., Pramono, Y.B., Hintono, A., Setiani, B.E., Nabila, A.Z. ve Handoko, N.R.K. 2024. Inhibition of maillard reaction of kepok banana flour with citric acid. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 7(1), 29 – 37.
- Li, Y., Liu, Y., Deng, D., Liang, J., Chen, W., Chen, X., ve Li, J. 2019. Study on Extracting Avocado Oil from Avocado Pulp by Aqueous Extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 330, 1-8.
- Liu, L., Cao, S., Qi, X., ve Yang, Z. 2015. The effect of pH on the activity, thermokinetics and inhibition of polyphenol oxidase from peach. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7465–7471.
- Lopez-Malo, A., Palou, E., Barbosa-Cánovas, G. V., Welti-Chanes, J., ve Swanson, B. G. 1998. Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. *Food Research International*, 31(8), 549-556.
- Lopez, N.J.S., Avila, J.A.D., Yahia, E.M., Herrera, B.H.B., Medrano, A.W., Gonzalez, E.M. and Aguilar, G.A.G. 2020. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138, 1-19.
- Magri, A., Cice, D., Capriolo, G. and Petriccione, M. 2022. Effects of ascorbic acid and melatonin treatments on antioxidant system in fresh-cut avocado fruits during cold storage. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 2468–2482.
- Mahmassani, H.A., Avendano, E. E., Raman, G. ve Johnson, E.J. 2018. Avocado consumption and risk factors for heart disease: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(4), 523-536.
- Maity, A., Mondal, B.M., Pan, D., Mukherjee, P.A., Mondal, M. ve Khalua, R.K. 2023. Biochemistry and nutritional health benefits of avocado (*Persea Americana*): an overview. *African Journal of Biological Sciences*, 5(4), 120-127.
- Majid, D., Dar, B.N., Parveen, S., Jabeen, A., Allai, F.M., Sofi, S.A. and Ganaie, T.A. 2020. Avocado. Antioxidants in fruits: properties and health benefits, Nayik, G.A ve Gull, A. (eds.), Springer Nature Singapore Pte Ltd, 103–123, Singapore.
- Marco, S.C., Adrien, S., Isabelle, M., Manuel, V.O. and Dominique, P. 2019. Flash vacuum-expansion process: effect on the sensory, color and texture attributes of avocado (*persea americana*) puree. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74, 370–375.
- Mardigan, L.P., Santos, V.J.D., Silva, P.T.D., Visentainer, J.V., Gomes, S.T.M., Matsushita, M. 2019. Investigation of bioactive compounds from various avocado varieties (*Persea americana* Miller). *Food Science and Technology*, 39(1), 15-21.
- Marović, R., Badanjak Sabolović, M., Brnčić, M., Ninčević Grassino, A., Kljak, K., Voća, S., Karlović, S., ve Rimac Brnčić, S. 2024. The Nutritional Potential of Avocado By-Products: A Focus on Fatty Acid Content and Drying Processes. *Foods*, 13 (13), 1-17.

