



**YENİ BİR DEPOLAMA YÖNTEMİ OLAN İNDİRGEN
ATMOSFERDE PAKETLEMENİN (İAP) ÇİLEK
MEYVESİNİN KİMYASAL ve FİZİKSEL KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Nur ÖZKAN
Yüksek Lisans Tezi

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Duried ALVAZEER
2019

T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİ BİR DEPOLAMA YÖNTEMİ OLAN
İNDİRGEN ATMOSFERDE PAKETLEMENİN (İAP) ÇİLEK MEYVESİNİN
KİMYASAL ve FİZİKSEL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Nur ÖZKAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

IĞDIR

2019

Her hakkı saklıdır

Dr. Öğr. Üyesi Duried ALVAZEER danışmanlığında Nur ÖZKAN tarafından hazırlanan bu çalışma tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:İmza:

Üye:İmza:

Üye:İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun / /2019 tarih ve 2019/ sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(imza)

.....

Doç. Dr. Süleyman TEMEL

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nur ÖZKAN



Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017-FBE-L 24

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

ÖZET

YENİ BİR DEPOLAMA YÖNTEMİ OLAN İNDİRGEN ATMOSFERDE PAKETLEMENİN (İAP) ÇİLEK MEYVESİNİN KİMYASAL VE FİZİKSEL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZKAN, Nur

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Duried ALVAZEER

Nisan 2019, 130 sayfa

Çilek çok çabuk bozulan hassas bir meyve olduğundan, raf ömrü kısadır. Bu çalışmada, İndirgen Atmosfer Paketleme (İAP) ve Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) tekniklerinin, çileğin muhafazasındaki etkisini araştırmak üzere, çilekler İAP1 (%5 CO₂, %4 H₂, %91 N₂) İAP2 (%10 CO₂, %4 H₂, %86 N₂), MAP1 (%5 CO₂, %95 N₂), MAP2 (%10 CO₂, %90 N₂) ve açık hava (kontrol) olmak üzere 5 farklı konstrasyonda soğutucu koşullarında (4±1°C), 12 hafta boyunca depolanmıştır. Yeni bir muhafaza yöntemi olan İndirgen Atmosferde Paketleme (İAP) yönteminin, çileğin kimyasal (oksidoreduksiyon potansiyeli, toplam fenolik içeriği, DPPH ve ABTS inhibisyon aktivitesi ve antosiyanin içeriği) ve fiziksel (pH, renk, kütle kaybı ve suda çözünür kuru madde) kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Depolama sonunda suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerinde azalma kontrol grubunda %71,5 iken, İAP2 grubunda %11,2 olarak tespit edilmiştir. Renk analizi sonucunda en yüksek L* değerine kontrol grubunda, en düşük değere ise İAP1 ve İAP2 uygulamalarında rastlanmıştır. Benzer şekilde a* değeri, İAP1 ve İAP2 uygulamalarında en iyi şekilde muhafaza edilmiştir. ΔE değerinde ise İAP2 uygulamasında gözlemlenmiştir 6 hafta boyunca zamana bağlı istatistiksel fark görülmemiştir (P < 0,05). pH analizine göre ise tüm uygulamalar arasında farkın anlamlı ve en yüksek değerleri İAP uygulamasına ait olduğu gözlemlenmiştir P < 0,05. Tekstür (sertlik) analizi sonucunda tüm uygulamalar arasından en etkili uygulamanın İAP2 olduğu belirlenmiştir. DPPH ve ABTS inhibisyon aktivitesi metoduyla elde edilen antioksidan aktivite sonuçlarına göre 12 haftalık depolama süresi sonunda uygulamalar arasında İAP2'nin en yüksek antioksidan aktivite değeri gösterdiği tespit edilmiştir. Toplam antosiyanin ve fenolik madde miktarı bakımından ise 12 hafta boyunca İAP1 ve İAP2 uygulamaları ile paketlenen çileklerin en yüksek antosiyanin ve fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

İAP tekniği ile diğer depolama yöntemlerinin (MAP ve kontrol) karşılaştırıldığı bu çalışmada İAP ile depolamanın, aşırı CO₂ gazı ve koruyucu madde kullanımına gerek kalmadan, çileğin raf ömrünü daha fazla uzattığı sonucuna varılmıştır. Bu durum H₂'nin paketleme alanındaki etkinliğinin, daha önce kullanılmış olan diğer gazlardan çok daha yüksek olduğunu açıkça göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: İndirgen Atmosfer Paketleme (İAP), Çilek, Raf ömrü, Renk, Antioksidan aktivite

ABSTRACT

EFFECT OF REDUCING ATMOSPHERE PACKAGING (RAP) AS A NEW STORAGE METHOD ON THE CHEMICAL AND PHYSICAL QUALITY OF STRAWBERRY

ÖZKAN, Nur

Master Thesis, Department of Food Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Duried ALVAZEER

April 2019, 130 pages

Since strawberry is a sensitive fruit that deteriorates rapidly, its shelf life is short. In this study, strawberries were stored with 5 different concentration as RAP1 (%5 CO₂, %4 H₂, %91 N₂), RAP2 (%10 CO₂, %4 H₂, %86 N₂), MAP1 (%5 CO₂, %95 N₂), MAP2 (%10 CO₂, %90 N₂) and open air (control group) (4 ± 1 °C) for 12 weeks to investigate the effect of Reducing Atmosphere Packaging (RAP) and Modified Atmosphere Packaging (MAP) techniques on preserving of strawberries. The effect of Reducing Atmosphere Packaging (IAP) as a new preservation method, on the chemical (pH, oxido-reduction potential, total phenolic content, DPPH and ABTS inhibition activity and anthocyanin content) and physical (color, weight loss and total soluble solids) quality of the strawberry was investigated. At the end of the storage, while the decrease at the soluble solids (TSS) was determined to be %71,5 in the control group, it turned out to be %11,2 in the , IAP2 group. As a result of the color analysis the highest L* value was found for control group and the lowest value was found in the RAP1 and RAP2 applications. Similarly, a* value was best maintained for RAP1 and RAP2 applications. It wasn't observed significant difference in the ΔE values of RAP2 for 6 weeks depending on time (P < 0,05). According to pH analysis, it was observed that the difference among all applications was significant and the highest values belonged to IAP application (P < 0,05). As a result of the texture (hardness) analysis the most effective application was determined as RAP2. Antioxidant activity results obtained by DPPH and ABTS inhibition activity method it was found that RAP2 showed the highest antioxidant activity value at the end of the 12-week storage period. According to the total anthocyanin and phenolic substance analyses strawberries packed with RAP1 and RAP2 applications for 12 weeks showed highest anthocyanin and phenolic content.

RAP and other storage methods (MAP and control) are compared in this study it was concluded that the storage with RAP, prolongs the shelf life of the strawberry without the use of excess CO₂ gas and preservatives. This clearly showed that the effectiveness of H₂ in the packaging concept is much higher than the other gases used before.

Key Words: Reducing Atmosphere Packaging (RAP), Strawberry, Color, Antioxidant activity, Shelf life

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülkemizde üretimi oldukça yüksek olan çilek meyvesindeki kayıpların önlenmesi için farklı bir depolama yöntemi olan indirgen atmosferde depolama yöntemi çalışmaları, Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Bu yöntem Türkiye'de bir ilk olup diğer depolama yöntemlerine alternatif değil, aksine onları tamamlayan ve mükemmele yaklaştıran bir yöntemdir.

Bu araştırma kapsamında çalışmalarımın her alanında yardımlarını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sayın Duried Alvazeer'e; her zaman bana destekçi olan canım eşim Dr. Öğr. Üyesi Sayın Alkan Özkan'a; istatistiksel analizlerimde bana yardımlarını esirgemeyen kıymetli Prof. Dr. Sayın Ecevit Eyduran'a, laboratuvar çalışmaları ve verilerin analizlerinde yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Betül Örs, Kadir Tan ve Gamze Şara'ya ve ayrıca desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Nur ÖZKAN

April, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	5
2.1. Çilek	5
2.1.1. Çileğin kimyasal içeriği	9
2.1.2. Çileğin depolama özellikleri ve yöntemleri	11
2.2. Fitokimyasal Bileşikler	12
2.2.1. Fenolik bileşikler	13
2.2.3. Antosiyaninler	14
2.2.4. Antioksidan bileşikler	16
2.3. Gıdalarda Depolama Yöntemleri	18
2.3.1. Kontrolü atmosferde depolama	18
2.3.2. Modifiye atmosfer paketleme (MAP)	19
2.3.2.a. Modifiye atmosfer paketlemede kullanılan başlıca plastikler ve özellikleri	22
2.4. İndirgen Atmosfer Paketleme (İAP)	25
2.4.1. Hidrojen güvenliği	28
2.4.2. Maliyet analizi (Fizibilite raporu)	30
2.5. Kaynak Araştırması	31
3. MATERYAL ve METOT	36
3.1. Materyal	36
3.1.1. Çilek meyvesinin temin edilmesi	36
3.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler	36

3.1.3. Paketlemede kullanılan alet ve cihazlar	37
3.1.4. Diğer alet ve cihazlar	38
3.2. Metot	39
3.2.1. Paketleme işlemi	39
3.2.2. Fiziksel analizler	39
3.2.2.a. Toplam çözünebilir kuru madde (°Briks) ve pH analizi	39
3.2.2.b. Redoks potansiyeli (Eh) analizi	40
3.2.2.c. Renk analizi	40
3.2.2.ç. Tekstür (doku) analizi	40
3.2.2.d. Kütle kaybı analizi	41
3.2.3. Kimyasal analizler	41
3.2.3.a. Ekstraksiyon için en verimli çözücünün seçimi	41
3.2.3.b. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal giderme kuvveti analizi	43
3.2.3.c. ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal giderme kuvveti analizi	44
3.2.3.ç. Toplam fenolik madde miktarı analizi	45
3.2.3.d. Toplam antosiyanin miktarı pH diferansiyel analizi	47
3.2.4. İstatistiksel analiz	48
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	49
4.1. Hasat Sonrası Çilek Meyvesinin Özellikleri	49
4.2. Fiziksel Analizler	49
4.2.1. pH değeri	49
4.2.2. Oksido-redüksiyon Eh ölçümü	52
4.2.3. Suda çözünür kuru madde (°Briks)	53
4.2.4. Renk parametreleri değeri	56
4.2.4.a. L* değeri	56
4.2.4.b. a* değeri	60
4.2.4.c. b* değeri	64
4.2.4.ç. ΔE değeri	66
4.2.5. Sertlik (g)	68
4.2.6. Kütle kaybı (%)	71
4.3. Kimyasal Analizler	74

4.3.1. Antosiyanin	74
4.3.2. Toplam fenolik madde	78
4.3.3. Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesi	82
4.3.3.a. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal giderme kuvveti	83
4.3.3.b. ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) Serbest radikal giderme kuvveti	86
4.3.3.c. Antioksidan (DPPH ve ABTS), toplam fenolik ve toplam antosiyanin miktarı arasındaki korelasyon	90
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	97
EKLER	101
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	131

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
°C	Santigrat Derece
a*	Kırmızı-Yeşil
b*	Sarılık-Mavilik
C*	Kroma
C ₁₀ H ₅ NaO ₅ S	Folin-Ciocalteu's (sodium 1,2-naphthoquinone-4-sulfonate)
C ₁₄ H ₁₈ O ₄	Troloks [(±) 6 Hydroxy 2,5,7,8 tetramethylchromane-2carboxylic acid]
C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆	DPPH Radikali (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
C ₁₈ H ₁₈ N ₄ O ₆ S ₄	ABTSRadikali [2,2'Azinobis (3ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)]
C ₂ H ₃ NaO ₂	Sodyum Asetat
C ₂ H ₅ OH	Etanol
C ₆ H ₈ O ₆	Askorbik Asit
C ₇ H ₆ O ₅	Gallik Asit
Ca	Kalsiyum
CH ₃ OH	Metonal
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
Fe	Demir
g	Gram
H ₂	Hidrojen
HCl	Hidroklorik Asit
K	Potasyum

kg	Kilogram
L*	Parlaklık
m	Metre
mm	Milimetre
µL	Mikrolitre
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimolar
mV	Milivolt
N₂	Nitrojen
Na	Sodyum
Na₂CO₃	Sodyum Karbonat
Na₂S₂O₅	Sodyum Metabisülfat
Na₂SO₄	Sodyum Sülfat
NaHSO₄	Sodyum Bisülfat
nm	Nanometre
O₂	Oksijen

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABTS	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)
AE	Askorbik Asit Eşdeğeri
DPPH	(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
Haft. Ort.	Haftaların Ortalaması
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
Eh	Oksidasyon redüksiyon potansiyeli ölçümü
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
KA	Kontrollü atmosfer
ka	Kuru Ağırlık

<i>LDPE</i>	Düşük yoğunluklu polietilen
<i>LLDPE</i>	Doğrusal düşük yoğunluklu polietilen
<i>MAP</i>	Modifiye atmosfer paketlenme
<i>MA</i>	Modifiye atmosfer
<i>ORP</i>	Oksidoredüksiyon potansiyel
<i>PE</i>	Poliester
<i>PP</i>	Polipropilen
<i>PS</i>	Polistren
<i>PVC</i>	Polivinil klorür
<i>İAP</i>	Reducing Atmosfer packaging
<i>TE</i>	Troloks Eşdeğeri
<i>WHO</i>	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Çilek meyvesi	1
Şekil 2.1. <i>Fragia vesca</i> (yaban çileği veya dağ çileği)	5
Şekil 2.2. 1988-2017 yıllarındaki çilek üretimin alan kapasitesi (TUİK, 2017)	8
Şekil 2.3. 1988–2017 yıllarındaki çilek üretimi (TUİK, 2017)	8
Şekil 2.4. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması	14
Şekil 2.5. Basit bir antosiyanin molekülü	15
Şekil 2.6. Meyvelerin antioksidan aktivite miktarlarının TEAC yöntemine ($\mu\text{molTE g}^{-1}$) göre dağılımı	17
Şekil 2.7. Kontrollü atmosfer deposuna ait koridor resmi	18
Şekil 2.8. İndirgen atmosfer paketleme (İAP) ile çileğin depolanma prensibi	26
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan çileklerin tarladaki görüntüsü	36
Şekil 3.2. İndirgen atmosfer paketleme sisteminin şematik görüntüsü	37
Şekil 3.3. İndirgen atmosfer paketleme sistemine ait fotoğraf	38
Şekil 3.4. Çilek meyvesinin paketlenmesi	38
Şekil 3.5. DPPH yöntemiyle elde edilen askorbik asit kalibrasyon eğrisi	44
Şekil 3.6. ABTS/persülfat yöntemiyle elde edilen Trolox kalibrasyon eğrisi	45
Şekil 3.7. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	46
Şekil 3.8. Farklı pH seviyelerinde bulunan monomer antosiyanin yapısal formları	47
Şekil 4.1. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerlerinin ortalaması	51
Şekil 4.2. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerlerindeki değişim	52
Şekil 4.3. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerlerinin ortalaması	55
Şekil 4.4. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerlerinin değişimi	56
Şekil 4.5. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L^* değerlerinin ortalaması	59
Şekil 4.6. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L^* değerlerinin değişimi	60

Şekil 4.7. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait a* değerlerinin ortalaması	63
Şekil 4.8. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerlerinin değişimi	64
Şekil 4.9. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait b* değerlerinin ortalaması	66
Şekil 4.10. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait ΔE değerlerinin ortalaması	68
Şekil 4.11. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait sertlik (g) değerlerinin ortalaması	69
Şekil 4.12. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait kütle kaybı (%) değerlerinin ortalaması	73
Şekil 4.13. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antosiyanin [mg100g ⁻¹ (ka)] değerlerinin ortalaması	78
Şekil 4.14. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı [mgGAE100g ⁻¹ (ka)]değerlerinin ortalaması	80
Şekil 4.15. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait fenolik madde miktarındaki [mgGAE100g ⁻¹ (ka)] değişimi	81
Şekil 4.16. DPPH'nın antioksidan molekülü ile reaksiyonu	83
Şekil 4.17. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [DPPH μmolAEg ⁻¹ (ka)] değişimi	84
Şekil 4.18. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [DPPH μmolAEg ⁻¹ (ka)] değerlerinin ortalaması	86
Şekil 4.19. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [ABTS μmolTEg ⁻¹ (ka)] değerlerinin ortalaması	89

Şekil 4.20. Antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam antosiyanin miktarı korelasyon eğrisi	92
Şekil 4.21. Antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam fenolik bileşik miktarı korelasyon eğrisi	93
Şekil 4.22. Antioksidan aktivitesi (ABTS) ile toplam fenolik bileşik miktarı korelasyon eğrisi	93
Şekil 4.23. Antioksidan aktivitesi (ABTS) ile toplam antosiyanin miktarı korelasyon eğrisi	94
Şekil 4.24. Toplam fenolik ve antosiyanin arasındaki korelasyon eğrisi	95
Şekil 4.25. DPPH ve ABTS arasındaki korelasyon eğrisi	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Çileğin besin bileşimi	10
Çizelge 2.2. Çileğin sıcaklığa göre solunum miktarı	12
Çizelge 2.3. Antosiyanin bileşiğinin konumuna göre eklenen moleküller	15
Çizelge 2.4. Meyve ve sebzelerin depolamasında kritik % CO ₂ seviyeleri	21
Çizelge 3.1. Çalışmalarda kullanılmış olan kimyasalların adı, formülü ve markası	36
Çizelge 3.2. Çalışmalarda kullanılmış olan cihazların adı ve marka/modeli	38
Çizelge 4.1. Taze çilek meyvesine ait kimyasal ve fiziksel parametre ve değerleri	49
Çizelge 4.2. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerleri	50
Çizelge 4.3. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait Eh (mV) değerleri	53
Çizelge 4.4. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerleri	54
Çizelge 4.5. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerleri	57
Çizelge 4.6. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait a* değerleri	61
Çizelge 4.7. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait b* değerleri	65
Çizelge 4.8. pH ve antosiyanin ile a*, b*, ΔE değerleri arasındaki korelasyon	67
Çizelge 4.9. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait ΔE değerleri	67
Çizelge 4.10. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait sertlik (g) değerleri	70
Çizelge 4.11. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait kütle kaybı (%) değerleri	72
Çizelge 4.12. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antosiyanin [mg100g ⁻¹ (ka)] değerleri	75
Çizelge 4.13. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı [mgGAE100g ⁻¹ (ka)] değerleri	79
Çizelge 4.14. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidant aktivite miktarı [DPPH	

$\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$ değerleri	85
Çizelge 4.15. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidant aktivite miktarı [ABTS $\mu\text{molTEg}^{-1}(\text{ka})$] değerleri	87
Çizelge 4.16. Antioksidan aktivitesi (DPPH/ABTS), toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin miktarı arasındaki korelasyon	92



1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler zengin besin değerine sahip olmasının yanı sıra insan sağlığına yararlı fitokimyasal bileşikler içerir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), her gün kişi başına en az 400 g meyve ve sebzenin tüketilmesi gerektiğini önermektedir (Yahia and Mondragon-jacobo, 2011). Özellikle üzüksü meyvelerden olan çilek, vitamin ve mineral içeriğinin yüksek olmasının yanı sıra fenolik bileşikler, antosiyaninler gibi zararlı serbest radikallere karşı koruma sağlayan antioksidan bileşiklerini de yüksek seviyelerde bulundurmaktadır. Bu fitokimyasal bileşiklerin yüksek olması; kanser, kalp damar hastalıkları başta olmak üzere bağışıklık sistemini güçlendirmesinin yanı sıra cilt ve diş sağlığı gibi insan sağlığını destekleyici avantajları da sağlamaktadır (Dragsted *et al.*, 1981; Wang, *et al.*, 1996; Ascherio *et al.*, 2018).



Şekil 1.1. Çilek meyvesi

Çilekler genellikle taze olarak tüketilmesine rağmen dondurulmuş halde ya da meyve suyu, nektar, reçel ve reçel gibi işlenmiş ürünler olarak piyasada bulunmaktadır. Ancak meyve ve sebzelerin dondurulması, donmuş halde depolanması ve çözümleri sırasında olumsuz etkilendiği yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir (Sahari *et al.*, 2004).

Çileğin reçel, meyve suyu ve nektar eldesinde ortak işlem basamakları; tank çiftliklerinde depolama, yeniden seyreltme veya vakum altında ısıtma, şişeleme, vakum altında kapatma ve soğutmadır (Klopotek, *et al.*, 2005). Genel olarak, bu işlemlerin çileğin ürün bileşimini ve antioksidan kapasitesini azalttığını ve bu azalmanın ısıl işlem ve üretim süresi gibi işlem basamaklarıyla sıkı bir şekilde ilişkili olduğu belirlenmiş (Törrönen *et al.*, 2000; Klopotek, *et al.*, 2005) ve yapılan çalışmalarda reçel üretimde

toplam elagik asit içeriğinde %20 ve flavonoidlerinde ise %15-20 oranında azalma olduğu belirtilmiştir (Törrönen *et al.*, 2000). Sonuç olarak çilek meyvelerinin endüstriyel halinden ziyade taze olarak tüketilmesinin insan sağlığı açısından daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Bu yüzden araştırmacılar, çilek meyvesini taze olarak tüketilebilmek için raf ömrünü uzatabilecek yeni depolama teknikleri geliştirmektedir.

Hasattan sonra taze meyve ve sebzelerin solunum ve metabolik faaliyetleri devam etmektedir (Irtwange, 2006; Sandhya *et al.*, 2010). Diğer meyvelerle kıyaslandığında çilek, solunum ve metabolik aktivitelerinin yüksek olmasından dolayı mikrobiyal bozulma, mekanik yaralanma, fizyolojik bozukluk ve su kaybına karşı oldukça hassastır (Browne, 1984; Caner and Seckin, 2008) ve bu yüzden raf ömrü, oda sıcaklığında 1-2 gün ile sınırlı olmaktadır (Ghuoath *et al.* 1991; Lietenay *et al.*, 1995; Harker *et al.*, 2000). Bunun sonucunda çilek meyvesinin pazarlanabilirliği kısıtlı olmakla birlikte depolama sırasındaki kayıplar %40'a kadar ulaşabilmektedir. Son yıllarda gıdaların raf ömrünün uzatılması için kullanılan kimyasal koruyucular tüketiciler tarafından kabul görmemektedir. Bunun yerine muhafaza stratejisi olarak, ürün kalitesinde meydana gelen bozulmaları geciktirmek için sıcaklık, pH, redoks potansiyeli, su aktivitesi, koruyucu ve modifiye atmosfer gibi çeşitli uygulamaların bir arada kullanımını mümkün kılan engel teknolojisi tekniği ön planda yer almaktadır (Allende *et al.*, 2006). Bu teknik ile gıda ürünlerinde oluşabilecek mikrobiyal gelişme ve kalite kayıpları azaltılmaktadır (Allende *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007). Bu yüzden çilek meyvesinde solunumun yavaşlatılması ve bozulma reaksiyonlarının engellenmesi için etrafındaki gaz atmosferi değiştirilmektedir (Church and Parsons, 1995; Holcroft and Kader, 1999).

Depolamada kullanılan CO₂ bakımından zengin atmosfer, meyvede bozulma reaksiyonlarını engelleyerek çileklerin depolama ömrünün uzatılmasında başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Li and Kader, 1989; Gil *et al.*, 1997). Bu şekilde solunumun ve beraberinde gerçekleşen metabolik faaliyetlerin yavaşlatılması hedeflenmiştir.

Kontrollü atmosfer (KA) koşullarında yüksek CO₂ konsantrasyonları kullanılarak çilek meyvesi depolanmış ve bu depolama sonucunda sertliği korunmuş ve çürümesi engellenmiştir (El-Kazzaz *et al.*, 1983; Smith, 1992). Mitchell (1992) çilek

meyvesinin ticari olarak pazarlanması, nakliyesi ve taşınması işlemlerinin daha verimli olması için %15-20'lik CO₂ gazı ilave ederek elde edilen Modifiye Atmosfer (MA) paketleri kullanmıştır. Ancak yapılan çalışmalarda çileğin yüksek CO₂ konsantrasyonlarına maruz kalması sonucunda kötü tat oluşumu ve doku hasarının meydana geldiği tespit edilmiştir (Ke *et al.*, 1991; Mawele Shamaila *et al.*, 1992; Ueda and Bai, 1993; Larsen and Watkins, 1995; Sanz *et al.*, 1999; Pelayo *et al.*, 2003). Bu yüzden araştırmacılar alternatif paketleme yöntemlerine yönelmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada, MAP tekniğine ek olarak indirgen bir gaz olan H₂ gazı kullanımıyla çilek meyvesinde İndirgen Atmosfer Paketleme (İAP) yapılmış ve bu yeni paketleme sisteminin çilek meyvesinin raf ömrü üzerine etkisi incelenmiştir. Bununla birlikte İAP ile depolama sistemi Türkiye'de ilk defa Iğdır üniversitesinde redoks merkezinde tasarlanmış ve çalışılmıştır.

İAP ile depolama yöntemi, MAP yöntemine bir alternatif olarak indirgen gaz kullanımıyla gıdaların raf ömrü uzatma prensibine dayanmaktadır. Ürün paketlenirken, solunum ve paket geçirgenliğinin etkisiyle paket atmosferinde O₂ molekülü bulunur ve bu molekül gıdada oksidatif etki göstermektedir. İAP yönteminde diğer paketleme yöntemlerinden farklı olarak, indirgen gaz olan H₂ gazı kullanılmaktadır. Bu indirgen gaz paket atmosferinde kullandığında, ortamda bulunan O₂ molekülünün son orbitaline elektron vererek bağlanır ve bu şekilde oksidasyon reaksiyonlarını inhibe eder.

Buna ilaveten İAP yönteminde ortamın okside olma potansiyelini ölçen fizikokimyasal bir parametre olan oksido-redüksiyon (Eh) değeri ön plana çıkmaktadır. Bu değer gıdaların bozulmaya yakınlığını ölçen bir parametre olmakla birlikte artması halinde bozulma reaksiyonlarının da arttığının göstergesi olmaktadır. İAP yönteminde indirgen gaz olan H₂ ortamdaki Eh parametresini negatif değerlere düşürerek bozulma reaksiyonlarını engeller. Bu şekilde gıdaların raf ömrünün uzatılması hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, İAP1, İAP2, MAP1, MAP2 ve açık hava (kontrol) olmak üzere farklı konsantrasyonlarda paketlenen çilekler, haftalık olarak fiziksel (kütle kaybı, renk, tekestür) ve kimyasal (pH, Eh, SÇKM, toplam fenolik bileşik, toplam antosiyanin DPPH ve ABTS inhibisyon aktivite) olarak analiz edilmiş ve istatistiksel (P < 0,05)

analize tabi tutularak sonuçlar değerlendirilmiştir. Yukarıda bahsi geçen depolama tekniklerine göre İAP'nin ilek depolanmasında ortamdaki olumsuz oksidasyon reaksiyonlarını, bozulmaya neden olan enzimatik faaliyetleri ve mikrobiyolojik oluşumları engelleyerek raf ömrünü arttırdığı gözlemlenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Çilek

Rosaceae fragaria ailesine ait olan çilek çok yıllık bir bitkidir. Otsu bitki yapısı ile üzümü meyveler içinde yer alır (Ağaoğlu, 1986). Çilek değişik toprak ve iklim koşullarında yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, birçok meyvenin henüz pazara sürülmediği aylarda pazarda bulunabilmektedir. Reçel, pasta, marmelat, meyve suyu ve dondurulmuş olarak da her mevsim tüketilebilmektedir. Ek olarak, gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde ham madde olarak yaygın kullanımı son dönemlerde oldukça arttığından önemli bir gelir kaynağı olmuştur (Ağaoğlu, 1986; Türemiş ve ark., 2000; Çevik ve Erhan, 2014)

Çilek kültürü ilk olarak M.S. 1300 tarihlerinde Avrupa'da tespit edilmiş ve dünyaya bu şekilde yayılmıştır. Pliny (M.S. 23-79) "Tabiat tarihi=Natural History" eserinde çileği '*Fraga*' olarak isimlendirmiştir (Darrow, 1966). Yaban çileği veya dağ çileği olarak bilinen *Fragaria vesca* ilk kültüre alınan çilek türüdür (Şekil 2.1). 1500'lü yıllarda çilek bilimsel olarak incelenmeye ve botanikçiler tarafından tasnif edilmeye başlanmıştır. 1600'lü yıllarda Amerika'dan Avrupa'ya getirilen *Fragaria virginiana* ile 1700'lü yıllarda yine Amerika'dan Avrupa'ya getirilen *Fragaria chiloensis* çilek türleri bugün yetiştiriciliği yapılan çileklerin menşesini oluşturmuştur. Çilek ıslahında 19. yüzyılın ortalarından sonra kıtalar arası çeşit taşınmasının etkisiyle hızla ilerlemektedir (Hancock, 1999).



Şekil 2.1. *Fragaria vesca* (yaban çileği veya dağ çileği)

Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan çilek çeşitleri ve özellikleri kısaca şöyledir:

Camarosa: 1993 yılında California Üniversitesi araştırmacıları Inventor ve Voth tarafından tanıtılmıştır (Saraç, 2009). Kısa gün çeşididir. İri meyvelidir. Sofralık olarak tüketime uygundur. Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Erken, orta ve geç sezon üretimine uygundur. Meyvesi konik ya da yassı, basık-konik şekildedir. İç ve dış meyve rengi mükemmeldir. Ülkemizin güney kıyı bölgelerde adapte olmuştur. İyi kalitede ve yüksek verime sahip bir çeşittir.(Gülsoy ve Yılmaz, 2004).

CG3 (Cal Giant-3): Kaliforniya merkezli, kısa gün çeşidi olarak tüm dünyaya yayılmıştır. İlkbahar, yaz ve sonbahar aylarında üretilebilir. Ancak erken sezonda iyi verim sağlar. Meyve şekli ve rengi güzeldir.

Elsanta: Norveç merkezli aroması yüksektir. Hasat sonrası ömrü uzundur. Meyve kalitesi çok iyidir.

Fern: 1983 yılında California Üniversitesi araştırmacıları tarafından piyasaya sunulmuştur. Nötr gün çeşididir. Yaz dikimine uygundur. Gece sıcaklığı ortalama 15 °C altında olduğunda meyve verir. Orta düzeyde meyve verimine sahiptir. Meyve sertliği ve meyve aroması yüksektir (Gülsoy ve Yılmaz, 2004).

Festival: Florida merkezlidir. Kısa gün çeşididir. Konik şeklinde ve orta büyüklüktedir (Okie, 2004).

Honeoye: New York merkezlidir. Verimi yüksektir. Derin dondurmaya karşı dayanıklı olmasından dolayı sanayi üretimine uygundur. Hasat sonuna kadar meyve büyüklüğü değişmez. Meyve eti sert konik şeklinde ve rengi kuru kırmızıdır. Yüksek aromaya sahiptir. Soğuk bölgelere uygun bir çeşittir.

Kabarla: Avusturyada yetiştirilmeye başlanmış erkenci ve kısa gün çeşididir. Yüksek verime sahiptir. Meyveleri konik şekilli ve orta iriliktir. Rengi kırmızı ve orta parlaklıktadır (Özdemir ve ark., 2007). Sera ve açıkta yetiştiricilik için uygundur. Akdeniz ve Ege bölgelerinde yetiştiriciliği önerilmektedir.

Selva: Kaliforniyada yetiştirilmeye başlanmış nötr gün çeşididir ve gün

uzunluğuna bağlı kalmaksızın sıcaklığın büyüme için uygun olduğu sezon zamanında çiçek açıp meyvelerini olgunlaştırabilmektedir.

Sweet Charlie: Florida merkezli olup erkenci ve kısa gün çeşididir. Meyvesi genellikle konik ile kama şekli arasındadır. Aroması oldukça yüksektir. Rengi kırmızıdan turuncuya doğrudur (Gülsoy ve Yılmaz, 2004). Bununla birlikte en iyi meyve renginin 30/25 °C’de olduğu belirtilmiştir (Kadir ve Sidhu, 2006).

Whitney: Kaliforniya merkezli, nötr gün çeşididir. Yaz ve sonbahar üretimine uygundur. Geç meyve verir ve meyveleri turuncu-kırmızı renktedir (Okie, 2004).

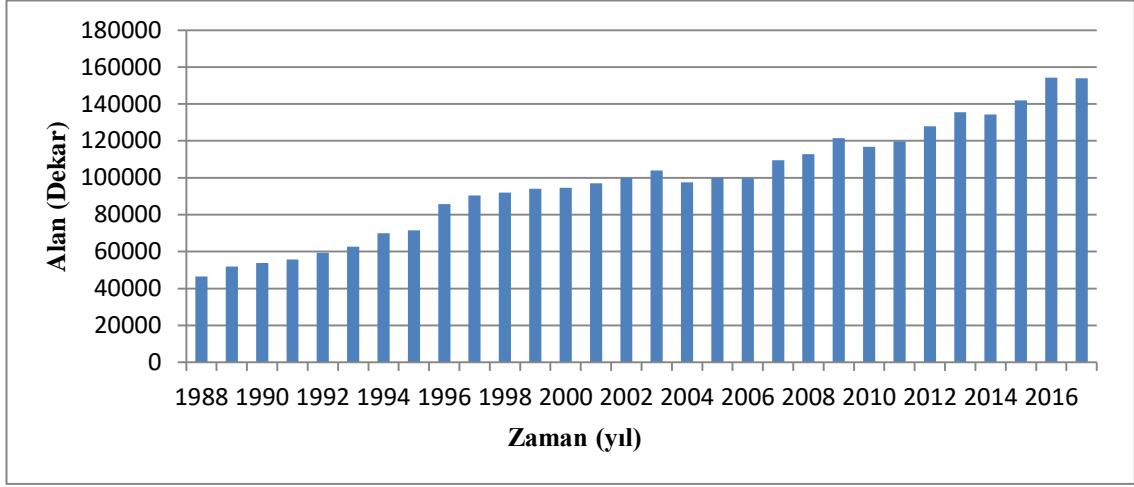
Sweet Ann: Nötr gün çeşitleri arasında yer alan yeni bir çeşittir. Yayla ve geçit bölgelerinde yaz boyunca meyve verir. Yuvarlak konik şekilli, iri, sert ve parlak kırmızı meyvelere sahiptir (Anonim 2012).

Crystal: Nötr gün çilek çeşitleri arasında yer alan, meyveleri uzun silindirik şekilli, erken olgunlaşan, yayla bölgelerinde iyi sonuç veren verimli bir çeşittir. (Alan, 2013).

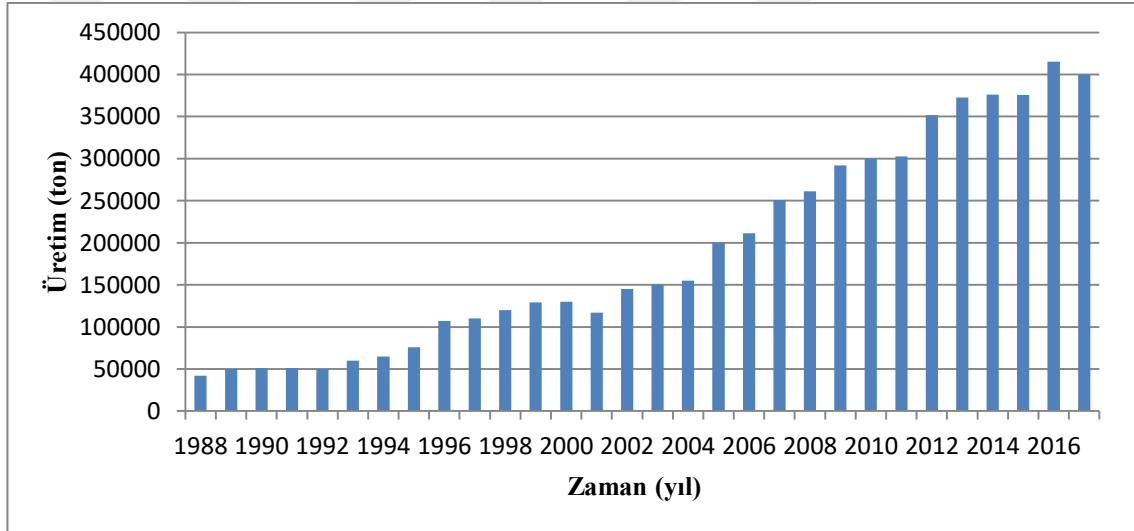
Redlands Hope: Avusturya merkezli olup erkenci ve kısa gün çeşididir. Yaz dönemi yetiştirilmesi önerilir. Meyvelerin şekli konik ve iridir. Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara bölgesinde yetiştiriciliği önerilmektedir. (Özdemir ve ark., 2007).

Rubygem: Kısa gün çeşidi olup, erkenciliği ve çok beğenilen tadı ile tanınmaktadır. Tatlı meyvelere sahip olan bu çeşidin meyve eti sert olup, yola dayanımı iyidir. Meyve eti kırmızı iken, dış rengi parlak koyu kırmızıdır (Sonmez and Kafkas, 2011).

İstatistiksel verilere göre ülkemizde 1988 yılında 45,000 dekar alan ve 42 ton çilek üretimi yapılırken 2017 yılında 153,918 dekar alanda 400,167 ton çilek üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2017) (Şekil 2.2, Şekil 2.3).



Şekil 2.2. 1988-2017 yıllarındaki çilek üretimin alan kapasitesi (TUİK, 2017)



Şekil 2.3. 1988–2017 yıllarındaki çilek üretimi (TUİK, 2017)

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre çilek üretiminde Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Meksika ve Mısır'dan sonra Türkiye beşinci sırada yer almaktadır (FAO, 2017). Ülkemizde illere göre çilek üretimi en fazla Mersin (164.988 ton) ilinde yapılmakta olup bunu sırasıyla Aydın (59.973 ton), Bursa (44.313 ton) ve Antalya (43.647 ton) illeri izlemektedir. Bununla birlikte dekar başına çilek verimi bakımından Mersin (3.732 kg da⁻¹) ve Aydın (3.695 kg da⁻¹) illeri ilk 2 sırada yer almaktadır (TÜİK, 2017).

2.1.1. Çileğin kimyasal içeriği

Çilek, askorbik asit miktarının ve biyoyararlılığının yüksek olması ile insan sağlığına oldukça yararlı bir besin olmasının yanı sıra içerdiği yüksek diyet lifi ile sindirimi yavaşlatarak kan şekeri seviyelerinin düzenlenmesine katkıda bulunur (Rahman *et al.*, 2014). Ek olarak çilek, tiamin, riboflavin, niasin, B6 vitamini, K vitamini, A vitamini ve E vitamini gibi vitaminleri ve iyot, magnezyum, bakır, demir ve fosfor gibi mineralleri yüksek seviyede bulundurmaktadır (Giampieri *et al.*, 2012) (Çizelge 2.1). Carr and Frei (1999) insanların günlük C vitamini rezervini (RDA) karşılaması için bir avuç çileğin yeterli olduğunu tavsiye etmişlerdir. Bununla birlikte 250–350 g çilek ortalama 200 µg folattır (folik asit) bu da alınması gereken günlük folat miktarının %60-100'üne karşılık gelmektedir (200–300 µg/gün) (Bailey and Gregory, 1999).

Çizelge 2.1. Çileğin besin bileşimi

	BİLEŞİK	MİKTAR (100 g)
İçerikler	Su(g)	90,95
	Enerji (kcal)	32
	Protein (g)	0,67
	Kül (g)	0,40
	Toplam yağ (g)	0,30
	Karbonhidrat(g)	7,68
	Diyet lifi (g)	2,0
	Şekerler (g)	4,89
	Sükroz (g)	0,47
	Glikoz (g)	1,99
Fruktoz (g)	2,44	
Mineraller	Kalsiyum (mg)	16
	Demir (mg)	0,41
	Magnezyum (mg)	13
	Fosfor (mg)	24
	Potasyum (mg)	153
	Sodyum (mg)	1
	Çinko (mg)	0,14
	Bakır (mg)	0,048
	Manganez (mg)	0,386
	Selenyum (mg)	0,4
Vitaminler	C vitamini (mg)	58,8
	Tiamin (mg)	0,024
	Riboflavin (mg)	0,022
	Niasin (mg)	0,386
	Folat (mg)	24
	Pantotenik asit (mg)	0,125
	B6 Vitamini (mg)	0,047
	Kolin (mg)	5,7
	Betain (mg)	0,2
	B12 Vitamini (mg)	0
	A vitamini, RAE (mg)	1
	Lutein þ zeaksantin (mg)	26
	g-tokoferol (mg)	0,08
E vitamini, a-tokoferol (mg)	0,29	
d-tokoferol (mg)	0,01	
K Vitamini, filokinon (mg)	2,2	

*Kaynak:Giampieri *et al.*, 2012

2.1.2. Çileğin depolama özellikleri ve yöntemleri

Meyve ve sebzelerin raf ömrü, solunum hızı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Bunun nedeni, solunumun meyvenin sertliği, şeker içeriği, aroma ve lezzet gibi kalite parametreleriyle doğrudan ilişkili olmasıdır (Mir and Beaudry, 2016). Özellikle meyveler içinde çilek metabolik açıdan oldukça aktiftir. 20 °C'de saatte kg başına 100-200 mg CO₂ vermesinden ötürü (Çizelge 2.2) çürüme kaynaklı patojenler olmadan bile kısa sürede bozulabilmektedir. Ayrıca çilek meyvesi kabuk bulundurmaması ve şeker oranının yüksek olması nedeniyle zedelenmeye ve patolojik hastalıklara elverişlidir. Bu yüzden hasat edilen çileklerde, hastalığın sağlıklı çileklere yayılmasını önlemek için hasarlı yada çürük olanların sepetten çıkarılması gerekmektedir (Sommer *et al.*, 1973).

Soğutma işlemi hasat sonrasında meyve olgunlaşmasını ve bozulmasını geciktirmek için en yaygın kullanılan yoldur. Çileklerin maksimum kalitede tutulması için hasat sonrası ilk 1 saat içinde 0°C'ye kadar ön soğutma yapılması ve pazarlama kanalları boyunca 0°C'de tutulması önerilmektedir (Hardenburg *et al.*, 1986; Kader, 1992). Transit veya saklama sırasında modifiye atmosfer ile birlikte soğutma uygulanması raf ömrü için iyi sonuçlar ortaya koymaktadır (Peng and Sutton, 1991). Nunes *et al.*, (1995) ön soğutma aşamasını 6 saat geciktirerek, farklı çeşitlerdeki (Clander ve Sweet Carlie) çileklerin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; ön soğutma başlangıcını geciktirmenin, meyvenin %50 daha çok nemini kaybetmesine ve yüzeyinin büzülmesine, doku sertliğinin %14 daha az ve meyve rengi değerlerinin daha koyu (daha düşük L* değeri), daha az parlak (daha düşük kroma) görünüşte ve daha az kırmızı (daha düşük a* değeri) olduğunu belirtmişlerdir.

Meyvelerin depolama özellikleri de türlerine göre farklılık göstermektedir. Çilek meyvesi ise %90 ile %95 bağıl nemde 0°C'de 7 güne kadar bozulmadan kalabilmektedir. Çileklerin üşüme hassasiyeti yoktur ve donmadan mümkün olduğunca soğuk olarak saklanılabilir. Çilekler çok az miktarda etilen üretir (20°C'de <0,1 µLkg⁻¹h⁻¹) ve etilene cevap vermezler (Mason and Jarvis, 1970). Ancak etilenin depolama havasından çıkarılması hastalık gelişimini azaltabilir (El-Kazzaz *et al.*, 1983). Bunun yanı sıra depolama sıcaklığı, genetik faktör hasat sonrası depolama sırasında meyve içindeki fenolik antioksidanların stabilitesini etkileyen temel faktörlerden biridir

(Olsson *et al.*, 2004; Tulipani *et al.*, 2011). Özellikle, depolamadan sonra meyvelerde flavonoid bileşiklerindeki kaybın önemli ölçüde olduğu görünmektedir (Ayala-Zavala *et al.*, 2004; Olsson *et al.*, 2004; Tulipani *et al.*, 2011).

Çileklerde en yaygın bozunma *Botrytis cinerea*'nin neden olduğu gri küf olarak da adlandırılan *botrytis* çürümesidir. Bu hastalık, gizli bir enfeksiyon olarak ön hasat safhasında ya da hasat sonrası başlayabilir. Mantar gelişimi ise 0°C'de meyvede büyümeye devam eder ancak bu sıcaklıkta büyüme yavaştır. *Rhizopus stolonifer*'in neden olduğu *Rhizopus* çürüğü, bir başka önemli çilek hastalığıdır. Bu mantar 5°C den daha düşük sıcaklıklarda büyüyemez. Bu nedenle, hızlı soğutma, 0°C'de depolamak ve yüksek CO₂ altında 0°C'de nakliye, yaralanmayı önleme ve hastalık kontrolü için en iyi yöntemlerdir.