- Martinez, B.R., Romaní, A., Eibes, G., Garrote, G., Gullon, B., Río, P.G.D. 2022. Potential and prospects for utilization of avocado by-products in integrated biorefineries. *Bioresource Technology*, 364, 1-10.
- Mendonca, A., Thomas-Popo, E., ve Gordon, A. 2020. Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation. *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries*, Chapter 5, 187–250.
- Mepba, H. D., Sokari, T. G., Eboh, L., Banigo, E. B., ve Kiin-Kabari, D. B. 2008. Stabilized Avocado Pastes: Chemical Contents and Oxidative Changes During Storage. *The Open Food Science Journal*, 2, 77-84.
- Mishra, B. B., Gautam, S., ve Sharma, A. 2013. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food Chemistry*, 139, 105–114.
- Mizobutsi, G. P., Finger, F. L., Ribeiro, R. A., Puschmann, R., de Melo Neves, L. L., ve Mota, W. F. 2010. Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. *Scientia Agricola*, 67(2), 213–217.
- Moon, K. M., Kwon, E. B., Lee, B., ve Kim, C. Y. 2020. Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules*, 25(12), 1-15.
- Moon, K. M., Kwon, E.-B., Lee, B., ve Kim, C. Y. 2020. Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules*, 25(12), 1-15.
- Mpai, S., ve Sivakumar, D. 2020. Influence of growing seasons on metabolic composition, and fruit quality of avocado cultivars at ‘ready-to-eat stage’. *Scientia Horticulturae*, 265, 109159.
- Muleta, M.D., Ramesh, R., Mengstie, H.B., Murali, A. ve D.M. R.P. 2023. Methanolysis of avocado peel oil using heterogeneous catalyst enhanced by microwave heating and parametric optimization. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 45(2), 4414-4431.
- Nasri, C., Halabi, Y., Harhar, H., Mohammed, F., Bellaouchou, A., Guenbour, A. ve Tabyaoui, M. 2021. Chemical characterization of oil from four Avocado varieties cultivated in Morocco. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 28(19), 1-11.
- Nogales-Delgado, S. 2021. Polyphenoloxidase (PPO): Effect, Current Determination and Inhibition Treatments in Fresh-Cut Produce. *Applied Sciences*, 11, 1-26.
- Okobi, O. E., Odoma, V. A., Okunromade, O., Louise-Oluwasanmi, O., Itua, B., Ndubuisi, C., Ogbeifun, O. E., Nwatamole, B. C., Elimihle, T. A., Adekunle, J. O., Adekunle, A. A., Obi, C. B., Evbayekha, E. O. 2023. Effect of avocado consumption on risk factors of cardiovascular diseases: systematic review and meta-analysis. *Cereus*, 15(6), 1-13.

- Orsat, V., Raghavan, G. S. V., ve Krishnaswamy, K. 2017. Microwave technology for food processing: an overview of current and future applications. *The Microwave Processing of Foods*, Chapter 5, 101–116.
- Ospina, S., Ortiz, D.L. and Orrego, C.E. 2019. Enzymatic browning and color evolution in frozen storage of two kinds of minimally processed avocado puree. *International Journal of Food Engineering*, 15, 1-12.
- Othman, N.A., Manaf, M.A., Harith, S. ve Ishak, W.R.W. 2018. Influence of avocado purée as a fat replacer on nutritional, fatty acid, and organoleptic properties of low-fat muffins. *Journal of The American College of Nutrition*, 37(7), 1-6.
- Owusu, A. A. 2012. Formulation and shelf life evaluation of avocado (*Persea americana*) fruit spread. Yüksek Lisans Tezi, Kwame Nkrumah Üniversitesi, Fen ve Teknoloji Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, 63 s., Ghana.
- Owusu, A. A. 2012. *Formulation and shelf life evaluation of avocado (Persea americana) fruit spread*. Yüksek Lisans Tezi, Kwame Nkrumah Üniversitesi, Fen ve Teknoloji Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, 63 s., Ghana.
- Papagianni, M. 2019. Organic Acids. *Comprehensive Biotechnology*, 1, 109-120.
- Parajuli, A., Katuwal, N., & Dangal, A. 2022. Optimization and shelf-life evaluation of mayonnaise-like paste prepared using avocado pulp. *Acta Agriculturae Serbica*, 27(54), 149-156.
- Park, E., Edirisinghe, I. ve Burton-Freeman, B. 2018. Avocado fruit on postprandial markers of cardio-metabolic risk: a randomized controlled dose response trial in overweight and obese men and women. *Nutrients*, 10(9), 1287.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., ve Al-Said, F. A.-J. 2012. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60.
- Patil, A. R., Chogale, N. D., Pagarkar, A. U., Koli, J. M., Bhosale, B. P., Sharangdhar, S. T., Gaikwad, B. V., ve Kulkarni, G. N. 2020. Vacuum packaging is a tool for shelf life extension of fish product: A review. *Journal of Experimental Zoology India*, 23(1), 807–810.
- Pérez-Saucedo, M.R., Jimenez-Ruiz, E.I., Rodriguez-Carpena, J.G., Ragazzo-Sanchez, J.A., Ulloa, J.A., Ramirez-Ramirez, J.C., Gaston-Pena, C.R., ve Bautista-Rosales, P.U. 2021. Properties of the avocado oil extracted using centrifugation and ultrasound-assisted methods. *Food Science and Biotechnology*, 30(8), 1051–1061.
- Plaza, L., Moreno-Sanchez, C., Teresa-Pascual S.D., Ancos, B.D. and Cano, M.P. 2009. Fatty acids, sterols, and antioxidant activity in minimally processed avocados during refrigerated storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3204–3209.

- Ray, S. 2021. Sensory Properties of Foods and Their Measurement Methods. *Techniques to Measure Food Safety and Quality: Microbial, Chemical, and Sensory*, Chapter 15, 345–382.
- Rico-Londono, J. F., Buitrago-Patino, D. J., ve Agudelo-Laverde, L. M. 2021. Combination of methods as alternative to maintain the physical-chemical properties and microbiological content of Hass avocado pulp during storage. *Food Bioscience*, 44, 101372.
- Rocha, A. M. C. N., ve Morais, A. M. M. B. 2000. Characterization of polyphenoloxidase (PPO) extracted from 'Jonagored' apple. *Food Control*, 11(2), 85–90.
- Rodríguez-Campos, S. V., Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R., Ruiz-López, I. I., ve Ochoa-Velasco, C. E. 2020. Effect of natural extracts addition on antioxidant, color and sensory properties of avocado (*Persea americana* cv. criollo sp.) puree. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 2623–2634.
- Rozan, M.A.A.G., Boriy, E.G., Bayomy, H.M. 2021. Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant activity of six avocado cultivars *Persea americana* Mill. (Lauraceae) grown in Egypt. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(10), 815-826.
- Ruiz-Capillas, C., ve Herrero, A. M. 2021. Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods*, 10(3), 582.
- Salehi-Amiri, A., Zahedi, A., Gholian-Jouybar, F., Calvo, E.Z.R. and Hajiaghaei-Keshteli, M. 2022. Designing a closed-loop supply chain network considering social factors; a case study on avocado industry. *Applied Mathematical Modelling*, 101, 600–631.
- Sanchez Maldonado, A. F., Schieber, A., ve Gänzle, M. G. 2015. Plant defence mechanisms and enzymatic transformation products and their potential applications in food preservation: Advantages and limitations. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 49-59.
- Sarantakou, P., Andreou, V., Paraskevopoulou, E., Dermesonlouoglou, E. K., ve Taoukis, P. 2023. Quality determination of a high-pressure processed avocado puree-based smoothie beverage. *Beverages*, 9(38), 1-16.
- Savaş, N. 2018. Avokado (*persea americana*) ve oğulotu (*melissa officinalis*) fonksiyonel besinlerinin, *caenorhabditis elegans* termotoleransı üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Schmidt, S. J., Fontana, A. J. 2010. Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, Chapter 5, 407–420.
- Segovia-Siapco, G., Paalani, M., Oda, K., Pribis, P. ve Sabaté, J. 2021. Associations between avocado consumption and diet quality, dietary intake, measures of obesity and