Çizelge 2.2. Çileğin sıcaklığa göre solunum miktarı

Sıcaklık	mg CO ₂ (kg ⁻¹ h ⁻¹)
0°C	12-20
10°C	50-100
20°C	100-200

2.2. Fitokimyasal Bileşikler

Fitokimyasallar, bitkinin kendini koruyabilmek amacıyla bünyesinde ürettiği en önemli bileşiklerdir. Fitokimyasallar içerisinde en çok fenolik maddeler incelenmektedir. Fenolik bileşikler, bitkinin büyümesi ve hayatta kalması için gerekli olan birçok fonksiyona hizmet eden bitki metabolizmasının ürünüdür. Yüksek antioksidan aktivitesi ile insanlardaki oksidatif stresin azaltılabileceğini ve dolayısıyla kronik hastalık riskini de düşürebileceği düşünülmektedir (Halliwell, 1994). Ayrıca bu bileşikler, hayvanlarda ve bunları tüketen insanlarda biyolojik olarak aktif olduğu bilinmektedir.

Çileklerde fenolik maddeler arasında en çok antosiyaninler, kateşinler ve flavonoller olan kuersetin ve kemferol bulunur. Buna ek olarak çilek, fenolik asit ve ellagik asit açısından oldukça zengindir.

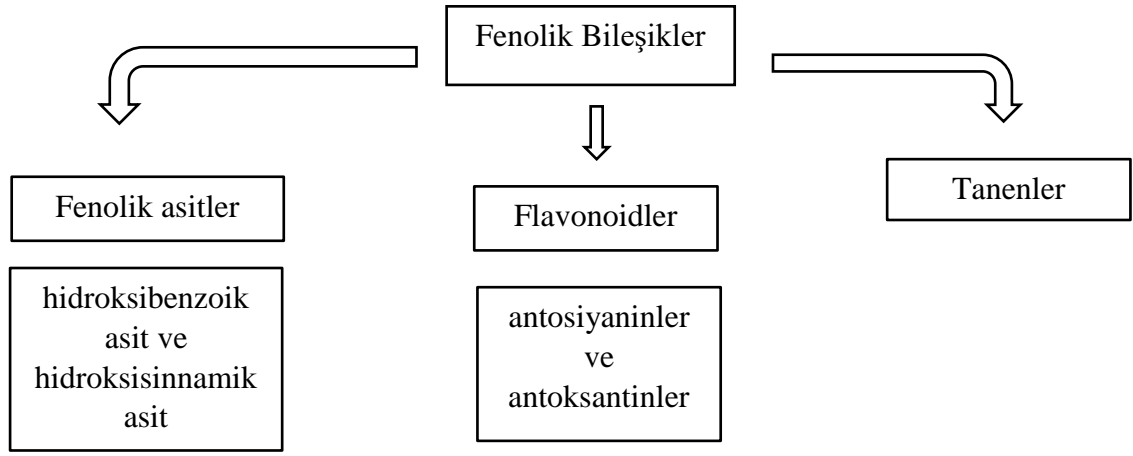
2.2.1. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerde yüksek miktarda bulunan başlıca fitokimyasal gruplardır (Seeram, 2008). Meyvelerin renginden (yani antosiyaninler) ve lezzetinden (yani, tanenlerden) sorumludur (Delgado-Vargas *et al.*, 2000). Türleri; kuraklık, uv radyasyonu, enfeksiyonlar veya fiziksel hasar gibi bitkinin hayatta kalmasını tehdit eden olumsuz faktörlere karşı korumakla görevlidir (Wang *et al.*, 1996; Halvorsen *et al.*, 2002; Kähkönen *et al.*, 2001). Bir çok çalışma, fenolik bileşiklerin antioksidan aktivite gösterdiğini belirtmiştir (Wang *et al.*, 1996; Wang and Lin, 2000).

Genel olarak gıdalarda fenolik maddeler glikozitler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bileşikler bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan aromatik halkalardan oluşur. Bu halkalara eklenen şeker molekülleri, bu bileşiklerin suda daha fazla çözülebilir hale gelmesini sağlamaktadır (Bravo, 1998; Scalbert and Williamson, 2000). Bitkisel gıdalar, yüzlerce farklı fenolik madde içermektedir.

Bunlardan yaklaşık üçte ikisi flavonoidler ve üçte biri fenolik asitlerdir (Scalbert and Williamson, 2000). Bitki fenolikleri, flavonoidler (antosiyantinler ve antoksantrinler), fenolik asitler (hidroksibenzoik asit ve hidroksisinnamik asit), fenolik polimerler (tanenler) olmak üzere üç sınıfa ayrılır (Özkars, 2012). Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

Çilekler, fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve tanenler gibi zengin fenolik kaynaklarıdır. Fenolik bileşiklerin fitokimyasal etkisi çileklerin insan sağlığına olan etkilerini karakterize etmek için önemli bir adım olmuştur. Çilek üzerine yapılan çalışmada böğürtlen, ahududu ve çilek meyvelerinin antioksidan aktivite (ORAC) değerleri ile toplam fenolik içerik arasında net bir doğrusal ilişki bulmuştur (Wang and Lin, 2000). Buna ek olarak, fenolik maddeler insan sağlığı üzerindeki etkilidir. Örneğin, ellagik asidin bir antimutajen olarak tanımlanmış ve bir antikarsinojen olduğunu ve koroner kalp hastalığını azalttığı bildirilmiştir (Maas *et al.*, 1990; Waterhouse, 1995).

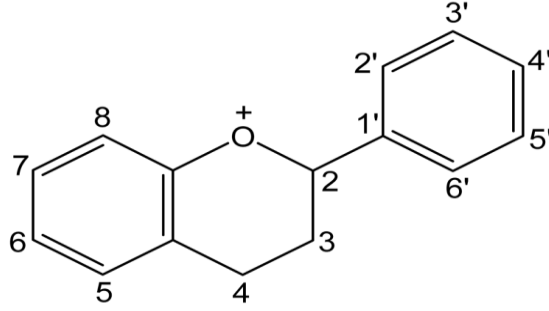


Şekil 2.4. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Yapılan araştırmalar neticesinde antosiyantinlerin ve toplam fenolik madde içeriğinin oksidatif stresi azalttığı bilinmektedir (Wang *et al.*, 1997). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), özellikle küçük renkli meyvelerden fenolik bileşenlerin antioksidan aktivitesinin önemini vurgulamakta ve en önemli sağlık sorunlarından olan kalp-damar hastalıkları, diyabet, kanser ve obezitenin önlenmesinde sıklıkla tüketilmesini önermektedir (WHO, 2002).

2.2.3. Antosiyantinler

Antosiyantinler, flavonoid ailesine ait doğal renklendiricilerdir. Çiçekler, meyveler ve sebzelerde yaygın şekilde bulunurlar ve turuncu, kırmızı, mavi gibi parlak renklerini belirtirler. Klorofil ve karotenoidlerin aksine, antosiyantinler suda çözünürdür. Bitki aleminin en büyük suda çözünen pigmenti olarak adlandırılır (Şekil 2.5). Genellikle meyvelerin dış dokusunda serbest şekilde bulunan antosiyantinler, hücrede antosiyanooplast olarak adlandırılan vakuol bölgelerinde de bulunmaktadır (Clifford, 2000; Delgado-Vargas *et al.*, 2000; Kong *et al.*, 2003). Antosiyantinler bitkilerde tozlaşma ve tohum dağılmasında kesin bir rol oynarlar. Ayrıca, böcek saldırısına karşı bitki direnci mekanizmasında da görev alırlar (Strack *et al.*, 1993).



Şekil 2.5. Basit bir antosiyanin molekülü

Çizelge 2.3. Antosiyanin bileşiğinin konumuna göre eklenen moleküller

Bileşiğin Konumu	3	5	7	3	4	5
Siyanidin	OH	OH	OH	OH	OH	–
Siyanin	O-Glu	OH	OH	OH	OH	–
Peonidin	OH	OH	OH	OCH ₃	OH	–
Delphinidin	–	OH	OH	OH	–	OH
Pelargonidin	OH	OH	OH	–	OH	–
Malvidin	OH	OH	OH	OCH ₃	OH	OCH ₃

*Kaynak: Stalikas, 2007

Meyvede bulunan tüm antosiyaninler, antosiyanidinlerin veya aglikonların glikozitleri olarak bulunurlar ve alifatik veya aromatik asitler bu glikozidik kısımlara bağlı olarak yer alabilirler. 250’den fazla doğal olarak oluşan antosiyanin vardır (Strack *et al.*, 1993) ve hepsi farklı şeker ikameleri ile O-glikolize edilmiştir (F J Francis and Markakis, 1989). Bileşiğin konumuna göre eklenen moleküllerle göre farklı (Siyanidin, Siyanin, Peonidin, Delphinidin, Pelargonidin ve Malvidin) şekilde isimlendirilirler (Çizelge 2.3).

Doğada meydana gelme sırasına göre aglikon (antosiyanidinler) üzerinde ikame edilmiş en yaygın şekerler; glukoz, rhamnoz, ksiloz, galaktoz, arabinoz ve fruktozdur. Bu karbon şeker molekülleri, antosiyanidinlere eklendiğinde antosiyanin molekülünün suda çözünürlüğünü artırır.

Bununla birlikte antosiyanin bileşikleri kararsız yapıya sahip olması ile kolay bozulabilir olmaktadır (Giusti and Wrolstad, 2003). Bu bileşiklerin stabilitesi pH,

depolama sıcaklığı, kimyasal yapısı, derişim, ışık, oksijen gibi değişik etkenlere bağlıdır. Antosiyaninler seçilen dalga boylarında ışığı emer ve böylece seçilen dalga boylarının ışığı iletme özelliği ile bitkideki rengini oluşturur. Antosiyanin molekülündeki bu renk büyük ölçüde molekülün C halkasındaki pozitif yüke bağlıdır. Bu yük pH değerinden etkilenir. pH 1,0 de C halkası pozitif yükü taşır ve molekül pigmentlidir. pH 4,5 ve daha yüksek değere ulaştığında, C halkası hidratlanır ve pozitif yük nötralize edilir ve antosiyaninler pigmentasyonunu kaybederek renksiz hale gelir. pH 2'nin altında kırmızı bir renge sahiptir ve pH arttıkça maviye ve son olarak renksiz hale gelir (Nyman and Kumpulainen, 2001). Bunun yanında pH değerinin antosiyaninlerin rengine etkisi, ortamda kopigment bulunup bulunmadığına bağlı olarak da değişmektedir (Jackman *et al.*, 1987; Francis and Markakis, 1989). kopigment antosiyaninlerle kompleks oluşturarak stabil ve renkli bileşikler oluşturan maddelerdir. Genellikle renksizdirler, ancak antosiyaninlerle kompleks oluşturunca onların renklerini stabilize etmektedirler. Kopigment olarak davranan maddelerin başında flavonoidler gelmektedir (Dikmen ve Yıldız, 1988). Antosiyaninler sadece pigmentler değil, aynı zamanda antioksidanlardır. Yani, diğer moleküllerin oksidasyonunu engelleyebilirler. Antosiyaninler bunu yapabilirler çünkü indirgeyici maddelerdir ve kendileride oksitlenmeye meyillidirler. Aynı zamanda antioksidan özelliği ile antosiyaninler kanser, diyabet, kalp hastalıkları, nöral bozukluklar gibi birçok hastalığın önlenmesinde önemli role sahiptirler (Konczak and Zhang, 2004). Antosiyaninlerin bu biyolojik aktiviteleri, meyve ve sebze tüketiminin faydalı etkilerine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. İnsanlarda günlük antosiyanin alımının ABD'de meyve ve sebzelerde yaygın olarak dağılmaları ve ortaya çıkmaları nedeniyle 180-215 mg/gün kadar olduğu tahmin edilmektedir (Kuhnau, 1976).

2.2.4. Antioksidan bileşikler

Antioksidanlar, serbest radikallerle güvenli bir şekilde etkileşime girebilen ve hayati moleküller zarar görmeden önce zincirleme oksidasyon reaksiyonunu sonlandıran bileşikler veya sistemlerdir. Bu sistemler aşağıdaki gibi gruplanmıştır (Asimi *et al.*, 2013).

- (1) Peroksidasyonu başlatan türleri inhibe etmek

(2) Metal iyonlarını, reaktif türler üretemeyecek veya peroksitleri parçalayamayacak şekilde şelatlamak

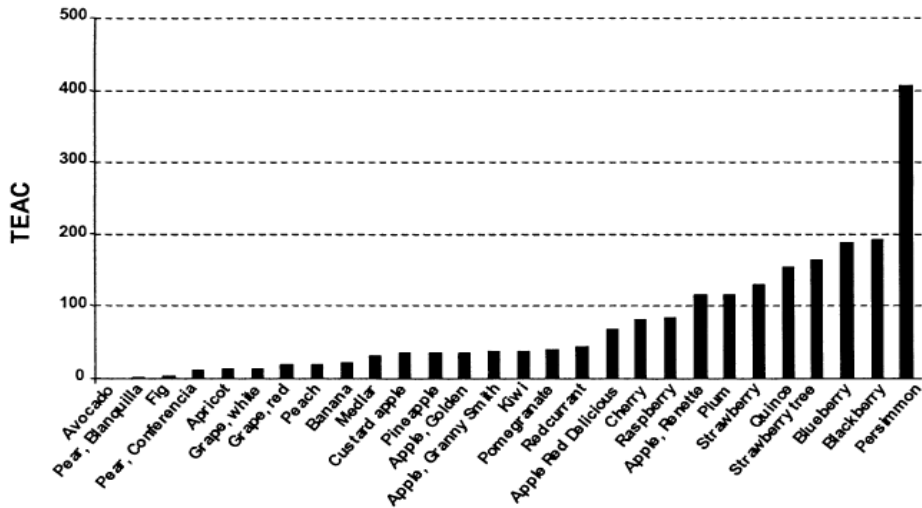
(3) Söndürme *O₂-peroksit oluşumunu önlemek

(4) Oto-oksidatif zincir reaksiyonunu kırmak

(5) Yerelleştirilmiş O₂ konsantrasyonlarını azaltmak

Bu bileşiklerin anti-oksidatif etkinliği, kimyasal özelliklerine ve bir gıda içindeki fiziksel konumlarına (membran fosfolipidlerine, emülsiyon arayüzlerine veya sulu faza yakınlıklarına) bağlıdır. Antioksidanlar (örneğin flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, C vitamini, E vitamini), anti inflamatuvar, anti kanserojen ve etkiler gibi çeşitli biyolojik özelliklere sahiptir. Koroner hastalıkları azaltır ve sağlığın korunmasına katkıda bulunur.

García-Alonso *et al.*, (2004) yirmi sekiz farklı meyvenin antioksidan aktivitelerini (3-etil-benzotiazolin-6-sülfonat) ABTS radikalinin giderilmesi analizi yaparak karşılaştırdığı çalışmada en büyük antioksidan kapasiteye sahip örneklerin sırasıyla trabzon hurması (406 µmol/g), böğürtlen (192 µmol/g), yaban mersini (187 µmol/g) ve çilek meyvesi (163 µmol/g) olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 2.6).



*Kaynak: García-Alonso *et al.*, 2004

Şekil 2.6. Meyvelerin antioksidan aktivite miktarlarının TEAC yöntemine (µmol TE g⁻¹) göre dağılımı

2.3. Gıdalarda Depolama Yöntemleri

2.3.1. Kontrollü atmosferde depolama

Taze gıda ürünlerinin hasat sonrası kalite kaybının azaltılması için solunumun ve metabolizmanın kontrol altına alınması gerekmektedir. Solunumun yavaşlatılması ve bozulma reaksiyonlarının engellenmesi için taze çilek etrafındaki gaz atmosferi değiştirilmiştir (Church and Parsons, 1995; Holcroft and Kader, 1999). Bu yöntem taşıma, nakliye ve depolamada kullanılmıştır. En yaygın depolama yöntemlerinden biri de Kontrollü Atmosferde (KA) depolama yöntemidir (Dinçer, 2003). KA'da depolama tekniği 19. yüzyılın başından beri bilinmektedir ancak bu tekniğin gelişimi 20. yüzyılın ortalarından sonra ivme kazanmıştır (Şekil 2.7). KA depolama yöntemi ABD, İngiltere, Kanada, İtalya, Avustralya gibi gelişmiş ülkelerde yaygın olarak yapılmakla birlikte, son yıllarda gelişmekte olan ülkelere de uygulanmaya başlanmıştır (Thompson, 2010).



*Kaynak: Batu ve Şen, 2014

Şekil 2.7. Kontrollü atmosfer deposuna ait koridor resmi

KA depolama alanının ticari kullanımı dünya çapında elma, kuşkonmaz, avakado, muz, brokoli, çilek, kiraz, incir, kivi, mangos, kavun, nektarin, şeftali, armut, erik gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Azaltılmış O_2 (<%1) veya arttırılmış CO_2 (%40-60) gazları, bazı taze ve kurutulmuş meyvelerde, çiçeklerde, sebzelerde, kurutulmuş fındık ve tahıllarda özellikle böcek kontrolü için yararlı bir yöntem olmaktadır. KA'nın faydalı etkileri aşağıda verilmiştir.

- Özellikle solunum hızını, etilen üretimini ve tekstürel yumuşamayı azaltması
- Olgunlaşmanın sebep olduğu biyokimyasal ve fiziksel değişiklikleri engellemesi
- O₂ <%8 veya CO₂ >%10 seviyelerinin etkisi ile oluşan etilen gazına duyarlılığı azaltması.
- Hasat sonrası patojenler (bakteri ve mantarlar) üzerinde doğrudan veya dolaylı bir etkiye sahip olması ve çürüme hassasiyetini azaltması

Çilek meyvesi kontrollü atmosfer (KA) koşulları ile özellikle yüksek CO₂ konsantrasyonlarında depolanmış; meyve sertliği korunmuş ve çürüme engellenmiştir (El-Kazzaz *et al.*, 1983; Ke *et al.*, 1991; Smith, 1992). Çilek meyvesinde patolojik olarak en çok karşılaşılan hastalıklardan olan (*Botrytis cinerea*) gri küf hastalığı %0,5 O₂ konsantrasyonları ile mantarın büyümesi ise %18 ve üzeri CO₂ konsantrasyonları ile inhibe edilmiştir (Couey and John, 1970). Ancak bununla birlikte, meyvelerin yüksek CO₂ konsantrasyonlarına uzun süre maruz bırakmak, tat-dışı lezzet gelişimine neden olmuştur (Ke *et al.*, 1994).

KA'nın zararlı etkileri aşağıda verilmiştir.

- Meyvelerde kahverengileşme ve bazı ürünlerin soğutma hasarı gibi bazı fizyolojik bozuklukların başlatılması ve/veya şiddetlenmesi.
- Çok düşük O₂ konsantrasyonlarında (anaerobik solunum sonucu) ve çok yüksek CO₂ seviyelerinde fermantatif metabolizmanın sonucu olarak kötü koku ve tat oluşması.

KA' nın ticari olarak uygulanması için nakliye ve dağıtım sırasında atmosferik modifikasyonun kullanımını genişletebilecek diğer gelişmeler arasında, ürün çevresinde ve içinde istenen atmosferik bir kompozisyon yaratmak için uygun gaz geçirgenliği olan yenilebilir kaplamalar veya polimerik filmler kullanılarak KA' nın kurulması, izlenmesi ve muhafaza edilmesi için geliştirilmiş teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Buna istinaden Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP), taze kesilmiş ürünlerin pazarlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3.2. Modifiye atmosfer paketleme (MAP)

MAP gıda ambalajında düşük oksijen ve yüksek karbondioksit seviyeleri sağlayarak meyvenin solunum hızını, yaşlanmasını ve olgunlaşmasını kontrol ederek raf

ömrünü uzatan bir tekniktir (Zagory and Kader, 1988; Güneş and Lee, 1997). Ayrıca ambalaj ile ürünü dış ortamdan izole eder ve patojen, kirletici maddelere karşı koruma sağlar. Kalitenin olumsuz yönde etkilenmesini engeller (Kader, 2010).

Pasif ve aktif olmak üzere iki tip MAP tekniği vardır. Pasif MAP'te ürünü bir pakete yerleştirilir ve paket sızdırmaz hale getirilir. Paketin içindeki oksijeni azaltmak ve karbondioksiti istenen kararlı durum dengesine yükseltmek için solunum ürününün üretilmesi beklenir (Schlirrne and Rooney, 1991). Aktif MAP'te O₂ ve CO₂ konsantrasyonları başlangıçta değiştirilir ve ürünlerin solunum hızına ve ürünü çevreleyen filmin geçirgenliğine bağlı olarak paket atmosferi dinamik olarak değişir (Erkan and Wang, 2006). Pasif MAP sadece meyve ve sebzelere uygulanır. Ancak, aktif MAP her türlü gıda ürününe uygulanabilir.

MAP tekniğinin kullanılması, ilk önce elma meyvesinin olgunlaşmasını yavaşlatmak için oksijen seviyesi azaltılarak, 1940'lı yılların sonlarında başlamıştır. İlk çalışmalarda MAP uygulaması sınırlı olmaktaydı. Bunun sebebi; teknik olarak, özellikle paketteki oksijen seviyesinin kontrol edilememesiydi. Bu nedenle, ilk uygulamalardan bu yana; polimerlerin çeşitleri ve özellikleri, daha geniş bir gaz geçirgenliği, gerilme mukavemeti ve esnekliği ve bir çok özelliği üzerine çalışmalar yapılmış ve sonuç olarak başarılı MAP sistemleri geliştirilmiştir (Mir and Beaudry, 2016). Daha sonraları bu teknik birçok meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında kapsamlı bir şekilde kullanılmıştır.

Çilek meyvesinde %15-20'lik CO₂ içeren MA sistemi kullanılmış (Mitchell, 1992) ve MA paketlerinin meyve dokusunun yumuşamasında, renk bozulmasında ve toplam suda çözülenebilir katıların azalmasında faydalı etkisi olduğu belirlenmiştir (Aharoni and Barkai-Golan, 1987; Mawele Shamaila *et al.*, 1992). Ancak atmosfer modifikasyonu bazı meyve ve sebzelerin depolanabilirliğini arttırmasına rağmen istenmeyen etkilere neden olma potansiyeline de sahip olabileceğinin bilinmesi önemlidir. Gaz atmosferi değiştirilirken kritik CO₂ seviyesini aşılmasına özen gösterilmelidir ve kritik CO₂ seviyesi ürüne göre farklılık göstermektedir. Bazı meyvelerin kritik CO₂ seviyeleri Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Meyve ve sebzelerin depolanmasında kritik % CO₂ seviyeleri

Tolere edilebilir maksimum CO₂ konsantrasyonları (%)	Ürünler
2	Elma (golden delicious), armut (asya), armut (avrupa), kayısı, üzüm, patates, zeytin, domates, biber (tatlı), marul, hindiba, çin lahanası, kereviz, enginar, tatlı patates
5	Elma (çoğu çeşit), şeftali, neftali, erik, portakal, avakado, muz, mango, papaya, kivi kıızılcık, armut, patlıcan, karnıbahar, lahana, havuç, turp, brüksel lahanası
10	Greyfurt, limaon, misket limon, trabzon hurması, ananas, salatalık, yaz kabağı, kurufasulye, bamya, kuşkonmaz, brokoli, maydanoz, yeşilsogan, pırasa, kurusogan, sarımsak
15	Çilek, ahududu, böğürtlen, kiraz, yaban mersini, incir, kavun, tatlı mısır, mantar, ıspanak, pazı, lahana

*Kaynak: Kader *et al.*, 1989

MAP tekniğinde genellikle O₂, CO₂ ve N₂ gazları kullanılmıştır. Ancak bu gazların yanında karbon monoksit, sülfür dioksit, nitrit oksit, ozon ve klor gibi gazlar da çalışmalarda kullanılmıştır.

Nitrojen (N₂): Nitrojen, normalde inert bir dolgu maddesi olarak kullanılır ve eridiğinde paketin çökmesini önler (Lambert *et al.*, 1991). Solunumun yanı sıra, değiştirilmiş bir atmosferde depolanmada mikrobiyolojik gelişimi, renk değişikliğini ve hücre tahribatını önleyebilir ve enfeksiyon riskini azaltabilir (Farber, 1991; Gil *et al.*, 1997; Holcroft and Kader, 1999; Day, 2001). İnert bir gaz olup antimikrobiyel etkisi çok düşüktür. Oksijenin yerine konulması nedeniyle oksidasyonu geciktirir.

Oksijen (O₂): Paketlenmiş bir ambalajda oksijenin bulunması ürünün kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyal özelliklerini etkileyip bozulmalara neden olduğu için ambalajlanan gıdaların tepe boşluğundaki oksijen oranı azaltılmalıdır (Farber, 1991).

Karbondioksit (CO₂): Renksiz, kokusuz, yanıcı ve toksik olmayan, hem suda hem yağda çözünebilir bir gazdır. Kullanılan gazlar içerisinde doğrudan antimikrobiyal

etkiye sahip olmasından dolayı önemlidir. Karbondioksit bu etkisini; mikrobiyal hücre duvarına penetre olup hücre geçirgenliğini değiştirerek, hücre pH'sının düşürülmesi için hücre içerisinde çözünüp karbonik asit üreterek ve mikrobiyal hücreler içerisine çeşitli (enzimatik, biyokimyasal) yollara müdahale ederek göstermektedir (Dixon and Kell, 1989). Ayrıca paketlenmede kullanılan CO₂'in çözünülebilirliği, gıda maddesinin su aktivitesine, pH'a ve gıdanın bileşimine (rutubet, yağ ve protein içeriği) göre değişebilmektedir.

Ancak CO₂ miktarının artırılmasının süt ürünlerinde, meyve ve sebzelerde rengin soluklaşmasına ve keskin asidik ekşi bir lezzetin oluşmasına neden olabildiği bildirilmiştir (Maniar *et al.*, 1994; Church and Parsons, 1995; Favati *et al.*, 2007). Buna ilaveten, gıda içerisindeki su tarafından karbondioksitin absorpsiyonu sonucunda karbonik asit oluşmaktadır. Karbonik asit gıdalarda koruyucu etki gösterebilmekte fakat meydana gelen absorpsiyon ambalaj gaz hacminin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca açığa çıkan karbonik asit, gıda maddesinde arzu edilmeyen duyuşal değişikliklerin meydana gelmesine neden olmaktadır.

2.3.2.a. Modifiye atmosfer paketlenmede kullanılan başlıca plastikler ve özellikleri

MAP, ürünün solunumu ile paket filminin yüzeyinde gazların nüfuz etmesinin aynı anda gerçekleştiği dinamik bir süreçtir. Bir paket içindeki atmosferin bileşimi; paketin geçirgenlik özelliğine, ürünün solunumuna ve metabolizmasına, çevrenin etkisine bağlı bir çok faktöre (bitki türü, çeşit, kültürel uygulamalar, gelişme aşaması, hasat şekli, doku tipi ve hasat sonrası taşıma) göre değişim göstermektedir (Ben-yehoshua *et al.*, 1995; Davies, 1995).

Gıdaların ambalajlanmasının esas amacı, endüstri gereksinimlerini ve tüketici isteklerini karşılayacak şekilde gıda ürününü koruması, gıda güvenliğini ve çevre güvenliğini sağlaması ve bunları az maliyetli bir şekilde içermesidir (Marsh and Bugusu, 2007). Bu ambalajmada genellikle kullanılan plastik paketlerin ortak özellikleri; belirli bir sıcaklık derecesinde şekil alabilmeleri, hafiflikleri, saydam oluşları, gaz ve nem geçirgenliklerinin düşük olması, haşerelere karşı dayanıklı olmaları, kimyasal ve atmosferik etkilerden zarar görmemeleridir.

MAP için polimerik filmin etkisi; depolama sıcaklığında, ürünün solunum hızına

optimum sonuç verecek olan O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarına bağlıdır. Çoğu ürün için, ambalaj filminin O₂'ye göre CO₂ gazının daha geçirgen olması uygundur. (Kader *et al.*, 1989; Exama *et al.*, 1993).

Ambalaj malzemelerini seçerken dikkate alınması gereken ana faktörler şunlardır (Mangaraj *et al.*, 2009):

- Paketin türü (yani, esnek kese veya sert veya yarı sert kapaklı tepsi)
- Gereken bariyer özellikleri (yani, birden fazla gaz kullanıldığında ayrı gazların ve gaz oranlarının geçirgenliği)
- İşlenebilirlik, güç, açıklık ve dayanıklılığın fiziksel özellikleri
- Kapatma bütünlüğü (ısı sızdırmazlığı), ürünün solunum sonucu filmin buğulanması
- Sızdırmazlık güvenilirliği
- Su buharı iletim hızı
- Kimyasal bozulmaya karşı direnç
- Toksik olmayan ve kimyasal olarak inert
- Yazdırılabilirlik
- Ekonomik fizibilite ile ticari uygunluk

MAP sistemini tasarlamak ve istenen atmosferi mümkün olan en erken zamanda elde etmek ve mümkün olduğunca uzun süre korumak için, uygun ambalaj filmi seçmek gerekir. Her ne kadar MAP endüstrisi giderek daha fazla sayıda ambalaj filmi seçeneği sunmuş olsada çoğu ambalaj hala dört temel sürdürülebilir polimerden üretilmektedir.

- Polivinil klorür (PVC),
- Polietilen tereftalat (PET),
- Polipropilen (PP)
- Polietilen (PE)
- Polistiren (PS)

Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE): Etilen polimerizasyonu ilave edilerek yapılan en basit ve en ucuz plastik polietilendir. LDPE, en yaygın kullanılan ambalaj filmidir. LDPE, daha düşük ve daha geniş bir sıcaklık aralığında sızdırmazlık sağlar ve

daha iyi sıcaklık ile yapışma özelliğine sahiptir (Peppelenbos and Leven, 1996; Moys et al., 1998). LDPE, su buharı için iyi bir bariyerdir, fakat oksijen, karbondioksit ve birçok koku ve aroma bileşiği için zayıf bir bariyerdir. Bu yüzden özellikle oksidasyona duyarlı gıdaların ambalajlanmasına ve genelde vakum ambalajlamaya uygun değildir. Ayrıca yağa direnci de azdır. LDPE paketleri daha çok ekmek, tavuk ve benzeri kanatlılar dahil dondurulmuş gıdalar, yağsız süt tozu, sosis ve çeşitli et mamullerinin ambalajlanmasında kullanılır.

Doğrusal Düşük Yoğunluklu Polietilen (LLDPE): Puslu bir görünüme sahip yumuşak, esnek bir malzemedir. Eşit yoğunluk ve kalınlıkta LLDPE, LDPE'den daha yüksek darbe, çekme dayanımı, delinme direnci ve uzama özelliğine sahiptir. LDPE gibi; LLDPE iyi su buharı bariyer özelliklerine sahiptir, ancak oksijen, karbon dioksit ve birçok koku ve lezzet bileşiğine karşı zayıf bir bariyerdir (Moys et al., 1998; Massey, 2003).

Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE): HDPE filmler daha sert, yine de esnek ve daha düşük şeffaflığa sahiplerdir. Su buharı ve gaz bariyerleri olarak LDPE filmlerden daha iyidir. Ancak, oksijen ve karbondioksit geçirgenliği hala çok fazla olan HDPE paketleri MAP'da kullanımı için uygun olmamaktadır (Marsh and Bugusu, 2007). Buna ilaveten HDPE filminin belirgin şekilde bulanık olması nedeni ile genellikle opak beyaz film olması için az miktarda beyaz pigment eklenir.

Polipropilen (PP): Yüksek yoğunluklu polietilene göre daha parlak ve durudur. Su buharı ve gaz geçirgenli değerleri ise HDPE'ininkine yakındır. Yağ geçirmezlik özelliği ve yırtılmalara karşı direnci iyidir. PP, ürün plastikleri arasında en düşük yoğunluğuna (0,89-0,91 g/cm³) sahiptir. Polietilenden daha sert ve daha şeffaf olan PP, kimyasallara karşı iyi bir dirence sahiptir. Propilen malzemeler; şekerlemeler, kurutulmuş meyveler, kuru yemişler, unlu mamuller, kahve, kakaolu gibi ürünler ambalajlanmasında başarı ile kullanılmaktadır.

Polivinil Klorür (PVC): Polivinil klorür filmler, PVC reçineye vinil klorürün eklenmesiyle oluşturulur. Genel olarak, PVC filmler oldukça yumuşak ve esnektir, ısı yalıtımı kolaydır ve kimyasal maddelere karşı mükemmel dirence sahiptirler. Geçirgenliği nispeten yüksektir (Ahvenainen, 2003; Billmeyer, 1971; Kader et al.,

1989; Exama *et al.*, 1993).

Poliesterler (PE): Polietilen tereftalat (PET), polikarbonat ve polietilen naftalat (PEN), karboksilik asit ve alkol arasındaki reaksiyonun sonucu olan ester monomerlerinden oluşturulan yoğun polimerleri olan polyesterlerdir. Gıda ambalajlarında en çok kullanılan polyester PET'tir (Abdel-bary, 2003; Kader *et al.*, 1989).

Polisitren (PS): Polistiren, yüksek mukavemetli, mükemmel şeffaflığa sahip ancak nem buharı ve gazlara karşı geçirgenliği yüksektir (Abdel-bary, 2003; Benning, 1983). Dış darbeleri absorbe edici ve hafif olan polisitren filmler; yaş sebze ve balıkların satımında kasa şeklinde kullanılması ile birlikte yumurta gibi kolay kırılan duyarlı gıdaların ambalajlanmasına da uygundur.

2.4. İndirgen Atmosfer Paketleme (İAP)

Meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömrü genel olarak görsel görünüm, tazelik, renk, doku (sertlik, elastikiyet) ve çürüme açısından tanımlanır. Bu kavram tüketici memnuniyetinde önemli bir rol oynar ve gıdaların genel olarak tüketimini etkiler (Pelayo *et al.*, 2003). Estetik niteliklerine ek olarak, meyveler esasen vitamin, mineral, antioksidan içeriğinin yüksek olması ile diyetimizin önemli bir bölümünü oluşturur.

Antioksidanların insan sağlığına olan etkisinden dolayı, doğal antioksidan içeren meyve ve sebzelerde ilk kalitenin korunması için, depolama teknikleri geliştirilmiştir. Çileğin depolaması sırasında meydana gelen en büyük sorunlardan birisi de istenmeyen oksidasyon reaksiyonlarıdır. Oksidasyon, bir molekülün, atomun veya iyonun elektron kaybettiği; redüksiyon ise bir molekülün, atomun veya iyonun elektron kazandığı bir reaksiyondur. Oksidant; oksitleyici ajan yada oksitleyici; indirgen ise bir redoks reaksiyonundaki bir başka türe elektron veren madde olarak tanımlanabilir (Martin *et al.*, 2013).

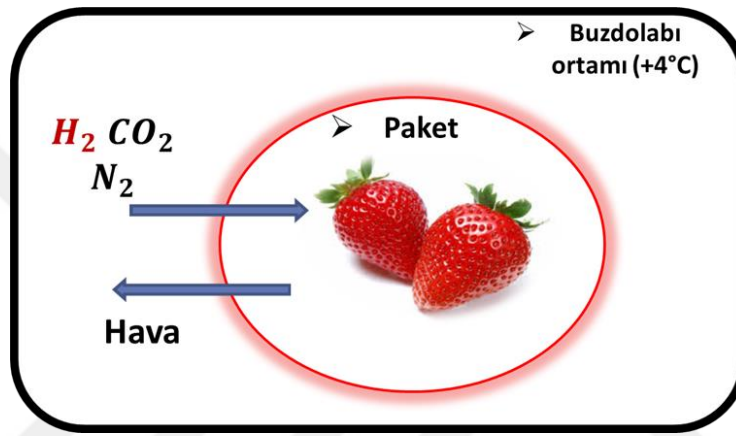
Oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP), bir sistemin oksidasyon potansiyelidir ve pH, sıcaklık, oksitleyici ve indirgeyici bileşiklerin konsantrasyonundan etkilenir (Wang *et al.*, 2012). Ortamın ORP değeri, pH değeri arttıkça (daha fazla oksitlenerek) artma eğilimi gösterir. pH, bir sistemdeki serbest hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun bir ölçümü iken, Eh adı verilen redoks potansiyeli, bir sistemdeki

elektronların aktivitesinin bir ölçümüdür (Kjaergaard, 1977). Eh; pH gibi, biyolojik ortamın durumunun bir parametresi olup, elektronları kazanma veya kaybetme kapasitesine işaret eder (Martin *et al.*, 2013). Pozitif Eh (+), oksidasyon reaksiyonlarını destekleyen bir çevreyi gösterirken, negatif Eh (-) ise tersi bir etki göstermektedir (Abraham *et al.*, 2007).

Hava gıda ürünü için oksitleyici bir ortamdır ve MAP'ta oksijeni gidermek için nitrojen (nötr bir gaz) kullanılır. Bu durumda, Eh (+) değerlerde yani oksitleyici durumda kalır. Ancak hidrojen düşük konsantrasyonlarda bile indirgeyici etkisi yüksek bir maddedir. Bu şekilde Eh'nin (-) değerlere düşmesini sağlar. Bu yüzden redüksiyon potansiyelini değiştirmek için indirgen gaz kullanımı, gıda ürünlerinin kalitesini artırmak için olası bir yoldur. Yapılan çalışmalarda Eh parametresinin mikroorganizmaların hücresel fizyolojisinde önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir (Kligler and Guggenheim, 1938; Pearson and Walker, 1976). İndirgen katkı maddeleriyle (elektron alıcıları); Eh parametresine müdahale edilerek düşürülmüş ve bozulma reaksiyonları engellenmiştir (Abraham *et al.*, 2007; Martin *et al.*, 2009, 2010, 2011; Ebel *et al.*, 2011). Ayrıca elektro-redüksiyon metodu ile Eh değiştirilerek süt üzerinde araştırmalar yapılmış ve bunun sonucunda, Eh parametresinin mikroorganizmalar üzerinde etkisinin kullanılmasıyla, aroma gelişimi sağlanmıştır (Bolduc *et al.*, 2006; Schreyer *et al.*, 2008).

Daha önce Eh parametresinin mikroorganizmalar üzerinde önemli bir etkisi olduğu belgelenmiştir (Gram *et al.*, 2002). Bu etkisi daha önceki çalışmalarda süt ürünlerinde, turşuda ve ekmeğin mayalanmasında aromanın gelişimi ve raf ömrünün arttırılması için kullanılmıştır. Martin *et al.*, (2011); yoğurt üretimi sırasında Eh'nin kullanımı ile aroma oluşumunun kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir. Riondet *et al.*, (2000); süt üzerinde yaptığı çalışmada pH'ya bağlı olarak indirgeyici koşullar altında (Eh=50mV pH=7.0) ORP değerinin düşürülmesi ile E. coli'nin enerjisiz kalmasına sebebiyet verdiğini ifade etmiştir. Cachon *et al.*, (2002); fermente süt ürünleri üretiminde laktik starter aktivitesi için mikroorganizma kullanımını büyük önem taşıdığını ve benzer şekilde Eh parametresi ile mikroorganizma aktivitesinin belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

İndirgen atmosferde paketleme (İAP) taze meyvelerin muhafazasında yeni bir depolama yöntemidir. Bu yöntem Türkiyede ilk olarak Duried Alvazeer tarafından İğdır üniversitesi Redoks uygulamaları Araştırma Merkezinde çalışılmaktadır. İndirgen atmosfer paketleme yönteminde ürünün solunum ve etilen üretiminin kısıtlanmasına ek olarak, indirgen gaz olan H_2 'nin belli konsantrasyonda kullanılmasıyla Eh değerinin negatif değerlere düşürülmesi ve olumsuz oksidasyon ile meydana gelen bozulmaların önlenmesi amaçlanmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. İndirgen atmosfer paketleme (İAP) ile çileğin depolanma prensibi

İndirgen atmosfer paketlemede; hidrojen (H_2), nitrojen (N_2) ve karbondioksit (CO_2) gazları kullanılır ve bu gazların kullanılmasının avantajı, mikroorganizmalar için doğrudan toksik olmamalarıdır. Bu gazların kullanımları avrupa düzeyinde yetkilidir ve güvenlik sorunları yoktur.

Nitrojen (N_2): Kokusuz, renksiz, tatsız, toksik ve yanıcı değildir. Yetkili kod numarası E941 dir. Paketlenmeden önce oksijeni uzaklaştırmak için kullanılır. Bu şekilde pigmentlerin, şekerlerin, proteinlerin ve yağ asitlerinin bozulmasını içeren oksidatif olayları önler. Ayrıca nakliye sırasında yiyeceklerin hızlı dondurulması ve soğutulması için kullanılır.

Hidrojen (H_2): Renksiz, kokusuz ve bilinen hiçbir toksik etkiye sahip olmadığından gıdada kullanılabilir. Sıvı yağların hidrojenasyonu ve margarin, fıstık yağı gibi katı ürünlere dönüşümü için gıda endüstrisinde uzun süredir kullanılmaktadır. Hidrojen, çözelti içinde çok düşük konsantrasyonlarda bile güçlü bir redüktördür.

2.4.1. Hidrojen güvenliği

Sadece bir proton ve elektrondan oluşan hidrojen, evrendeki atomların %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Hidrojen renksiz, kokusuz, metalik olmayan, tatsız, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Tüm elementler içinde en hafif elementtir. Herhangi bir sızıntı halinde odanın köşelerine doğru dağılarak seyreltilir. Hidrojenin patlama sınırı havada hacimce %4-75 (v/v) arasındadır (Anonymous, 2017; Crowl and Jo, 2007; Najjar, 2013). Hidrojenin hızlı bir şekilde yükselme eğilimi ve hafif olması göz önüne alındığında hacminin hava içinde %4'ten (v/v) fazla olmayacağı görölmektedir.

Hidrojen, petrokimya ve kimya endüstrilerinde ve elektroniğin, çelik üretiminin, cam yapımının ve gıda hidrojenasyon endüstrilerinde yetmiş yıldan uzun süredir kullanılmaktadır. Enerji uygulamalarında, hidrojenin en önemli kullanımı uzay programlarında olmuştur. Çalışmamızda hidrojenin indirgen özelliği gıdaları paketleme sisteminde kullanılmıştır. Paketleme sistemlerinde H₂ kullanımı Türkiye'de ilk defa İğdir Üniversitesi Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi laboratuvarında tasarlanmıştır. Bu çerçevede hidrojenin güvenli şekilde taşınması ve kullanması için özelliklerinin bilinmesi ve kurallara uyulması gerekmektedir. Bu taktirde hidrojen kullanımını herhangi bir tehlike arz etmemektedir.

Hidrojen temiz ve kokusuz olduğu için sızması gazolin veya diğer yakıtlara göre daha az fark edilecektir. Hatta yanan hidrojenin alevi görülmez. Bu ve diğer nedenlerden ötürü, sanayilerde hidrojen sızıntılarını tespit etmek için hidrojen sensörleri geliştirilmektedir (Buttner *et al.*, 2011). Buna örnek olarak, kükürt gibi kokulu bir maddenin, renklendiricinin veya her ikisinin hidrojene eklemesi yapılabilir (Dincer, 2002).

Hidrojenin güvenlik sıralamasında propan ve metanın (doğal gaz) arasında yer aldığı belinmektedir. Dünyada hidrojen gazı, yakıt pili teknolojisi ile konutlarda ısıtma amaçlı, doğrudan elektrik üretici olarak, taşıt araçlarında ve savunma sanayinde kullanılmaktadır. Hâlihazırda, hidrojen yakıtı ile Japonya'nın bazı kentlerinde, evlerinde elektrik üretiminin yapıldığı ve ısınmanın buna dayalı olarak gerçekleştirildiği görölmektedir (Ün, 2007). Hidrojenin boru hatları ile evlere kadar ulaştırılması olanaklı olup, bu konuda projeler geliştirilmekte ve doğalgaz hatlarından yararlanılması

tasarlanmaktadır. Günümüzde elektrik insanoğlunun vazgeçilmez ihtiyacı durumundadır. Bir dakika bile elektriğin kesilmesi hayatın durmasına neden olmaktadır. Bunun olmaması için alternatif olarak hidrojen devreye girebilmektedir. Hatta daimî olarak kullanılabilir. Hidrojen devreye girebilmektedir. Hatta daimî olarak kullanılabilir.

Hidrojen içeren herhangi bir yerde patlama meydana gelmesi oldukça düşük bir ihtimaldir. Yakıtlar içerisinde hidrojen, birim depolanan enerji başına en düşük patlama enerjisine sahiptir. Belirli bir hacimdeki hidrojen, aynı hacimdeki gazolin buharından 22 kat daha az patlama enerjisine sahiptir (Barbir *et al.*, 2003; Veziroğlu, 2003). Ayrıca, patlama için yakıt/hava oranı hidrojen için %13-18 dir (Ün, 2007) ve bu oran doğalgazın sahip olduğu orandan 2 kat, gazolinin sahip olduğundan 12 kat büyüktür. Oksijen gibi bir oksitleyici en az %10 saf oksijen veya %41 hava konsantrasyonunda ortamda bulunmalıdır (Anonymous, 2017).