- body composition in adolescents: the teen food and development study. *Nutrients*, 13(12), 4489.
- Setyawan, H.Y., Sukardi, S. ve Puriwangi, C.A. 2021. Phytochemicals properties of avocado seed: A review. *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy*, 733, 1-6.
- Shaw, L., Nath, O., Fletcher, S., Henry, R., Mitter, N. Hayward, A. 2021. Avocado Transcriptomic Resources. *Comprehensive Foodomics*, 1, 544-557.
- Singh, B., Suri, K., Shevkani, K., Kaur, A., Kaur, A., ve Singh, N. 2018. Enzymatic Browning of Fruit and Vegetables: A Review. *Enzymes in Food Technology*, Chapter 4, 63-78.
- Singh, S.K., Kaldate, R. ve Bisht, A. 2022. Citric acid, antioxidant effects in health. *Antioxidants Effects in Health*, 309-322.
- Soccol, C.R., Vandenberghe, L.P.S., Rodrigues, C. ve Pandey, A. 2006. New Perspectives for Citric Acid Production and Application. *Food Technology and Biotechnology*, 44 (2) 141-149.
- Soliva-Fortuny, R. C., Elez-Martinez, P., Sebastian-Caldero, M., ve Martin-Belloso, O. 2004. Effect of combined methods of preservation on the naturally occurring microflora of avocado puree. *Food Control*, 15(1), 11-17.
- Soliva, R.C., Elez, P., Sebastian, M. and Martin, O. 2001. Evaluation of browning effect on avocado puree preserved by combined methods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1; 261-268.
- Stanley, R. A., ve Petersen, K. 2017. Microwave-assisted pasteurization and sterilization—commercial perspective. *The Microwave Processing of Foods*, Chapter 10, 196-218.
- Stephen, J. ve Radhakrishnan, M. 2022. Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), 1-14.
- Swain, M.R., Ray, R.C. ve Patra, J.K. 2012. Citric acid: microbial production and applications in food and pharmaceutical industries. *Citric Acid: Synthesis, Properties and Applications*, Edition: 1, Chapter: 4, Nova Science Publisher, Eds: Dominic A. Vargas, Josephine V. Medina.
- Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S., Torii, Y. ve Itoh, S. 2008. Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *Journal of Oleo Science*, 57(11), 591-597.
- Tan, Y., Jin, Y., Yang, N., Wang, Z., Xie, Z., Xu, X., Jin, Z., Liao, X. ve Sun, H. 2019. Influence of uniform magnetic field on physicochemical properties of freeze-thawed avocado puree. *Royal Society of Chemistry*, 9(68), 39595-39603.

- Tang, J., Hao, F., ve Lau, M. 2002. Microwave Heating in Food Processing. *Advances in Bioprocessing Engineering*, Chapter 1, 1–28.
- Taranto, F., Pasqualone, A., Mangini, G., Tripodi, P., Miazzi, M. M., Pavan, S., ve Montemurro, C. 2017. Polyphenol Oxidases in Crops: Biochemical, Physiological and Genetic Aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(2), 377.
- Tesfaye, T., Ayele, M.,Gibril,M.,Ferede,E., Limeneh,D.Y. ve Kong,F. 2022. Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 1-10.
- Toivonen, P. M. A., ve Brummell, D. A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14.
- Tripathi, P.C., Karunakaran, G., Sakthivel, T., Sankar, V. ve Senthilkumar, R. 2014. Avocado cultivation in India -Bulletin. Central Horticultural Experiment Station. Indian Institute of Horticultural Research.
- Uzunlu, S. 2024. Determining the effect of high hydrostatic pressure on the refrigerated stability of avocado puree. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6, 68.
- Vanderberghe, L.P.S., Soccol, C.R., Pandey, A. ve Lebeault, J.M. 1999. Microbial production of citric acid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42 (3).
- Vargas-Ortiz, M., Rodríguez-Jimenes, G., Salgado-Cervantes, M., ve Pallet, D. 2016. Minimally processed avocado through flash vacuum-expansion: Its effect in major physicochemical aspects of the puree and stability on storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12988.
- Varoquaux, P., ve Wiley, R. C. 2017. Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*, Chapter 5, 75–108.
- Wang, J.S., Wang, A.B., Zang, X.P., Tan, L., Xu, B.Y., Chen,H.H., Jin, Z.Q., Ma, W.H. 2019. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. *Food Chemistry*, 288,146–153.
- Wang, T., Jin, Y., Yang, N., Xu, D., Yang, Z., Tan, Y., Xu, X., Jin, Z., ve Cui, B. 2022. Effect of magnetic field with different dimensions on quality of avocado puree during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 57, 1698–1707.
- Wang,L., Bordi,P.L., Fleming,J.A., Hill,A.M. ve Kris-Etherton,P.M. 2015. Effect of a moderate fat diet with and without avocados on lipoprotein particle number, size and subclasses in overweight and obese adults: a randomized, controlled trial. *Journal of the American Heart Association*, 4 (1), 1-14.

- Wiley, R. C. 2017. Preservation Methods for Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*, Chapter 6, 109–142.
- Woolf, A. B., Wibisono, R., Farr, J., Hallett, I., Richter, L., Oey, I., Wohlers, M., Zhou, J., Fletcher, G. C., ve Requejo-Jackman, C. 2013. Effect of high pressure processing on avocado slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 65-73.
- Yılmaz, L., ve Elmacı, Y. 2018. Polifenol Oksidaz Enzimi ve İnaktivasyon Yöntemleri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3), 333-345.
- Zawawi, N. A. F., Hazmi, N. A. M., How, M. S., Kantono, K., Silva, F. V. M., ve Sulaiman, A. 2022. Thermal, High Pressure, and Ultrasound Inactivation of Various Fruit Cultivars' Polyphenol Oxidase: Kinetic Inactivation Models and Estimation of Treatment Energy Requirement. *Applied Sciences*, 12(4), 1-19.
- Zhou, L., Tey, C.Y., Bingol, G. and Bi, J. 2016. Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 61–67.
- Zhu, L., Huang, Y., Edirisinghe, I., Park, E. ve Burton-Freeman, B. 2019. Using the avocado to test the satiety effects of a fat-fiber combination in place of carbohydrate energy in a breakfast meal in overweight and obese men and women: a randomized clinical trial. *Nutrients*, 11(5), 952.

EKLER

EK 1 Aydınlatılmış Onam Formu

EK 2 Avokado Pürelerinin Duyusal Değerlendirme Formu

EK 1 Aydınlatılmış Onam Formu

Araştırmanın adı: Mikrodalga uygulamasının avokado püresinde kalite ve raf ömrü üzerine etkileri

A. Giriş Bölümü

“Sayın gönüllü,

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yürütülmekte olan yukarıda adı yazılı yüksek lisans tezi duyusal paneline katılmak üzere davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararlarınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz.”

B. Bilgilendirme Bölümü

1. 10’ar dakika arayla panelistlere avokado pürelere sunulacaktır ve ekte verilen duyusal tabloda uygun buldukları puanları vermeleri istenecektir.
2. Panelistler 18-65 yaş arasında olmalıdırlar ve herhangi bir gıda alerjileri olmamalıdır.
3. Minimum 10 gönüllü dahil edilecektir.
4. Bir seansta en fazla 15 dakika ayrılmaları istenecektir.
5. Tüm riskler elimine edilerek duyusal panel düzenlenecektir.
6. Gönüllüler, araştırmaya katılmayı kabul etmemeleri ya da araştırmadan ayrılmaları durumunda herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmayacaklardır.

C. Güvence Bölümü

“Bu araştırmada yer almak tamamıyla sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da başladıktan sonra yarıda bırakabilirsiniz. Bu araştırmanın sonuçları bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır. Katılımcılara herhangi bir ücret ödenmeyecek ve katılımlarından dolayı ücret talep edilmeyecektir.”

D. Onay Bölümü

“Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlamadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren metni okudum (ya da sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığım kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanıdı. Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uymak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.”

E. İmza Bölümü

İmza/Tarih
Katılımcıların adı/soyadı

İmza/Tarih
Araştırmacının adı/soyadı

EK 2 AVOKADO PÜRELERİNİN DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Panelistin Adı Soyadı:

Tarih:

Bu duyuşal değerlendirme panelinde, kodlanmış 'avokado püre örnekleri' değerlendirilecektir. Lütfen değerlendirmeye başlamadan önce formu dikkatlice okuyunuz. Her kriter için 1'den 9'a kadar olan puan aralığını kullanarak, puanlama kriterlerine uygun şekilde değerlendirme yapmanız beklenmektedir. Tadımlar arasında, önceki tadın etkisini gidermek için su içebilir ve/veya sert kraker yiyebilirsiniz. Numuneler rastgele sırayla sunulacaktır ve her iki oturumda da aynı form kullanılacaktır.