Hidrojen alevleri düşük radyan ısıya sahiptir ve düşük ısı seviyelerini yaydığı için ikincil yangın riski daha düşüktür. Kontrol edilmesi kolaydır. Herhangi bir kaçak anında hidrojenin tutuşma sınırı (çok düşük) gazolin gazından 4 kat, propan gazından 1,9 kat ve doğal gazdan da daha düşüktür. Böylece hidrojenin geniş bir derişim aralığında düşük tutuşma sıcaklığı ve tutuşturulduğu özellikle garaj gibi kapalı mekanlarda yangın tehlikesini azaltır (Anonymous, 2017 ; Ün, 2007; Najjar, 2013).

Hidrojen gazı, yıllardır gıda endüstrisinde margarin imalatı için kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde hidrojen gazının bu şekilde uygulanması, gıda standartları organizasyonları tarafından, E 949 kodu ile itici gaz kategorisinde, gıda katkı maddesi olarak da onaylanmıştır (Martin *et al.*, 2013). Yayınlanmış bazı makaleler, portakal suyunda bulunan C vitamini içeriğinin muhafaza edilmesi (Alwazeer *et al.*, 2003) ve çoklu doymamış yağ asitleri ile zenginleştirilmiş olan süt ürünlerinin depolama esnasında renk ve antioksidan özelliklerinin korunması için, %4'ten daha az orandaki hidrojenin, nitrojen ile birlikte kullanımını öne sürmüştür (Giroux *et al.*, 2008). Hidrojenin havada alev alabilirlik düzeyinin, %4-75 oranları arasında (Crowl and Jo, 2007); normal sıcaklık ve atmosfer ortamında patlayabilme sınırlarının ise %18,3-59 arasında olduğu belirtilmiştir (Najjar, 2013). Bu sebeple, çalışmalarımızda, hidrojen oranı %4'ün altında kullanılmıştır. Hidrojenin belirtilen son oranlarının, hidrojen ve hava karışımı için hesaplandığını söylemek oldukça önemlidir ve yapılmış olan bir

çalışma; nitrojen ile seyreltilmiş hidrojenin, normalleştirilmiş kütle yanma oranını ve alev alma indeksini dolayısıyla hidrojenin patlama riskini düşürdüğünü göstermişlerdir. Yani, hidrojenin nitrojen ile seyreltilmesi (çalışmamızda olduğu gibi), patlama riskini azaltmaktadır (Najjar, 2013).

2.4.2. Maliyet analizi (Fizibilite raporu)

Fizibilite raporu; yapılan yatırımın, projenin başlangıç safhasından itibaren tüm olasılıkların hesaplanarak riskler, satış potansiyeli, müşteri potansiyeli ve yaklaşık maliyetlerin hesaplanması sonucunun raporlanmasıdır. Kısaca fizibilite raporu “yapılan bir işin sonuçlarının önceden bilinmesi” dir.

Gaz maliyetleri 40 lt için:

- CO₂ gazı için 150 tl
- N₂ gazı için 150 tl
- H₂ gazı için 575 tl

Toplamda 875 tl.

Makine maliyeti:

- Gaz mikseri için 30.000 tl
- Paketleme makinası için 35.000 tl
- Tüp CO₂ gazı için 1.300 tl
- Tüp N₂ gazı için 2.000 tl
- Tüp H₂ gazı için 1.625 tl

Toplamda 69.925 tl.

Diğer maliyetler:

- Paket tane fiyat içi 0,15 tl
- Film birim fiyatı için 0,035 tl

Mazemeler Semih Çokay plastik ve ambalaj sanayiden temin edilmektedir.

1 paketteki gazın toplam maliyeti:

$15 \times 5 \times 10 = 750 \text{ cm}^3$ bir paketteki toplam hacim

Paket içindeki gaz miktarı

Kullanan gaz hacmi = paket hacmi – ürün hacmi (2.1)

$$750 \text{ cm}^3 - 500 \text{ cm}^3 = 250 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \%10 \text{ CO}_2 + \%4 \text{ H}_2 + \%86 \text{ N}_2 &= 25 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 + 10 \text{ cm}^3 \text{ H}_2 + 215 \text{ cm}^3 \text{ N}_2 \\ &= 0,0025 \text{ lt CO}_2 + 0,01 \text{ lt H}_2 + 0,215 \text{ lt N}_2 \end{aligned}$$

1 paketteki toplam gaz maliyeti:

$$\text{CO}_2 = 0,0094 \text{ tl}$$

$$\text{H}_2 = 0,148 \text{ tl}$$

$$\text{N}_2 = 0,806 \text{ tl}$$

$$0,0094 + 0,148 + 0,806 = 0,96 \text{ tl}$$

1 paketteki toplam maliyet:

Toplam gaz maliyeti için 0,96 tl

Poliestilen film fiyatı için 0,087 tl

Paket fiyatı için 0,15 tl

$$0,91 + 0,087 + 0,15 = 1,20 \text{ tl}$$

İAP az iş gücü gerektirmesi, kullanılan ekipman ve malzemelerin maliyetinin önlenildiği düşünüldüğünde İAP gıda endüstrisine oldukça kazanç sağlayacak bir tekniktir.

2.5. Kaynak Araştırması

Çilek klimakterik olmayan bir meyve olması nedeniyle, meyve rengi ve lezzeti açısından maksimum kaliteye ulaşmak için tam olgunluk döneminde hasatı yapılmalıdır (Cordenunsi *et al.*, 2003). Ancak çilek, yüksek solunum hızı ile kimyasal fiziksel mikrobiyolojik bozulmalara karşı oldukça hassas bir meyve olmasından dolayı raf ömrü kısadır. Çileğin kalitesini korumak ve çürümesini kontrol etmek için en yaygın yöntem, hasat sonrası hızlı soğutma ve düşük sıcaklıklarda depolamaktır. Çileğin taşınması ve depolanması sırasında sıcaklığın etkin bir şekilde kontrol edilmesi zordur ve uzun süre korunması için soğutma tek başına yeterli değildir. Bu yüzden soğutma yöntemine ek olarak başka koruma yöntemleri araştırılmıştır. Yüksek CO₂ atmosferrinde depolama,

raf ömrünü uzatmak için alternatif bir koruma yöntemi olmuştur. Her ne kadar yüksek CO₂ çürümeyi engellese de (El-Kazzaz *et al.*, 1983) yüksek CO₂ gazına uzun süre maruz kalması kötü tat oluşumuna neden olabilir (Woodward and Topping, 1972). El-Kazzaz *et al.*, (1983) farklı çilek çeşitlerinde, farklı şartlarda [hava+C₂H₄ 20µl/L, hava+%15 CO₂, hava+%10 CO₂, (kontrollü atmosfer)+%2,3O₂+%5 CO₂, (kontrollü atmosfer)+C₂H₄ 20µl/L ve (kontrollü atmosfer)+%10 CO₂] olmak üzere yapay atmosferler geliştirerek depolamış ve aşırı CO₂ gazı kullanımı ile meydana gelen tehlikelerin azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Çilek etrafındaki atmosfer değiştirilerek KA ile depolama yapılmış ve kalite parametrelerindeki değişimler takip edilmiştir. Yapılan çalışmalarda yüksek orandaki CO₂ gazı ile KA'da muhafaza edilen çileklerin doku sertliği daha uzun süre korunmuştur (Smith, 1992; Goto *et al.*, 1996; Jouki and Khazaei, 2014). Ptocharski, (1982) ve Goto *et al.*, (1996) meyve yüzeyinin CO₂ ile işleme tabi tutulmasının, suda çözünür fazda ekstrakte edilen pektin miktarını azalttığını ve amonyum ile çözünen fazda ekstrakte edilen pektin miktarını arttırdığını belirtmişlerdir. Genel olarak, CO₂ gazının meyvelerdeki sertliği muhafaza etmesi hakkında kesin bir sonucuna varılmamakla birlikte, komşu hücreler arasındaki yapışma, hücre kırılabilirliği ve dahili turgor basıncını içeren bir dizi diğer hücresel özellikler ile ifade edilmiştir (Harker and Hallett, 1992, 1994; Harker and Sutherland, 1993).

Smith (1992), %0-18 CO₂ ve %15-21 CO₂ içeren kontrollü atmosferlerde 18 saat boyunca depolamış çileklerde %15 CO₂ oranının üzerinde meyve dokusunun %48 daha sık olduğunu belirtmiştir. Harker *et al.*, (2000) 'Pajaro' çileklerini (*Fragaria x ananassa Duch.*) 3 gün boyunca %5-40 oranında CO₂ gazı ile muamele etmiş ve bunu takiben çilekleri normal havada 3 hafta soğukta (0°C'de) depolamış ve devamında bu CO₂ gazının çilek meyvesine etkisini anlamak için sıcaklık taramalı elektron mikroskobu kullanılarak meyve yüzeyini incelemişlerdir. Daha sonra Harker *et al.*, CO₂ gazının etkisinin bir sonucu olarak hücrelerin birbirine yapışmasının %60 arttırdığını gözlemlemiş ve çilekte CO₂ kaynaklı sertliğin korunmasındaki sebebin meyve hücrelerindeki pH değerinin CO₂ ile doğrudan bağlantılı olması ile açıklamışlardır. pH'daki bu değişim, çözünür pektinlerin çökmesini ve artmasını sağladığı ve dolayısıyla çilek meyvesinde hücre-hücre bağını güçlendirebildiğini belirtilmiştir.

Larsen and Watkins (1995) kontrollü atmosfer ortamında depoladıkları pajora çileklerinin (*Fragaria x ananassa Duch.*) CO₂ konsantrasyonunu %24'e kadar yükseltip O₂ konsantrasyonunu ise %1 den düşük seviyelere getirmişler ve 3. günden sonra yüksek CO₂ konsantrasyonunun meyve yüzeyinin sertliğini daha iyi koruduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak %20 üzeri CO₂ konsantrasyonlarında çilekte kötü tat oluşumu gerçekleşmiş ve 7 gün sonra bu kötü tat oluşumu kalıcı hale gelmiştir. Meyvelerdeki bu kötü tat oluşumu, depolamada kritik CO₂ seviyesi aşıldığında oluşan etil asetat ve etanol konsantrasyonlarındaki artışın belirtisi olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, Larsen and Watkins, (1995); en yararlı atmosferin %20 CO₂ ve %2 O₂ kombinasyonları ile kapalı ortamda olduğunu ve bu konsantrasyonlarda depolama ile çilekte daha sert tekstür özelliğinin olduğunu, olgunlaşmanın yavaşlatıldığı, kötü tat oluşumunu engellediğini belirtmişlerdir.

Bunun üzerine Ke *et al.*, (1994), KA'da yüksek CO₂ oranlarının uçucu bileşiklere ve fermantasyon bileşiklerine etkisi incelemek için 'Chandler' çileklerini (*Fragaria ananassa Duch*) 5°C'de 1-7 gün süreyle depolamışlardır. Sonuç olarak, KA ile depolamanın, çileklerde etil esterlerin biyosentezini yönlendiren etanol birikimine neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun üzerine araştırmacılar, CO₂ gazının daha düşük oranlarda kullanılabileceği MAP yöntemini geliştirmişlerdir. Bu ve diğer çalışmalara göre (Kader, 1992) dayanılarak, çilek ve üzümdeki çürümeden MAP'ın küfü sorumlu tutulacağı gözükmemektedir. Küflenmenin önlenmesi için sentetik fungusitler bozulmayı önleyebilir, ancak onkojenik bir risk oluşturabileceği için hasat sonrası kullanımdan vazgeçilmiştir (Wilson *et al.*, 1991). Bu nedenle karbondioksit ile modifiye edilmiş atmosferler çürümeye bağlı kaybedilen meyve miktarını azaltmak için hasat sonrası teknolojilerde kullanılmıştır.

Moyle *et al.*, (1996) üzümün ve çileklerin fümigasyon depo çukurlarını azaltarak raf ömrünü arttırmak için asetik asit buharını MAP tekniği ile birleştirmişler ve bunun neticesinde asetik asit buharı ve indirgenmiş O₂ seviyelerinde depolanan çileklerde çürümenin %89 oranında azaltıldığını belirtmişlerdir.

Hasat sonrası depolama, meyve ve sebzelerde antosiyanin, fenolik bileşik seviyelerini ve antioksidan kapasitesini etkileyebilmektedir. Holcroft and Kader, (1999) çileklerin normal hava ile 10 güne kadar depolandığında antosiyaninlerin ve diğer

fenolik asitlerin arttığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada Holcroft and Kader, yüksek CO₂ gazı ile kontrollü bir atmosferde depolanan çileklerin normal hava ile depolanan çileklerden daha az antosiyanin ve diğer fenolik bileşik biriktirdiğini belirtmişlerdir. pH, antosiyanin pigmentinin renk ifadesini etkilediğinden, renkte gözlemlenen değişikliklere katkı sağlamaktadır. Bu değişim yüksek CO₂ atmosferinde düşen pH ile birlikte fenolik bileşiklerin ve antosiyaninlerin sentezinde yer alan enzimlerin aktivitesinin düşmesi ile açıklanabilir (Holcroft *et al.*, 1998).

Bu çalışmalar sonrasında araştırmacılar artan teknolojik gelişmelerle birlikte MAP'ye ek olarak yeni teknikler kullanmışlardır. Van Der Steen *et al.*, (2002) yüksek (21 kPa) O₂ atmosferinde paketlenerek depoladıkları çilek ve ahududu meyvelerinde 5 gün boyunca, kötü tat ve kokunun çok fazla oluşmadığını ve yüksek (21 kPa) O₂ atmosferinin mikrobiyolojik bozulmayı engellediğini belirtmişlerdir.

Ayala-Zavala *et al.*, (2004) farklı sıcaklıklarda (0°C, 5°C ve 10°C'de) depoladıkları çilek meyvesindeki toplam antosiyanin, toplam fenolik bileşiklerin, aroma ve antioksidan kapasitesindeki (Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi, ORAC ölçülmüştür) etkisini araştırdıkları çalışmada, 10°C ve 5°C'de depolanan çileklerin toplam fenolik, antosiyanin ve antioksidan kapasitesinin 0°C'de depolanan çileklerden daha yüksek olduğunu ancak toplam kaliteye dayalı raf ömrünün 0°C'de depolanan çileklerin 5°C ve 10°C'de depolananlara göre daha uzun olduğunu belirtmektedirler.

Zheng *et al.*, (2007) normal havada ve yüksek oksijenli O₂ (40, 60, 80 veya 100 kPa) atmosferlerde depoladıkları çileklerin çürüme ile birlikte toplam fenolik, antosiyanin içeriğini ve antioksidan kapasitesini araştırmışlardır. Sonuç olarak; oksijenin 60 kPa'dan daha yüksek konsantrasyonlarda depolanan çileklerin antioksidan aktivitesi ORAC değerlerinde, toplam fenolik ve antosiyanin miktarında artışa sebep olmuş ve bu etki uzun süreli depolama ile azalmıştır.

Almenar *et al.*, (2007) mikro delikli filmler kullandığı MAP'te %20 CO₂ gazı kullanımının *B. cinerea* miselyumlarının büyümesinde %50 inhibisyon sağladığını gözlemlemişlerdir.

Campaniello *et al.*, (2008) taze kesilmiş çilekleri %1 kitosan solüsyonu ile muamele ederek yüksek (%80) ve düşük (%5) oksijen oranına sahip atmosferlerde

depolamışlardır. Sonuç olarak, kitosan kaplamanın çileklerde her iki atmosferde de mikroorganizmaların büyümesini engellediğini ve özellikle renkte önemli ölçüde korunma sağladığını gözlemlemişlerdir.

Nielsen and Leufve (2008), yapmış oldukları çalışmada Honeoye ve Korona çileklerinin kalitesinin daha uzun sürmesi için PP kaplarında, 5°C'de ve 10 gün boyunca değiştirilmiş atmosferde (%11-14 O₂ ve %9-12 CO₂) depolanabileceğini belirtmişlerdir.

Jouki and Khazaei, (2014) düşük-doz gama ışınlamasının, (1 kGy) farklı atmosferde (EMAP1: CO₂ %10: O₂ %5, N₂ %85 ve EMAP2: CO₂ %5: O₂ %10; N₂ %85), depolanan çileklerin kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak, aktif EMAP1'de muhafaza edilen çileklerin, hava ve EMAP2 konsantrasyonları ile depolanan çileklere göre görünümünü daha iyi koruduklarını ve ışınlama ile birlikte EMAP1'deki çileklerin hasat sonrası ömrünü mantar saldırısı veya dış görünüşündeki herhangi bir değişiklik olmadan 14 güne yükselttiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çilek meyvesinin temin edilmesi

Çalışmada kullanılan çilekler; 2017 yılının Mayıs ayında, Iğdır ilinin Melekli ilçesinden temin edilmiştir. Bu çileklerin hacmi küçük veya orta irilikte olup rengi ise parlak koyu kırmızıdır. Bu meyvelerin hasat tarihleri iklime göre değişmekle birlikte Mayıs ayının artasından Eylül ayına kadardır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan çileklerin tarladaki görüntüsü

3.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler

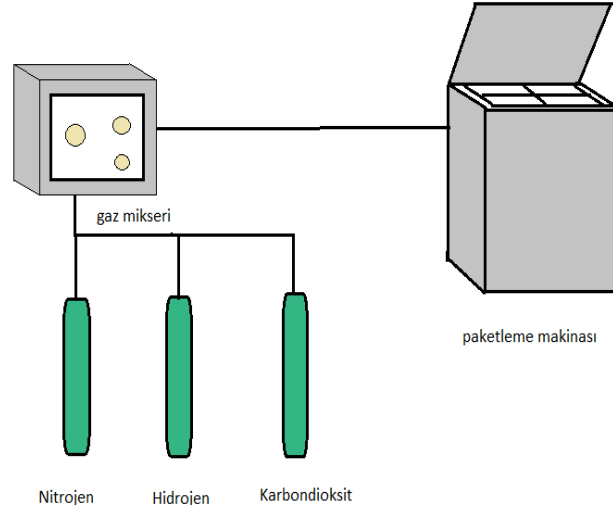
Çizelge 3.1. Çalışmalarda kullanılmış olan kimyasalların adı, formülü ve markası

Kimyasal Adı	Kimyasal Formülü	Kimyasal Markası
DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)	$C_{18}H_{12}N_5O_6$	Sigma Aldrich
ABTS [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)]	$C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$	Sigma Aldrich
Metanol	CH_3OH	Sigma Aldrich
Hidroklorik Asit	HCl	Sigma Aldrich
Sodyum Asetat	$C_2H_3NaO_2$	Sigma Aldrich
Potasyum Persülfat	$K_2S_2O_8$	Sigma Aldrich
Askorbik Asit	$C_6H_8O_6$	Sigma Aldrich
Troloks [(±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid]	$C_{14}H_{18}O_4$	Sigma Aldrich
Etanol	C_2H_5OH	Sigma Aldrich
Folin-Ciocalteu's (sodium 1,2-naphthoquinone-4-sulfonate)	$C_{10}H_5NaO_5S$	Sigma Aldrich
Sodyum Karbonat	Na_2CO_3	Sigma Aldrich
Gallik Asit	$C_7H_6O_5$	Sigma Aldrich

3.1.3. Paketlemede kullanılan alet ve cihazlar

İAP'de kullanılan alet ve cihazlar, Iğdır Üniversitesi Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi laboratuvarında var olan alet ve cihazların yanında yeni tasarlanmış alet ve cihazlardan oluşmaktadır. Bu alet ve cihazlar aşağıda verilmiştir.

- Nitrojen (N₂) gaz tüpü
- Karbondioksit (CO₂) gaz tüpü
- Hidrojen (H₂) gaz tüpü
- Gaz mikseri (Dansensor, Norveç)
- Paketleme makinası (LİPOVAK Kv600 otomatik Türkiye)
- Paket (PS)
- Paket filmi (PE)



Şekil 3.2. İndirgen atmosfer paketleme sisteminin şematik görüntüsü

İndirgen atmosferde paketlemenin çalışma prensibinde; belirlenen oranlardaki gazlar gaz mikserine aktarılır. Bu karışım halindeki gazı otomatik paketleme makinası kaplara doldurur ve yeterli basınç değerine ulaşıldığında pistonlar paket filmi ile paketi ısı etkisi ile birleştirerek sızdırmaz mühürlemeyi gerçekleştirir (Şekil 3.1).

Bu çalışmada kullanılan polistren paketleme kaplarının (Çokay Plastik, Türkiye) iç tabakası polietilen ile kaplanmış ve boyutları 10×5×15 cm şeklindedir. Ambalajlamada kullanılan gıda tipi film; 10-40 mikron kalınlığında olup şeffaf, su, nem ve hava geçirmez özelliktedir.



Şekil 3.3. İndirgen atmosfer paketleme sistemine ait fotoğraf

3.1.4. Diğer alet ve cihazlar

Çizelge 3.2. Çalışmalarda kullanılmış olan cihazların adı ve marka/modeli

Cihaz Adı	Cihaz Marka/Model
Hassas Terazi (1)	Shimadzu-ATX224, Japonya
Hassas Terazi	AND, FZ-5000i, Japonya
Homojenizatör	IKA Ultra Turrax, T18, Almanya
Manyetik Karıştırıcı	IKA RH Basic 2, Kore
Multiparametre Ölçüm Cihazı (pH/Redoks)	Consort, C3040, Belçika,
Otomatik Pipet	Eppendorf, ABD
Refraktometre	Boeco Digital Abbe Refractometer, BOE 32400, Almanya
Saf Su Cihazı	Milipore-112, ABD
Santrifüj	Healforce, Neofuge 23 R,Çin
Spektrofotometre	Thermo Scientific, AQ 8000, Çin
Tekstür Analiz Cihazı	Model TA-XT2, Stable Microsystems, Surrey, İngiltere
Renk ölçüm cihazı	Konica Minolta, CR- 410, Tokyo, Japonya
Ultra Saf Su Cihazı	Millipore Direct Q 3, ABD
Vorteks	Wisemix WM-10, Kore

3.2. Metot

3.2.1. Paketleme işlemi

Ön işlem olarak; kullanılacak olan paketlerin iç ve dış yüzeyleri etil alkol (%76) ile dezenfekte edilmiş ve ardından paketler ultraviyole (UV) ışık şartlarında 15 dakika süreyle yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Daha sonra çilekler 250-300 g olacak şekilde dezenfekte edilmiş olan paketleme kaplarına (PE/PS) konulmuş ve paketleme işlemine alınincaya kadar soğutucu şartlarında ($+4\pm 1^{\circ}\text{C}$) bekletilmiştir.

Paketleme işleminde ise N_2 , CO_2 , H_2 gazları, gaz mikseri ile farklı konsantrasyonlarda karıştırılarak paketleme makinasına gönderilmiştir. Çileklerin bulunduğu kaplar (PE/PS), paketleme makinasında polietilen (PE) filmle otomatik olarak paketlenmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3).

Paketlenmiş olan çilekler, daha sonra analizleri yapılmak üzere soğutucu şartlarında ($+4\pm 1^{\circ}\text{C}$) İAP1: %5 CO_2 , %4 H_2 , %91 N_2 , İAP2: %10 CO_2 , %4 H_2 , %86 N_2 , MAP1: %5 CO_2 , %95 N_2 , MAP2: %10 CO_2 , %90 N_2 ve kontrol olmak üzere 5 farklı uygulama ile 12 hafta boyunca depolanmıştır.



Şekil 3.4. Çilek meyvesinin paketlenmesi

3.2.2. Fiziksel analizler

3.2.2.a. Suda çözünür kuru madde ($^{\circ}\text{Briks}$) ve pH analizi

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve pH tayini için paketlerden 10 tane çilek alınarak macun kıvamına getirilmiş ve Whatman No:4 kağıdından geçirilerek çilek suyu elde edilmiştir. Çilek suyunun SÇKM değeri, refraktometre (Boeco Digital Abbe Refractometer, BOE 32400, Almanya) ile tespit edilmiş ve sonuç 20°C 'de $^{\circ}\text{Briks}$ olarak

ifade edilmiştir. pH değeri de yine 20 °C’de multiparametre ölçüm cihazı ile (Consort C3040 Belçika) tespit edilmiştir.

3.2.2.b. Redoks potansiyeli (Eh) analizi

Redoks potansiyeli (Eh) ölçümünde multiparametre cihazı (Consort C3040 Belçika) kullanılmış ve ölçüm öncesinde Eh probu, kalibre olması için aliminyum oksit (Al_2O_3) ile temizlenmiştir. Eh ölçümü; 12 hafta boyunca, İAP2 (%10 CO_2 , %4 H_2 , %86 N_2) paketlerine ait gaz içeriğinin, plastik bir ince boru yardımıyla 20 ml suya aktarılması ve suyun Eh değerinin ölçülmesiyle gerçekleştirilmiştir (Alwazeer, 2003).

3.2.2.c. Renk analizi

Renk analizinde Uluslararası Renk Belirleme Komisyonu (CIE) sisteminin belirlediği L^* , a^* , b^* değerleri, renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, CR-A501, Tokyo, Japonya) ile tespit edilmiştir. Analiz öncesinde renk ölçüm cihazı, standart beyaz yansıtıcı levha kullanılarak kalibre edilmiştir.

L^* : parlaklık

a^* : yeşil (-)/kırmızı (+)

b^* : sarı (-)/mavi (+)

ΔE : toplam renk değişimi

(ΔE), L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinden hesaplanmıştır (Dadalı, Apar and Özbek, 2007).

i=ilk değer

f=(final) son değer olmak üzere;

$$\Delta E = [(L^*i - L^*f)^2 + (a^*i - a^*f)^2 + (b^*i - b^*f)^2]^{0,5} \quad (3.1)$$

3.2.2.ç. Tekstür (doku) analizi

Çilek meyvesinin sertliği, 2 mm çaplı silindir penetrasyon probu ve tekstür analiz cihazı (Model TA-XT2, Stable MicroSystems, İngiltere) ile delinmeye karşı direnci belirlenerek ölçülmüştür. Test parametreleri şu şekildedir; pre-speed ve post-speed 5 mm/s, test hızı 1 mm/s ve penetrasyon mesafesi ürüne göre değişkenlik

göstermektedir. Bu analizde her sonuç için 9 ölçüm yapılmış ortalaması alınmıştır (Cui *et al.*, 2008; Deng and Zhao, 2008).

3.2.2.d. Kütle kaybı analizi

Paketlenmiş ve kontrol numunelerinin ağırlıkları, hassasiyeti 0,001 g olan elektronik hassas terazi (A&D Company Limited, FZ- 500i, Japonya) kullanılarak 12 hafta boyunca her hafta kaydedilmiştir. Örneklerin ağırlıkça (%) kaybı, aşağıdaki formül kullanılarak ve ürünün başlangıç ağırlığı temel alınarak hesaplanmıştır. W1 ve W2, sırasıyla meyvelerin gram cinsinden başlangıç ve son ağırlıklarıdır (Mangaraj and Goswami, 2011).

$$\text{Ağırlığın fizyolojik kaybı(\%)} = \frac{W1}{W2} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.3. Kimyasal analizler

3.2.3.a. Ekstraksiyon için en verimli çözücünün seçimi

Literatürde ekstraksiyon yöntemleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklarda önemli noktalar çözücü, sıcaklık ve bekleme süresidir. Antioksidan aktivitesinin belirlenmesi için ekstraksiyon yöntemleri, her ürün için farklılık göstermektedir. Çilek fenolik maddeler açısından oldukça zengin bir meyvedir. Bu nedenle çilek meyvesinde antioksidan aktivite belirlenirken antosiyaninlerin ve fenolik maddeleri en iyi şekilde ekstrakte eden çözücünün seçilmesi oldukça önemlidir. Antosiyaninler polar moleküllerdir ve dolayısıyla ekstraksiyonlarda en yaygın kullanılan çözücüler, aseton, metanol ve etanolün sulu karışımlarıdır (Donner *et al.*, 1997; Phippen and Simon, 1998; Cacace and Mazza, 2003; Fossen and Andersen, 2003; Awika, *et al.*, 2005; Amr and Al-Tamimi, 2007; Boulekbache-Makhlouf *et al.*, 2013). Çözücü olarak asidifiye metanol veya etanol en yaygın yöntemler arasındadır (Chandrasekhar *et al.*, 2012). Bu ekstraksiyonları en verimli yapan çözücünün metanol olduğu belirtilmektedir. Örneğin Kapasakalidis *et al.*, (2006) üzüm karışımından antosiyanin moleküllerinin elde edilmesinde metanol ile ekstraksiyonun, etanolden %20 ve sudan %73 daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Metivier *et al.*, (1980) şarap üzümü çekirdeğinde toplam antosiyaninler için asitleştirilmiş metanolün, sulu asetonun daha etkili olduğunu ve daha yüksek değerler verdiğini belirtmişlerdir.

Daha önce kırmızı lahana üzerinde yapılan çalışmada antosiyaninlerin %1 HCl asidifiye metanol çözeltisinde, asidifiye etanolden daha iyi belirlendiğini vurgulamıştır (Chandrasekhar *et al.*, 2012). Miller *et al.*, (2000) antioksidan aktivitenin tespit edilmesi için çözücü olarak metanol kullanmışlardır. Çözücü olarak; Seeram *et al.*, (2006); %0.1 HCl , Oszmiański and Wojdyło, (2009) ve Alonzo-Macias *et al.*, (2013); %1 lik HCl içeren asidifiye methanol çözeltisi kullanmıştır.

Ekstraksiyon verimi, kullanılan çözücünün polaritesi ile üründeki bileşiklere bağlıdır. Buna sebeple, söz konusu bu çalışmada kimyasal analizlerde uygulanmış olan ekstraksiyonda, uygun çözücü ve sıcaklığın belirlenmesi için ön denemeler yapılmıştır. Bunun için dondurularak kurutulmuş (0,01, 0,05, 0,1 g) ve taze (0,5, 1, 2 g) çilekler farklı oranlarda (%0,1, %0,5, %1) HCl içeren %50 asidifiye metanol (v/v) çözeltisi ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. 2 farklı sıcaklıkta (25°C ve 80°C) 2 saat bekletilerek ekstrakte edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en uygun ekstraksiyon şartları şu şekilde belirlenmiştir: Ekstraksiyon çözücüsü; %0,1 HCl içeren (%50) methanol: su, sıcaklık; 25°C ve bekleme süresi; 2 saat. Bununla birlikte çilek meyvesinde ön işlem olarak uygulanan kurutmanın (liyofilizasyon), antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde bir etkisi olmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle yaş ürün kullanılmıştır.

Ekstraksiyon metodu Reddy *et al.*, (2010) referansı dikkate alınarak, bazı ufak modifikasyonlarla aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

- Taze örnekten 1 g tartılarak deney tüplerine alınmıştır.
- Üzeri 10 ml asidifiye metanol (0,1 HCl asit içeren %50'lik metanol) ile tamamlanmıştır.
- Ardından homojenizatörde (1300 rpm/1 dk) homojenize edilmiştir.
- Homojenize hale gelen karışım, 25°C'de 2 saat, ışık almayacak şekilde bekletilmiştir.
- Bu süre sonunda santrifüje (10 000 g/10 °C/15 dk) tabi tutulmuştur.
- Süpernatant alınmış ve önce Whatman No, 4 kağıdında süzüldükten sonra 0,45 µm'lik enjektör uçlu mikrofiltreden geçirilmiştir.
- Elde edilen filtrat, ya hemen kullanılmış ya da -80°C'de analize kadar bekletilmiştir.

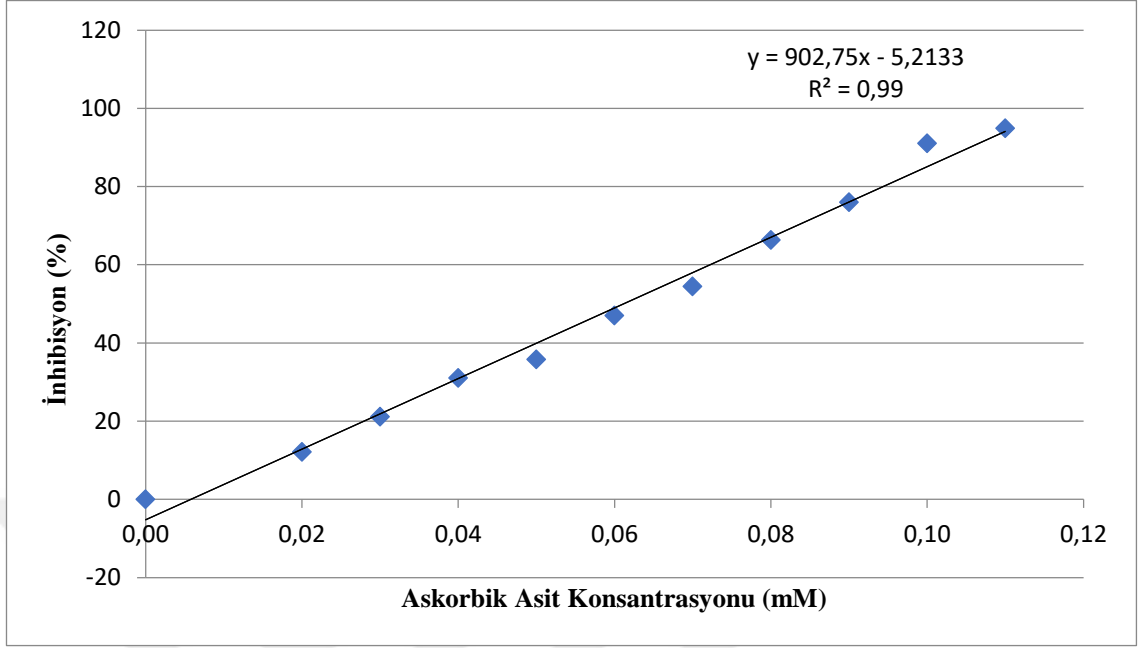
3.2.3.b. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal giderme kuvveti analizi

DPPH analizinde Madrau *et al.*, (2009) referansı dikkate alınarak bazı modifikasyonlarla aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

- 0,06 mM DPPH çözeltisi; 2,4 mg DPPH radikali 100 ml metanol ile tamamlanarak hazırlanmıştır. Hazırlanan DPPH çözeltisinin pH değeri 5,7-5,5 aralığındadır.
- 500 µl örnek ekstrakt 2,500 µl metanolik DPPH çözeltisi üzerine eklenmiştir.
- Elde edilen DPPH solüsyonu-ekstrakt karışımı 90 dk ışık görmeyecek şekilde oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır.
- Spektrometre küvetine alınarak asidifiye metanole karşı 515 nm'deki absorbansları ölçülmüştür. ($A_{\text{örnek}}$)
- Kontrol için DPPH çözeltisi ve asidifiye metanol aynı oranda eklenip absorbans okunmuştur. (A_{kontrol})
- DPPH inhibisyon değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%DPPH = \left[1 - \frac{Abs_{\text{örnek}}}{Abs_{\text{kontrol}}}\right] \times 100 \quad (3.3)$$

- Standart olarak Askorbik asit kullanılmış olup, sonuçlar 1 g kuru maddedeki Askorbik asit eşdeğeri (AE) cinsinden verilmiştir.
- Askorbik asit kalibrasyon eğrisi 0,02-0,11 mM aralığındaki konsantrasyonlar kullanılarak hazırlanmış ve 1:5 oranında DPPH çözeltisi ile 3 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.5. DPPH yöntemiyle elde edilen askorbik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.3.c. ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal giderme kuvveti analizi

Antioksidan metotlarında ABTS analizleri farklılıklar göstermektedir. Djeridane *et al.*, (2006) 4,5 pH'daki sodyum asetat tamponu ile hazırlanan ABTS metodunun standart (pH 7,4) versiyona göre oldukça stabil ve meyve örneklerine kolayca uygulanabilir olduğunu belirtmiştir.

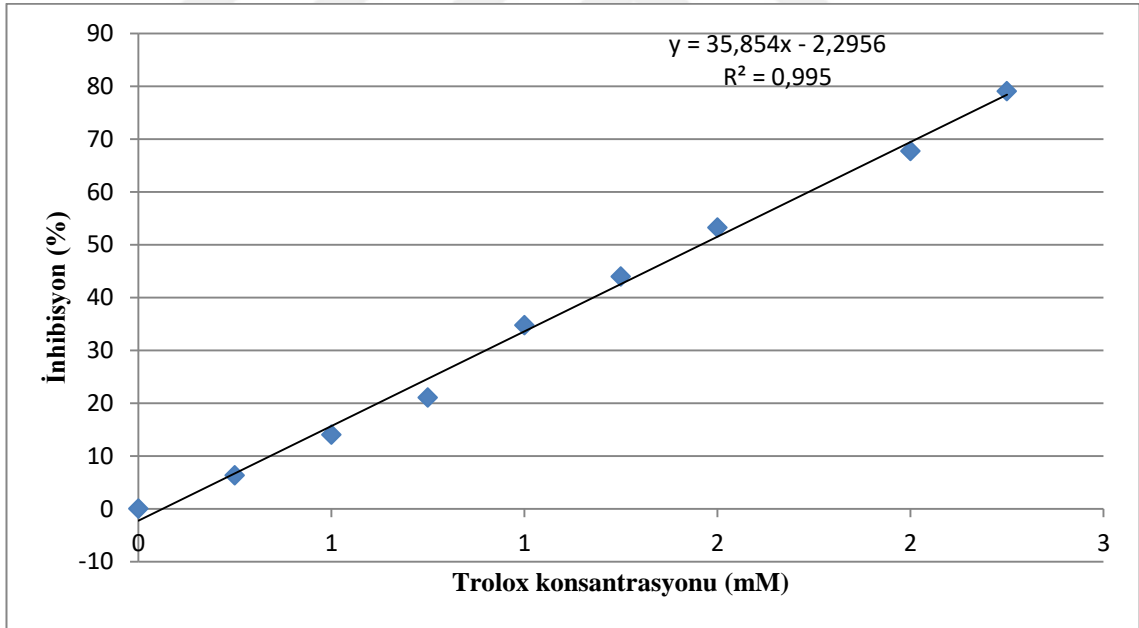
ABTS analizi Ozgen and Reese, (2006) referansı dikkate alınarak, bazı ufak modifikasyonlarla aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

- İlk olarak 2,45 mM potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) içeren 7 mM'lık ABTS çözeltisi hazırlanmış ve 12-16 saat süreyle oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir.
- 20 mM sodyum asetat ($C_2H_3NaO_2$) çözeltisi hazırlanmış ve 0,1 N'lik HCl asit ile pH değeri 4,5'e ayarlanmıştır.
- Hazırlanan ABTS solüsyonu, 20 mM'lık asidifiye sodyum asetat ($C_2H_3NaO_2$) ile spektrofotometrede 734 nm'de absorbansı $0,700 \pm 0,01$ nm oluncaya kadar seyreltilmiştir.

- Çilek ekstraktlarından 40 µl alınarak 1960 µl seyreltik ABTS solüsyonu ile karıştırılmış ve 5 dk sonunda spektrofotometrede 734 nm'deki absorbans değeri kaydedilmiştir.
- Kontrolde örnek yerine asidifiye metanol kullanılmıştır.
- ABTS inhibisyon değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%ABTS = \left[1 - \frac{Abs_{örnek}}{Abs_{kontrol}}\right] \times 100 \quad (3.4)$$

- Standart olarak Troloks kullanılmış olup, sonuçlar 1 g kuru maddedeki Troloks eşdeğeri (TE) cinsinden verilmiştir.
- Troloks kalibrasyon eğrisi, 0-2,5 mM arasındaki konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.5).

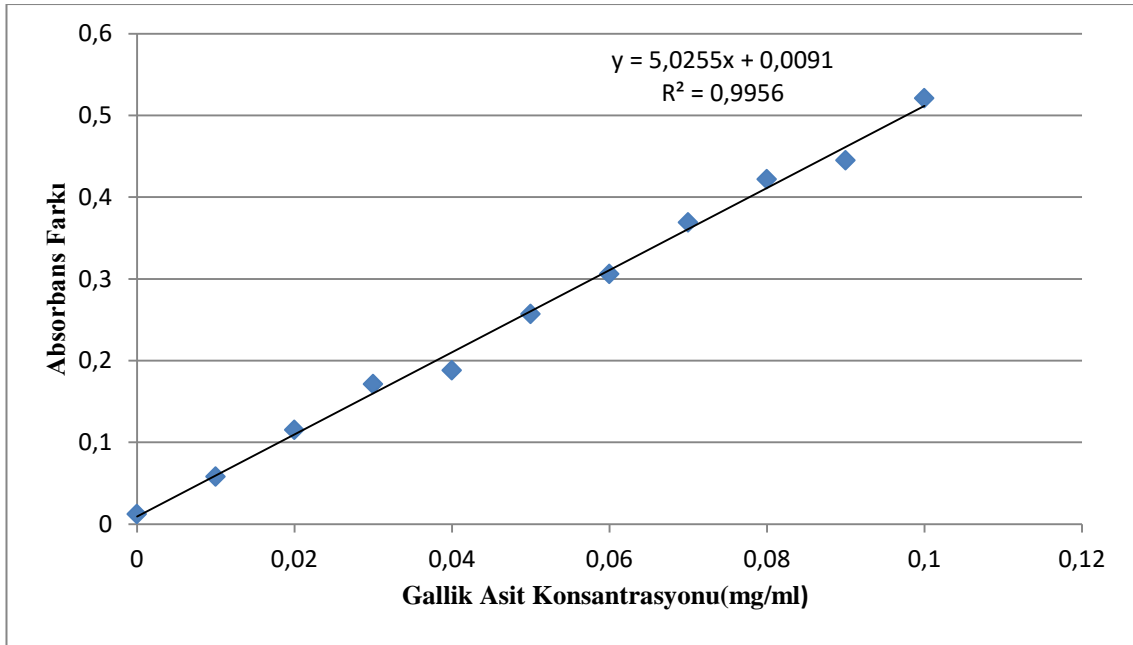


Şekil 3.6. ABTS/persülfat yöntemiyle elde edilen Trolox kalibrasyon eğrisi

3.2.3.ç. Toplam fenolik madde miktarı analizi

Toplam fenolik madde analizi López *et al.*, (2010) referansı dikkate alınarak, bazı ufak modifikasyonlarla aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

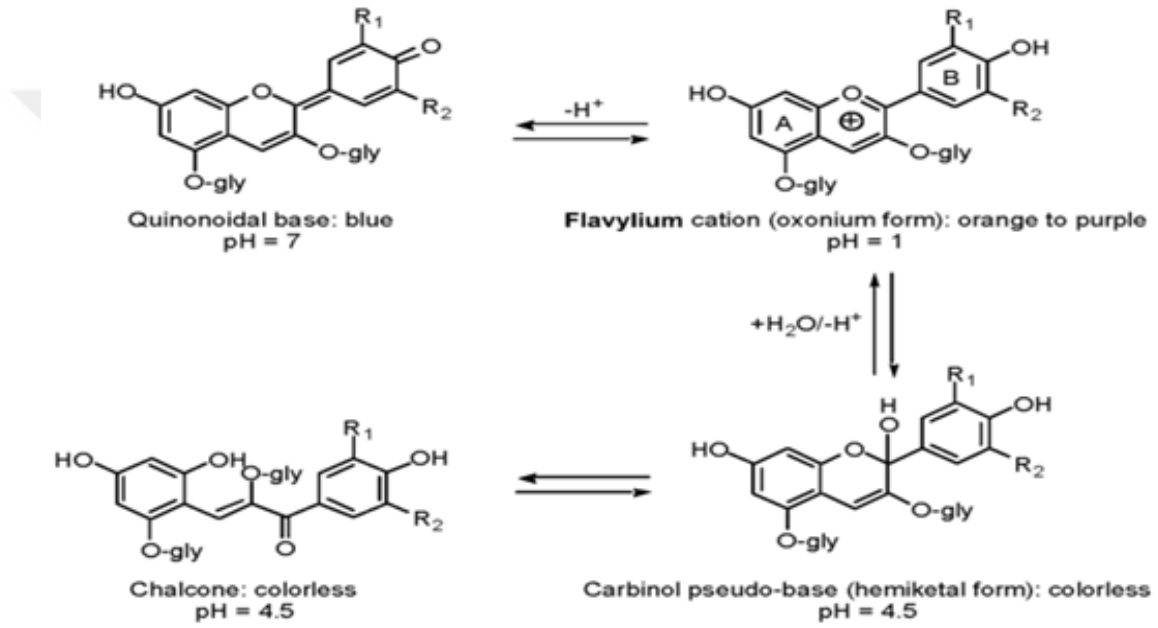
- 0,5 ml çilek ekstratı üzerine 0,5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek, 30 saniye vortekslenmiştir.
- Elde edilen karışım 5 dk 25°C karanlıkta bekletilmiştir.
- Sonrasında 2 ml %20 Na₂CO₃ içeren çözelti eklenmiş, 30 dk, 25°C karanlıkta bekletilmiştir.
- Üzerine 10 ml ultra saf su eklenmiş ve santrifüj yapılmıştır (4000g/ 5 dk ve 25°C).
- Elde edilen süpernatant küvetlere alınmış ve absorbansı 765 nm'de spektrofotometrede okunmuştur.
- Kontrol olarak örnek yerine asidifiye metanol kullanılmıştır.
- Standart olarak gallik asit kullanılmış olup, sonuçlar 100 g kuru maddedeki gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir.
- Gallik asit kalibrasyon eğrisi, 0-100 µg.ml⁻¹ arasındaki konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.7. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.3.d. Toplam antosiyanin miktarı pH diferansiyel analizi

pH diferansiyel metodu, taze ve işlenmiş meyve ve sebzelerin kalitesini değerlendirmek için gıda teknolojisi uzmanları tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Metot, pH 1.0 ve 4.5 arasındaki antosiyanin kromoforunun yapısal değişikliğine dayanarak, toplam monomerik antosiyanin konsantrasyonunun belirlenmesi için kullanılmıştır. Monomerik antosiyaninler, pH'nın bir fonksiyonu olarak geri dönüşümlü bir yapısal dönüşüme uğramaktadır (Şekil 3.7).



*Kaynak: Lee *et. al.*, 2005

Şekil 3.8. Farklı pH seviyelerinde bulunan monomer antosiyanin yapısal formları

Toplam antosiyanin madde içeriğinin tespiti için Rapisarda *et al.*, (2000) referansı dikkate alınarak aşağıda belirtildiği şekilde pH diferansiyel yöntemi uygulanmıştır.

- Çilek suyu (2 ml), pH:1 ve pH:4.5 olan bir çözeltilerle ayrı olacak şekilde toplam 25 ml'ye seyreltilmiştir.
- pH: 1 olan çözeltiyi hazırlamak için 125 ml 0,2 M KCl ve 375 ml 0,2 M HCl karıştırılmıştır.
- pH: 4,5 olan tampon çözeltisi için ise 400 ml 1 M CH₃CO₂, 240 ml 1M HCl ve 360 ml H₂O karıştırılarak hazırlanmıştır.

- Çözeltilerin absorbansı spektrofotometre kuvvetlerine konularak 510 nm'de ölçülmüştür.
- Antosiyanin konsantrasyonu aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$C_{\text{mg/L}} = (\text{Abs}_{\text{pH1}} - \text{Abs}_{\text{pH4,5}}) \times 484,82 \times 1000/24825 \times \text{SF} \quad (3.5)$$

*Parantez içindeki terim; pH 1 ve pH 4.5 çözeltilerinin 510 nm'deki absorbans farkı.
484.82: Siyanidin-3-glukozit klorürün molekül kütlesidir.

24 825: pH 1'deki çözeltinin 510 nm'deki molar emilimidir.

SF: Seyreltme faktörüdür.

3.2.4. İstatistiksel analiz

Tüm numunelerde her çalışma için her analizde en az 2 ölçüm yapılmış ve sonuçlar ortalama ve standart sapma olarak gösterilmiştir. Sonuçların karşılaştırılması için istatistiksel analizler SAS programı kullanılarak yapılmıştır. Bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon testleri yapılmıştır. Her bir analiz çifti için pearson korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Her çalışma için ortalama değerler arasındaki anlamlı farkları ortaya çıkarmak için çift yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Tüm istatistiksel testler %5 anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Hasat Sonrası Çilek Meyvesinin Özellikleri

Çizelge 4.1’de çilek meyvesinin kimyasal ve fiziksel parametreleri ve değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze çilek meyvesine ait kimyasal ve fiziksel parametre ve değerleri

Parametreler	Değerler
% Nem	96
pH	4,45
SÇKM(%)	12,9
Renk değerleri	
L*	32,33
a*	20,34
b	10,43
ΔE	0,69
Antioksidan değerleri	
ABTS	724,154 $\mu\text{molTEg}^{-1}(\text{ka})$
DPPH	244,971 $\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$
Toplam fenolik madde miktarı	1893 $\text{mgGAE}100\text{g}^{-1}(\text{ka})$
Toplam antosiyanin miktarı	476,52 $\text{mg}100\text{g}^{-1}(\text{ka})$

4.2. Fiziksel Analizler

4.2.1. pH değeri

Taze çileğin pH değeri 4,45 olarak tespit edilmiştir. 12 haftalık depolama süresince pH değerleri incelendiğinde tüm uygulamalarda 2. haftadan itibaren azalma meydana gelmiş (Çizelge 4.2) ve 2. haftada İAP, MAP ve kontrol uygulamalarına ait pH değerlerindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı olup $\text{İAP2}=\text{İAP1}>\text{MAP2}=\text{MAP1}>$ kontrol şeklinde ilişkilendirilmiştir ($p < 0,05$). 12 hafta depolama süresince pH değerinde en çok azalma kontrol uygulamasında gözlenirken, MAP ve İAP ile depolanan çileklerdeki bu değişim (azalma) daha az seviyede gerçekleşmiştir. 12 hafta

süre zarfı içerisinde zamana bağlı olarak pH değerindeki azalma uygulamalar arasında Kontrol>MAP1≥MAP2>İAP1≥İAP2 şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.2. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerleri

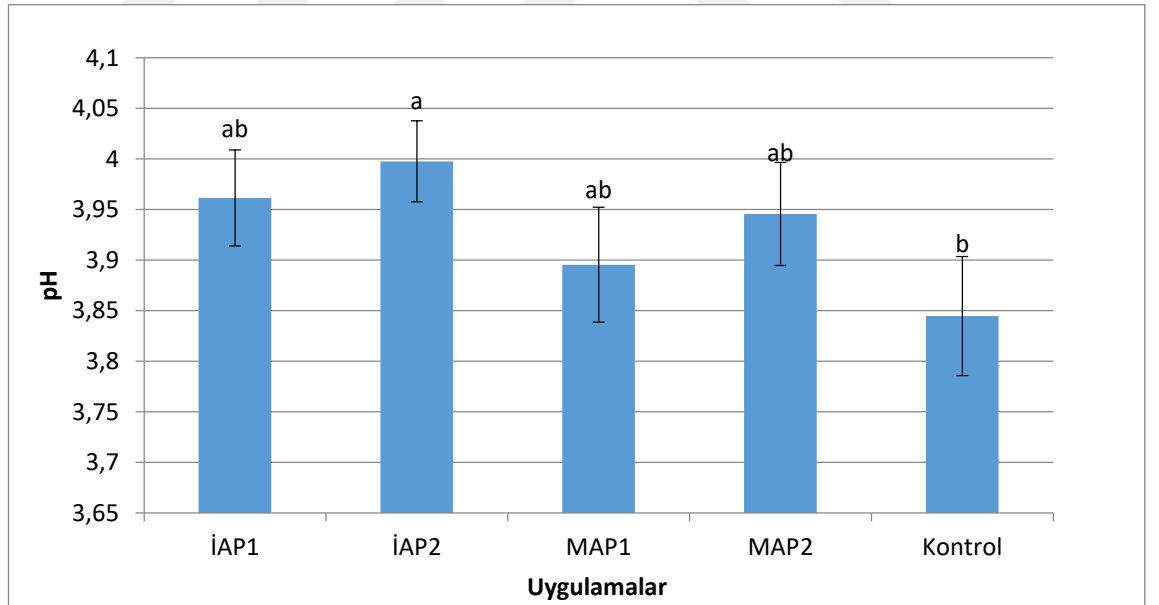
HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 4,45±0 ^a	A 4,45±0 ^a	A 4,45±0 ^a	A 4,45±0 ^a	A 4,45±0 ^a
1	A 4,6±0,07 ^a	A 4,6±0 ^a	A 4,45±0,07 ^a	A 4,6±0,07 ^a	A 4,4±0,1 ^a
2	B 4,15±0,0 ^a	B 4,2±0 ^a	C 4,05±0,07 ^b	C 4,1±0,1 ^b	D 3,95 ±0,07 ^c
3	C 3,95±0,02 ^a	C 3,97±0,02 ^a	CD 3,85±0,02 ^{bc}	C 3,92±0,02 ^{ab}	D 3,83±0,02 ^c
4	C 3,9±0,01 ^b	C 3,95±0,04 ^a	CD 3,85±0,02 ^{ab}	C 3,9±0,01 ^{ab}	D 3,83±0,035 ^b
5	C 3,88±0,04 ^{ab}	C 3,9±0 ^a	C 3,86±0,03 ^{ab}	D 3,83±0,02 ^b	D 3,8±0,02 ^b
6	C 3,91±0,035 ^a	C 3,89 ±0 ^a	D 3,84±0,028 ^a	D 3,84±0,01 ^a	D 3,815±0,02 ^a
7	C 3,86±0,007 ^{ab}	C 3,9±0,04 ^a	D 3,8±0,01 ^{ab}	D 3,815±0,02 ^{ab}	D 3,8±0,1 ^b
8	D 3,81±0,01 ^{ab}	C 3,87±0,028 ^a	D 3,775±0,03 ^{ab}	D 3,8±0,035 ^{ab}	D 3,73±0,007 ^b
9	D 3,8±0,028 ^{ab}	D 3,81±0,01 ^a	D 3,76±0,028 ^{ab}	D 3,785±0,02 ^{ab}	E 3,67±0,057 ^b
10	D 3,73±0,04 ^{ab}	C 3,84±0,01 ^b	E 3,65±0,07 ^b	E 3,66±0,02 ^b	E 3,62±0,05 ^b
11	D 3,735±0,02 ^{ab}	C 3,84±0,04 ^a	E 3,66±0,057 ^b	D 3,71±0,01 ^{ab}	E 3,68±0,04 ^b
12	D 3,76±0,007 ^a	C 3,8±0,07 ^a	E 3,685±0,035 ^a	D 3,72±0,028 ^a	E 3,67±0,035 ^a
Haft. Ort.	3,96±0,05 ^{ab}	3,99±0,04 ^a	3,89±0,06 ^{ab}	3,94±0,05 ^{ab}	3,84±0,06 ^b

*Her bir pH sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Bununla birlikte depolamanın 1. haftasında, tüm uygulamaların pH değerlerinde anlamlı olmamakla birlikte artış meydana geldiği gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). pH değerinde gerçekleşen bu artışın; mikroorganizmaların meyve hücrelerinde bulunan organik asitleri kullanması ve çileğin solunumu sırasında elde edilen oksijenin, organik asitleri okside etmesi, ortamdaki asitliğin azalmasına sebep olarak gösterilebilir (Certel *et al.*, 2004). 2. haftadan itibaren pH değerinde gerçekleşen azalma ise, krebs sırasında asit oksidasyonunun bir sonucu olan karbonhidratların parçalanmasının ve hücre

vukuollerinde bulunan organik asit metabolizmasının bozulması meyvedeki asitliği arttırmasına sebep olarak gösterilebilir (Öz *et al.*, 2015).

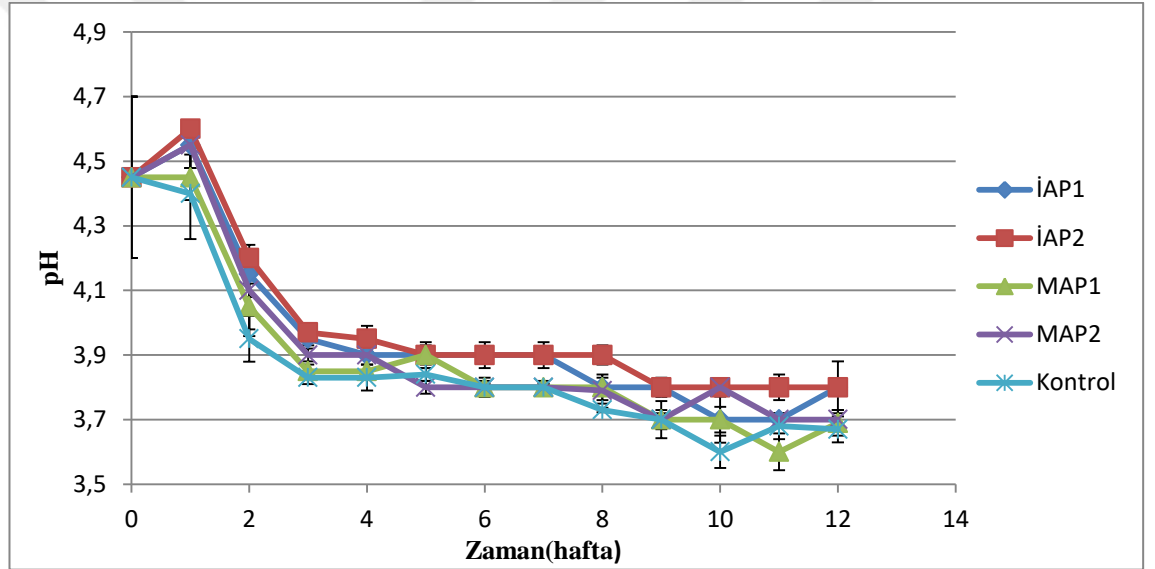
Tüm uygulamalar için 12 haftanın ortalamasına bakıldığında İAP ile depolanan çileklere ait pH değerinin, MAP ve kontrol ile depolanan çileklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeni paket içindeki ortamın oksidasyon redüksiyon durumunu gösteren ORP değerinin pH, sıcaklık, oksitleyici ve indirgen bileşiklerin konsantrasyonundan etkilenmesi (Wang *et al.*, 2012) ve indirgen madde olarak kullanılan H₂ gazının oksidasyon reaksiyonlarını inhibe ederek ve enzimatik aktiviteyi yavaşlatarak meyvede asitlik artışını önlemesi ile ifade edilebilir. Ek olarak düşük pH değeri ortamın oksidasyon kapasitesinin arttığına bir göstergesidir. Bununla birlikte pH değerlerinde 12 haftanın ortalamasına bakıldığında; uygulamalar arasında en düşük pH değerinin kontrol uygulamasında, en yüksek pH değerinin ise İAP2 uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.1). Elde edilen bu veriye göre İAP2 uygulamasının ilk zamandaki pH'nın değerini muhafaza etmede etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.1. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerlerinin ortalaması

Bunun dışında yapılan bu çalışmada farklı CO₂ oranları arasında pH değerlerinde anlamlı fark görülmemekle birlikte CO₂ gazının depolama süresince azalan pH değeri üzerinde artırıcı bir etkisi olduğu dikkat çekmektedir. CO₂ gazının pH değeri

üzerindeki bu etkisi kullanıldığı konsantrasyonlara göre farklılıklar göstermektedir. Kritik seviyenin altında kullanılan (çilek için kritik CO₂ konsantrasyonu %15 tir) CO₂ gazının pH parametresi üzerinde hasat sonrasında arttırıcı etkisi bilinmektedir. Gil *et al*, (1997) farklı CO₂ (%10, %20, %40) konsantrasyonlarında 10 gün depoladıkları çileklerden elde ettikleri sonuçlara göre CO₂ konsantrasyonlarının pH değerini arttırıcı etkisi olduğunu ve diğer konsantrasyonlara göre %10 CO₂ ile depolanan çileklerin, uzun sürede depolamada, pH değeri üzerindeki etkisinin daha az olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre elde ettiğimiz sonuçların daha önce yapılmış olan çalışmalar ile uyumlu olmaktadır.



Şekil 4.2. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait pH değerlerindeki değişim

4.2.2. Oksido-redüksiyon Eh ölçümü

Meyvenin hasat edilmesi ve depolanması sırasında meydana gelen çeşitli modifikasyonlar farklı oksidasyon reaksiyonları tarafından yönlendirilmektedir. Oksido-redüksiyon potansiyeli (Eh), pH'ya çok benzeyen bir termodinamik ölçüm sistemi olmakla birlikte; gıdaların paketlenmesinde ortamın oksidasyon potansiyeli hakkında bilgi verir. Çalışmamızda indirgen atmosfer sağlanarak gıda bileşenleri oksidasyondan korunmaktadır. Ancak paket geçirgenliğinin ve meyvenin solunumunun devam etmesi ile paket içindeki indirgen atmosferin yani, H₂ gazının değişmesi muhtemel olduğundan, aynı zamanda bozulma etmeni reaksiyonların göstergesi olan Eh değeri 12

hafta boyunca ölçülmüştür. Sonuç olarak aşağıda verilen Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi depolama süresince Eh değerinde bir değişim gerçekleşmemiştir. Elde edilen bu sonuçlar kapsamında 12 hafta boyunca İAP paketlerinde hidrojen gazının var olduğunu ve indirgen ortamın bozulmadığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.3. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait Eh (mV) değerleri

HAFTA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eh (mV)	550	520	510	526	486	520	567	501	482	452	450	380	426

4.2.3. Suda çözünür kuru madde (°Briks)

Taze çileğin suda çözünür kuru madde değeri (SÇKM) % 12,975 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince tüm uygulamaların SÇKM değerleri 1. haftadan itibaren azalma yönünde olmakla birlikte bu azalma; İAP2 de %11,2 , İAP1 de %18,7, MAP2 ve MAP1 de %27 ve kontrol uygulamasında ise %71,5 oranında meydana gelmiştir (Çizelge 4.4). SÇKM'deki azalma, çileklerin solunum sırasında şekerleri enzimatik reaksiyonlarda substrat olarak kullanması ile oluşmaktadır (Caner *et al.*, 2008). Bu değişim (azalma) çilek çeşidine, olgunluk miktarına ve paketlemede kullanılan ambalaj filmi ile bağlantılı olmaktadır (Özkaya *et al.*, 2009). Bu açıklamaya istinaden, kontrol uygulamasında depolanan çileklerin oksijen ile arasında bariyer olmaması ve çilekteki solunumun aktif olarak devam etmesi SÇKM miktarının hızla azalmasına neden olmuştur.

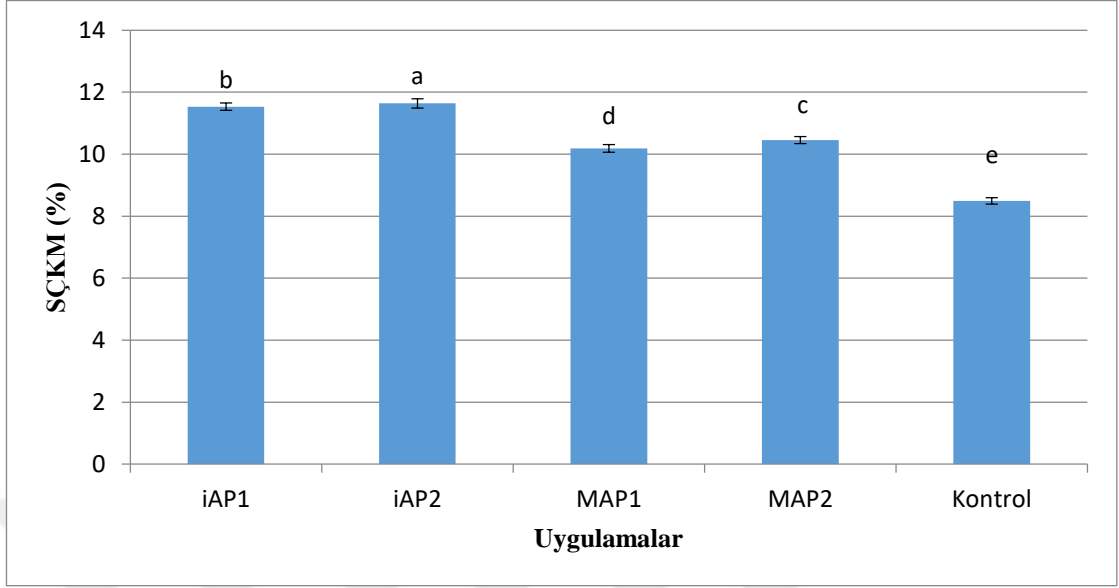
Daha önce yapılmış olan çalışmalar da kontrol uygulaması ile depolanan çileklerdeki SÇKM'nin azalmasını destekler niteliktedir. Cordenunsi *et al.*, (2005) 5°C'de hava atmosferi koşullarında depolanan çileklerin SÇKM miktarında %8 ile %16'lık bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çileğin SÇKM' deki değişimi tekstürel ve aroma özelliğini de etkilemektedir. Meyvede bulunan nişasta, organik asitler ve hücre duvarı; çözünür şekerlerin oluşması için gerekli karbon kaynaklarıdır. Çilek meyvesinde nişasta yetersiz olduğundan, kaynak olarak daha çok organik asitler ve hücre duvarı kullanılmakta ve bu durumda meyve etinde yumuşamalara sebep olmaktadır (Cordenunsi *et al.*, 2005).

Çizelge 4.4. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 12,98±0,3 ^a	A 12,98±0,3 ^a	A 12,98±0,3 ^a	A 12,98±0,3 ^a	A 12,98±0,3 ^a
1	A 12,7±0,05 ^a	A 12,8±0,13 ^a	C 12,2±0,1 ^d	C 12,2±0,2 ^c	D 11,8±0,05 ^e
2	B 12,2±0,050 ^a	B 12,4±0,1 ^a	E 11,3±0,05 ^c	G 11,7±0,03 ^{ab}	F 11±0,05 ^d
3	D 11,6±0 ^a	D 11,8±0,05 ^a	E 10,4±0,05 ^c	G 10,5±0,05 ^c	I 9,85±0,05 ^d
4	C 11,95±0,2 ^a	C 11,95±0,3 ^a	I 9,85±0,05 ^d	H 10,2±0,12 ^c	İ 9,7±0,1 ^e
5	B 12,3±0,05 ^a	B 12,4±0,3 ^a	G 10,6±0,05 ^b	F 10,9±0,05 ^b	K 9,6±0,15 ^c
6	E 11,4±0,3 ^a	D 11,6±0,25 ^a	G 10,4±0,05 ^c	G 10,4±0,27 ^c	L 8,7±0,06 ^d
7	E 11,4±0,1 ^a	D 11,7±0,15 ^a	G 10,47±0,4 ^c	F 10,7±0,17 ^c	M 8,28±0,14 ^d
8	E 11,4±0,1 ^a	E 11,4±0,19 ^a	J 9,4±0,1 ^b	J 9,22±0,01 ^b	L 8,7±0,05 ^d
9	D 10,47±0,1 ^b	F 10,9±0,05 ^a	L 8,5±0,2 ^b	J 9,55±0,5 ^b	O 7,5±0,05 ^c
10	E 10,5±0,15 ^a	F 10,8±0,05 ^a	M 8,25±0,25 ^b	J 9,3±0,05 ^b	S 5,8±0,08 ^c
11	G 10,6±0,1 ^a	G 10,6±0,1 ^a	K 8,85±0,05 ^c	K 9,15±0,05 ^c	Y 3,43±0,2 ^d
12	G 10,5±0,05 ^a	H 10,3±0,05 ^a	K 9,4±0,1 ^c	K 9,4±0,3 ^c	V 3,7±0,1 ^d
Haft. Ort.	11,53±0,12 ^b	11,64±0,15 ^a	10,18±0,13 ^d	10,45±0,12 ^c	8,49±0,11 ^e

*Her bir SÇKM sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

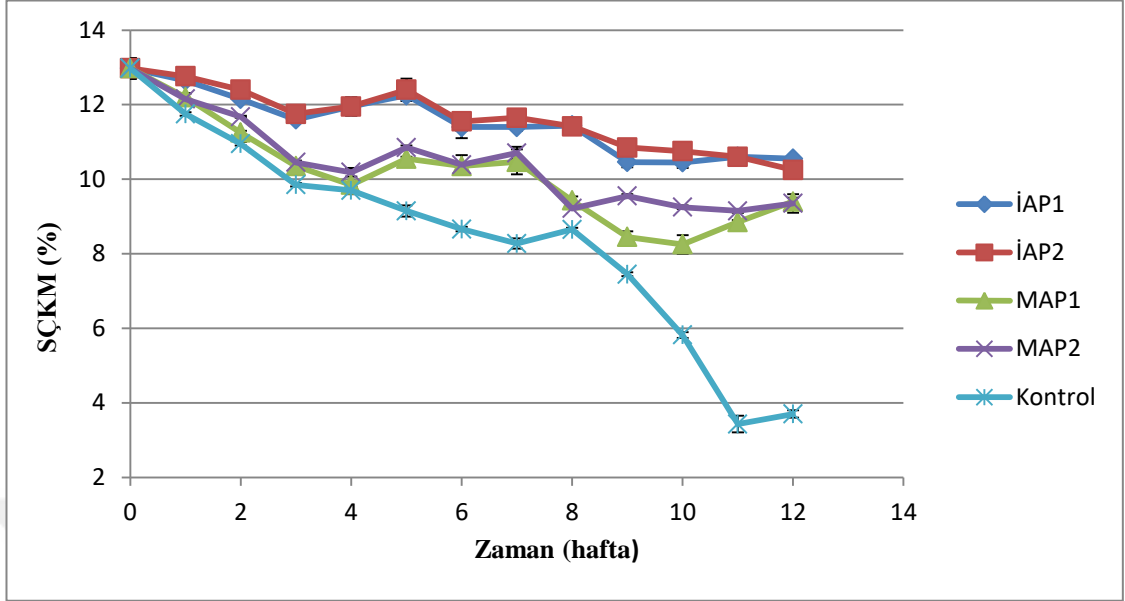
Çilekte iyi bir aroma gelişimi için, SÇKM'nin en az %7 olması önemli bir kriterdir (Kader, 1986; Mitcham *et al.*, 1996) ve bu çalışmada kontrol uygulamasına ait SÇKM miktarı 12 hafta sonunda % 7'nin altına düşerek %3.7'ye kadar azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.4). Kontrol uygulamasında meydana gelen bu azalma uzun süre depolamada artan mikroorganizmaların ortamdaki organik asitleri kullanması ile açıklanabilir.



Şekil 4.3. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerlerinin ortalaması

5 uygulama için 12 haftanın ortalamasına bakıldığında; uygulamalara ait SÇKM değerinde istatistiksel olarak $\text{İAP2} \geq \text{İAP1} > \text{MAP2} > \text{MAP1} > \text{kontrol}$ olacak şekilde anlamlı fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Şekil 4.3). MAP ile depolanan meyvelerde kısıtlanan solunumla birlikte SÇKM miktarındaki azalmanın, hava ile depolanan çileklere göre daha az olduğu daha önce yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir (Gil *et al.*, 1997; Pelayo *et al.*, 2003).

Pelayo *et al.*, (2003) normal havada veya hava+20 kPa CO₂'de 5°C de 15 güne kadar depoladıkları üç çilek çeşidinin (Aromas, Diamante ve Selva) lezzet kalitesi ve raf ömrünü inceledikleri çalışmada hava+20kPa CO₂ ile depolanan tüm çilek çeşitlerinde, toplam şeker miktarında 11. güne kadar azalma olmadığını tespit etmişlerdir. Gil *et al.*, (1997) çilekleri farklı atmosferlerde (%10, %20 %40) 10 gün boyunca 5°C de depoladıkları çalışmada, çileklerin toplam şeker miktarının CO₂ oranının artırılmasıyla daha iyi muhafaza edildiğini belirlemişlerdir.



Şekil 4.4. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait SÇKM (%) değerlerinin değişimi

Yapılan bu çalışmada 12 haftalık depolama süresince İAP2 uygulamasının çilek meyvesindeki SÇKM değerini en iyi şekilde muhafaza ettiği gözlemlenmiştir. İAP'da paket içindeki ürünün solunumun kısıtlanmasına ek olarak H₂ gazının oksijen ile gıda arasında bariyer görevi üstlenmesi ve enzimatik faaliyetleri yavaşlatması neticesinde, şeker miktarındaki azalmayı minimuma indirdiği söylenebilir.

4.2.4. Renk parametreleri değeri

4.2.4.a. L* değeri

Tüm uygulamaların L* değerleri depolama süresince azalma eğilimi göstermiştir. Bu uygulamalar zamana göre kıyaslandığında İAP2'de depolanan çileklerin L* değerinde ilk 4 hafta boyunca anlamlı bir fark olmamakla birlikte, diğer uygulamalarda ise 1. haftadan itibaren L* değerinde azalma gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5).

12 hafta boyunca L* değerindeki değişim (azalma) uygulamalar arasında istatistiksel olarak kontrol>MAP1>MAP2>İAP1>İAP2 şeklinde ilişkilendirilmiştir (p < 0,05). Buna ilaveten MAP1 ve MAP2 uygulamalarında 1. haftada önce azalma, 2. ve 3. haftalarda ise artış meydana geldiği dikkat çekmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi,

çilek meyvelerindeki L* değerinde önce azalma sonrasında artışın olması Almenar *et al.*, (2007) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 4.5. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 32,3±0,32 ^a	A 32,3±0,32 ^a	A 32,3±0,32 ^a	A 32,3±0,32 ^a	A 32,3±0,32 ^a
1	B 31,6 ±0,16 ^a	A 31,85±0,2 ^a	C 30,77±0,02 ^b	C 30,6±0,16 ^b	A 31,8±0,04 ^a
2	B 31,06±0,05 ^b	A 32,6±0,01 ^a	G 27,8±0,26 ^c	H 26,8±0,2 ^d	G 27,6±0,01 ^c
3	C 30,7±0,02 ^b	A32,18±0,06 ^a	B 31,2±0,03 ^b	A 32,52±0,1 ^a	H 26,5±0,4 ^c
4	C 30,71±0,02 ^b	A 33,5±0,1 ^a	E 29,52±0,14 ^c	C 30,32±0,2 ^b	G 27,7±0,2 ^d
5	C 30,718±0,08 ^a	B 31,2±0,002 ^a	F 28,9±0,06 ^b	C 30,7±0,1 ^a	F 28,3±0,01 ^b
6	C 30,52±0,04 ^c	B 31,7±0,05 ^b	F 28,8±0,2 ^d	C 30,9±0,01 ^c	A 32,4±0 ^a
7	C 29,9±0,3 ^c	B 31,3±0,2 ^b	E 29,19±0,2 ^d	C 30,4±0,2 ^c	A 38,99±0,5 ^a
8	C 29,700±0,470 ^b	C 30,62±0,13 ^a	G 28,31±0,19 ^c	E 29,2±0,04 ^b	C 30,92±0,9 ^a
9	D 29,6±0,4 ^b	B 31,16±0,05 ^a	F 28,28±0,14 ^c	E 29,3±0,18 ^b	J 25,2±0,27 ^d
10	E 29,43±0,31 ^a	F 29,55±0,08 ^a	I 26,51±0,17 ^b	H 27,17±0,02 ^b	Ö 21,26±0,47 ^c
11	F 28,88±0,24 ^b	E 29,65±0,2 ^a	I 26,33±0,21 ^d	G 27,6±0,2 ^c	N 22,79±0,56 ^e
12	G 28,12±0,2 ^b	D 29,9±0,19 ^a	I 26,24±0,18 ^d	H 27,2±0,05 ^c	N 20,66±0,2 ^e
Haft. Ort.	30,25±0,2 ^b	31,34±0,13 ^a	28,8±0,15 ^d	29,62±0,14 ^c	28,19±0,3 ^e

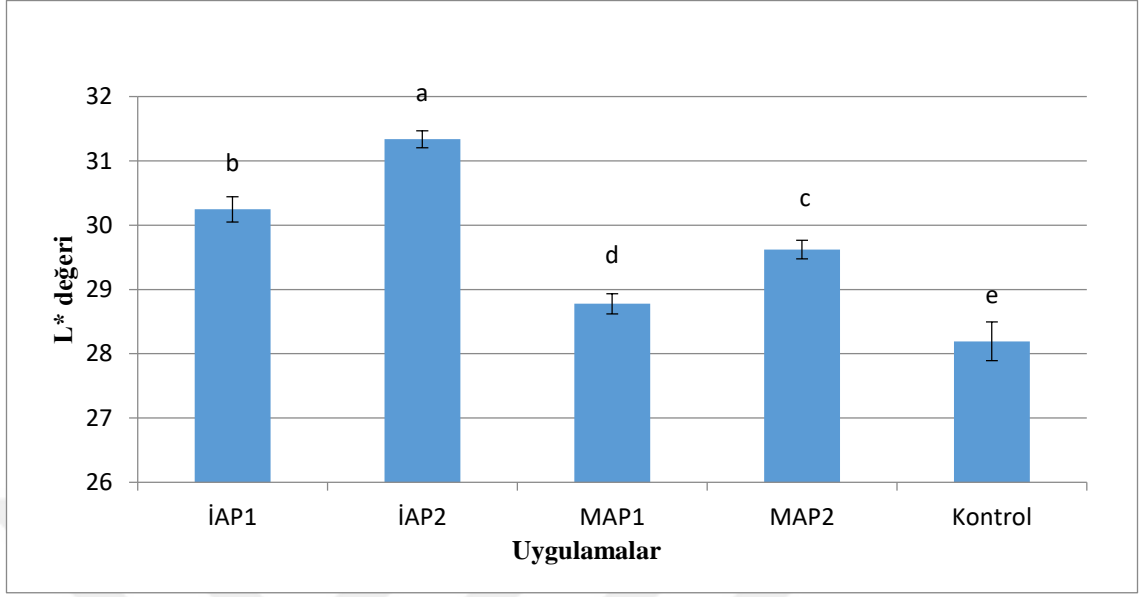
Her bir L değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Ayrıca kontrol ile depolan çileklerde, diğer uygulamalardan farklı olarak L* değeri hızla azalmış ancak 6. ve 7. haftalarda ani bir yükselme oluşmuştur. Bu

yükselme; depolanan çileklerin tüm yüzeyinde meydana gelen küflenme ve küfe ait rengin cihaz tarafından algılanmasıyla ilişkilendirilmektedir.

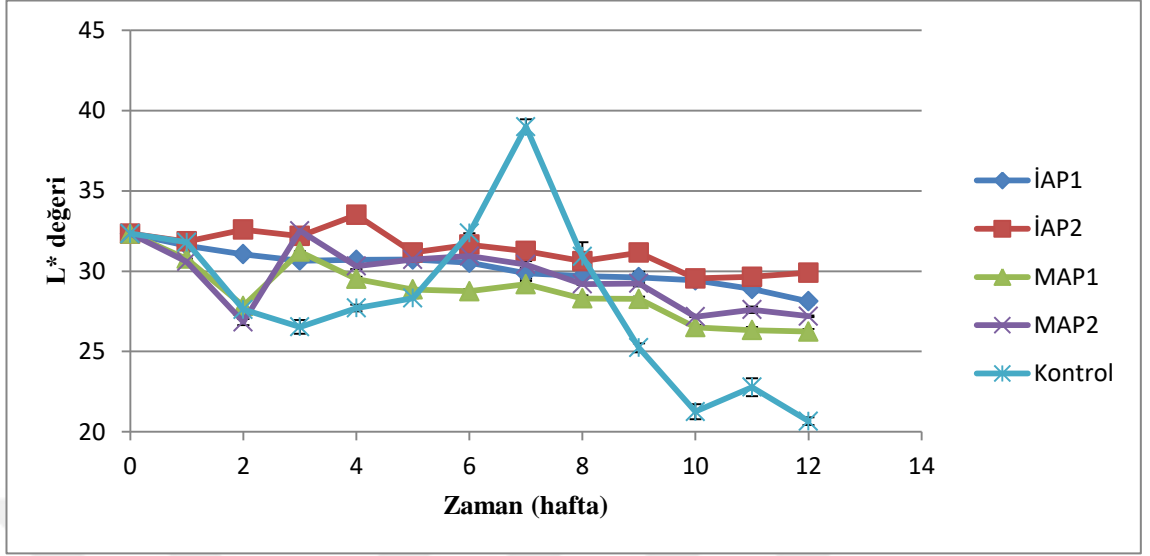
12 haftanın ortalaması incelendiğinde uygulamalar arasındaki L* değeri İAP2>İAP1>MAP2>MAP1>kontrol şeklinde ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.5). Bununla birlikte L* değerindeki değişimin (azalma) en fazla kontrol uygulamasında, en az değişimin (azalma) ise İAP2 uygulamasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.5). MAP yönteminin kontrol uygulamasına göre L* değerini daha iyi muhafaza etmesi, yapılan diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Caner *et al.*, 2008; Öz ve Kafkas, 2015).

Paket geçirgenliği ve pH değeri L* değerinde önemli 2 faktör olarak ön plana çıkmaktadır. Almenar *et al.*, (2007) farklı geçirgenlikteki ambalajlara sahip paketlerle yaptıkları çalışmada; çilek meyvesinde Denge Modifiye Atmosfer Paketleme (EMAP) teknolojisi kullanmış ve bunun için yeterli miktarda CO₂ atmosferi sağlamışlardır. Bu çalışmaların sonucunda, 6 gün sonra L* değerinde tüm paketlerde azalma gözlemlenmiş ancak EMAP ile paketlenen çileklerdeki bu azalma daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Ek olarak yine aynı çalışmada yüksek geçirgenliğe sahip ambalajlarda (P7 ve PVC) daha düşük L* değerleri (daha koyu renk yüzeyi) gözlemlenmiştir. Benzer şekilde Bodelón *et al.*, (2010) farklı şartlarda (CO₂ ve normal hava) 3 gün boyunca depoladıkları çileklerin esmerleşmesinin önlenmesinde, CO₂ ile muamelenin normal havaya göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.5. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerlerinin ortalaması

Gil *et al.*, (1997) farklı CO_2 konsantrasyonlarda (%10-20-40 CO_2) yaptıkları çalışmada; L* değerindeki en fazla azalmanın kontrol uygulamasında olduğunu ve bu azalmanın diğer paketlerde daha az gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca kontrol hariç diğer uygulamaların L* değerinde meydana gelen azalmanın CO_2 konsantrasyonlarıyla engellendiğini ancak 10 günlük depolama süresince, %40 oranındaki CO_2 gazı konsantrasyonlarıyla depolanan çileklerde L* değerinin tekrardan azalma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Meyvelerin yüksek konsantrasyonlarda CO_2 gazına maruz bırakılması durumunda uzun süre depolamada gözlemlenen L* değerindeki meydana gelen düşüş Lopez-Briones *et al.* (1993) tarafından da belirtilmiştir. Bununla birlikte Wrolstand and Erlandson, (1973) 3,21'den 3,81'e bir pH değişiminin flavinyum formundaki antosiyoninlerde %37'den %13'e kadar bir değişimine neden olacağını ve pH düşüşünün çilek renginin stabilitesini diğer faktörlerden daha fazla arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu durum CO_2 ile depolanan çileklerin solgun renklerini açıklamaktadır (Gil *et al.*, 1997).



Şekil 4.6. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerlerinin değişimi

Yapılan bu çalışmada MAP ve İAP uygulamalarındaki L* değerleri yüksek CO₂ gazı atmosferine maruz bırakılmadan muhafaza edilmiştir. Buna ek olarak ilk 5 hafta boyunca L* değerinin %10 CO₂ oranı ile depolanan çileklerde %5 CO₂ oranı ile depolanan çileklere göre daha iyi korunduğu ve %10 CO₂ oranı ile depolanan çileklerin daha parlak renge sahip oldukları gözlemlenmiştir ancak uzun süreli depolamada L* değeri üzerinde %10-5 CO₂ etkisi daha az olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle İAP2 uygulamasında ilk zamandaki L* değerinde değişim diğer uygulamalara göre daha az görülmüştür. Bunun sebebi olarak, indirgen ortamın oksidasyonu ve pigmentlerin bozulmasını sağlayacak enzimlerin aktivitesini engellemesi ile rengi muhafaza etmesi gösterilebilir.

4.2.4.b. a* değeri

Taze çileğin a* değeri 20,34 olarak tespit edilmiştir. Tüm uygulamaların a* değerlerinde depolama süresince azalma görülmekle birlikte bu azalma ilk 2 hafta boyunca zamana göre anlamlı değildir (p < 0,05). Bununla birlikte 12 hafta süresince a* değerindeki azalma en çok kontrol ile depolanan çileklerde gerçekleşmiş olup İAP ile depolanan çileklerde ise bu azalmanın en az düzeyde olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait a* değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 20,3±0,3 ^a	A 20,3±0,3 ^a	A 20,3±0,3 ^a	A 20,3±0,3 ^a	A 20,3±0,3 ^a
1	A 20,09±0,27 ^a	A 20,02±0,59 ^a	A 20,1±0,27 ^a	A 20,1±0,34 ^a	A 19,76±0,6 ^a
2	A 20,4±0,1 ^a	A 20,38±0,4 ^a	A 20,1±0,15 ^a	A 20,1±0,1 ^a	A 19,05±0,01 ^b
3	C 18,37±0,17 ^b	B 19,6±0,18 ^a	F 16,7±0,3 ^c	F 16,5±0,4 ^c	G 15,97±0,55 ^c
4	C 18,35±0,17 ^b	B 19,3±0,2 ^a	F 16,3±0,1 ^c	F 16,63±0,37 ^c	I 14,4±0,07 ^d
5	C 18,5±0,34 ^a	C 18,6±0,02 ^a	F 16,1±0,06 ^b	F 16,39±0,08 ^b	I 14,3±0,06 ^c
6	C 18,5±0,14 ^a	C 18,57±0,28 ^a	F 16,7±0,24 ^b	F 16,3±0,09 ^b	I 14,37±0,35 ^c
7	C 18,53±0,14 ^a	C 18,7±0,23 ^a	G 16,07±0,06 ^c	E 17,24±0,17 ^b	H 15,5±0,02 ^c
8	E 17,22±0,15 ^{ab}	E 17,6±0,1 ^a	F 16,59±0,17 ^{bc}	F 16,4±0,3 ^c	İ 13,55±0,07 ^d
9	E 17,5±0,1 ^a	E 17,51±0,3 ^a	F 16,2±0,04 ^b	F 16,8±0,1 ^{ab}	P 8,79±0,3 ^c
10	E 17,53±0,23 ^a	E 17,47±0,44 ^a	F 16,19±0,04 ^b	F 16,7±0,1 ^b	R 7,28±0,3 ^c
11	E 17,4±0,3 ^a	E 17,38±0,31 ^a	F 16,3±0,09 ^b	G 16,05±0,01 ^b	S 4,3±0,15 ^c
12	E 17,3±0,03 ^a	E 17,5±0,08 ^a	F 16,5±0,06 ^b	F 16,5±0,13 ^b	S 4,37±0,02 ^c
Haft. Ort.	18,5±0,19 ^b	18,7±0,25 ^a	17,2±0,14 ^c	17,4±0,2 ^c	13,2±0,2 ^d

Her bir a değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Öz ve Kafkas, (2015) 12 gün süreyle polivenilpropilen kutularda +5°C sıcaklık ve %85-90 bağıl nem koşullarında depoladıkları 'Festival' çilek çeşidi ile yapmış oldukları çalışmada, depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte a* renk değerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Caner *et al.*, (2008) çilekleri normal hava ve EMAP ile depoladıkları çalışmada; depolamanın 3. haftasından itibaren kontrol uygulamasındaki çileklerin EMAP uygulamasındaki çileklere göre a* değerinin daha çok azaldığını ve oksijen tutucularla (ATCO 100 ve 220) destekledikleri paketlerde,

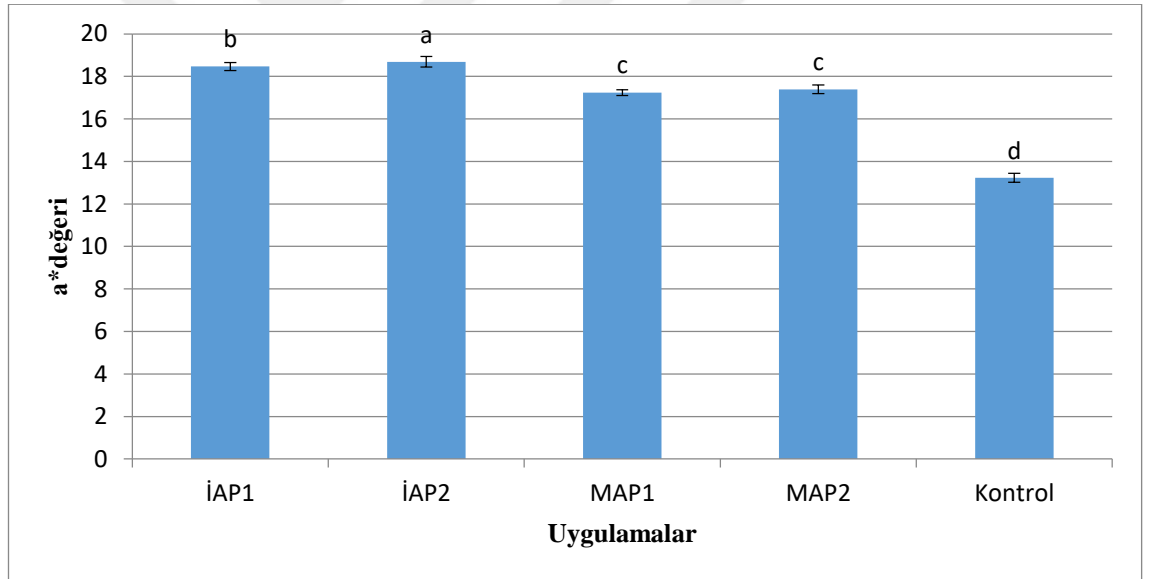
oksidasyonun engellenerek çileklerin a* değerini (kırmızı rengini) daha iyi muhafaza edildiğini belirtilmiştir. Bodelón *et al.*, (2010) yaptıkları çalışmada; ilk 3 günlük süre zarfında, CO₂ ile muamele edilmiş çileklerin, kontrol uygulamasına göre a* değerinin önemli ölçüde azaldığını ancak 10 gün sonrasında a* değerinin (kırmızı rengin) artarak kontrol ile depolanan çileklerde benzer düzeye geldiğini ifade etmişlerdir. a* değeri için; yapılan çalışmalardaki bu sonuçlar yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçları ile uyumlu olmaktadır.

pH değeri; meyve hücrelerinde sulu çözelti halinde bulunan renk pigmentleri özellikle antosiyanin stabilitesini üzerinde derin bir etkiye sahip olduğundan CO₂ muameleleri ile indüklenen pH'daki değişiklikler renkte önemli kayıplara neden olmaktadır. CO₂ gazının bu etkisi, yüksek seviyede kullanıldığında meyvede çözünürlüğünün artmasıyla, CO (karbonik asit) oluşturarak meyve asitliğini arttırmasıyla oluşur. Buna ilaveten meyvelerde CO₂ muamelesine cevaben farklılıklar çeşitler ve hasat sırasındaki olgunlaşma aşamasından kaynaklanmaktadır (Gil *et al.*, 1997; Holcroft *et al.*, 1998).