Lütfen değerlendirmelerinize ek olarak herhangi bir öneri veya yorumunuz varsa aşağıda belirtiniz.

Örnek Kodu	Renk	Tat/lezzet	Kıvam	Koku	Genel Beğeni
190					
993					
977					
751					
975					
380					
174					
763					
888					
793					
426					
847					
707					
246					
Puanlama Kriterleri	9: Mükemmel – Parlak, taze açık yeşil 8: Çok iyi – Canlı ve yoğun açık yeşil 7: İyi – Hafif sarımsı yeşil, ancak hala taze görünümde 6: Ortanın üstü – Yeşilden sarıya geçiş var ama kabul edilebilir 5: Orta – Sarımsı yeşil, tazeliğini yitirmeye başlamış 4: Ortanın altında – Sarıya dönmeye başlamış, hafif mat 3: Kabul edilemez – Belirgin sarı, soluk ve mat görünüm 2: Kötü – Sarı-kahverengi tonları hakim 1: Çok kötü – Tamamen kahverengiyeye dönmüş veya bozulmuş	9: Mükemmel – Tat ve aroma kusursuz, çok keyif verici 8: Çok iyi – Taze ve yoğun aroma 7: İyi – Dengeli ve hoş bir aroma 6: Ortanın üstü – Hafif hoş bir tat 5: Orta – Dengeli ama etkileyici değil 4: Ortanın altında – Hafif ekşi veya acı tat mevcut 3: Kabul edilemez – Bayat veya istenmeyen tatlar baskın 2: Kötü – Belirgin ekşi veya acı tat 1: Çok kötü – Aşırı acı veya ekşi, tüketilemez	9: Mükemmel – Kusursuz pürüzsüzlük ve kıvam 8: Çok iyi – Kremi ve ideal homojenlik 7: İyi – Pürüzsüz ve tutarlı doku 6: Ortanın üstü – Hafif kremi ve homojen 5: Orta – Kabul edilebilir ne çok akışkan ne çok yoğun 4: Ortanın altında – Hafif topaklanma veya yoğunluk farkı 3: Kabul edilemez – Doku homojen değil, istenmeyen yapılar var 2: Kötü – Belirgin şekilde topaklanmış veya fazla sıvı 1: Çok kötü – Aşırı topaklı veya su gibi akışkan	9: Mükemmel – Ferahlatıcı ve etkileyici bir koku 8: Çok iyi – Canlı ve aromatik, taze koku 7: İyi – Taze ve hoş bir koku 6: Ortanın üstü – Hafif hoş bir koku 5: Orta – Belirsiz, nötr bir koku 4: Ortanın altında – Hafif rahatsız edici bir koku hissediliyor 3: Kabul edilemez – Ağır ve hoş olmayan koku 2: Kötü – Belirgin şekilde rahatsız edici koku 1: Çok kötü – Keskin, bozuk veya küf kokusu	9: Mükemmel – Büyük bir keyifle tüketilir, kesinlikle tercih edilir 8: Çok iyi – Tekrar tüketme isteği uyandırıyor 7: İyi – Keyifli ve tüketmeye değer 6: Ortanın üstü – Genel olarak memnun edici 5: Orta – Ne iyi ne kötü, kabul edilebilir 4: Ortanın altında – Beklentiyi karşılamıyor 3: Kabul edilemez – Tüketmek zorunda kalınsa bile hoş değil 2: Kötü – Tercih edilmez 1: Çok kötü – Kesinlikle tüketilmek istenmeyen bir ürün

.....*Katılımanız için teşekkür ederiz.*