Meyvedeki pH değerinin, kırmızı rengine etkisi, Watkins *et al.*, (1999) tarafından pigmentlerin çeşitli formları arasındaki oranın, yani kırmızı flavilyum katyonunun (AH⁺), mavi kinonoidal bazların (A) renksiz karbinolun (B) ve soluk sarı kalkonların (C) hücre içindeki çözeltinin asitliğinin değişmesi ile ifade edilmiştir. Meyveye kırmızı rengi veren bu flavilyum katyonu (AH⁺) sadece asidik koşullarda stabil kalmaktadır (Brouillard *et al.*, 1997). Ek olarak, Antosiyaninler oldukça geniş bir pH aralığında (pH>2) renksiz karbinol bazı formunda renksiz halde bulunmaktadır. Buna göre birçok meyve ve sebzenin doğal pH değerinde antosiyaninlerinin görünür bir renk vermemesi gerekir. Ancak doğal pH değerinde yoğun renkli antosiyanin içeren birçok meyve ve sebze bulunmaktadır. Bunun nedeni ortamda bulunan bazı maddelerin antosiyaninlerin renkli formlarını stabilize etmeleri nedeniyle pH değerinin uygun olmasına rağmen onların renksiz karbinol formlarını oluşturmalarını engellemeleridir (Ersus, 2004). Antosiyaninlerle kompleks oluşturarak stabil ve renkli bileşikler oluşturan maddelere “kopigment” denir. Kopigmentler genellikle renksizdirler, ancak antosiyaninlerle kompleks oluşturunca onların renklerini stabilize etmektedirler. Kopigment olarak davranan maddelerin başında flavonoidler gelmektedir. Bunun

dışında alkaloidler, aminoasitler, nükleotitler ve bazen antosiyaninler kopigment olarak kullanılmaktadır. Doğada bulunan birçok çiçeğin, meyve ve sebzenin mavi tonunun daha çok açık antosiyaninlerin kuinoidal formunun kopigmentasyon ile stabilize edilmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Dikmen ve Yıldız, 1988).

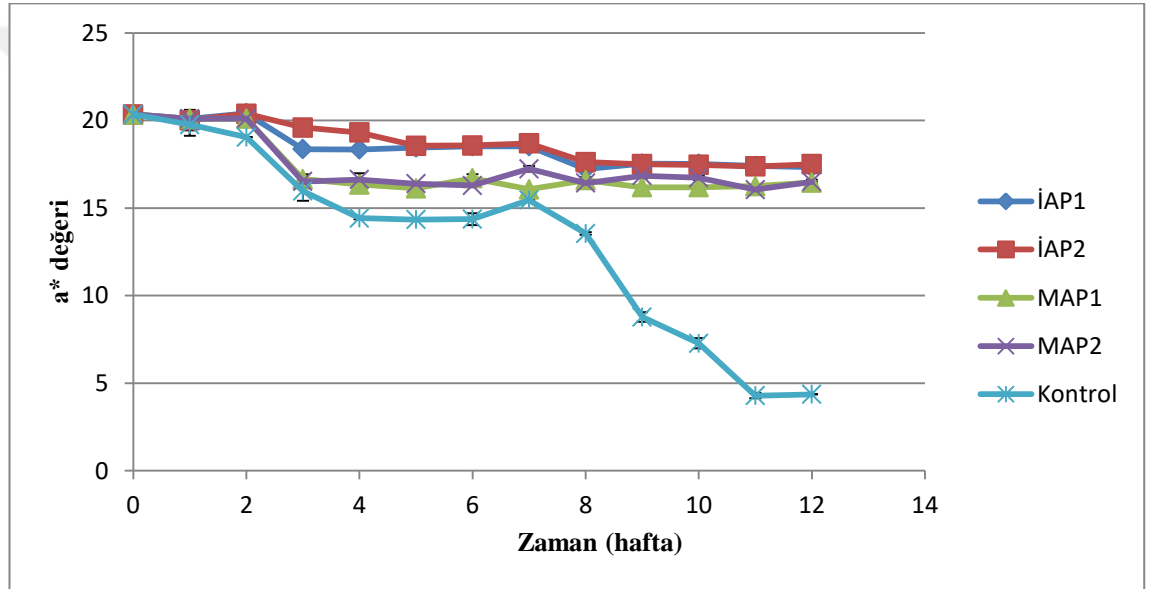
Bu açıklamaların yanısıra çileklerde kullanılan CO₂ gazı kullanımına müteakiben kritik seviyelere bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır Holcroft and Kader (1999) 5 gün 20 kPa CO₂ içeren atmosferde depolanan çileklerde, havada veya düşük O₂'de depolanan meyvelere göre daha yüksek renk tonu açısına (daha turuncu kırmızı) sahip olduğunu belirtmişlerdir. Smith and Skog, (1992) harmanlanmış bir çilek numunesinin rengini ölçmüş ve %15 CO₂ altında depolamanın renk üzerinde bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir.



Şekil 4.7. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait a* değerlerinin ortalaması

Yapılan çalışmalara göre CO₂ gazı kritik seviyelerin üstünde kullanıldığında pH değerini azalması ile (meyve hücrelerinde asitliğin artması) renk değerleri (L,*a,*b*) stabil hale gelmektedir. Ancak bu yöntem, meyvede kısa sürede koruma sağlarken, uzun sürede depolamada kötü tat ve koku oluşumuna sebep olan uçucu bileşiklerin oluşmasına ve ortamdaki oksidasyonun artmasına sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada şimdiye kadar kullanılan atmosferlerden farklı olarak; CO₂ oranı kritik seviyenin altında kullanılmış ve indirgen özellik gösteren H₂ gazı ile oksidasyon tepkimeleri inhibe edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 12 haftanın ortalaması incelendiğinde istatistiksel olarak indirgen atmosferde depolanan çileklerde a* değerini belirten renk pigmentlerinin yapısının stabil halde kaldığı görülmüştür (P < 0,05) (Şekil 4.7). Buna ilaveten MAP2 ile MAP1 uygulamaları arasında anlamlı farkın olmaması, farklı oranlarda (%5-10) kullanılan CO₂ gazının a* rengine etkisinin H₂ gazına göre daha az olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.8. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait L* değerlerinin değişimi

4.2.4.c. b* değeri

Taze çileğin b* değeri 10,43 olup bu değer depolama süresince tüm uygulamalarda artma eğilimi göstermiştir. Bununla birlikte b* değerinde en çok artış kontrol ile depolanan çileklerde görülürken en az artış ise İAP ve MAP ile depolanan çileklerde gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7). Zamanla b* değerinin bu artışı, depolama sırasında renk pigmentlerinin okside olmasının sonucudur.

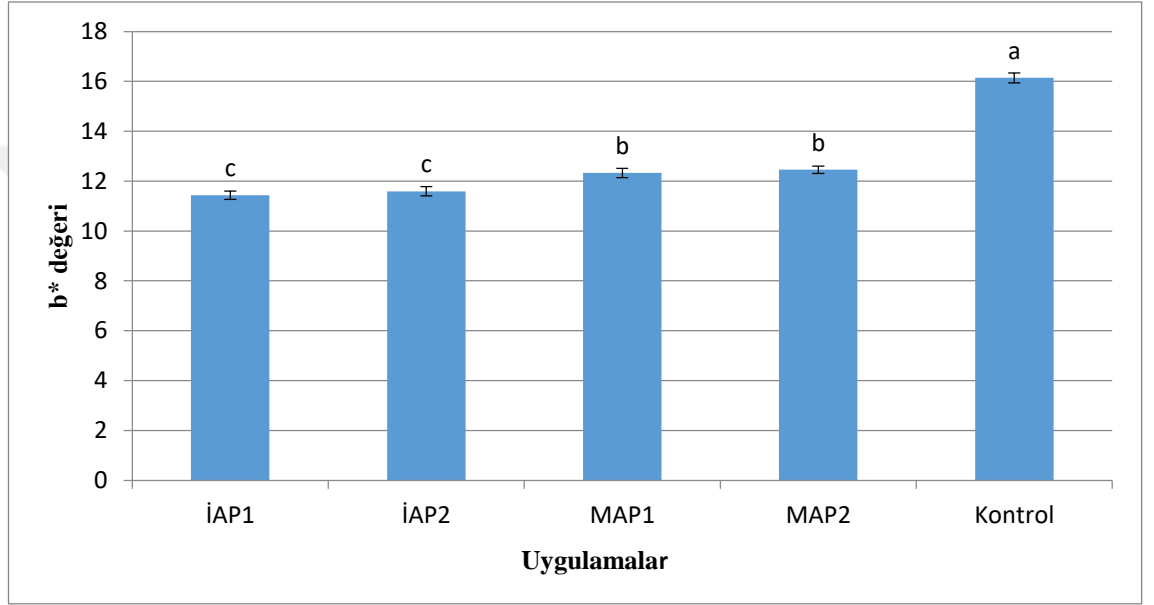
Çizelge 4.7. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait b*değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	P 10,43±0,11 ^a	P 10,43±0,11 ^a	P 10,43±0,11 ^a	P 10,43±0,11 ^a	P 10,43±0,11 ^a
1	P 10,5±0,17 ^a	P 10,7±0,3 ^a	P 10,37±0,3 ^a	P 10,52±0,13 ^a	R 10,2±0,03 ^a
2	Ö 10,6±0,22 ^b	S 9,41±0,19 ^c	Ö 11,2±0,7 ^a	R 10,3±0,14 ^b	R 10,3±0,2 ^b
3	Ö 11,32±0,08 ^b	Ö 11,6±0,2 ^b	L 13,68±0,02 ^a	L 13,63±0,05 ^a	M 13,28±0,2 ^a
4	Ö 11,11±0,05 ^c	Ö 11,45±0,36 ^c	O 12,3±0,04 ^b	N 12,48±0,06 ^b	M 13,32±0,25 ^a
5	Ö 11,38±0,21 ^d	O 11,81±0,24 ^{cd}	N 12,4±0,27 ^c	M 13,5±0,2 ^b	J 15,44±0,06 ^a
6	N 12,7±0,6 ^c	N 12,72±0,15 ^c	M 13,6±0,09 ^b	M 13,45±0,005 ^b	G 17,4±0,2 ^a
7	O 11,75±0,18 ^c	O 11,68±0,03 ^c	N 12,57±0,35 ^b	N 12,49±0,3 ^b	G 17,61±0,4 ^a
8	Ö 11,5±0,07 ^c	O 12,17±0,07 ^b	N 12,32±0,14 ^b	M 12,5±0,18 ^b	E 18,5±0,4 ^a
9	N 12,44±0,11 ^c	N 12,39±0,175 ^c	L 13,68±0,15 ^b	M 13,51±0,24 ^b	B 20,8±0,06 ^a
10	N 12,5±0,08 ^d	M 13,3±0,2 ^c	K 14,48±0,18 ^b	K 14,18±0,15 ^b	C 20,48±0,17 ^a
11	Ö 11,27±0,17 ^c	O 11,8±0,20 ^{bc}	O 12,04±0,02 ^b	N 12,36±0,04 ^b	B 20,7±0,4 ^a
12	Ö 11,2±0,2 ^c	Ö 11,24±0,12 ^c	Ö 11,24 ±0,12 ^c	N 12,66±0,25 ^b	B21,38±0,06 ^a
Haft. Ort.	11,43±0,17 ^c	11,6±0,18 ^c	12,32±0,18 ^b	12,45±0,14 ^b	16,14±0,19 ^a

Her bir b değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harfler ile belirtilmiştir (n=2).

Özellikle 5. haftadan sonra kontrol ile depolanan çileklerde b* değerinde hızlı bir şekilde artış gerçekleşmiştir. Bu artış oksijenin etkisi ile mikroorganizma faaliyetlerinin gelişmesi üzerine meyve yüzeyinde oluşan küf tabakası ile meydana gelmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre 12 haftanın ortalaması incelendiğinde uygulamalara ait b* değerleri istatistiksel olarak kontrol>MAP1=MAP2>İAP1=İAP2 şeklinde ilişkilendirilmiştir (P<0,05) (Şekil 4.9). Depolama sırasında antosiyaninlerin okside olması ile çilek meyvesinin rengi kırmızıdan sarıya doğru geçmektedir. İAP uygulamaları antosiyaninin renk pigmentini okside olmasını engellenmesi ve pH değerini muhafaza etmesi ile b* değerindeki artışı önlediği söylenebilir.



Şekil 4.9. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait b* değerlerinin ortalaması

4.2.4.ç. ΔE değeri

ΔE değeri; L*, a*, b* değerlerindeki toplam değişimini belirten renk ifadesidir. Depolama süresince tüm uygulamalardaki toplam renk değişimi ΔE artış eğiliminde olmaktadır. Toplam renk değişimindeki bu artış kontrol ile depolanan çileklerde 1. haftada, İAP1, MAP1, MAP2 ile depolanan çileklerde 3. haftada ve İAP2 ile depolanan çileklerde ise 6. haftada başlamıştır (Çizelge 4.9).

Daha öncede belirtildiği gibi renk ifadesi üzerinde pH ve antosiyanin renk pigmenti oldukça etkili olmaktadır. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde pH ile a* değeri arasında 0,83; antosiyanin ve a* değeri arasında ise 0,82 değerinde kuvvetli bir korelasyon değeri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

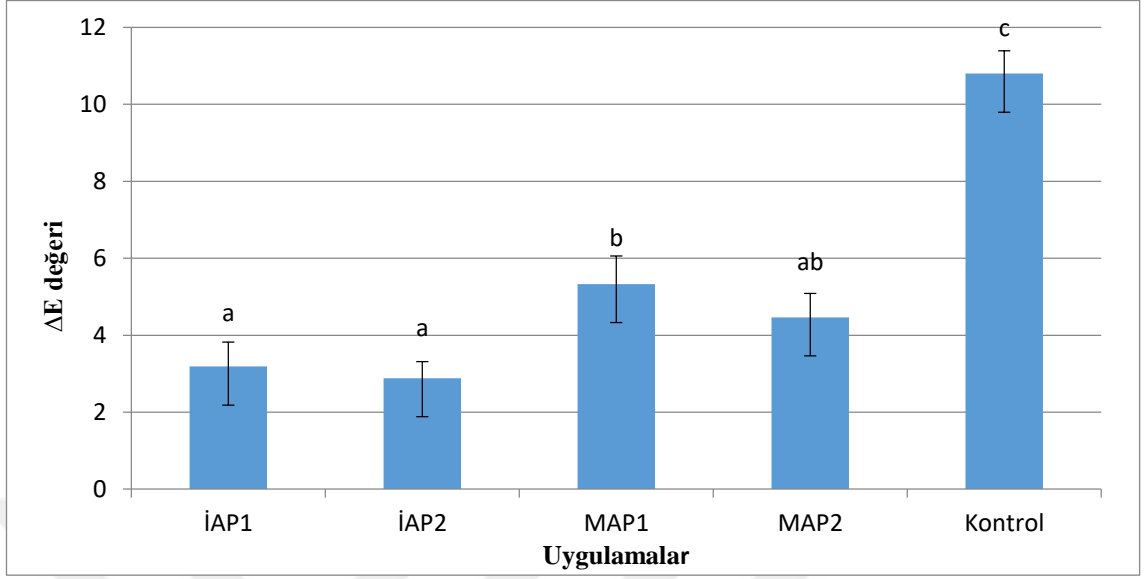
Çizelge 4.8. pH ve antosiyanin ile a*, b*, ΔE değerleri arasındaki korelasyon

	pH	Antosiyanin
a*	0,83	0,82
b*	- 0,77	- 0,81
pH		0,72
ΔE	- 0,71	- 0,86

Çizelge 4.9. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait ΔE değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	0	0	0	0	0
1	N 0,69±0,38 ^a	N 1,25±0,02 ^a	N 1,17±1,07 ^a	N 1,3±0,86 ^a	N 1,1±0,12 ^a
2	N 0,93±0,9 ^b	N 1,5±0,27 ^b	N 1,70±0,0 ^b	N 1,3±0,0 ^b	L 4,5±1,2 ^a
3	M 3,6±0,0 ^b	N 2,3±0,0 ^b	L 5,0±0,07 ^b	L 5,2±0,4 ^b	J 7,5±1,1 ^a
4	L 2,5±0,6 ^b	N 2,3±0,7 ^b	L 5,05±1,0 ^{ab}	L 4,6±1,2 ^{ab}	J 7,8±0,78 ^a
5	L 2,4±1,3 ^b	N 2,4±0,7 ^b	K 5,6±0,6 ^{ab}	L5,18±0,3 ^b	İ 8,61±0,67 ^a
6	M 3,4±0,2 ^c	M 3,0±0,15 ^c	K 5,7±0,55 ^b	L 5,2±0,4 ^b	İ 9,3±0,2 ^a
7	M 3,05±0,63 ^c	N 2,23±0,25 ^c	K 5,6±0,7 ^b	L4,0±0,2 ^{bc}	G 13,05±0,6 ^a
8	L 3,95±0,4 ^b	M 3,56±0,7 ^b	L 5,53±1,37 ^b	L 5,2±0,39 ^b	I 10,76±01 ^a
9	L 4,2±1,15 ^b	M 3,59±0,9 ^b	K 6,4±1,0 ^b	K 5,4±0,69 ^b	D 16,9±0,29 ^a
10	L 4,28±0,87 ^c	L 4,76±0,11 ^c	J 7,9±0,8 ^{bc}	J 7,02±1,1 ^b	B 19,6±0,3 ^a
11	L 4,3±1,2 ^b	L 3,9±1,16 ^b	J 7,07±0,8 ^b	K 6,4±1,16 ^b	A 21,9±0,6 ^a
12	L 4,9±0,9 ^b	L 3,5±0,73 ^b	J 7,2±1,4 ^b	A 7,20±1,41 ^b	A 23,1±0,7 ^a
Haft. Ort.	3,2±0,6 ^c	2,9±0,4 ^c	5,33±0,73 ^b	4,5±0,6 ^{ab}	10,8±0,6 ^a

Her bir ΔE değeri sonucu için istatistiksel fark p < 0,05 güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).



Şekil 4.10. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait ΔE değerlerinin ortalaması

12 hafta depolama sonunda haftaların ortalaması incelendiğinde, toplam renk değişiminin tüm uygulamalar arasındaki farkı istatistiksel olarak kontrol>MAP1≥MAP2>İAP1≥İAP2 şeklinde ilişkilendirilmiştir ($P<0,05$) (Şekil 4.9).

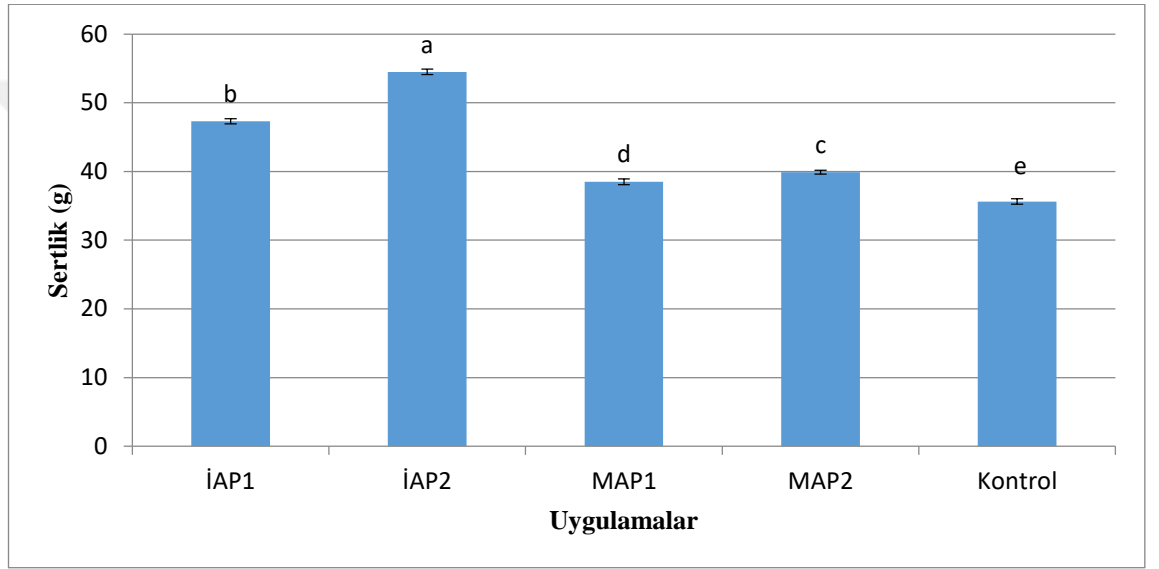
L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinden elde edilen sonuçlara göre; tüm uygulamalar içerisinde, dış meyve renginin muhafazasında en iyi sonuçlar İAP uygulamalarında gözlemlenmiştir. Buna göre; İAP uygulamalarında meyve renginin korunması, pigment oksidasyonunun ve enzimatik esmerleşmenin engellenmesi ile sağlandığı söylenebilir.

4.2.5. Sertlik (g)

Taze çileğin sertlik değeri 61,785 g olarak tespit edilmiştir. 12 hafta boyunca tüm uygulamalar arasında sertlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark İAP2>İAP1>MAP2>MAP1>kontrol şeklinde belirlenmiş olup meyve sertliğindeki değişim (azalma) kontrol, MAP1 ve MAP2 uygulamalarında 3. haftada, İAP1 uygulamasında 5. haftada ve İAP2 uygulamasında 8. haftada başlamıştır ($P < 0,05$) (Çizelge 4.10). 12 hafta depolama süresince çilek meyvesine ait sertlik değerlerinin ortalaması tüm uygulamalar için istatistiksel olarak karşılaştırıldığında İAP2>İAP1>MAP2>MAP1>kontrol şeklinde ilişkilendirilmiştir ($P<0,05$) (Şekil 4.11). Elde edilen sonuçlar kapsamında MAP'de depolanan meyvelerin normal havada depolanan meyvelere göre daha sert olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmadaki bu

sonuçlar yapılan çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (Nunes *et al.*, 2005; zkaya *et al.*, 2009; Khzaei, and Jouki, 2011).

Buna ilaveten yaptığımız çalışmada %10 CO₂ oranına sahip uygulamaların (İAP2, MAP2), %5 CO₂ oranına sahip uygulamalara (İAP1, İAP2) göre meyve sertliğini daha iyi koruduğu görülmüştür. Yapılan diğer çalışmalarda da meyve sertliğinin korunmasının, zengin CO₂ atmosferleri ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Harris and Harvey, 1973; Ptocharski, 1982; Li and A. Kader, 1989; Okan *et al.*, 2013).



şekil 4.11. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan ilek meyvesine ait sertlik (g) değerlerinin ortalaması

CO₂ gazının meyve dokusunun sertliğini muhafaza etmedeki etkisi ile ilgili bir çok neden ortaya sunulmaktadır. Araştırmalara göre; CO₂ gazı etkisi ile meyvelerin suda çözünebilir pektin miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeye göre CO₂ gazının çözünür fazda ve amonyumda ekstrakte edilen pektin miktarını arttırdığını belirtmiştir (Ptocharski, 1982; Goto *et al.*, 1995). Aynı şekilde Siriphanich, (1998) ilek meyvesinin CO₂ ile muamele edildiğinde; suda çözünür fraksiyondaki pektin miktarının azaldığını ve diğer fraksiyonlardaki pektin miktarlarının arttığını belirtmiştir. Harker *et al.*, (2000) bu değişikliği düşük sıcaklıkta taramalı elektron mikroskopu analizinden sonra hücreden hücreye bağlanma kuvvetindeki artışlarla ilişkilendirmiş ve yüksek seviyede kullanılan CO₂ atmosferinin depolamada olumsuz tepkimeler gerçekleştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.10. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait sertlik (g) değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 61,8±0,02 ^a	A 61,8±0,02 ^a	A 61,8±0,02 ^a	A 61,8±0,02 ^a	A 61,8±0,02 ^a
1	A 60,68±0,5 ^a	A 61,2±0,2 ^a	A 60,1±0,04 ^{ab}	A 60,9±0,1 ^a	A 59,1±0,3 ^b
2	A 57,0±0,4 ^b	A 59,91±0,8 ^a	A 55,94±0,8 ^b	A 57,2±0,02 ^b	A 54,2±0,46 ^c
3	A 54,9±0,3 ^b	A 58,63±0,4 ^a	B 45,95±0,8 ^d	B 47,6±0,8 ^c	B 43,95±0,4 ^e
4	A 52,6±0,5 ^b	A 57,7±0,4 ^a	B 40,6±0,08 ^d	B 43,6±0,1 ^c	C 38,4±1,1 ^e
5	B 49,7±0,5 ^b	A 55,6±0,6 ^a	C 37,3±0,4 ^d	C 38,8±0,3 ^c	C 33,99±0,4 ^e
6	B 49,01±0,3 ^b	A 54,98±0,7 ^a	C 33,8±0,3 ^d	C 35,9±0,08 ^c	C 31,9±0,37 ^e
7	B 44,1±0,9 ^b	A 53,8±0,34 ^a	C 33,1±0,6 ^d	C 34,9±0,7 ^c	C 28,9±0,86 ^e
8	B 43,4±0,4 ^b	A 50,5±0,4 ^a	C 31,4±0,2 ^c	C 30,9±0,1 ^c	D 27,1±0,09 ^d
9	B 41,29±0,3 ^b	B 50,26±0,1 ^a	C 29,46±0,5 ^c	C 28,75±0,3 ^c	D 22,1±0,09 ^d
10	C 36,79±0,4 ^b	B 47,95±0,2 ^a	D 26,8±0,2 ^d	C 28,38±0,1 ^c	D 20,69±0,46 ^e
11	C 33,4±0,5 ^b	B 48,9±0,5 ^a	D 22,9±0,7 ^d	D 24,68±0,3 ^c	D 21,7±0,3 ^d
12	C 30,1±0,1 ^b	B 46,97±0,8 ^a	D 21,33±1,2 ^d	D 24,98±0,7 ^c	D 19,1±0,2 ^e
Haft.	47,3±0,39 ^b	54,5±0,41 ^a	38,5±0,44 ^d	39,89±0,27 ^c	35,62±0,4 ^e
Ort.					

*Her bir sertlik(g) değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Yapılan açıklamalardan farklı olarak (Smith, 1992) pektin miktarlarının hem CO₂ ile muamele edilmiş hem de herhangi bir işlem görmemiş çileklerde benzer olduğunu ifade etmektedir. Genel olarak bakıldığında meyvenin sertliği, bitişik hücreler arasındaki yapışmanın nedeni olarak, hücre kırılabilirliği ve içsel turgor basıncı arasındaki bir dizi hücresel özellik ile ilgili olduğu söylenmektedir (Harker and Hallett, 1992, 1994; Harker and Sutherland, 1993). Sonuç olarak, meyvelerin mekanik özelliklerinin hücre duvarı mukavemeti, hücreden hücreye yapışma, hücre dolgunluğu ve hücrelerin iç basıncına veya turgoruna bağlı olduğu bilinmesine rağmen (Harker *et al.*,

1997) çilek dokusunun sıkılaştırılmasını sağlayan CO₂'den sorumlu mekanizma ile ilgili hala kesin bilgi bulunmamaktadır.

Yapılan bu çalışmada ise CO₂ oranı, meyve sertliğini korumada etkili olmuş ancak uzun süre depolamada H₂'nin etkisi daha çok ön planda yer almıştır. Çilek, hasattan sonra çözünür şeker sentezini destekleyecek nişastaya sahip olmadığından, bünyesinde şeker olarak, hücre duvarını ve organik asitleri kullanır. Depolama sırasında azalan şeker ile birlikte hücre duvarının çözünürlüğü artarak yapısı bozulur (Cordenunsi *et al.*, 2003). Bu neticeye göre meyve sertliğinin azalması hücre duvarı bozulmasının bir sonucu olabilir. Söz konusu yaptığımız bu çalışma ile elde edilen SÇKM ile sertlik değerleri arasında korelasyonun 0,92 gibi yüksek bir değere sahip olması da bu açıklamayı destekler niteliktedir.

İAP uygulaması, çilek meyvesinde meydana gelebilecek şeker oksidasyonunu ve olumsuz enzim aktivasyonunu engeller ek olarak mikroorganizmalar için toksik etki oluşturur. Bunun sonucunda İAP uygulamasında suda çözünür şeker kaybının önlenmesiyle hücre duvarının ve sertliğinin muhafazası sağlandığı söylenebilir.

Ayrıca İAP uygulamasında meyve sertliğinin korunmasına sebep olarak; kullanılan H₂ gazının hücre içindeki geçişleri önlemesi ile turgor basıncını stabil hale getirmesi de gösterilebilir.

4.2.6. Kütle kaybı (%)

Depolama boyunca, kütle kaybında tüm uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak kontrol>MAP1≥MAP2>İAP1≥İAP2 şeklinde ilişkilendirilmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.11). 12 hafta sonunda % kütle kaybı kontrol uygulamasında %0,338 iken, MAP1 ve MAP2 uygulamalarında sırasıyla %0,061, %0,053, İAP1 ve İAP2 uygulamalarında ise sırasıyla %0,047 ve %0,049 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Bu sonuçlara göre en fazla kütle kaybı kontrol ile depolanan çileklerde olurken İAP2 ile depolanan çileklerdeki % kütle kaybı minimum seviyelerdedir.

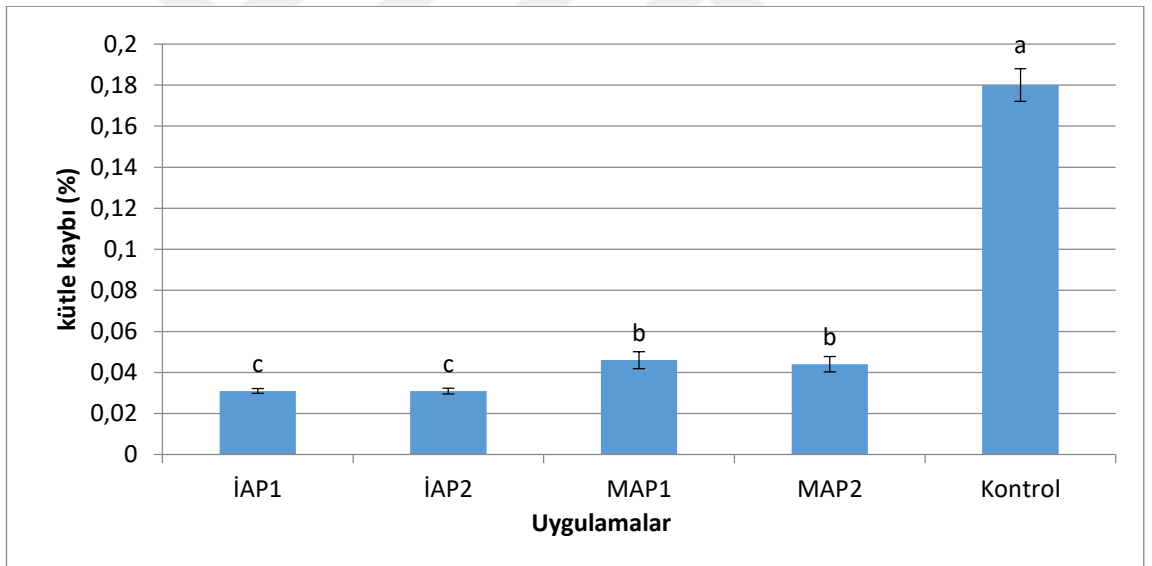
Çizelge 4.11. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait kütle kaybı (%) değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	Ö 0±0 ^a	Ö 0±0 ^a	Ö 0±0 ^a	Ö 0±0 ^a	Ö 0±0 ^a
1	Ö 0,007±0,001 ^c	Ö 0,011±0 ^{bc}	O 0,037±0,002 ^{ab}	N 0,04±0,004 ^a	N 0,04±0,01 ^a
2	Ö 0,016±0,003 ^b	Ö 0,016±0,001 ^b	O 0,03±0,003 ^b	O 0,03±0,001 ^b	M 0,06±0,002 ^a
3	Ö 0,02±0 ^c	O 0,027±0,001 ^c	N 0,05±0,02 ^b	N 0,06±0,02 ^b	J 0,1±0 ^a
4	O 0,026±0,002 ^b	O 0,03±0,009 ^b	N 0,046±0,01 ^b	N 0,047±0,01 ^b	K 0,108±0,02 ^a
5	O 0,03±0,001 ^b	O 0,03±0,001 ^b	N 0,04±0 ^b	O 0,04±0,002 ^b	İ 0,16±0,005 ^a
6	O 0,04±0,002 ^b	O 0,03±0 ^b	N 0,05±0,002 ^b	N 0,04±0,001 ^b	H 0,2±0 ^a
7	O 0,04±0,001 ^b	O 0,037±0,001 ^b	N 0,05±0,004 ^b	N 0,05±0,001 ^b	E 0,25±0,01 ^a
8	N 0,04±0 ^b	N 0,04±0,001 ^b	N 0,05±0,002 ^b	N 0,05±0,001 ^b	D 0,27±0,025 ^a
9	N 0,05±0,001 ^b	N 0,04±0 ^b	M 0,07±0,008 ^b	N 0,05±0,002 ^b	C 0,25±0,005 ^a
10	N 0,05 ±0,001 ^b	N 0,04±0 ^b	N 0,06±0 ^b	N 0,06±0,003 ^b	D 0,27±0,02 ^a
11	N 0,05±0,001 ^b	N 0,05±0,003 ^b	N 0,06±0 ^b	N 0,056±0,001 ^b	E 0,25±0 ^a
12	N 0,05±0,002 ^b	N 0,05±0,001 ^b	M 0,06±0,001 ^b	N 0,05±0,001 ^b	A 0,34±0,005 ^a
Haft.	0,031±0,0012 ^c	0,03±0,0014 ^c	0,046±0,004 ^b	0,04±0,0037 ^b	0,18±0,008 ^a
Ort.					

*Her bir % kütle kaybı değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Çileğin son derece bozulan bir meyve olmasına sebep olan özelliklerinden biriside hızlı bir şekilde su kaybetmesidir (Zhang and Shao, 2015). Ambalaj atmosferi su kaybını azaltıp, taze ürünlerdeki nemi muhafaza eder. Ancak, paketin iç ve dış atmosferi arasında oluşan nem farkı, meyvedeki suyun paket dışına geçişini

hızlandırmakta ve bu durum kütle kaybına sebep olmaktadır. Meyvedeki kütle kaybının bir diğer nedeni ise paketlerin depolama süresince geçirgenliğinin artmasıdır. Jouki and Dadashpour, (2012) CaCl_2 daldırma ön işlemi yaparak paketledikleri çileklerin kütle kaybının %4,5, kontrol ile depoladığı çileklerin ise kütle kaybını ise %8,50 olarak tespit etmiştir. Benzer şekilde (Özkaya *et al.*, 2009). çileklerdeki kütle kaybının MAP ile depolamada (%0,49) kontrol uygulamasına göre (%5,05), daha az olduğunu belirtmiştir. Almenar *et al.*, (2007) MAP ile depoladığı çileklerde farklı filmlerin etkisini araştırdığı çalışmada; en yüksek kütle kaybını geçirgenliğin yüksek olduğu PVC (% 3,5) paketlerindeki yaban çileğinde tespit ederken ve en düşük ağırlık kaybı değerlerini ise geçirgenliğin en az olduğu P0 malzemenin kullanıldığı paketlerde (%0,25) rastlamışlardır. Bunun sonucunda kütle kaybının paketlerdeki gözenek sayısı ile doğru orantılı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.12. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait kütle kaybı (%) değerlerinin ortalaması

Ticari olarak paketli ürünlerin kütle kaybı için kritik değeri %6 olduğu göz önüne alındığında ve yapılan daha önceki çalışmalar ile yapmış olduğumuz çalışmadaki kütle kaybı kıyaslandığında; bu çalışmada kullanılan paketin geçirgenliğinin az olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna ilaveten 12 haftalık kütle kaybı (%) değerlerinin ortalamasına göre İAP uygulamalarındaki kütle kaybının minimum seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9). Gıda etrafını çevreleyen gazlardan olan H_2 gazının indirgen

özelliğinin, solunumun neden olduğu nem kaybını engellemesi ve enzimatik aktiviteleri düzenlemesi ile kütle kaybını önlediği söylenebilir.

4.3. Kimyasal Analizler

4.3.1. Antosiyanin

Taze çileğin toplam antosiyanin miktarı $446 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$ ka olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince antosiyanin miktarındaki azalma; İAP2 ve İAP1 uygulamalarında 3. haftada, MAP1 ve kontroldeki uygulamalarda ise 2. haftada başlamıştır. Buna ilaveten MAP1 ve kontrol ile depolanan çileklerde 1. haftada antosiyanin miktarında artış meydana geldiği dikkat çekmektedir (Çizelge 4.12). Bu artış hasat sonrası meyvelerde antosiyanin sentezinin devam etmesinden kaynaklanmaktadır (Gil *et al.*, 1997). Ancak bu durum meyvenin olgunluk seviyesi, cinsi ve yetiştirme şartları ile ilgilidir. Çalışmamızda çilekler olgunluk safhasının en son zamanlarında temin edildiğinden, hasat sonrası antosiyanin miktarında önemsenecek bir artış olmamıştır. Buna ilaveten depolamanın ilk zamanlarında antosiyanin miktarının artmasındaki bir diğer etken ise bu antosiyanin moleküllerinin hasat öncesi ve sonrasında meyveleri dış etkilere karşı koruma görevi üstlenmesi ve çilek meyvesinin oksidatif stresi ile artış göstermesidir.

MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarında ilk haftada antosiyanin miktarında artışın olmaması dikkat çekmektedir. Bunun sebebi ise paket atmosferinde bulunan CO_2 ve H_2 gazının etkisiyle hasattan sonra meyvenin antosiyanin sentezinin engellenmesi ve meyvenin oksidatif stresinin önlenmesi ile açıklanabilir.

12 haftalık depolama süresi incelenecek toplam antosiyanin miktarında tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak $\text{İAP2} \geq \text{İAP1} > \text{MAP2} \geq \text{MAP1} > \text{kontrol}$ olacak şekilde anlamlı fark tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Özellikle kontrol uygulamasında toplam antosiyanin miktarında diğer uygulamalara göre (İAP1, İAP2, MAP1 ve MAP2) çok önemli bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.12).

Kararsız bileşikler olarak bilinen antosiyaninlerin işleme ve depolama sırasında maruz kaldıkları çok sayıda kimyasal ve enzimatik reaksiyonların sonucunda kimyasal yapıları değişmekte ve kayıplar oluşmaktadır (Kadivec and Hribar, 2013). Yapılan çalışmalarda çileklerin renginin ve antosiyanin stabilitesinin, pH ve şeker gibi

faktörlerin yanı sıra sıcaklık ve su kaybı gibi bir dizi fiziksel koşuldan etkilendiğini bilinmektedir (Asen *et al.*, 1973; Yoshida *et al.*, 2002; Hubbermann *et al.*, 2006).

Çizelge 4.12. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antosiyanin [$\text{mg}100\text{g}^{-1}(\text{ka})$] değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 446±2,7 ^a	A 446±2,7 ^a	A 446±2,7 ^a	A 446±2,7 ^a	A 446±2,7 ^a
1	A 442,83±6,21 ^a	A438,19±6,56 ^a	A 449,42±5,87 ^a	A 446,98±6,56 ^a	A 449,18±6,90 ^a
2	A 451,62±5,52 ^{ab}	A 457,23±4,5 ^a	A 433,80±5,9 ^b	A 441,61±6,56 ^{ab}	B 431,60±6,21 ^b
3	A 439,4±0,0 ^b	A 447,7±0,0 ^a	B 417,4±0,0 ^c	B 418,9±0,0 ^c	C 410,12±3,45 ^d
4	A 437,95±6,21 ^a	A 447,71±6,21 ^a	C 390,1±18,0 ^{ab}	B 422,3±0 ^{ab}	E 364,2±34,5 ^b
5	B 433,6±4,1 ^a	A 437,95±6,9 ^a	E 372,0±22,1 ^b	F 363,7±6,2 ^b	O 269,02±1,4 ^c
6	E 405,24±0,5 ^b	D 415,0±0,98 ^a	I 372,53±1,47 ^c	H 373,26±0,2 ^c	O 267,8±0,25 ^d
7	F 395,97±0,49 ^b	E 404,3±2,5 ^a	I 359,6±0,2 ^c	I 362,3±1,47 ^c	Ö 252,18±0,3 ^d
8	F 394,98±2,4 ^a	F 392,06±0,5 ^a	İ 348,85±1,7 ^c	I 367,2±0,98 ^b	Ö 244,4±0,7 ^d
9	E 405,2±0 ^a	E 409,1±0,49 ^a	I 362,27±1,47 ^b	I 366,67±0,49 ^b	P 231,9±1,5 ^c
10	H 381,56±0,7 ^a	F 386,4±1,2 ^a	J 327,36±2,2 ^b	J 330,78±0,7 ^b	Ş 196,8±2,93 ^c
11	H 375,9±0 ^b	H 381,8±0,98 ^a	J 325,66±0,49 ^c	J 330,05±0,49 ^c	S 203,1±2,9 ^d
12	H 374,2±1,71 ^b	H 381,3±0,98 ^a	L 283,9±1,71 ^a	L 284,4±1,71 ^c	Ş 196,76±1,96 ^d
Haft. Ort.	414,2±2,3 ^a	418,8±2,6 ^a	376,0±3,6 ^b	381,1±2,2 ^b	304,9±5,1 ^c

*Her bir antosiyanin [$\text{mg}100\text{g}^{-1}(\text{ka})$]değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir(n=2).

Bu açıklamalara göre uygulamalarda görülen antosiyanin miktarındaki azalma depolama sırasında oluşan pH değişimine bağlanabilir. Antosiyaninler meyvelerde aglikonlar ve antosiyanidinlerin glikozitleri şeklinde yada açillenmiş, açillenmemiş olarak farklı yapısal formlarda bulunurlar. Bununla birlikte açillenmiş antosiyaninlerin yüksek pH derecelerinde açillenme göstermeyen antosiyaninlere göre daha dayanıklı

olduğu belirtilmiştir (Bridle and Timberlake, 1997) ve farkı formlarda oluşan bu antosiyaninlerin stabil oldukları pH değeri farklılık göstermektedir. Buna ilaveten bu çalışmada çileklerdeki pH ile toplam antosiyanin miktarı değerleri arasında $R^2 = 0,72$ değerinde pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Yapılan bu çalışmada çilekler de pH değeri ile antosiyaninler arasında pozitif korelasyon elde edilmesi çileğin cinsine ve olgunluğuna göre farklı antosiyanin kaynakları bulundurması sebep olarak gösterilebilir. Yapılan çalışmalarda bu açıklamayı destekler niteliktedir:

Turp ekstarktı ile Kirazların boyanması üzerinde yapılan bir çalışmada; pH değerinin 3,5 olduğu cam kavanoz içerisinde ambalajlanmış ürünler oda sıcaklığında 6 aya kadar kırmızı rengini kaybetmeden depolandığını ve bu olumlu etkinin turp ekstraktında bulunan açillenmiş pelargonidinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Gıustı and Wrolstad, 1996). Farklı antosiyanin kaynaklarının stabilitesinin birbiriyle karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise, konkord üzümleri, kırmızı lahana, tradescantia pallida ve ajuga chamaepitus bitkileri örnek olarak seçilmiş, % 3 triflorasetik asit içeren su ile ekstraksiyon uygulanmıştır. Sonuç olarak; en yüksek stabiliteyi tradescantia ekstraktının gösterdiği bulgulanmıştır. Bu yüksek stabilitenin ise antosiyaninin açillenmiş yapısından ve yapıda bulunan B halkasında gerçekleşen yer değişiminin hidrasyonu ve solmayı engellemesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Baublis *et al.*, 1994).

Ortamda bulunan oksijen ve ısı antosiyaninlerin bozulmasında etkili faktörlerdir (Markakis and Jurd, 1974; Jackman *et al.*, 1987). Özellikle enzimatik reaksiyonları ile doku parçalanmasıyla birlikte polifenol oksidaz, peroksidaz, glikosidaz ve ekstrazlar tarafından katalize edilirler. Antosiyaninler bitki polifenol oksidazlarına oldukça dayanıksız bileşiklerdir (Pifteri and Cultera, 1974) ve diğer fenoliklerin oksidasyonu sonucu oluşan *o*-kinonlarla tepkime verirler. *O*-difenolik antosiyaninlerin çift oksidasyonu ile çok kararsız bileşikler olan antosiyanin kinonlar oluşur. Tüm bu reaksiyonlar zinciri sonucu antosiyaninlerde ve renkte önemli bir bozulma oluşur (Ersus, 2004). İAP uygulamalarında bu olumsuz enzimatik ve oksidasyon reaksiyonları önlenerek çilek meyvesinde antosiyaninlerin yapısı korunmuştur.

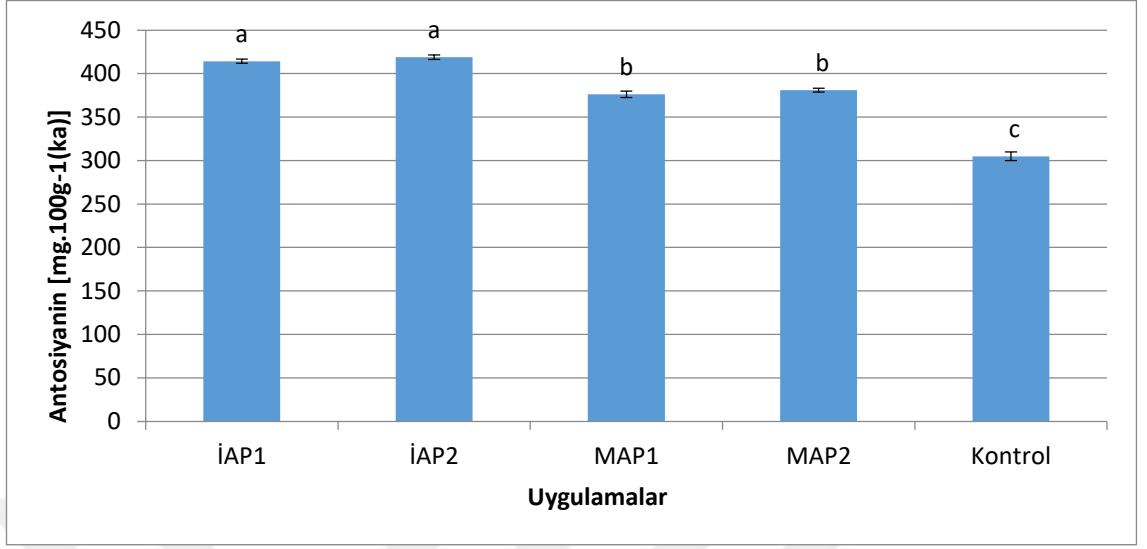
Diğer bir taraftan Lewis *et al.*, (1995) şekerin antosiyaninlerin emilimi üzerindeki etkisini araştırmış ve bir model çözeltiye glikoz, sukroz ve maltoz

eklendiklerinde antosiyaninlerin maksimum emilim miktarının değişmemesine rağmen emilimin hızının arttığını tespit etmişlerdir. Şeker miktarının antosiyanin konsantrasyonu üzerindeki bu etkisi flavinyum iyonunu desteklemesine neden olacak şekilde, yüksek şeker konsantrasyonlarıyla su aktivitesinin azaltılmasından kaynaklanabilir. Bu etki, pH 4'te pH 2'den daha fazla gerçekleşmiştir. Ancak diğer araştırmacılar şekerin, çileğin ana antosiyaninlerinin üzerinde olumsuz bir etkisi olabileceğinden bildirmişlerdir (Sondheimer and Lee, 1953; Daravingas and Cain, 1965).

Daha önce yapılmış olan çalışmalardan, kritik seviye üstünde kullanılan CO₂ atmosferlerinin etkisiyle çilekteki kombine sitrik ve malik asit konsantrasyonlarının azaldığını ancak meyve dokularında düşük konsantrasyonlarda bulunan süksinik asitin arttığını (Holcroft and Kader, 1999) ve bunun neticesinde tampon çözeltisinin asitliğinin arttığı bilinmektedir (Gil *et al.*, 1997; Holcroft *et al.*, 1998). Artan asitlik ile birlikte antosiyanin konsantrasyonu artmaktadır. Ancak yüksek CO₂ ile muamele edilen meyvelerde daha öncede belirtildiği gibi olumsuz reaksiyonlar olmakta ve artan asitlik miktarı ile oksidasyon reaksiyonları desteklemektedir.

Elde edilen toplam antosiyanin miktarı sonuçlarına göre indirgen atmosferde depolanan çileklerin (İAP1, İAP2) diğer atmosferde depolanan çileklere kıyasla daha iyi muhafaza edildiği gözlemlenmiştir. Buna neden olarak, indirgen atmosferin enzimatik reaksiyonları sınırlandırması ve meyvedeki asitlik artışını engellenmesi ile antosiyanin bileşiklerini muhafaza ettiği söylenebilir.

Daha önce yapılmış olan çalışmalardan, toplam antosiyanin içeriğinin antioksidan aktiviteye etkisi olduğu bilinmektedir (Kalt *et al.*, 1999a; Wang and H. Lin, 2000). Açıklamalara göre yapılan bu çalışmada İAP uygulamasının bir diğer etkisinde olumsuz oksidasyonu engellenmesi ile antioksidan aktiviteye sahip antosiyaninlerin harcanmasını engellemesidir.



Şekil 4.13. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antosiyanin [mg100g⁻¹(ka)] değerlerinin ortalaması

4.3.2. Toplam fenolik madde

Taze çileğin toplam fenolik madde miktarı konsantrasyonu 1893,8 mgGAE100g⁻¹ (ka) olarak tespit edilmiştir. Uygulamalarda fenolik madde konsantrasyonunda İAP1 ve İAP2 ile uygulamalarında sırasıyla 9. ve 8. haftalardan, MAP1 ve MAP2 uygulamalarında 4. haftadan ve kontrol uygulamasında ise 2. haftadan itibaren azalma meydana gelmiş ve 12 depolama süresince toplam fenolik madde miktarı konsantrasyonunda uygulamalar arasında İAP2≥İAP1>MAP2≥MAP1>kontrol şeklinde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmiştir (P < 0,05) (Çizelge 4.13).

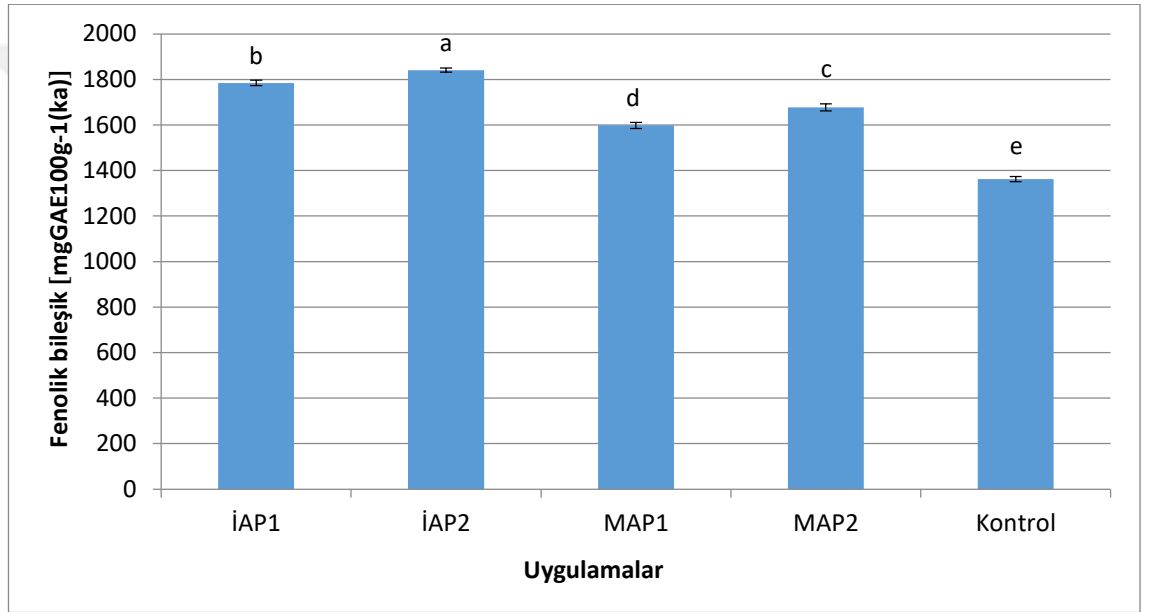
Çizelge 4.13. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı [mgGAE100g⁻¹(ka)] değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 1893,8±18,7 ^a	A 1893,8±18,7 ^a	A 1893,8±18,7 ^a	A 1893,8±18,7 ^a	A 1893,8±18,7 ^a
1	A 1886,4±6,2 ^a	A 1883,9±8,71 ^a	A1861,51±11,2 ^a	A 1854,05±13,7 ^a	A 1790,6±14,9 ^b
2	A 1906,28±38,6 ^a	A 1903,8 ±3,7 ^a	A 1804,3±13,7 ^c	A 1862,8±12,4 ^b	B 1715,999±2,5 ^d
3	A 1866,48±8,7 ^a	A 1901,3±11,2 ^a	A 1755,8±12,4 ^b	A 1786,89±13,6 ^b	C 1558,05±13,7 ^c
4	A 1832,9±12,4 ^a	A1868,97±11,2 ^a	B 1704,8±16,2 ^b	B 1737,1±18,7 ^b	D 1462,3±2,5 ^c
5	A 1866,48±6,2 ^a	A 1881,41±13,7 ^a	C 1660,0±13,68 ^c	B 1742,12±18,7 ^b	D 1388,92±16,2 ^d
6	A 1810,5±14,9 ^b	A 1859,02±16,17 ^a	C 1591,6±2,5 ^d	A 1759,53±16,17 ^c	E 1289,43±18,7 ^d
7	A 1839,1±11,2 ^a	A 1863,99±8,7 ^a	C 1591,6±22,4 ^c	B 1732,1±13,7 ^b	E 1228,48±29,9 ^d
8	A 1767±8,7 ^a	B 1794,35±6,22 ^a	C 1529,450±9,95 ^c	C 1594,1±24,9 ^b	D 1375,2 ±2,5 ^d
9	B 1697,3±3,7 ^b	A 1764,5±3,7 ^a	D 1367,78±22,4 ^d	C 1543,1±16,2 ^c	F 1147,647±6,2 ^e
10	B 1663,765±4,97 ^b	A 1757,04±6,2 ^a	D 1452,3±12,4 ^d	C 1515,8±18,7 ^c	F 1117,8±1,2 ^e
11	B 1662,5±11,2 ^b	A 1811,7±8,7 ^a	D 1422,496±2,5 ^d	C 1517±4,98 ^c	F 1110,337±11,2 ^e
12	B 1617,750±3,73 ^b	A 1795,593±2,48 ^a	D1433,688±13,680 ^d	C 1483,435±11,192 ^c	F 1163,82±7,46 ^e
Haft. Ort.	1784,7 ±12,3 ^b	1840,47±9,19 ^a	1597,96±13,2 ^d	1677,3±15,5 ^c	1362,4±11,2 ^e

*Her bir fenolik madde miktarı mgGAE100g⁻¹(ka) değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Daha önce yapılmış olan çalışmalarda MAP'nin fenolik maddelere etkisi ile ilgili elde edilen sonuçların, yapmış olduğumuz çalışma ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Zhang *et al.*, (2003) çileğin antosiyanin içeriğinin depolama sırasında sürekli azaldığını ve MAP tedavisinin bu azalmayı geciktirdiğini belirtmişlerdir. Holcroft, *et al.*, (1998) yüksek oranda kullanılan karbondioksit ile fenolik bileşiklerin sentezlerini inhibe ederek azalttığını belirtmişlerdir.

Fenolik maddeler oldukça kararsız yapıya sahiptir. Muhafaza boyunca sıcaklık, su kaybı ve ortamın oksidasyon potansiyeli (ORP) gibi bir çok etken meyvelerde fenolik madde konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Ayala-Zavala *et al.*, (2004) farklı sıcaklıklarda (0°, 5° ve 10 °C’de) depoladıkları chandler çeşidi çilek meyvesinin antioksidan aktivitesinin (ORAC ölçümüyle), toplam fenolik maddesinin ve antosiyanin miktarının en iyi 0°C’de muhafaza edildiğini belirtmişlerdir ve benzer şekilde Nunes *et al.*, (2005) çilek meyvesinde sıcaklık artışının toplam fenolik madde miktarının azalmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir.

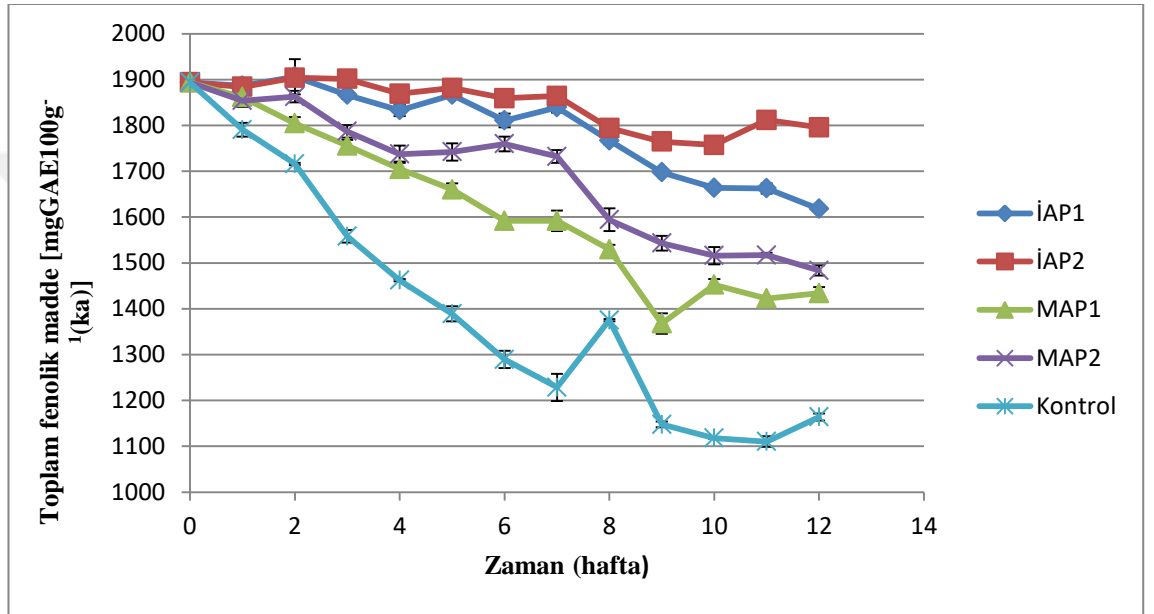


Şekil 4.14. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı [mg GAE 100g⁻¹ (ka)] değerlerinin ortalaması

Yapılan bu çalışmada toplam fenolik madde miktarında tüm uygulamalarda 1. haftadan itibaren azalma görülmüştür. Bununla birlikte meyvenin toplam fenolik madde miktarındaki azalmada; türler, coğrafi bölge, saklama koşulları, olgunluk, iklim gibi bazı faktörler etkin olduğu bildirilmiştir (Benvenuti *et al.* 2004; Kellogg *et al.* 2009). Örneğin toplam fenolik maddeler, beyaz çeşitlere göre tam kırmızı çileklerde daha fazla olduğu belirtilmektedir (Shin *et al.*, 2008).

Shin *et al.*, (2008) farklı türde (Northeaster ve Earliglaw), %20 CO₂ ve normal hava ile 20 gün boyunca depoladıkları çileklerin toplam fenolik madde miktarında,

depolama süresince artış meydana geldiğini ve çilek çeşitlerini kendi aralarında kıyasladıklarında; Northeaster çileklerinin toplam fenolik madde miktarının CO₂ işleminden ve depolama süresinden etkilenmediğini Ancak Earliglow çileklerinin toplam fenolik madde miktarının CO₂ işleminden etkilendiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Usenik *et al.*, (2008) yaptıkları çalışmada kirazların çeşitlerine göre toplam fenolik miktarında ve antioksidan kapasitesinde önemli farklılıklar bildirilmişlerdir.



Şekil 4.15. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait fenolik madde miktarındaki [mg GAE 100g⁻¹ (ka)] değişimi

Elde edilen bu sonuçlara göre 12 hafta depolama süresince İAP2 ile depolanan çileklerin toplam fenolik madde miktarında 12 hafta depolama süresince, 8. hafta dışında zamana göre değişim (azalma) görülmemekle birlikte tüm uygulamalara göre çilek meyvesinin toplam fenolik madde konsantrasyonunu en iyi şekilde muhafaza ettiği gözlemlenmiştir. Buna sebep olarak:

- İndirgen atmosferin fenolik bileşiklerin okside olmasını engellemesi,
- %10 CO₂ oranının fenolik bileşik sentezini inhibe etmesi ve pH değerinin düşüşünü engelleyerek antosiyanin ve fenolik bileşiklerin yapısının bozulmasını engellemesi olarak söylenebilir.

Bazı çalışmalar, toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde konsantrasyonları arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Wang and H. Lin, 2000; Meyers *et al.*, 2003; Ayala-Zavala *et al.*, 2004; Ferreyra *et al.*, 2007). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi, temel olarak, indirgeyici ajanlar ve tekli oksijen söndürücüler olarak hareket etmelerini sağlayan redoks özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Rice-evans *et al.*, 1995). Bu açıklamaya göre indirgen atmosferde depolamanın diğer bir avantajı oksidasyon reaksiyonlarını redükte etmesidir. Bu sayede İAP1 ve İAP2 uygulamalarında antioksidan aktivite gösteren fenolik maddelerin kullanılarak harcanması önlenmesi ile muhafaza sağlanmıştır.

4.3.3. Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Antioksidan değerleri meyve ve sebzelerde hasat sonrası artan oksidasyon stresine, türlerine veya çeşitlerine göre değişmektedir. Bitkisel gıdaların kalitesini etkileyebilecek çeşitli faktörler (agronomik, genomik, hasat öncesi ve sonrası koşullar ve işleme) aynı zamanda gıda ürünlerinin fenolik bileşiminin ve antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Imeh and Khokhar, 2002).

Meyvelerin antioksidan molekülleri çözünmelerine bağlı olarak farklı yapılarda (hidrofilik ve lipofilik) bulunur. Bunlar, hem C vitamini gibi hidrofilik antioksidanlar; karotenoidler ve E vitamini gibi lipofilik antioksidanlardır. Hassimoto *et al.*, (2005) göre, biyolojik materyallerin antioksidan aktivitesi ile ilgili ana problemlerden biri uygun analiz metodunun seçimidir. Hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanların toplam aktivitesini bilmek, gıda maddelerinin besin değerini değerlendirmek için büyük bir önem taşır. Bununla birlikte, hidrofilik ve lipofilik antioksidanların aktivitelerinin belirlenmesinde en az 2 analiz metodun kullanılması, hassasiyeti arttırmak için önemlidir.

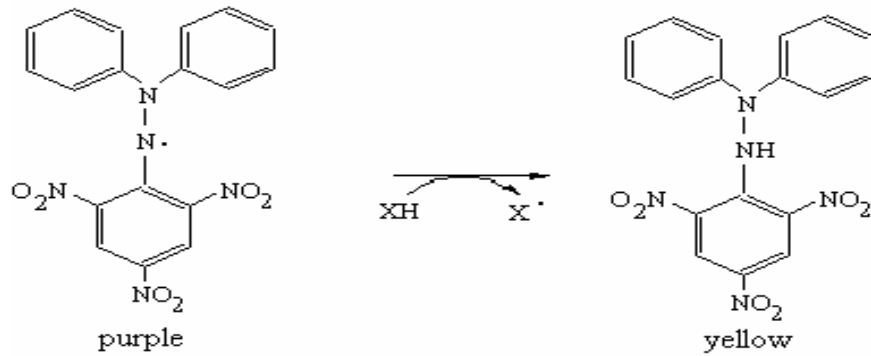
Antioksidan aktivite belirlenmesinde her bir yöntem, çeşitli mekanizmalara etki eden farklı bir radikalın üretilmesi ve bu radikalın inhibe edilmesinin sabit bir zaman noktasında veya belirli bir aralıkta ölçülmesi ile ilgilidir (Miller *et al.*, 1993; Miller and Rice-Evans, 1996). Yani, antioksidan analizleri oluşturulmuş bir serbest radikalın, (antioksidanlarla) hidrojen ya da elektron verme yoluyla atılma derecesini ölçme prensibine dayanmaktadır (De Souza *et al.*, 2014).

De Souza *et al.* (2014) böğürtlen, kiraz, yaban mersini, kırmızı ve beyaz ahududunun antioksidan kapasitesini farklı analiz yöntemleriyle belirlemiş ve kullanılan yöntemlerde DPPH, ABTS analizlerinin literatürde bulunan aralığa uygun sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Söz konusu olan bu çalışmamızda ise DPPH ve ABTS metodu olmak üzere 2 farklı metot kullanılmıştır. DPPH metodundan elde edilen veriler; birim olarak 1 g kuru maddedeki askorbik asit eşdeğeri (AE) ile ifade edilirken; ABTS verileri ise 1 g kuru maddedeki TE şeklinde ifade edilmiştir.

4.3.3.a. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal giderme kuvveti

1,1-Diphenyl 1-2-picrylhydrazyl (DPPH) giderme kuvveti analizi, antioksidanların inhibisyon yüzdesini belirleyen hızlı, basit ve ucuz kolorimetrik bir analizdir. DPPH, elektrondan kaynaklanan stabil bir serbest radikaldir. Metanol çözeltisi ve antioksidan varlığı ile maksimum 515 nm’de güçlü bir emilim göstermektedir.

DPPH serbest radikali, proton verebilen bir antioksidan ile karıştırıldığında indirgenir. Antioksidan bileşiminden gelen proton DPPH radikalının tek elektronu ile eşleştiği zaman metanol çözeltisindeki DPPH’nin menekşe mor renginden sarı renge dönüştüğü gözlemlenir. Antioksidan ile DPPH radikali reaksiyona girdiğinde oluşan DPPH-H molekülü Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

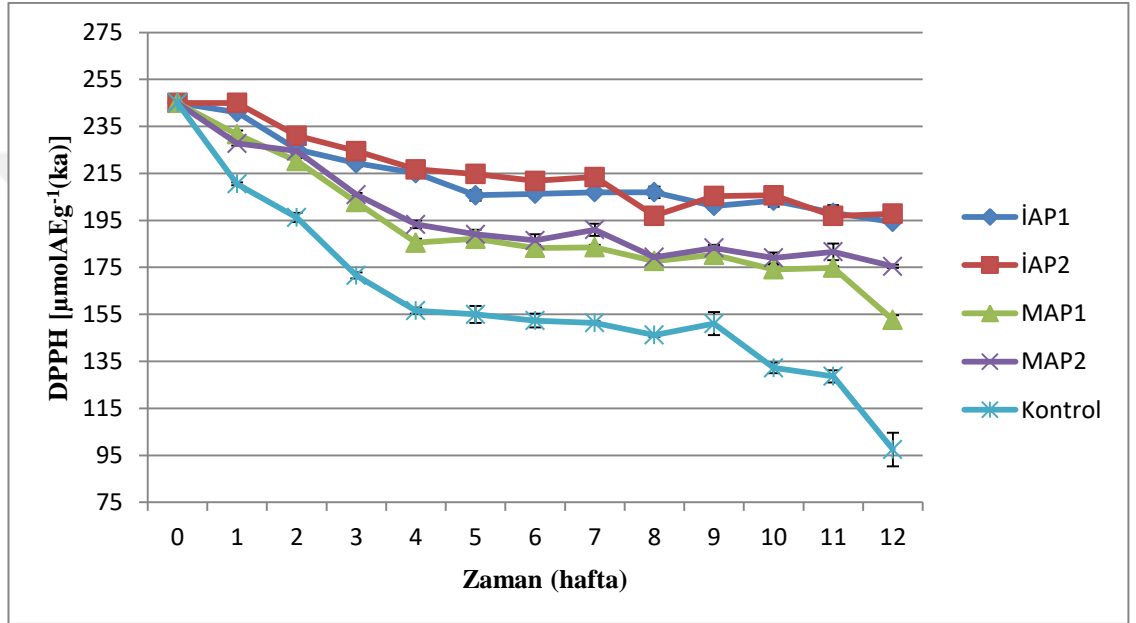


*Kaynak: Hangun-Balkir and McKenney, 2012

Şekil 4.16. DPPH'nin antioksidan molekülü ile reaksiyonu

Taze çileğin $244,97 \pm 0,97$ DPPH [$\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$] antioksidan aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. 12 hafta depolama süresince DPPH radikal giderme kuvveti analiz sonuçlarına göre antioksidan aktivitesi için uygulamalar arasında kıyaslama yapılırsa $\dot{\text{I}}\text{AP}2 \geq \dot{\text{I}}\text{AP}1 > \text{MAP}2 \geq \text{MAP}1 > \text{kontrol}$ olacak şekilde istatistiksel olarak

anlamli fark tespit edilmiştir (P < 0,05) (Çizelge 4.14). Buna ek olarak Kontrol uygulamasında 2. haftadan itibaren antioksidan aktivitesinde hızlı bir şekilde azalma olmaktadır ve 12 hafta sonunda bu azalma diğer uygulamalara göre oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Buna sebep olarak, ortamdaki oksijen varlığı ile oksidasyon reaksiyonlarının zamanla artması ve mikroorganizma faaliyetlerinin depolama süresince aktif olması gösterilebilir.



Şekil 4.17. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [DPPH $\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$] değişimi

İAP ve MAP ile depolanan çileklerin zamana göre antioksidan aktivitesinin (DPPH) azalması İAP2 de 3. hafta ve İAP1, MAP1, MAP2 de 2. haftadan itibaren başlamıştır. 12 haftanın DPPH [$\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$] ortalamasına bakıldığında; uygulamalar arasında İAP2>İAP1>MAP2>MAP1>kontrol şeklinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir (P<0,05) (Şekil 4.18). Buna ilaveten uygulamalar arasında en yüksek DPPH [$\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$] sonuçları İAP ile depolanan çileklerde gözlemlendiği dikkat çekmektedir. Bu sonuçlara göre İAP uygulamalarında çilek meyvesinin solunumunun kısıtlanmasına ek olarak, olumsuz oksidasyon reaksiyonlarının engellenmesi ile meyvede bulunan antioksidan maddelerin muhafazası sağlanmıştır. İAP uygulamasının oksidasyon reaksiyonlarına bu etkisi; ortamda bulunan indirgen maddenin (H_2 gazının)

oksidasyon reaksiyonlarında redüktör görevi görmesinden kaynaklanmaktadır.

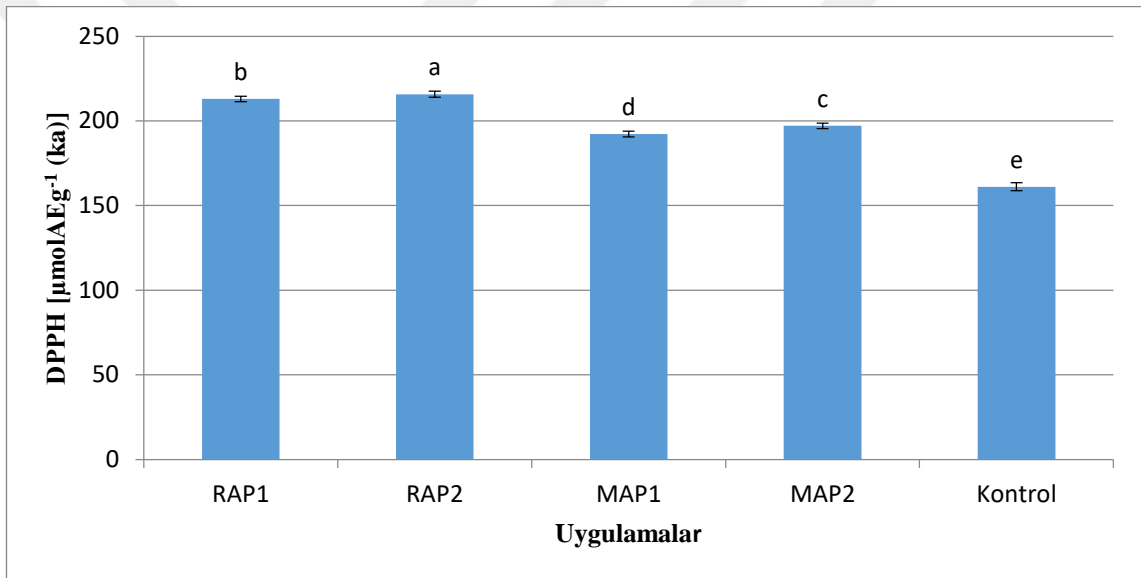
Çizelge 4.14. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [DPPH $\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$] değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 244,97±0,97 ^a	A 244,97±0,97 ^a	A 244,97±0,97 ^a	A 244,97±0,97 ^a	A 244,97±0,97 ^a
1	A 241,07±0,7 ^a	A 244,97±1,95 ^a	A 231,7±1,6 ^b	B 227,8±0,98 ^b	C 210,5±0,7 ^c
2	B 225,2±2,3 ^{ab}	A 231,0±1,6 ^a	B 220,3±1,3 ^b	B 224,5±0,98 ^{ab}	C 196,2±1,9 ^c
3	B 219,3±1,6 ^a	B 224,5±0,98 ^a	C 202,7±1,95 ^b	C 205,98±0,65 ^b	E 171,6±1,3 ^c
4	B 215,08±0,7 ^a	B 216,7±0,98 ^a	D 185,5±1,6 ^c	D 193,3±1,6 ^b	F 156,6±1,3 ^d
5	C 205,66±2,3 ^b	B 214,76±0,97 ^a	D 187,1±1,3 ^c	D 189,09±1,95 ^c	F 154,98±3,6 ^d
6	C 206,3±0,98 ^a	C 211,8±1,3 ^a	D 183,2±1,3 ^b	D 186,5±2,7 ^b	F 152,4±2,9 ^c
7	C 206,96±0,98 ^b	B 213,4±2,3 ^a	D 183,6±0,97 ^d	D 191,04±2,6 ^c	F 151,4±0,7 ^e
8	C 196,98±2,4 ^b	C 206,6±2,6 ^a	E 177,72±2,9 ^d	D 179,3 ±0,65 ^c	F 146,2±0,7 ^e
9	C 201,1±1,6 ^a	C 205,3±2,6 ^a	D 180,4±3,6 ^b	D 183,2±1,3 ^b	F 151,08±4,9 ^c
10	C 203,38±2,6 ^a	C 205,66±3,6 ^a	E 174,1±1,95 ^b	D 179,02±2,27 ^b	E 132,2±2,3 ^c
11	C 198,2±3,25 ^a	C 196,89±2,6 ^a	E 174,8±0,7 ^c	D 181,62±3,57 ^b	E 128,66±2,6 ^d
12	D 194,287±0,7 ^a	C 197,86±1,6 ^a	F 152,7±1,95 ^c	E 175,4±0,7 ^b	I 97,5±7,2 ^d
Haft. Ort.	212,96±1,6 ^b	215,76±1,85 ^a	192,2±1,7 ^d	197,06±1,6 ^c	161,1±2,37 ^e

*Her bir DPPH $\mu\text{molAEg}^{-1}(\text{ka})$ değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark (A,B,C,D,E,F,...) ise büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Antioksidan aktivitenin muhafazasında etkili olan bir diğer faktör ise farklı oranlarda (%5-10) kullanılan CO₂ konsantrasyonlarıdır. CO₂ gazı, antosiyaninlerin ve

fenolik bileşiklerin kaybını önleyerek antioksidan aktivitenin muhafaza edilmesinde etkili olmuş ve bu etkinin %10 CO₂ oranındaki uygulamalarda (MAP2, İAP2), %5 CO₂ oranındaki uygulamalarına (MAP1, İAP1) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda da meyvenin antioksidan kapasitesinin fenolik içeriğine bağlı olduğu desteklemiştir (Vangdal and Slimestad, 2006). Buna ek olarak yaptığımız bu çalışmada toplam fenolik ve toplam antosiyanin miktarı ile DPPH sonuçları arasında yüksek bir şekilde pozitif korelasyonun (Toplam fenolik R²=0,63, Toplam antosiyanin R²=0,83) tespit edilmesi antioksidan aktivitenin toplam fenolik ve antosiyanin miktarına bağlı olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.18. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidan aktivite miktarı [DPPH µmolAEg⁻¹(ka)] değerlerinin ortalaması

4.3.3.b. ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) Serbest radikal giderme kuvveti

Antioksidan aktivitenin tespiti için ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal giderme analizi flavonoidler, karotenoidler ve plazma antioksidanları dahil olmak üzere hem lipofilik hem de hidrofilik antioksidanlara uygulanabilen bir radikal giderici analiz olarak tespit edilmiştir (Re *et al.*, 1999). ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) radikali; ABTS'nin potasyum persülfat ile oksidasyonu ile üretilir ve hidrojen

veren antioksidanlarla reaksiyona tabi tutulup 734 nm’de Emilimi izlenerek antioksidan aktivitesi belirlenmektedir.

Çizelge 4.15. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidant aktivite miktarı [ABTS $\mu\text{molTEg}^{-1}(\text{ka})$] değerleri

HAFTA	İAP1	İAP2	MAP1	MAP2	KONTROL
0	A 724,2±12,8 ^a	A 724,2±12,8 ^a	A 724,2±12,8 ^a	A 724,2±12,8 ^a	A 724,2±12,8 ^a
1	A 708,6±12,8 ^a	A 717,7±8,9 ^a	A 703,4±14,1 ^a	A 707,3±12,8 ^a	A 695,67±7,6 ^a
2	A 703,4±11,5 ^a	A 707,3±12,8 ^a	A 704,7±14,1 ^a	A 706,7±10,8 ^a	C 646,5±10,2 ^b
3	A 702,15±15,4 ^a	A 703,4±20,5 ^a	B 682,7±16,7 ^a	B 685,97±16 ^a	D 599,87±7,6 ^b
4	B 691,1±22,5 ^a	A 695,7±25,7 ^a	B 674,3±12,1 ^a	B 680,1±10,2 ^a	E 581,09±12,1 ^b
5	A 696,97±11,5 ^a	A 703,4±7,6 ^a	C 656,2±5,7 ^b	C 656,8±8,9 ^b	F 565,56±5,7 ^c
6	A 702,2±5,005 ^a	A 693,7±6,95 ^a	B 663,3±6,3 ^{bc}	C 659,4±1,1 ^c	F 540,3±10,2 ^d
7	A 693,3±10,4 ^a	A 697,1±11,66 ^{ab}	C 645,4±2,59 ^b	C 654,4 ±7,77 ^b	G 535,3±5,2 ^c
8	B 684,2±5,1 ^a	B 689,4±6,5 ^a	C 633,05±12,3 ^b	C 639,53±14,9 ^b	G 508,77±4,5 ^c
9	B 686,1±0,65 ^a	B 686,8±7,8 ^a	D 629,2±11,01 ^b	C 632,4±11,7 ^b	H 484,2±9,71 ^c
10	B 674,5±8,5 ^a	B 679,0±6,47 ^a	D 629,2±4,5 ^b	D 627,23 ±0 ^b	İ 434,97±11,004
11	C 651,8±5,2 ^a	C 657,7±14,89 ^a	E 589,04±9,7 ^b	D603,28±14,89 ^b	İ 419,4±9,7 ^c
12	C 644,705±4,5 ^a	C 656,36±9,7 ^a	E 581,9±10,36 ^b	E 591,6±7,1 ^b	İ 418,79±9,06 ^c
Haft. Ort.	689,48±9,6 ^a	693,21±9,7 ^a	655,12±10,16 ^b	659,15±9,9 ^b	550,35±8,87 ^c

*Her bir ABTS $\mu\text{molTEg}^{-1}(\text{ka})$ değeri sonucu için istatistiksel fark $p < 0,05$ güvenilirlik düzeyindedir. Uygulamalar arasındaki anlamlı fark (a,b,c,d,e,f,...) küçük harflerle, zamana göre anlamlı fark ise (A,B,C,D,E,F,...) büyük harf ile belirtilmiştir (n=2).

Çizelge 4.15 incelendiğinde, taze çileğin antioksidan aktivitesi $724,2 \pm 12,8$ [$\mu\text{molTEg}^{-1}(\text{ka})$] olarak görülmektedir. 1. haftada tüm uygulamalardaki azalma

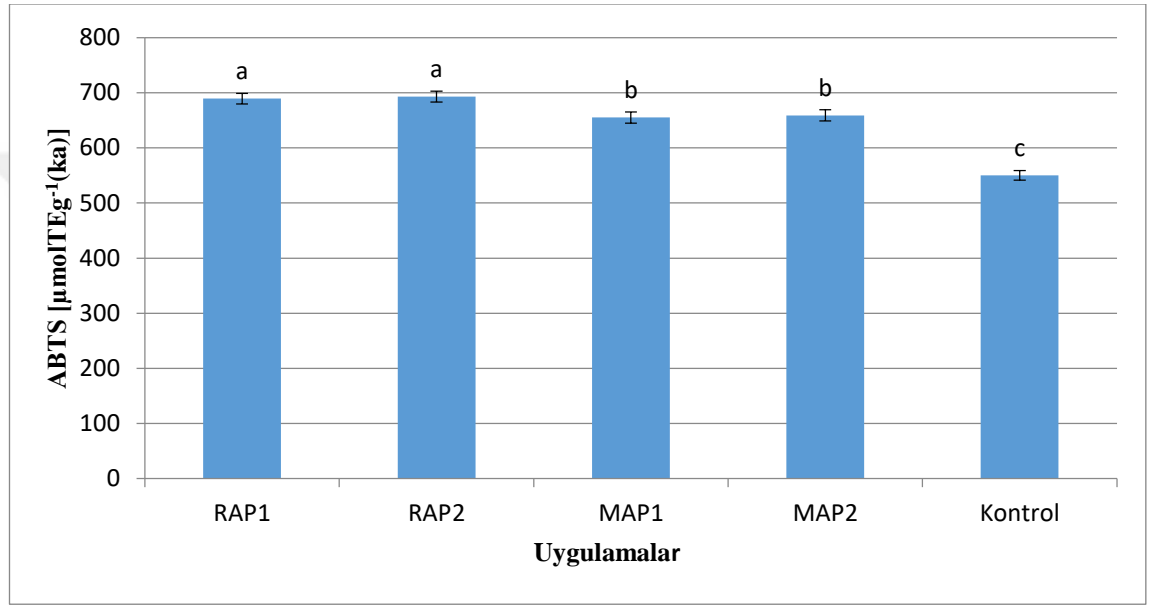
istatistiksel olarak anlamlı bir bulunmamakla birlikte tüm uygulamaların antioksidan aktivitesindeki (ABTS) azalma; kontrol uygulamasında 2. haftada, MAP1 ve MAP2 uygulamalarında 3. haftada, İAP1 uygulamasında 4. haftada ve İAP2 uygulamasında 8. haftadan itibaren başlamıştır ($P < 0,05$).

Buna ilaveten 12 hafta sonunda İAP1, İAP2, MAP1, MAP2 ve kontrol uygulaması ile depolanan çileklerin antioksidan aktivitesinde (ABTS) sırasıyla %10,97, %9,37, %19,65, %18,31 ve %42,17 azalma olduğu ve 12 hafta depolama süresince ABTS değerlerinin ortalamaları bakımından uygulamalar arasında İAP1=İAP2>MAP1=MAP2>kontrol olacak şekilde istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir ($P < 0,05$). Bu sonuçlar dahilinde depolama süresince İAP uygulamalarının diğer uygulamalara göre en yüksek antoksidant aktivitesine sahip olduğu dikkat çekmektedir. İAP uygulamasıyla antioksidan aktivitesinin muhafazası; ortamda bulunan hidrojenin (H_2) indirgen özellik göstererek gıdada meydana gelen kötü oksidasyonun ve mikroorganizma faaliyetlerinin gelişimini önlemesiyle sağlanmaktadır.

Depolamanın antioksidan aktivitesine etkisi, DPPH ve ABTS yöntemleri ile araştırılmakla birlikte literatürde çileğin ambalajlanarak depolanmasında antioksidan aktivitesinin değişimi ile ilgili araştırmalar oldukça kısıtlıdır. Remberg *et al.*, (2003) soğuk hava deposunda ve KA (%10 O_2 +%10 CO_2) 1 ay depoladıkları yaban mersini çeşitlerinin toplam antioksidan aktivitesinin her iki durumda da önemli ölçüde azaldığını gözlemlemişlerdir. C Hansawasdi *et al.*, (2006) iki çilek çeşidinde toplam fenoliklerde, toplam antosiyanin içeriğinde ve antioksidan aktivitesinde azalma olduğunu, ancak düşük sıcaklıkta depolama sırasında antioksidan aktivitesinde bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Piljac-Žegarac *et al.*, (2009) buzdolabında depolamadıkları kızılcık, yaban mersini, nar, çilek ve kiraz meyveleri için ilk 48 saat içinde DPPH antioksidan aktivitesinde bir artış gözlendiğini ve sonrasında 29 günlük depolama süresinin sonunda, meyvelerin DPPH antioksidan aktivitesinde %15 (kızılcık) ile %62 (ekşi kiraz) arasında değişen önemli bir azalmalar meydana geldiğini belirtmiş antioksidan aktivitesindeki bu azalmanın özellikle antosiyaninlerden kaynaklandığı ifade etmişlerdir.

Bodelón *et al.*, (2010) 0°C sıcaklıkta ve %20 CO_2 oranı ile modifiye atmosferde 3 gün depoladıkları çileklerin antioksidan aktivitesini belirlemek için ABTS giderme

kuvveti analizi uyguladıkları çalışmada, çileklerin antioksidan aktivitesinde önemli ölçüde artma eğilimi gözlemlenmiş ve normal hava ile depolanan çileklerde %72 olan bu artışın, %20 CO₂ ile muamele edilen çileklerde %30'lara kadar azaldığını ifade etmişlerdir. Buna sebep olarak, yüksek seviyede kullanılan CO₂ işleminin antosiyaninlerin biyosentezini inhibe etmesi gösterilmektedir (Gil *et al.*, 1997; Holcroft and Kader, 1999).



Şekil 4.19. Kontrol, MAP1, MAP2, İAP1 ve İAP2 uygulamalarıyla 12 hafta boyunca depolanan çilek meyvesine ait antioksidant aktivite miktarı [ABTS μmolTEg⁻¹(ka)] değerlerinin ortalaması

Yukarıda belirtilen çalışmalara dikkat edilecek olunursa, hasat sonrası depolamanın ilk zamanlarında meyvelerin antioksidan aktivitesinde artış olduğu ve uzun süre depolamada ise azalma meydana geldiği görülmektedir. Antioksidan aktivitesinde meydana gelen bu farklı etkiler meyvenin olgunluğuna bağlı olarak hasat sonrasında antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriğinin meyvenin abiyotik stresi ile giderek artmasıyla alakalı olabilmektedir. Çilek meyvesinde meydana gelen bu stresin önlenmesi için hasat sonrası soğutma işlemi oldukça önem arz etmektedir.

Bu zamana kadar MAP ve KA, araştırmacılar tarafından kullanılarak oksidasyon reaksiyonları azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmalardaki MAP'nin antioksidan kapasiteye etkisi, uyguladığımız antioksidan analizlerinden (DPPH ve ABTS)

elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Leja *et al.*, (2003) 1°C sıcaklıkta 120 gün depoladıkları iki elma çeşidinin (Jonagold ve Sampion) kabuğundaki antioksidan kapasitesini belirlemede DPPH giderme kuvveti kullanmış ve sonuç olarak; soğuk odada, KA ve MAP'ta depolanan meyvelerin normal havada depolanan meyvelere göre antioksidan aktivitesini daha iyi muhafaza ettiğini gözlemlemişlerdir. Mango meyvesindeki bulgulara göre; Manurakchinakorn *et al.*, (2011) farklı depolama çeşitlerinin (normal havada, soğuk odada, KA ve MAP) taze kesilmiş mango meyvesinin antioksidan kapasitesine etkisini gözlemledikleri çalışmada; soğuk odada, KA ve MAP de depolamanın hava ile depolamaya kıyasla antioksidan aktiviteyi daha iyi muhafaza ettiğini belirtmişlerdir. Niranjana *et al.*, (2009) mango meyvelerinin toplam fenolik madde içeriğinin ve DPPH radikal giderme kuvvetinin depolama sırasında azaldığını ve havada depolanan meyvelerdeki toplam fenolik madde içeriğinin azalmasının MA ile depolanan (%5 O₂, %5 CO₂ ve %90 N₂) mangolara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Khorshidi *et al.*, (2011) MAP koşulları ile depoladıkları farklı kiraz ve vişne çeşitlerinin antioksidan aktivitesinin, DPPH giderme kuvveti analizi ile belirlemiş ve 60 günlük depolama sonunda modifiye atmosfer paketlenme (MAP) ile depolanan vişnelerin tüm çeşitlerinin antioksidan aktivitesinin, kontrol uygulaması ile depolananlara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Kirazlarda da aynı sonuçlar gözlemlense de sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte vişne ve kirazların her iki atmosfer koşulunda antioksidan aktivitesinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Meyvelerin antioksidan kapasitesi alanında yapılmış olan çalışmalarla, çilek üzerinde yapmış olduğumuz bu çalışmanın paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Ek olarak CO₂ gazının meyvenin biyoaktif bileşenlerine zarar vermeyecek şekilde kullanımıyla birlikte indirgen atmosfer sistemi tasarlanarak çilek meyvesinin oksidasyonu minimum seviyelere kadar düşürülmüş ve İAP ile meyvede fiziko kimyasal bir parametre olan Eh değeri düşük değerlere ulaştırılarak bozulma etmenleri ortadan kaldırılmıştır.

4.3.3.c. Antioksidan (DPPH ve ABTS), toplam fenolik ve toplam antosiyanin miktarı arasındaki korelasyon

Bitkisel gıdaların kimyasal bileşimini etkileyebilecek çeşitli faktörler (agronomik, genomik, hasat öncesi ve sonrası koşullar ve işleme) aynı zamanda fenolik bileşimini ve biyoaktivitesini belirlemede önemli rol oynar (Imeh and Khokhar, 2002). Bununla birlikte meyve ve sebzelerde antioksidan sistemlerinin, hasat sonrası artmakta olan oksidasyon stresine verdiği tepkiler farklılık göstermektedir.

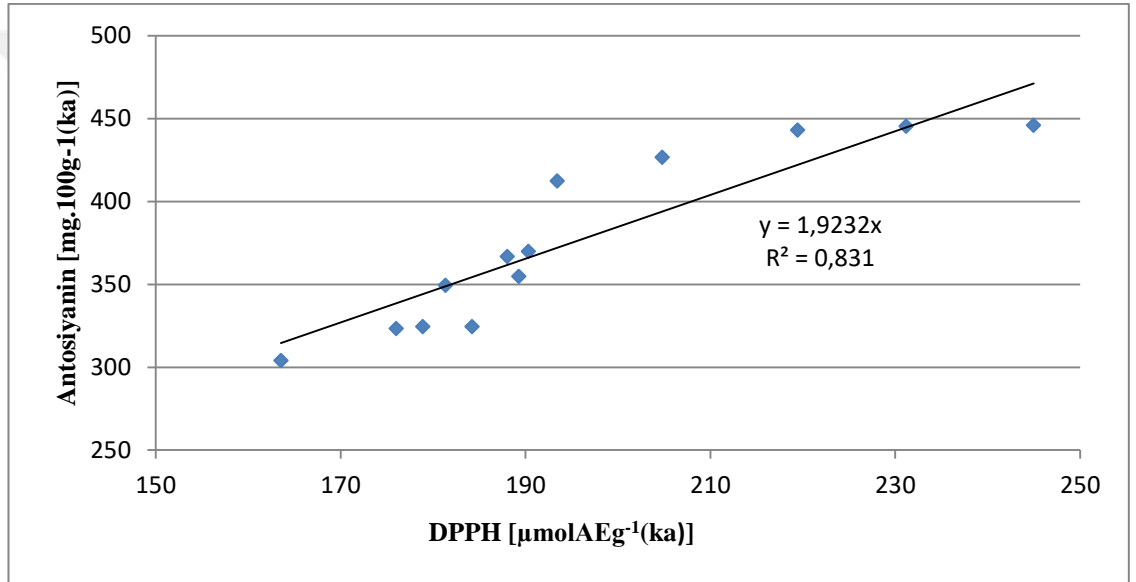
Birçok araştırmacıya göre, meyvelerin antioksidan aktivitesi temel olarak fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Wang and Lin, (2000) üzümü meyvelerde toplam fenolik madde içeriği ile ORAC antioksidan aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki bulmuşlardır. Buna ilaveten ahududu ve çilek meyvelerinin olgun halinde toplam antosiyanin miktarının antioksidan aktiviteye karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Buna benzer olarak Kalt ve ark. (1999a), taze çilek, ahududu ve yaban mersini meyvelerindeki antioksidan kapasitesi ile toplam fenolik madde ($R^2 = 0,83$) ve antosiyanin içeriği ($R^2 = 0,90$) ile arasında güçlü bir şekilde korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Usenik *et al.*, (2008) kiraz meyvesinde antioksidan aktivitenin toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriği ile korelasyonunun çeşitlerine bağlı olduğunu belirtmekte birlikte bu meyvelerde antioksidan aktivite ile toplam fenolik madde içeriği arasındaki korelasyonların 0,40 ile 0,90 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriği arasında pozitif korelasyon grafikleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 4.20, Şekil 4.21). Bu korelasyon grafiği 12 hafta boyunca 5 uygulamanın ortalaması baz alınarak belirlenmiştir.

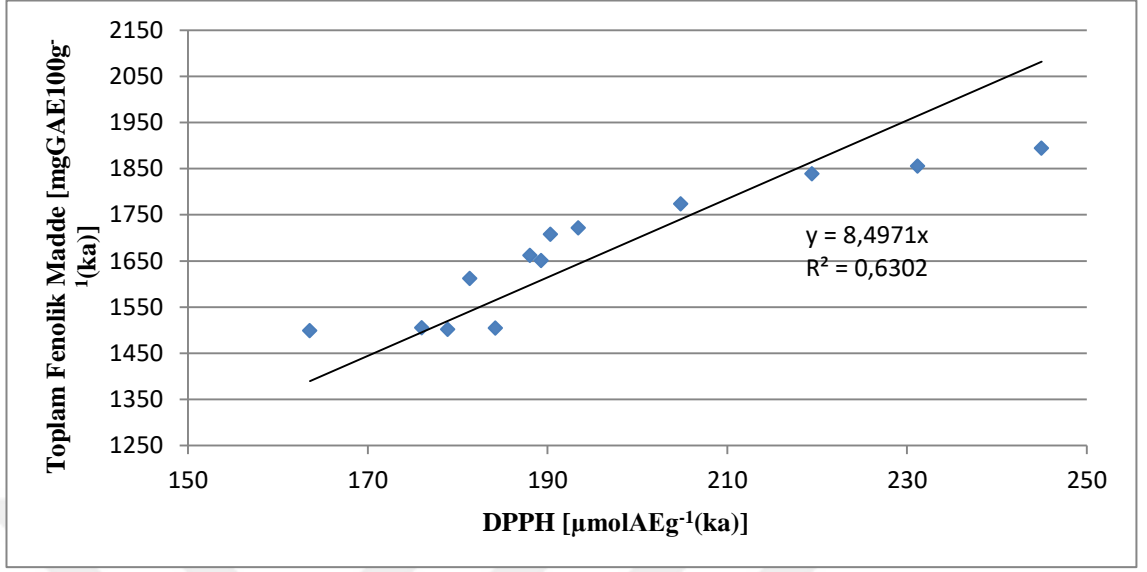
Çizelge 4.16. Antioksidan aktivitesi (DPPH/ABTS), toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin miktarı arasındaki korelasyon

	Toplam Fenolik	DPPH	ABTS	Toplam Antosiyanin
Toplam Fenolik	1	0.6302	0.9094	0.8553
DPPH		1	0.7573	0.831
ABTS			1	0,7339
Toplam Antosiyanin				1

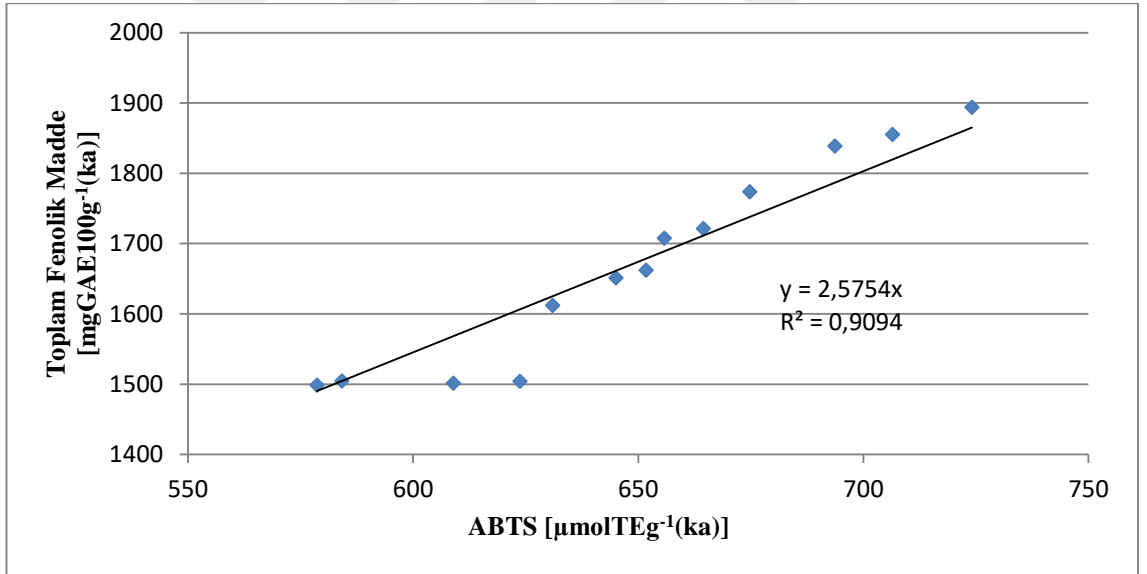


Şekil 4.20. Antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam antosiyanin miktarı korelasyon eğrisi

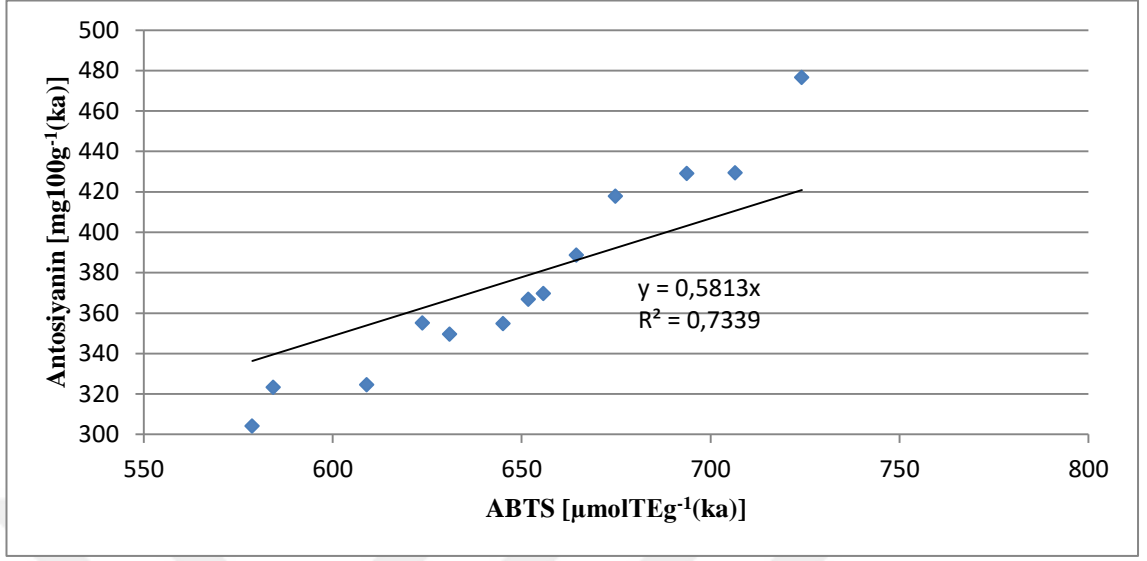
Benzer olarak ABTS radikal giderme kuvveti analizine göre antioksidan akitivetinin toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriği ile arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiş ve aşağıda grafiklerde gösterilmiştir (Şekil 4.22, Şekil 4.23). Bu sonuçlar dahilinde yapılan çalışmadaki kullanılan çileklerin antioksidan aktivitesinin sonuçlarının büyük bir oranı toplam fenolik madde ve antosiyanin miktarından kaynaklandığı sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.21. Antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam fenolik madde miktarı korelasyon eğrisi

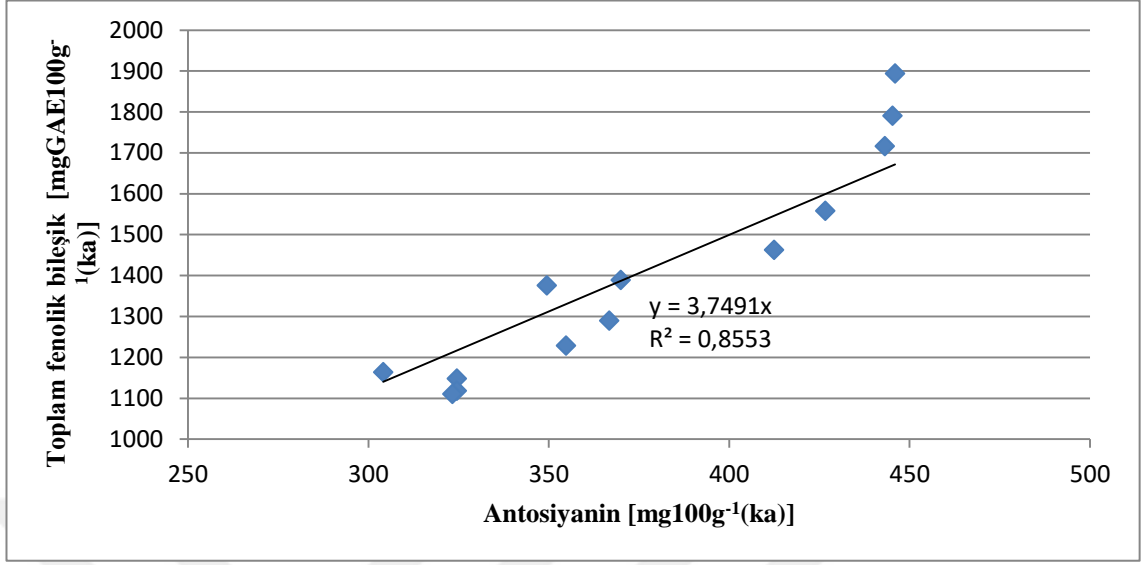


Şekil 4.22. Antioksidan aktivitesi (ABTS) ile toplam fenolik madde miktarı korelasyon eğrisi

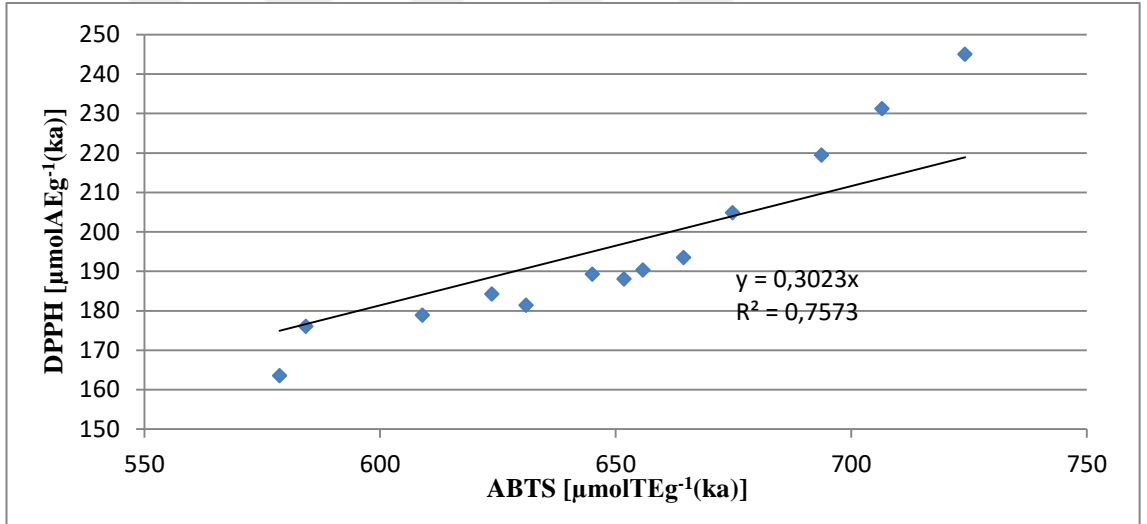


Şekil 4.23. Antioksidan aktivitesi (ABTS) ile toplam antosiyanin miktarı korelasyon eğrisi

Yapılan çalışmalardaki elde edilen antosiyanin ile antioksidan aktivite arasında korelasyonlar bizim çalışmamızdaki sonuçlarla uyumludur. Kalt *et al.*, (1999b) çilek ahududu ve 2 tür yaban mersinini 8 gün boyunca depoladıkları çalışmada ORAC yöntemi ile belirledikleri antioksidan aktivite ile toplam fenolik $R^2=0,83$ ve antosiyanin içeriği arasında $R^2=0,91$ değerlerinde güçlü bir korelasyon elde etmişlerdir.



Şekil 4.24. Toplam fenolik madde ve antosiyanin arasındaki korelasyon eğrisi



Şekil 4.25. DPPH ve ABTS arasındaki korelasyon eğrisi

Antioksidan aktivitede kullanılan DPPH ve ABTS analizlerinin sonuçları karşılaştırıldığında bu iki yöntemin çilekler için pozitif şekilde kolere olduğu ($R^2=0,76$) tespit edilmiştir (Şekil 4.25). Antioksidan aktivite analizleri arasındaki uyum farklılıkları; daha öncede belirtildiği gibi meyvede antioksidan aktivite gösteren moleküllerin tamamının tespit edilmesindeki tutarsızlıklarından kaynaklanmaktadır. Özkars, (2012) farklı yöntemlerle belirlediği antioksidan analiz yöntemlerini CUPRAC–ABTS, CUPRAC–DPPH ve DPPH–ABTS karşılaştırmış ve bu yöntemler arasında sırasıyla $R^2=0,9981$, $R^2=0,9958$ ve $R^2=0,9968$ bulunan korelasyon değerleri ile uyumluluk gözlemiştir. Sonuç olarak antioksidan kapasitelerin karşılaştırılmasında

farklılıklara rastlanmış olup bu farklılıklar meyvelerin çeşidine, coğrafi konumuna ve iklim koşullarına bağlı olduğu belirtilmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çilek meyvesi hoş tadı ve kokusu ile albenisi yüksek bir meyvedir. Dünya ülkeleri içerisinde ülkemiz çilek üretiminde ilk 5. sırada yer almaktadır. Ancak çilek meyvesi kabuk bulundurmaması, solunum ve metabolik aktivitesinin hızlı olmasından dolayı raf ömrü 1-2 gün ile sınırlı olmaktadır. Bunun neticesinde çilek meyvesinin pazarlanabilirliği kısıtlı olmakla birlikte kayıpları %40'a kadar ulaşmıştır. Bu kayıp gıda endüstrisi ve ülkemiz açısından önemli kar kayıpları oluşturmaktadır. Çilek meyvesinin raf ömrünün uzatılması için MAP ile depolama yöntemi kullanılmıştır. Ancak bu yöntemde Eh değeri nötr halde kalmış ve çilek meyvesindeki bozulma etmenleri tamamen önlenememiştir.

Yapılan bu çalışmada indirgen atmosferde paketleme (İAP) yöntemi tasarlanmış ve çileğin raf ömrüne etkisi araştırılmak için modifiye atmosfer paketleme (MAP) ve kontrol uygulamasına göre kıyaslanmıştır. Bunun için çilekler İğdır ilinden olgunlaşma zamanında toplanmış ve $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ soğutma koşullarında İAP1: (%5 CO₂, %4 H₂, %91 N₂), İAP2: (%10 CO₂, %4 H₂, %86 N₂), MAP1:(%5 CO₂, %95 N₂) MAP2: (%10 CO₂, %90 N₂) ve açık hava (kontrol) olmak üzere 5 farklı uygulama ile 12 hafta boyunca depolanmıştır. Bu konsantrasyonlar belirlenirken kritik CO₂ sınırının (%15) aşılmasına dikkat edilmiştir. 12 haftalık depolama süresi boyunca fiziksel ve kimyasal analizler haftalık periyotlarda yapılmıştır.

Depolama süresince İAP uygulamalarında MAP ve kontrol uygulamasına göre kalite kriterleri açısından daha iyi sonuçlar pH değeri kontrol uygulamasındaki çileklerde zamanla azalırken (3,67), İAP2 uygulamasında ise bu azalma en az şekilde gerçekleşmiştir (3,99). pH değerindeki bu azalma ortamın oksidasyon potansiyelinin (ORP) artmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda ORP değeri artışı bozulma reaksiyonlarını da desteklemektedir. Buna ilaveten suda çözünür kuru maddenin (SÇKM) azalması da meyvedeki asitliğin artışında etkili olmaktadır. pH da olduğu gibi SÇKM muhafazasında en iyi sonuçlar İAP2 uygulamasında elde edilmiş ve 12 hafta sonunda İAP2 ile depolanan çileklerin SÇKM miktarının en yüksek seviyede kaldığı gözlemlenmiştir. Sonuçlarda dikkat çeken başka bir nokta ise pH ve SÇKM muhafazasında İAP2 uygulamasının, İAP1 uygulamasına göre daha iyi olmasıdır. Bu

sonuç; CO₂ gaz oranının %10 oranında kullanılmasının kalite korunmasında daha etkili olduğunu destekler niteliktedir.

Renk değerlerinde ise L*(açık, koyu), a*(kırmızı, yeşil), b*(sarı, mavi) değerleri dikkate alınmış ve ΔE değeri bu değerlere göre hesaplanmıştır. Bu renk değerleri içerisinde çilek meyvesi için a* değeri oldukça önemli olmakla birlikte yapılan bu çalışmada antosiyanin ile a* değeri arasında 0,82 olacak şekilde güçlü bir korelasyon elde edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresince a* ve L* değerlerinde İAP2 uygulamasının diğer uygulamalara göre en yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiş en düşük değerler ise kontrol uygulaması ile depolanan çileklerde gözlemlenmiştir. b* değerinde ise İAP, MAP ve kontrol uygulamalarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmakla birlikte, İAP uygulamalarında b* değerinin en düşük değerlerde olduğu gözlemlenmiştir (P < 0,05).

Çilekte meyve sertliğinde azalma en önemli sorunlardan birisi olmaktadır. Meyvedeki yumuşamanın önlenmesi için yüksek CO₂ atmosferleri kullanılmış ancak bu yöntem uzun süre depolamada yeterli olmamış ve kötü tat koku oluşuma neden olmuştur. Yapılan bu çalışmada, 12 haftalık süre zarfında, İAP2 uygulamasında meyve sertliği 9. haftaya kadar değişim göstermemiş ve diğer uygulamalara göre meyve sertliğinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. İAP2 uygulamasının meyve sertliğindeki bu etkisi; hücre duvarının parçalanmasını sağlayan enzimlerin inhibisyonunun sağlanması ve şeker oksidasyonunun önlenmesi ile ifade edilebilmektedir.

Çilek su oranı yüksek bir meyvedir. Bu yüzden hızlı şekilde su kaybetmesi çileğin bozulabilen bir meyve olmasına katkı sağlamaktadır. Paketleme ile solunumun kısıtlanması ve ambalaj filminin su buharı geçişini önlemesi ile kütle kaybı önlenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada kütle kaybı İAP2 uygulamasında en az iken kontrol uygulamasında en yüksek değerlerdedir. Buna ilaveten paket geçirgenliğinin düşük olması tüm uygulamalarda kütle kaybının az olmasını sağlamıştır.

Toplam fenolik madde ve antosiyanin miktarı çilek meyvesi için oldukça önemlidir. Antioksidan özellik gösterirler ve meyvenin savunma mekanizmasında görev alırlar. Aynı zamanda çilek meyvesinin renginden ve tadından sorumludurlar. Depolama

süresince toplam fenolik madde ve antosiyanin miktarında İAP uygulamalarında diğer uygulamalara göre azalma minimum düzeyde olmuş, kontrol uygulamasında ise toplam fenolik ve antosiyanin miktarında hızlı bir şekilde azalma görülmüştür. Özellikle İAP2 uygulamasında ilk 7 hafta süresince toplam fenolik maddede istatistiksel azalma gözlenmemiştir ($P < 0,05$). İAP2 uygulamasının bu muhafazadaki etkisi oksidasyonun ve enzim aktivasyonunun engellenmesiyle sağlanmıştır.

DPPH metoduyla elde edilen antioksidan aktivitesi sonuçlarına göre, 5 uygulama arasında İAP2>İAP1>MAP2>MAP1>kontrol şeklinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($P < 0,05$). ABTS yoluyla elde edilen antioksidan aktivite analizi sonucunda elde edilen verilerde ise, 5 uygulama arasındaki fark İAP2=İAP1>MAP1=MAP2>kontrol olarak belirlenmiştir ($P < 0,05$). 2 metotta (DPPH ve ABTS) elde edilen antioksidan aktivitesi verilerine göre, 12 haftalık depolama süresince İAP2 uygulaması, antioksidan aktivitesinin muhafazasında diğer uygulamalara kıyasla daha ekili olması ile ön plana çıkmıştır. Ayrıca elde edilen bu sonuçlara istinaden çileklerdeki antioksidan aktivitesinin, toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin miktarındaki sonuçlarla paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Buna ilaveten toplam fenolik madde ve antosiyanin miktarı ile ABTS değerleri arasında sırasıyla 0,91 ve 0,73; DPPH sonucu arasında ise sırasıyla 0,63 ve 0,83 değerlerinde pozitif olarak korelasyon tespit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar incelendiğinde, indirgen atmosferin meyvede bulunan kalite özelliklerini muhafaza etmede diğer depolama tekniklerine göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan duyu test sonucunda da ilk 5 hafta boyunca İAP2 uygulamasının tadında bir farklılık olmamıştır. Sonrasında tadında değişim başlamış ancak bu değişim diğer uygulamalara göre minimum düzeyde gerçekleşmiştir.

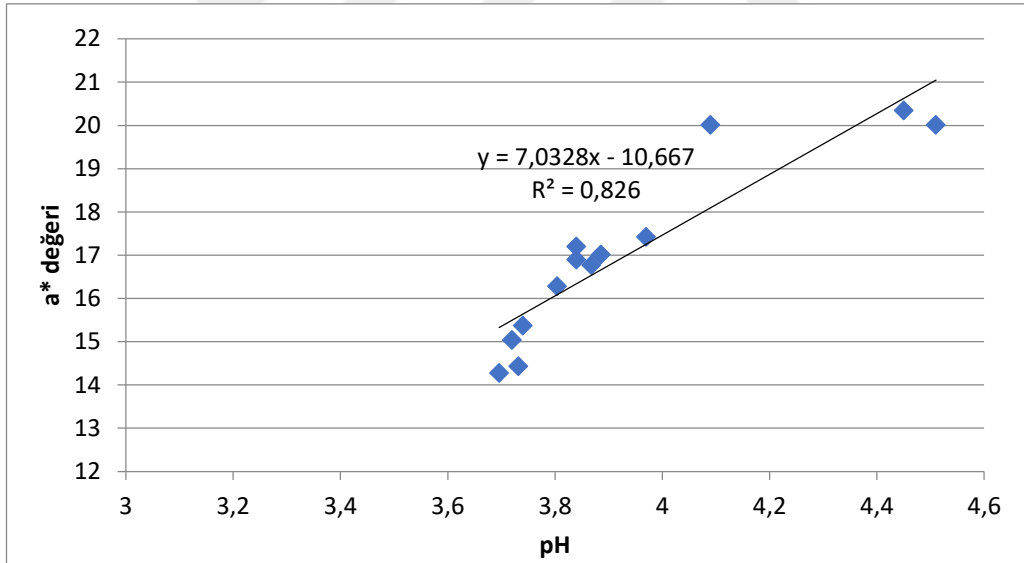
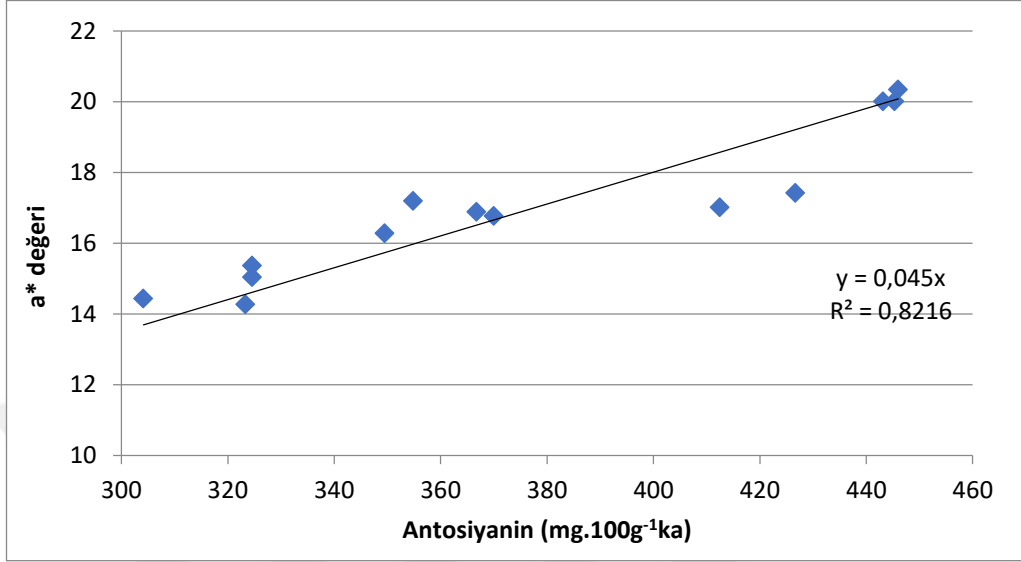
İndirgen atmosferde paketlenme yöntemi diğer depolama yöntemlerine alternatif olarak, paket içindeki oksidasyon potansiyelini (Eh) düşürerek, meyvede oksidasyonla bozulma sonucu meydana gelen spesifik bazı etkileri (pigmentlerde renk açılması, toksik oksidasyon ürünleri oluşumu, üründe tat ve koku kaybı ve bozuklukları, tekstürde meydana gelen değişimler ve meyvede bulunan vitaminlerin (A, D ve E, fenolik ve antosiyanin içeriğinde kayıplar) önleyerek raf ömrünü uzatmaktadır. Özellikle 5 uygulama arasında raf ömrünü en iyi muhafaza eden uygulamanın İAP2 (%10 CO₂, %4

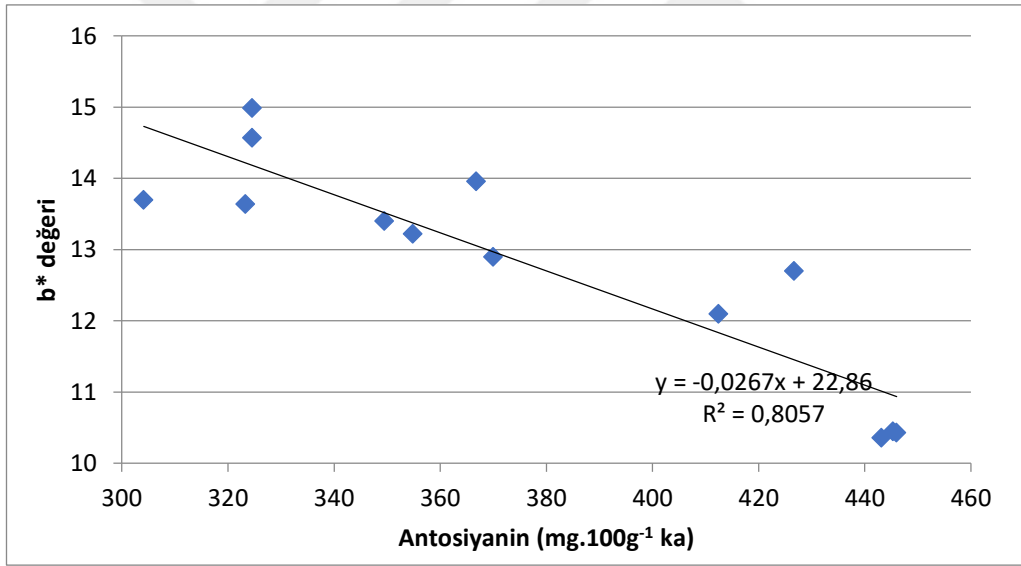
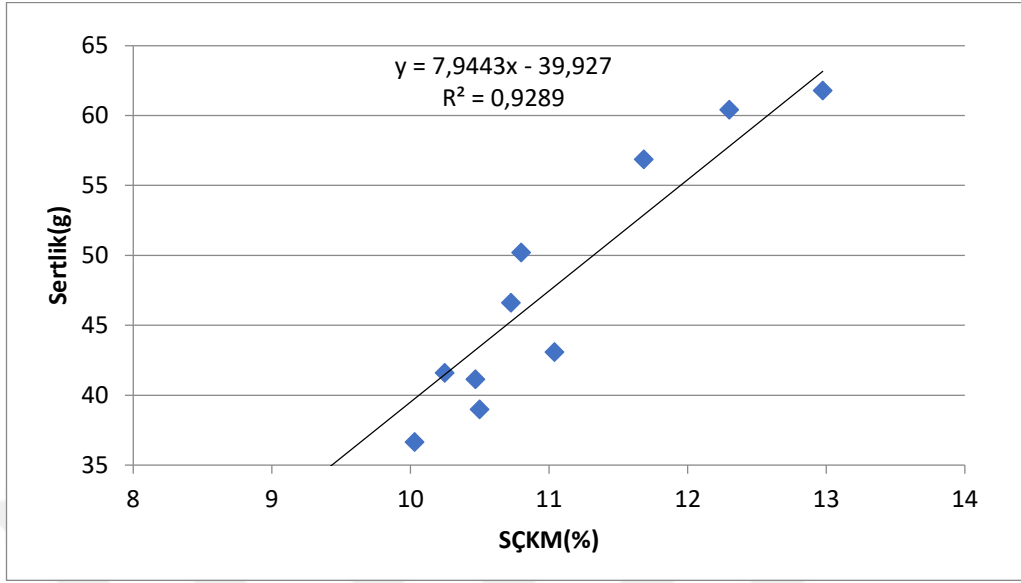
H₂, %86 N₂) uygulaması olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda çileğin depolanmasında İAP2 uygulaması tarafımızdan önerilmektedir.

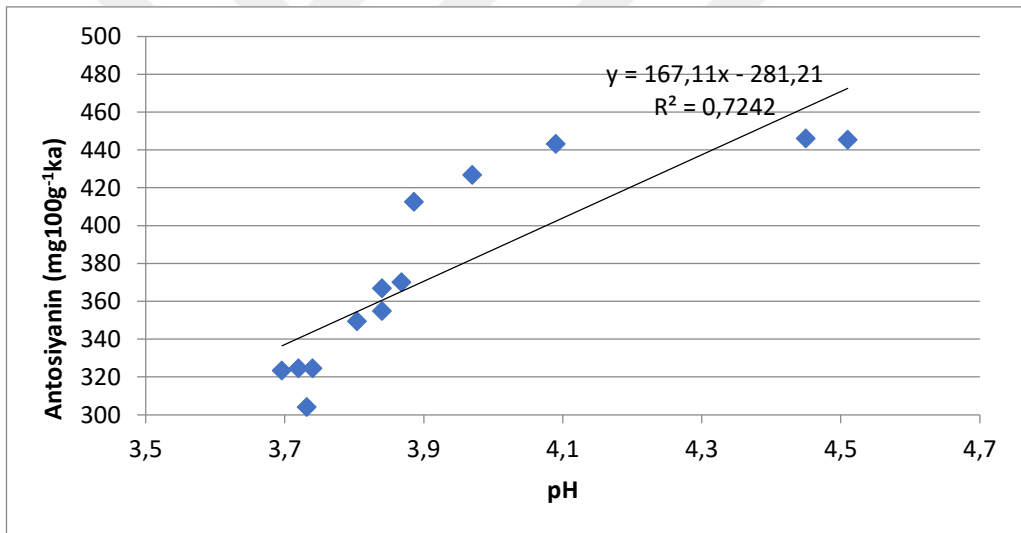
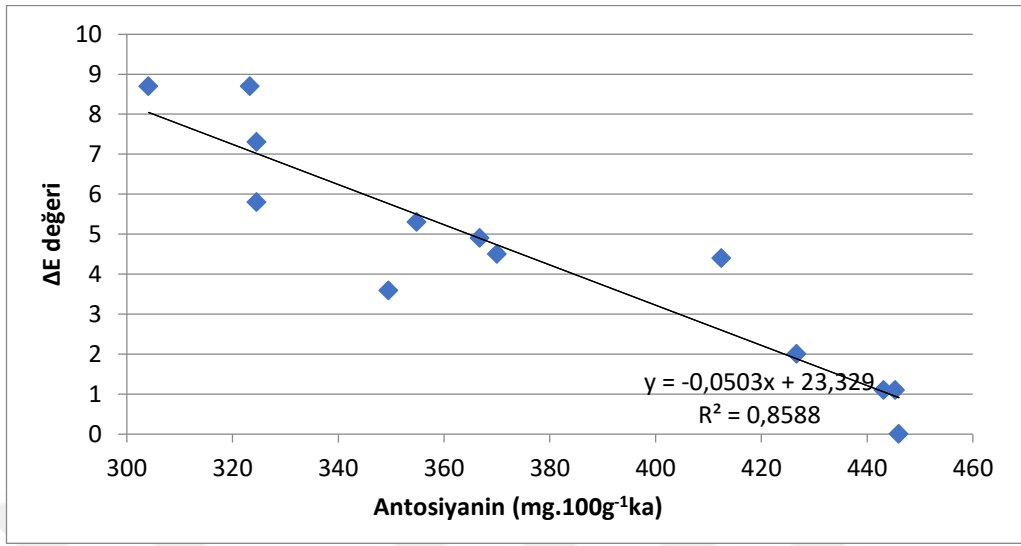
İAP2 uygulaması ile çileğin raf ömrü en az 12 hafta uzatılmıştır ve bu şekilde çilek meyvesinin %40 kadar varan kayıpları minimum seviyeye kadar azaltılıp, çilek ihracatının önü açılabilir. Sonuç olarak çilek meyvesi için gıda endüstrisinin ve ülkemizin kar payının arttırılabileceği düşünölmektedir.

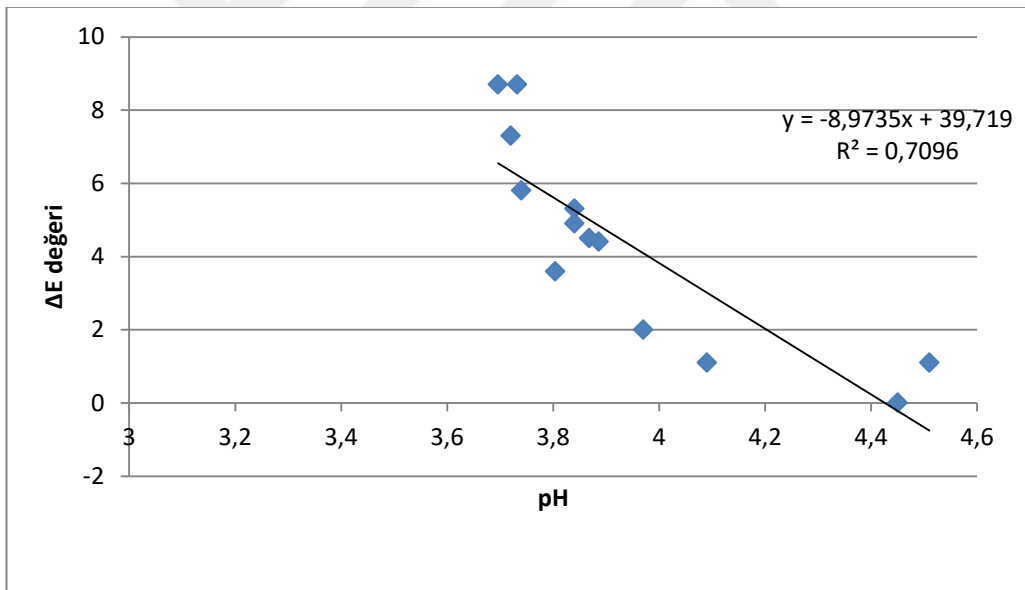
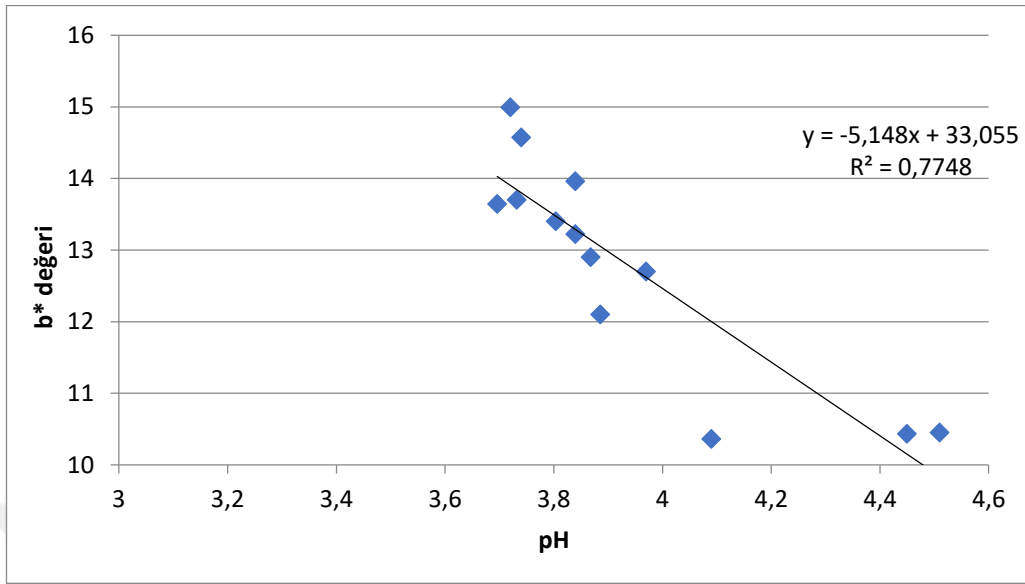


EKLER









KAYNAKLAR

- Abdel-Bary, E.M., 2003. *Handbook of Plastic Films*. Rapra Technology Limited, Shrewsbury, İngiltere, 404.
- Abraham, S., Cachon, R., Colas, B., Feron, G., Coninck, J.D., 2007. Eh and Ph Gradients in Camembert Cheese During Ripening: Measurements Using Microelectrodes and Correlations with Texture, *International Dairy Journal*, 17(8), 954–960.
- Ağaoğlu, Y.S., 1986. *Üzümsü Meyveler*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara , 984-377.
- Aharoni, Y., Barkai-Golan, R., 1987. Pre-Harvest Fungicide Sprays and Polyvinyl Wraps to Control Botrytis Rot and Prolong the Post-Harvest Storage Life of Strawberries Pre-Harvest Fungicide Sprays and Polyvinyl Wraps to Control Botrytis Rot and Prolong the Post-Harvest Storage Life of Straw. *Journal of Horticultural Science*, 2(62), 177–181.
- Ahvenainen, R., 2003. *Active and Intelligent Packaging an Introduction*, Novel Food Packaging Techniques, Woodhead Publishing Limited. İngiltere, 5-21.
- Alan, F., 2013. *Bazı Nötr Gün Çilek (Fragaria x Ananassa) Çeşitlerinin Kayseri Koşullarındaki Performanslarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı ,Erzurum.
- Allende, A., Tomas-Barberan F. A., Gil M. I., 2006. Minimal Processing for Healthy Traditional Foods. *Trends in Food Science and Technology*. 9(17), 513-519.
- Almenar, E., Del-Valle, V., Hernandez-Munoz, P., Lagaron, J.M., Catala, R., Gavara, R., 2007. Equilibrium Modified Atmosphere Packaging of Wild Strawberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87(10), 1931–1939.
- Alonzo-Macías, M., Cardador-Martínez, A., Mounir, S., Montejano-Gaitá, G., Karim Allaf, K., 2013. Comparative Study of the Effects of Drying Methods on Antioxidant Activity of Dried Strawberry (Fragaria Var. Camarosa). *Journal*

of Food Research. Canadian Center of Science and Education, 2(2), 92-107.

Alwazeer, D., Delbeau, C., Divies, C., Cachon, R., 2003. Use of Redox Potential Modification by Gas Improves Microbial Quality, Color Retention, and Ascorbic Acid Stability of Pasteurized Orange Juice. *International Journal of Food Microbiology*, 1(89), 1-29.

Alwazeer, D., 2003. *Inte're't de la modification du Eh par des gaz pour la ma'îtrise des micro-organismes d'alte'ration du jus d'orange et ses implications sur la stabilite' de la couleur et de la vitamine C. De'veloppement d'un appareil adapte' a' l'e'tude des micro-organismes conside're's en conditions physico-chimiques de'finies*. Doktora tezi, Universite' de Bourgogne, Dijon, France.

Amr, A., Tamimi, E., 2007. Stability of the Crude Extracts of Ranunculus Asiaticus Anthocyanins and Their Use as Food Colourants. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 985–991.

Anonim, 2012. <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/USPP22589.pdf> (15.01.2017).

Anonymous, 2017. The National Hydrogen Association and U.S. Department of Energy 'Hydrogen : Similar But Different', *Hydrogen Safety*, 1-2.

Ascherio, A., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Rimm, E.B., Litin, L., Willett, W.C., 1992. Correlations of Vitamin and E Intakes with the Plasma Concentrations of Carotenoids and Tocopherols Among American Men and Women. *Human and Clinical Nutrition*, 122(9), 1792–1801.

Asen, S., Norris, K.H., Stewart, R.N., Semeniuk, P., 1973. Effect of Ph, Anthocyanin, and Flavonoid Co-Pigments on the Color of Statice Flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 98, 174–176.

Asimi, O.A., Sahu, N.P., Pal, A.K., 2013. Antioxidant activity and antimicrobial property of some Indian spices. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(3), 134-141.

Awika, J.M., Rooney, L.W., Waniska, R.D., 2005. Anthocyanins From Black Sorghum

- and Their Antioxidant Properties. *Food Chemistry*, 90(1–2), 293–301.
- Ayala-Zavalaa, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., Gonzalez-Aguilar, G.A., 2004. Effect of Storage Temperatures on Antioxidant Capacity and Aroma Compounds in Strawberry Fruit. *Food Science and Technology*, 37(7), 687–695.
- Bailey, L.B., Gregory, J.F., 1999. Folate Metabolism and Requirements. *Journal of Nutrition*, 129(4), 779–782.
- Barbir, F., Dalton, L. Molter, T., 2003. Regenerative Fuel Cells for Energy Storage: Efficiency and Weight Trade-Offs. *1st International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC)*. Proton Energy Systems, USA, 5937.
- Batu, A., Şen, L., 2014. Kontrollü Atmosferde Depolama Teknolojisi ve Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 118–138.
- Baublis, A., Spomer, A.R.T., Berber-Jiménez, M.D., 1994. Anthocyanin Pigments: Comparison of Extract Stability. *Journal of food science*, 59(6), 1219-1221.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Fang, D.Q., Kim J.J., 1995. Preformed Antifungal Compounds of Citrus Fruit: Effect of Postharvest Treatments with Heat and Growth Regulators. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4(43), 1062–1066.
- Benning, C.J., 1983. *Plastic Films for Packaging: Technology*. Technomic Publ. Co., Lancaster, 181.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., Bertelli, D., 2004. Polyphenols, Anthocyanins, Ascorbic Acid, and Radical Scavenging Activity of Rubus, Ribes, and Aronia S. *Food Chemistry and Toxicology Polyphenols*, 69(3), 164–169.
- Billmeyer, F.W., 1971. Polymer chains and their characterization. *Textbook of Polymer Science* Wiley Interscience Publisher. New York, 84-104.
- Bodelón O.G., Blanch M., Sanchez-Ballesta M.T., Escribano M.I., Merodio C., 2010. The Effects of High CO₂ Levels on Anthocyanin Composition, Antioxidant Activity and Soluble Sugar Content of Strawberries Stored at Low Non-Freezing Temperature. *Food Chemistry*, 122(3), 673–678.

- Bolduc, M., Raymond, Y., Fustier, P., Champagne, C.P., Vuilleumard J., 2006. Sensitivity of Bifidobacteria to Oxygen and Redox Potential in Non-Fermented Pasteurized Milk. *International Dairy Journal*, 16(9), 1038–1048.
- Boulekbatche-Makhlouf, L., Medouni, L., Medouni-Adrar, S., Arkoub, L., Madani K., 2013. Effect of Solvents Extraction on Phenolic Content and Antioxidant Activity of the Byproduct of Eggplant. *Industrial Crops and Products*, 49, 668–674.
- Bravo, L., 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317–333.
- Bridle, P., Timberlake, C.F., 1997. Anthocyanins as Natural Food Colours—Selected Aspects. *Food chemistry*, 58(1-2), 103-109.
- Brouillard, R., George, F., Fougèrouse, A., 1997. Polyphenols Produced During Red Wine Ageing. *Biofactors*, 6(4), 403–410.
- Browne, K.M., Geeson, J.D., Dennis, C., 1984. The Effects of Harvest Date And CO₂ Enriched Storage Atmospheres on the Storage and Shelf-Life of Strawberries. *Journal of Horticultural Science*, 59(2), 197-204.
- Buttner W.J., Post, M.B., Burgess, R., Rivkin, C., 2011. An Overview of Hydrogen Safety Sensors and Requirements. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(3), 2462–2470.
- Cacace, J.E., Mazza, G., 2003. Mass Transfer Process During Extraction of Phenolic Compounds from Milled Berries. *Journal of Food Engineering*, 4(59), 379–389.
- Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., Corbo, M.R., 2008. Chitosan: Antimicrobial Activity and Potential Applications for Preserving Minimally Processed Strawberries. *Food Microbiology*, 25(8), 992–1000.
- Caner, C., Aday, M.S., Demir, M., 2008. Extending the Quality of Fresh Strawberries by Equilibrium Modified Atmosphere Packaging. *European Food Research and Technology*, 227(6), 1575–1583.

- Carr, A.C., Frei, B., 1999. Toward New Recommended Dietary Allowance for Vitamin C Based on Antioxidant and Health Effects in Humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(6), 1086-1107.
- Cachon, R., Jeanson, S., Aldarf, M., Davies, C., 2002. Original Article Characterisation of Lactic Starters Based on Acidification and Reduction Activities. *Le Lait*, 3(82), 281–288.
- Certel, M., Uslu, M.K., Ozdemir, F., 2004. Effects of Sodium Caseinate-and Milk Protein Concentrate-Based Edible Coatings on the Postharvest Quality of Bing Cherries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(10), 1229-1234.
- Çevik, İ., Erhan, M., 2014. Bazı Üzümsü Meyve Çeşitlerinin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (3),1-6
- Chandrasekhar, J., Madhusudhan, M.C., Raghavarao, K.S.M.S., 2012. Extraction of Anthocyanins from Red Cabbage and Purification Using Adsorption. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 615-623.
- Church, I.J., Parsons, A.L., 1995. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(2), 143–152.
- Clifford, M.N., 2000. Anthocyanins–Nature, Occurrence and Dietary Burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1063-1072.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., Do Nascimento, J.R.O., Hassimotto, N.M.A., Dos Santos, R.J., Lajolo, F.M., 2005. Effects of Temperature on the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Three Strawberry Cultivars. *Food Chemistry*, 91(1), 113-121.
- Cordenunsi, B.R., Nascimento, J.D., Lajolo, F.M., 2003. Physico-Chemical Changes Related to Quality of Five Strawberry Fruit Cultivars During Cool-Storage. *Food Chemistry*, 83(2), 167-173.
- Couey, H.M., John, M.W., 1970. Low Oxygen or High Carbon Dioxide Atmospheres to Control Postharvest Decay of Strawberries, *Phytopathology*, 60(1), 47-49.
- Crowl, D.A., Jo, Y.D., 2007. The Hazards and Risks of Hydrogen. *Journal of Loss*

Prevention in the Process Industries, 20(2), 158-164.

Cui, Z.W., Li, C.Y., Song, C.F., Song, Y., 2008. Combined Microwave-Vacuum and Freeze Drying of Carrot and Apple Chips. *Drying Technology*, 26(12), 1517-1523.

Dadalı, G., Kılıç Apar, D., Özbek, B., 2007. Color Change Kinetics of Okra Undergoing Microwave Drying. *Drying Technology*, 25(5), 925-936.

Daravıngaz, G., Cain, R.F., 1965. Changes in the Anthocyanin Pigments of Raspberries During Processing and Storage. *Journal of Food Science*, 30(3), 400–405.

Darrow, G.M., 1966. *The Strawberry: History, Breeding and Physiolog*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 447.

Davies, A.R., 1995. Advances in Modified-Atmospheres Packaging. *In New Methods of Food Preservation*, Gould, G.W. Blackie Academic and Professional, London, 304–320.

Day, B.P.F., 2001. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Fruit and Vegetables-an Overview. *Acta Horticulturae*, 585-590.

De Souza, V.R., Pereira, P.A.P., Da Silva, T.L.T., De Oliveira Lima, L.C., Pio, R., Queiroz, F., 2014. Determination of the Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Chemical Composition of Brazilian Blackberry, Red Raspberry, Strawberry, Blueberry and Sweet Cherry Fruits. *Food Chemistry*, 156, 362-368.

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R., Paredes-López, O., 2000. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains-Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173-289.

Deng, Y., Zhao, Y., 2008. Effect of Pulsed Vacuum and Ultrasound Osmopretreatments on Glass Transition Temperature, Texture, Microstructure and Calcium Penetration of Dried Apples (Fuji). *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1575–1585.

- Dikmen, D., Yildiz, F., 1988. Extraction of Anthocyanins from Red Grape and Red Grape Skin. *Doga: Turk Tarim Ormancilik Dergisi*, 14(1), 57.
- Dincer, I., 2002. Technical, Environmental and Exergetic Aspects of Hydrogen Energy Systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 27(3), 265-285.
- Dinçer, İ., 2003. Refrigeration Systems and Applications. *John Wiley and Sons*, 410-420.
- Dixon, N.M., Kell, D.B., 1989. The Inhibition by CO₂ of the Growth and Metabolism of Microorganisms. *Journal of Applied Bacteriology*, 67(2), 109–136.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., 2006. Antioxidant Activity of Some Algerian Medicinal Plants Extracts Containing Phenolic Compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654-660.
- Donner, H., Gao, L., Mazza, G., 1997. Separation and Characterization of Simple and Malonylated Anthocyanins in Red Onions, *Allium Cepa* L. *Food Research International*, 30(8), 637-643.
- Dragsted, L.O., Strube, M., Larsen, J.C., 1993. Cancer-Protective Factors in Fruits and Vegetables: Biochemical and Biological Background. *Pharmacology and Toxicology*, 72(1), 116-135.
- Ebel, B., Martin, F., Le, L.D.T., Gervais, P., Cachon, R., 2011. Use of Gases to Improve Survival of *Bifidobacterium Bifidum* by Modifying Redox Potential in Fermented Milk. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2185-2191.
- El-Kazzaz, M.K., Sommer, N.F., Fortlage, R.J., 1983. Effect of Different Atmospheres on Postharvest Decay and Quality of Fresh Strawberries. *Phytopathology*, 73(2), 282–285.
- Erkan, M., Wang, C.Y., 2006. Modified and Controlled Atmosphere Storage of Subtropical Crops. *Postharvest Biology and Technology*, 5(4), 1-8.
- Exama, A., Arul, J., Lencki, R.W., Lee, L.Z., Toupin, C., 1993. Suitability of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Science*, 58(6), 1365-1370.

- Faostat, F. (2017). Available Online: <http://www.fao.org/faostat/en/> (Erişim Tarihi:02.01.2019).
- Farber, J.M., 1991. Microbiological Aspects of Modified-Atmosphere Packaging Technology-A Review. *Journal of Food Protection*, 54(1), 58-70.
- Favati, F., Galgano, F. Pace, A.M., 2007. Shelf-Life Evaluation of Portioned Provolone Cheese Packaged in Protective Atmosphere. *Food Science and Technology*, 40(3), 480–488.
- Ferreira, R.M., Viña, S.Z., Mugridge, A., Chaves, A.R., 2007. Growth and Ripening Season Effects on Antioxidant Capacity of Strawberry Cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 112(1), 27-32.
- Fossen, T., Andersen, Ø.M., 2003. Anthocyanins From Red Onion, *Allium Cepa*, with Novel Aglycone. *Phytochemistry*, 62(8), 1217-1220.
- Francis, F.J., Markakis, P.C., 1989. Food Colorants: Anthocyanins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28(4), 273-314.
- García-Alonso, M., De Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J.C., 2004. Evaluation of the Antioxidant Properties of Fruits. *Food Chemistry*, 84(1), 13-18.
- Ghuoath, A.E.L., Arul, J., Ponnampalam, R., Boulet, M., 1991. Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberry. *Journal of Food Science*, 56(6), 1618.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M., 2012. The Strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
- Gil, M.I., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 1997. Changes in Strawberry Anthocyanins and Other Polyphenols in Response. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5), 1662–1667.
- Giroux, H.J., St-Amant, J.B., Fustier, P., Chapuzet, J.M., Britten, M., 2008. Effect of Electroreduction and Heat Treatments on Oxidative Degradation of a Dairy

- Beverage Enriched with Polyunsaturated Fatty Acids. *Food Research International*, 41(2), 145-153.
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E., 1996. Characterization of Red Radish Anthocyanins. *Journal of Food Science*, 61(2), 322-326.
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E., 2003. Acylated Anthocyanins From Edible Sources and Their Applications in Food Systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217-225.
- Goto, T., Goto, M., Chachin, K., Iwata, T., 1995. Effects of High Carbon Dioxide with Short Term Treatment on Quality of Strawberry Fruits. *Journal-Japanese Society of Food Science and Technology*, 42, 176-176.
- Goto, T., Goto, M., Chachin, K., Iwata, T., 1996. The Mechanism of the Increase of Firmness in Strawberry Fruit Treated with 100% CO₂. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 10(43), 1158-1162
- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J.B., Christensen, A.B., Givskov, M., 2002. Food Spoilage-Interactions Between Food Spoilage Bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1-2), 79-97.
- Gülsoy, E., Yılmaz, H., 2004. The Effects on Adaptation of Some Strawberry Cultivars Grown Under Different Tunnels in Van Ecological Conditions, *Yüzüncü yıl üniversitesi Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences*, 9(1), 50-57.
- Gülsoy, E., Yılmaz, H., 2004. Van Ekolojik Koşullarında Farklı Örtü Tiplerinin Bazı Çilek Çeşitlerinin Adaptasyonu Üzerine Etkileri. *Van Yüzüncüyıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 50-57.
- Güneş, G., Lee, C. Y., 1997. Color of Minimally Processed Potatoes as Affected by Modified Atmosphere Packaging and Antibrowning Agents. *Journal of Food Science*, 62(3), 572-575.
- Halliwell, B., 1994. Free Radicals, Antioxidants, and Human Disease: Curiosity, Cause, or Consequence. *The Lancet*, 344(8924), 721-724.

- Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Moskaug, Q., 2002. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. *The Journal of Nutrition*, 132(3), 461-471.
- Hancock, J.F., 1999. *Strawberries. Crop Production Science in Horticulture*, No.11 USA.
- Hangun-Balkir, Y., Mckenney, M.L., 2012. Determination of Antioxidant Activities of Berries and Resveratrol. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 5(2), 147–153.
- Hansawasdi, C., Rithiudom, S., Chaiprasart, P., 2006. Quality and Antioxidant Activity Changes During Low-Temperature Storage of Strawberry Fruits. *Acta Horticulturae*, 708, 301.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E. Wang, C.Y., 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist And Nursery Stocks*. Agriculture Handbook USDA:No.66, English, 130.
- Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallett, I.C., Murray, S.H., Carter, G., 1997. Texture of Fresh Fruit. *Horticultural Reviews*, 20, 121-224.
- Harker, F.R., Elgar, H.J., Watkins, C.B., Jackson, P.J., Hallett, I.C., 2000. Physical and Mechanical Changes in Strawberry Fruit After High Carbon Dioxide Treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 19(2), 139-146.
- Harker, F.R., Hallett, I.C., 1992. Physiological Changes Associated with Development of Mealiness of Apple Fruit During Cool Storage. *Hortscience*, 27(12), 1291-1294.
- Harker, F.R., Hallett, I.C., 1994. Physiological and Mechanical Properties of Kiwifruit Tissue Associated with Texture Change During Cool Storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 987-993.
- Harker, F.R., Sutherland, P.W., 1993. Physiological Changes Associated with Fruit Ripening and the Development of Mealy Texture During Storage of Nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 2(4), 269-277.

- Harris, C.M., Harvey, J.M., 1973. Quality and Decay of California Strawberries Stored In CO₂-Enriched Atmospheres. *Plant Disease Reporter*.USA. (57), 44-46.
- Hassimotto, N.M.A., Genovese, M.I., Lajolo, F.M., 2005. Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2928–2935.
- Häkkinen, S.H., Kärenlampi, S.O., Mykkänen, H.M., Heinonen, I.M., Törrönen, A.R., 2000. Ellagic Acid Content in Berries: Influence of Domestic Processing and Storage. *European Food Research and Technology*, 212(1), 75-80.
- Holcroft, D.M., Gil, M.I., Kader, A.A., 1998. Effect of Carbon Dioxide on Anthocyanins, Phenylalanine Ammonia Lyase and Glucosyltransferase in the Arils of Stored Pomegranates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(1), 136-140.
- Holcroft, D.M., Kader, A.A., 1999. Controlled Atmosphere-Induced Changes in Ph And Organic Acid Metabolism May Affect Color of Stored Strawberry Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 17(1), 19–32.
- Hubbermann, E.M., Heins, A., Stöckmann, H., Schwarz, K., 2006. Influence of Acids, Salt, Sugars and Hydrocolloids on the Colour Stability of Anthocyanin Rich Black Currant and Elderberry Concentrates. *European Food Research and Technology*, 223(1), 83-90.
- Imeh, U., Khokhar, S., 2002. Distribution of Conjugated and Free Phenols in Fruits: Antioxidant Activity and Cultivar Variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6301–6306.
- Irtwange, S.V., 2006. Application of Modified Atmosphere Packaging and Related Technology in Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, 8(4), 1–13.
- Jackman, R.L., Yada, R.Y., TUNG, M.A., SPEERS, R.A. 1987. Anthocyanins as Food Colorants—a Review. *Journal of food biochemistry*, 11(3), 201-247.
- Jouki, M., Dadashpour, A., 2012. Comparison of Physiochemical Changes in Two

- Popular Strawberry Cultivars Grown in Iran (Cvs. Kurdistan & Selva) During Storage Time At 4 C. *Genetika*, 44(3), 679-688.
- Jouki, M., Khazaei, N., 2014. Effect of Low-Dose Gamma Radiation and Active Equilibrium Modified Atmosphere Packaging on Shelf Life Extension of Fresh Strawberry Fruits. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(1), 49–55.
- Kader, A.A., 1986. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. *Food Technology*, 40(5), 99–104.
- Kader, A.A., 1992. Modified Atmosphere During Transport and Storage. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, University of California Division of Agriculture and Natural Resources. 519
- Kader, A.A., 1992. Postharvest Biology and Technology: An Overview. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 519.
- Kader, A.A., 2010., Future of Modified Atmosphere Research. *Acta Horticulturae*, 857, 213-218
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E.L., 1989. Modified Environments for Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28(1),1–30.
- Kadir, S., Sidhu, G., I-Khatib, K., 2006. Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) Growth and Productivity as Affected by Temperature. *Hortscience*, 41(6), 1423-1430.
- Kadivec, M., Može Bornšek, S., Polak, T., Demšar, L., Hribar, J., Požrl, T., 2013. Phenolic Content of Strawberry Spreads During Processing and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(38), 9220-9229.
- Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Heinonen, M., 2001, Berry Phenolics and Their Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4076–4082.
- Kalt, W., McDonald, J.E., Ricker, R.D., Lu, X., 1999a. Anthocyanin Content and Profile

- Within and Among Blueberry Species. *Canadian Journal of Plant Science*, 79(4), 617-623.
- Kalt, W., Forney, C.F., Martin, A., Prior, R.L., 1999b. Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins After Fresh Storage of Small Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(11), 4638-4644.
- Kapasakalidis, P.G., Rastall, R.A., Gordon, M.H., 2006. Extraction of Polyphenols From Processed Black Currant (*Ribes Nigrum* L.) Residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4016-4021.
- Ke, D., Goldstein, L., O'mahony, M., Kader, A.A., 1991. Effects of Short-Term Exposure to Low O₂ and High CO₂ Atmospheres on Quality Attributes of Strawberries. *Journal of Food Science*, 56(1), 50-54.
- Ke, D., Zhou, L., Kader, A.A., 1994. Mode of Oxygen and Carbon Dioxide Action on Strawberry Ester Biosynthesis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 971-975.
- Kellogg, J., Wang, J., Flint, C., Ribnicky, D., Kuhn, P., De Mejia, E.G., Lila, M.A., 2009. Alaskan Wild Berry Resources and Human Health Under the Cloud of Climate Change. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 3884-3900.
- Khazaei, N., Jouki, M., Jouki, A., 2011. Effects of Modified Atmosphere Packaging on Physicochemical Characteristics and Sensory Evaluation of Bitter Orange (*Citrus Aurantium*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(11), 1014.
- Khorshidi, S., Davarynejad, G., Tehranifar, A., Fallahi, E., 2011. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Chemical Composition, Antioxidant Activity, Anthocyanin, and Total Phenolic Content of Cherry Fruits. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(5), 471.
- Kjaergaard, L., 1977. The Redox Potential: Its Use and Control in Biotechnology. In *Advances in Biochemical Engineering*, Springer, Berlin, Heidelberg, 131-150.
- Kligler, I.J., Guggenheim, K., 1938. The Influence of Vitamin C on the Growth of

- Anaerobes in the Presence of Air, with Special Reference to the Relative Significance of Eh and O₂ in the Growth of Anaerobes. *Journal of Bacteriology*, 35(2), 141.
- Klopotek, Y., Otto, K., Böhm, V., 2005. Processing Strawberries to Different Products Alters Contents of Vitamin C, Total Phenolics, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5640–5646.
- Konczak, I., Zhang, W., 2004. Anthocyanins-More Than Nature's Colours. *Biomed Research International*, 2004(5), 239-240.
- Kong, J.M., Chia, L.S., Goh, N.K., Chia, T.F., Brouillard, R., 2003. Analysis and Biological Activities of Anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
- Kuhnau, J., 1976. Flavonoids. A Class of Semi-Essential Food Components: Their Role in Human Nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 24, 117-191.
- Lambert, A.D., Smith, J.P., Dodds, K.L., 1991. Shelf Life Extension and Microbiological Safety of Fresh Meat-A Review. *Food Microbiology*, 8(4), 267-297.
- Larsen, M., Watkins, C.B., 1995. Firmness and Aroma Composition of Strawberries Following Short-Term High Carbon Dioxide Treatments. *Hortscience*, 30(2), 303–305.
- Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E., 2005. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the Ph Differential Method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, 88(5), 1269–1278.
- Leja, M., Mareczek, A., Ben, J., 2003. Antioxidant Properties of Two Apple Cultivars During Long-Term Storage. *Food Chemistry*, 80(3), 303-307.
- Lewis, C.E., Walker, J.R., Lancaster, J.E., 1995. Effect of Polysaccharides on the Colour of Anthocyanins. *Food Chemistry*, 54(3), 315-319.
- Li, C., Kader, A.A., 1989. Residual Effects of Controlled Atmospheres on Postharvest

- Physiology and Quality of Strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*, 114, 629-634.
- Lieten, F., Kinet, J.M., Bernier, G., 1995. Effect of Prolonged Cold Storage on the Production Capacity of Strawberry Plants. *Scientia Horticultural*, 60(3-4), 213-219.
- Lopez-Briones, G., Varoquaux P., Bureau G., Pascat B., 1993. Modified Atmosphere Packaging of Common Mushroom. *International Journal of Food Science and Technology*, 28(1), 57-68.
- López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E., Di Scala, K., 2010. Effect of Air Temperature on Drying Kinetics, Vitamin C, Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Non-Enzymatic Browning and Firmness of Blueberries Variety O Neil. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 772-777.
- Maas, J.L., Galletta, G.J., Stoner, G.D., 1990. Ellagic Acid, an Anticarcinogen in Fruits, Especially in Strawberries: A Review. *Hortscience*, 26(1), 10–14.
- Mangaraj, S., Goswami, T.K., 2011. Modeling of Respiration Rate of Litchi Fruit under Aerobic Conditions. *Food and Bioprocess Technology*, 4(2), 272–281.
- Mangaraj, S., Goswami, T.K., Mahajan, P.V., 2009. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 1(2), 133–158.
- Maniar, A.B., Marcy, J.E., Bishop, J.R., Duncan, S.E., 1994. Modified Atmosphere Packaging to Maintain Direct-Set Cottage Cheese Quality. *Journal of Food Science*, 59(6), 1305-1308.
- Manurakchinakorn, S., Intavong, P., Yuennan, P., Tonwattana, S., Pankong, A., 2011. Changes in Ascorbic Acid Content, Antioxidant Capacity and Sensory Quality of Fresh-Cut Mangosteens During Storage. *Walailak Journal of Science and Technology*, 1(2), 87-95.
- Markakis, P., Jurd, L., 1974. Anthocyanins and Their Stability in Foods. *Critical*

Reviews in Food Science and Nutrition, 4(4), 437-456.

- Marsh, K., Bugusu, B., 2007. Food Packaging-Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*, 72(3), 39-55.
- Martin, F., Cayot, N., Marin, A., Journaux, L., Cayot, P., Gervais, P., Cachon, R., 2009. Effect of Oxidoreduction Potential and of Gas Bubbling on Rheological Properties and Microstructure of Acid Skim Milk Gels Acidified with Glucono- Δ -Lactone. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5898-5906.
- Martin, F., Cayot, N., Vergoignan, C., Journaux, L., Gervais, P., Cachon, R., 2010. Impact of Oxidoreduction Potential and of Gas Bubbling on Rheological Properties of Non-Fat Yoghurt. *Food Research International*, 43(1), 218-223.
- Martin, F., Cachon, R., Pernin, K., De Coninck, J., Gervais, P., Guichard, E., Cayot, N. 2011. Effect of Oxidoreduction Potential on Aroma Biosynthesis by Lactic Acid Bacteria in Nonfat Yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94(2), 614-622.
- Martin, F., Ebel, B., Rojas, C., Gervais, P., Cayot, N., Cachon, R., 2013. Redox Potential: Monitoring and Role in Development of Aroma Compounds, Rheological Properties and Survival of Oxygen Sensitive Strains During the Manufacture of Fermented Dairy Products. *In Lactic Acid Bacteria-R and D for Food*, Health and Livestock Purposes, 73-94.
- Martinez-Ferrer, M., Harper, C., Perez-Munaz, F., Chaparro, M., 2002. Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits. *Journal of Food Science*. 9(67), 3365-3371.
- Mason, D.T., Jarvis, W.R., 1970. Post-Harvest Ripening of Strawberries. *Horticultural Research*, 10, 125-132.
- Massey, L.K., 2003. *Permeability Properties of Plastics and Elastomers: A Guide to Packaging and Barrier Materials*. William Andrew. Published in the United State of America by Plastic Design Laboratory, New York.
- Mawele Shamaila, M., Powrie, W.D., Skura, B.J., 1992. Analysis of Volatile Compounds from Strawberry Fruit Stored under Modified Atmosphere

- Packaging (MAP). *Journal of Food Science*. 57(5), 1173–1176.
- Metivier, R.P., Francis, F.J. and Clydesdale, F.M., 1980. Solvent Extraction of Anthocyanins from Wine Pomace. *Journal of Food Science*. 45(4), 1099–1100.
- Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P., Liu, R.H., 2003. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), 6887-6892.
- Miller, H.E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., Kanter, M., 2000. Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(3), 312-319.
- Miller, N.J., Rice-Evans, C., Davies, M.J., Gopinathan, V., Milner, A., 1993. A Novel Method for Measuring Antioxidant Capacity and Its Application to Monitoring the Antioxidant Status in Premature Neonates. *Clinical Science*, 84(4), 407-412.
- Miller, N.J., Rice-Evans, C.A., 1996. Spectrophotometric Determination of Antioxidant Activity. *Redox Report*. 2(3), 161–171.
- Mir, N., Beaudry, R.M., 2016. Modified Atmosphere Packaging. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist Nursery Stock*,. Gross, K.C., Wang, C.Y., United States Department of Agriculture.
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A., 1996. Produce Facts. Strawberry. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. *Perishable Handling Newsletter*, 87, 21–22.
- Mitchell G.F., 1992: Postharvest handling systems: temperate zone tree fruits (pome fruits and stone fruits). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, A.A. Kader. University of California, Davis, 215-221.
- Moyls, A.L., Mckenzie, D.L., Hocking, R.P., Toivonen, P.M.A., Delaquis, P., Girard, B., Mazza, G., 1998. Variability in O₂, CO₂, and H₂O Transmission Rates Among Commercial Polyethylene Films for Modified Atmosphere Packaging.

- Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41(5), 1441.
- Moyls, A.L., Sholberg, P.L., Gaunce, A.P., 1996. Modified-Atmosphere Packaging of Grapes and Strawberries Fumigated with Acetic Acid. *Hortscience*, 31(3), 414–416.
- Naidu, K.A., 2003. Vitamin C in Human Health and Disease Is Still a Mystery an Overre. *Nutrition Journal*, 2(1), 7.
- Najjar, Y.S.H., 2013. Hydrogen Safety: The Road Toward Green Technology. *International Journal of Hydrogen Energy*. 38(25), 10716–10728.
- Nielsen, T., Leufvén, A., 2008. The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Honeoye and Korona Strawberries. *Food Chemistry*, 107(3), 1053-1063.
- Niranjana, P., Gopalakrishna, R.K.P., Sudhakar, R.D.V., Madhusudhan, B., 2009. Effect of Controlled Atmosphere Storage (CAS) on Antioxidant Enzymes and DPPH-Radical Scavenging Activity of Mango (*Mangifera Indica* L.) CV. Alphonso. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(2), 779-792.
- Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A.M.M.B., Sargent, S.A., 1995. Physical and Chemical Quality Characteristics of Strawberries after Storage are Reduced by A Short Delay to Cooling. *Postharvest Biology and Technology*, 6(1-2), 17-28.
- Nunes, M.C.N., Morais, A.M.M.B., Brecht, J.K., Sargent, S.A., Bartz, J.A., 2005. Prompt Cooling Reduces Incidence and Severity of Decay Caused by *Botrytis Cinerea* and *Rhizopus Stolonifer* in Strawberry. *Horttechnology*, 15(1), 153-156.
- Nyman, N.A., Kumpulainen, J.T., 2001. Determination of Anthocyanidins in Berries and Red Wine by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4183-4187.
- Okan, O.T., Varlibaş, H., Mehmet, Ö.Z., Deniz, İ., 2013. Antioksidan Analiz

- Yöntemleri ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Antioksidan Kaynağı Olarak Kullanılabilecek Odun Dışı Bazı Bitkisel Ürünler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1), 48-59.
- Okie, W.R., 2004. Register of New Fruit and Nut Varieties. *Hortscience*, 39(6), 1509-1523.
- Olsson, M.E., Ekvall, J., Gustavsson, K.E., Nilsson, J., Pillai, D., Sjöholm, I., Nyman, M.G., 2004. Antioxidants, Low Molecular Weight Carbohydrates, and Total Antioxidant Capacity in Strawberries (*Fragaria*×*Ananassa*): Effects of Cultivar, Ripening, and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2490-2498.
- Oszmiański, J., Wojdyło, A., 2009. Comparative Study of Phenolic Content and Antioxidant Activity of Strawberry Puree, Clear, and Cloudy Juices. *European Food Research and Technology*, 228(4), 623–631.
- Ozgen, M., Reese, R., 2006. Modified 2, 2-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid (ABTS) Method to Measure Antioxidant Capacity of Selected Small Fruits and Comparison to Ferric. *Journal of Agricultural*, 54(4), 1151-1157.
- Öz, A.T., Kafkas, E., Zarifikhosroshahi, M., Şahin, T., 2015. The Effects of Different Treatments on Phytochemical and Volatiles Compositions of ‘Hicaznar’pomegranate Fruit During Cold Storage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 235-241.
- Öz, A.T., Kafkas, E., 2015. Muhafaza Süresinin ‘Festival’Çilek Çeşidi Meyvelerinin Bazı Fitokimyasal Bileşimine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 105-112.
- Özdemir, E., Gündüz, K., Serçe, S., 2007. Yeni Bazı Çilek Çeşitlerinin Amik Ovası Koşullarına Uyumu. *Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 4–7.
- Özkars, Ö., 2012. *Bazı Taze ve Dondurulmuş Meyvelerin Antioksidan Kapasitelerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 112.

- Özkaya, O., Dündar, O., Scovazzo, G.C., Volpe, G., 2009. Evaluation of Quality Parameters of Strawberry Fruits in Modified Atmosphere Packaging During Storage. *African Journal of Biotechnology*, 8(5), 789-793.
- Pérez, A.G., Sanz, C., Ríos, J.J., Olias, R., Olias, J.M., 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), 1652-1656.
- Pearson, C.B., Walker, H.W., 1976. Effect of Oxidation-Reduction Potential upon Growth and Sporulation of Clostridium Perfringens. *Journal of Milk and Food Technology*, 39(6), 421-425.
- Pelayo, C., Ebeler, S.E., Kader, A.A., 2003. Postharvest Life and Flavor Quality of Three Strawberry Cultivars Kept at 5°C In Air or Air+20 Kpa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), 171-183.
- Peng, G., Sutton, J.C., 1991. Evaluation of Microorganisms for Biocontrol of Botrytis Cinerea in Strawberry. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 13(3), 247-257.
- Peppelenbos, H.W., Leven, J., 1996. Evaluation of Four Types of Inhibition for Modelling the Influence of Carbon Dioxide on Oxygen Consumption of Fruits and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 7(1-2), 27-40.
- Phippen, W.B., Simon, J.E., 1998. Anthocyanins in Basil (Ocimum Basilicum L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(5), 1734-1738.
- Piljac-Žegarac, J., Valek, L., Martinez, S., Belščak, A., 2009. Fluctuations in the Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Dark Fruit Juices in Refrigerated Storage. *Food Chemistry*, 113(2), 394-400.
- Pifferi, P.G., Cultrera, R., 1974. Enzymatic Degradation of Anthocyanins: The Role of Sweet Cherry Polyphenol Oxidase. *Journal of Food Science*, 39(4), 786-791.
- Ptocharski, W., 1982. Strawberries-Quality of Fruits, Their Storage Life and Suitability for Processing: Part III. Firmness and Pectic Substance Changes of Strawberries Stored under Normal and Controlled Atmosphere Conditions.

Fruit Science, 9, 111-122.

Rahman, M.M., Hossain, M.M., Khaliq, Q.A., Moniruzzaman, M., 2014. Effect of Planting Time and Genotypes Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch). *Scientia Horticulturae*, 167, 56-62.

Rapisarda, P., Fanella, F., Maccarone, E., 2000. Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood Orange Juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2249-2252.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Reddy, C.V.K., Sreeramulu, D., Raghunath, M., 2010. Antioxidant Activity of Fresh and Dry Fruits Commonly Consumed in India. *Food Research International*, 43(1), 285–288.

Remberg, S.F., Haffner, K., Blomhoff, R., 2003. Total Antioxidant Capacity and Other Quality Criteria in Blueberries Cvs bluecrop, Hardyblue, Patriot, Putte and Aronfer Storage in Cold Store and Controlled Atmosphere. *VIII International Controlled Atmosphere Research Conference 600*. 595–598.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Bolwell, P.G., Bramley, P.M., Pridham, J.B., 1995. The Relative Antioxidant Activities of Plant-Derived Polyphenolic Flavonoids. *Free Radical Research*, 22(4), 375-383.

Rico, D., Martin-Diana, A.B., Barat, J.M., Barry-Ryan, C., 2007. Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 18(7), 373-386.

Riondet, C., Cachon, R., Waché, Y., Alcaraz, G., Diviès, C., 2000. Extracellular Oxidoreduction Potential Modifies Carbon and Electron Flow in *Escherichia Coli*. *Journal of Bacteriology*, 182(3), 620-626.

Sahari, M.A., Boostani, F.M., Hamidi, E.Z., 2004. Effect of Low Temperature on the

- Ascorbic Acid Content and Quality Characteristics of Frozen Strawberry. *Food Chemistry*, 86(3), 357-363.
- Sandhya, V., Ali, S.Z., Venkateswarlu, B., Reddy, G., Grover, M., 2010. Effect of Osmotic Stress on Plant Growth Promoting Pseudomonas Spp. *Archives of Microbiology*, 192(10), 867-876.
- Sanz, C., Perez, A.G., Olias, R., Olias, J.M., 1999. Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene. *Journal of Food Science*, 64(4), 748-752.
- Saraç, B.P., 2009. *Nötr Gün Çeşitlerinden (Fragaria× Ananassa) Fern Çeşidinin Bazı Vegetatif ve Generatif Gelişim Kriterlerinin Kısa Gün Çeşidi Çilekler ile Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ. 39.
- Scalbert, A., Williamson, G., 2000. Chocolate: Modern Science Investigates an Ancient Medicine. *Journal of Medicinal Food*, 3, 121-125.
- Schlimme, D.V., Rooney, M.L., 1994. Packaging of Minimally Processed Fruits and Vegetables. *In Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*, Robert, C.W. Springer, Boston, MA. 135-182.
- Schreyer, A., Britten, M., Chapuzet, J.M., Lessard, J., Bazinet, L., 2008. Electrochemical Modification of the Redox Potential of Different Milk Products and Its Evolution During Storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3), 255-264.
- Seeram, N.P., Adams, L.S., Zhang, Y., Lee, R., Sand, D., Scheuller, H.S., Heber, D., 2006. Blackberry, Black Raspberry, Blueberry, Cranberry, Red Raspberry, and Strawberry Extracts Inhibit Growth and Stimulate Apoptosis of Human Cancer Cells in Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(25), 9329-9339.
- Seeram, N.P., 2008. Berry Fruits: Compositional Elements, Biochemical Activities, and the Impact of Their Intake on Human Health, Performance, and Disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 627-629

- Shin, Y., Ryu, J.A., Liu, R.H., Nock, J.F., Watkins, C.B., 2008. Harvest Maturity, Storage Temperature and Relative Humidity Affect Fruit Quality, Antioxidant Contents and Activity, and Inhibition of Cell Proliferation of Strawberry Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(2), 201-209.
- Siriphanich, J., 1998. High CO₂ Atmosphere Enhances Fruit Firmness During Storage (Quality and Its Evaluation of Horticultural Products, for Further Development of Horticulture in East Asia). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67(6), 1167-1170.
- Smith, R.B., 1992. Controlled Atmosphere Storage of Redcoat's strawberry Fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 260-264.
- Smith, R.B., Skog, L.J., 1992. Postharvest Carbon Dioxide Treatment Enhances Firmness of Several Cultivars of Strawberry. *Hortscience*, 27(5), 420-421.
- Sommer, N.F., Fortlage, R.J., Mitchell, F.G., Maxie, E.C., 1973. Reduction of Postharvest Loss of Strawberry Fruits From Gray Mold. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 98, 285–288.
- Sondheimer, E., 1953. On the Relation Between Spectral Changes and Ph of the Anthocyanin Pelargonidin-3-Glucoside. *Journal of the American Chemical Society*, 75(6), 1507-1508.
- Sonmez, D.A., Kafkas, E., 2011. Development of in Vitro Methods for Regeneration of Strawberry “Festival” Variety (*Fragaria* × *Annanasa* Duch.). *Current Opinion in Biotechnology*, 22, 138.
- Stalikas, C.D., 2007. Extraction, Separation, and Detection Methods for Phenolic Acids and Flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30(18), 3268–3295.
- Strack, D., Steglich, W., Wray, V., 1993. Betalains. *Methods in Plant Biochemistry. Academic Press*, 8, 421.
- Thompson A.K., 2010. *Modified atmosphere packaging. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. 2nd ed.* CAB International Cambridge, MA. USA, 81–115.

- TÜİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri Raporu, Rapory. <http://www.tuik.gov.tr>
Erişim Tarihi (15.10.2018)
- Tulipani, S., Marzban, G., Herndl, A., Laimer, M., Mezzetti, B., Battino, M., 2011. Influence of Environmental and Genetic Factors on Health-Related Compounds in Strawberry. *Food Chemistry*, 124(3), 906-913.
- Türemiş, N., Özgüven, A.I., Paydaş, S., 2000. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Çilek Yetiştiriciliği. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana*. 36.
- Ueda, Y., Bai, J.H., 1993. Effect of Short Term Exposure of Elevated CO₂ on Flesh Firmness and Ester Production of Strawberry. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 62(2), 457-464.
- Ersus, U.S., 2004. *Kara Havuç (Daucus carota L.) Antosiyanin Ekstraktinin Püskürtmeli Kurutucu Kullanılarak Mikroenkapsülasyonu*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, 167.
- Ün, T.Ü., 2003. Hidrojen Enerjisi: Depolanması, Güvenliği, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu. Anadolu Üniversitesi, *Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendis ve Makina Dergisi*, 525 (44), 17-22
- Ün T.Ü., 2007. Hidrojen Enerjisi, [Http://Www.Genbilim.Com/ Index.Php](Http://Www.Genbilim.Com/Index.Php)
Option=Com_Content&Task=View&İd=1893 Erişim Tarihi (1.08.2018)
- Usenik, V., Fabčić, J., Štampar, F., 2008. Sugars, Organic Acids, Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweet Cherry (Prunus Avium L). *Food Chemistry Elsevier*, 107(1), 185–192.
- Van Der Steen, C., Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., 2002. Combining High Oxygen Atmospheres with Low Oxygen Modified Atmosphere Packaging to Improve the Keeping Quality of Strawberries and Raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 26(1), 49-58.
- Vangdal, E., Slimestad, R., 2006. Methods to Determine Antioxidative Capacity in Fruit. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14, 123.

- Veziroğlu, T.N., 2003. Hydrogen Energy Systems Permanent Solution to Global Problems. www.iahe.org Erişim Tarihi (28.11.2018)
- Wang, H., Cao, G., Prior, R.L., 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 701-705.
- Wang, H., Cao, G., Prior, R.L., 1997. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(2), 304-309.
- Wang, N., Liu, C., Yuan, W., Ge, X., Bai, F., 2012. ORP Control on Very High Gravity Ethanol Fermentation by Flocculating Yeast [J]. *CIESC Journal*, 63(4), 1168-1174.
- Wang, S.Y., Lin, H.S., 2000. Antioxidant Activity in Fruits and Leaves of Blackberry, Raspberry, and Strawberry Varies with Cultivar and Developmental Stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(2), 140–146.
- Waterhouse, A.L., 1995. Wine and Heart Disease. *Chemistry and Industry (London)*, 9, 338-341.
- Watkins, C.B., Manzano-Mendez, J.E., Nock, J.F., Zhang, J., Maloney, K.E., 1999. Cultivar Variation in Response of Strawberry Fruit to High Carbon Dioxide Treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(6), 886-890.
- Wilson, C.L., Wisniewski, M.E., Biles, C.L., Mclaughlin, R., Chalutz, E., Droby, S., 1991. Biological Control of Post-Harvest Diseases of Fruits and Vegetables: Alternatives to Synthetic Fungicides. *Crop Protection*, 10(3), 172-177.
- Wrolstad, R.E., Erlandson, J.A., 1973. Effect of metal ions on the color of strawberry puree. *Journal of Food Science*, 38(3), 460-463.
- World Health Organization, 2002. The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. https://www.who.int/hiv/whr_press/en/ Erişim Tarihi (02.02.2018)
- Woodward, J.R., Topping, A.J., 1972. The Influence of Controlled Atmospheres on the Respiration Rates and Storage Behaviour of Strawberry Fruits. *Journal of Horticultural Science*, 47(4), 547-553.

- Yahia, E.M., Mondragon-Jacobo, C., 2011. Nutritional Components and Anti-Oxidant Capacity of Ten Cultivars and Lines of Cactus Pear Fruit (*Opuntia* Spp.). *Food Research International*, 44(7), 2311-2318.
- Yoshida, Y., Koyama, N., Tamura, H., 2002. Color and Anthocyanin Composition of Strawberry [*Fragaria*] Fruit; Changes During Fruit Development and Differences Among Cultivars, with Special Reference to the Occurrence of Pelargonidin 3-Malonylglucoside. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science (Japan)*. 71(3), 355-361.
- Zagory, D., Kader, A., 1988. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce. *Food Science and Technology*, 42(9), 70-77.
- Zhang, M., Xiao, G., Peng, J., Salokhe, V.M., 2003. Effects of Modified Atmosphere Package on Preservation of Strawberries. *Zoological Studies-Taipei*, 42(3), 143-148.
- Zhang, X., Shao, X., 2015. Characterisation of Polyphenol Oxidase and Peroxidase and the Role in Browning of Loquat Fruit. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(2), 109-117.
- Zheng, Y., Wang, S.Y., Wang, C.Y., Zheng, W., 2007. Changes in Strawberry Phenolics, Anthocyanins, and Antioxidant Capacity in Response to High Oxygen Treatments. *Food Science and Technology*, 40(1), 49-57.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Rize’de doğdum. İlk ve ortaokulu İstanbul, liseyi ise Hatay’da tamamladım. Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalından 2016 yılında mezun oldum. Yüksek lisans eğitimime 2016 yılında Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim dalında başladım.

HARRAN I. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı (2017), Karadeniz Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi “Düşünden Gerçeğe Proje Pazarı” (2017) ve Iğdır Üniversitesi II. Uluslar Arası sempozyumlarına katıldım ve ayrıca 12 Mayıs 2017 Şanlıurfa Teknokent’de düzenlenen HARRAN I. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı poster sunumunda 5. ve mansiyon ödülü kazandım.

Evliyim. Bir çocuğum var.