

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIRMIZI BİBERİN (*CAPSICUM ANNUUM* L.)
FONKSİYONEL VE MİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEMENİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnci CERİT

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Omca DEMİRKOL

Haziran 2015

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

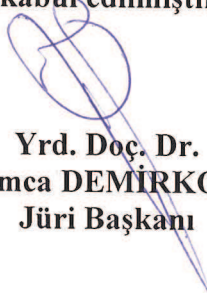
KIRMIZI BİBERİN (*CAPSICUM ANNUUM* L.)
FONKSİYONEL VE MİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEMENİN ETKİSİ

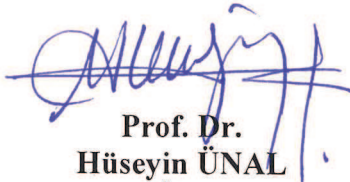
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnci CERİT

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 22 /06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr.
Omca DEMİRKOL
Jüri Başkanı


Prof. Dr.
Hüseyin ÜNAL
Üye


Doç. Dr.
Hande Selen ERGE
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

İnci CERİT
22/06/2015

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, her konuda yardımda bulunan, araştırmanın planlanmasından sonuçlanmasına kadar olan süreçte beni yönlendiren, değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Omca DEMİRKOL'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje no: 2014-50-01-054) teşekkür ederim.

Laboratuar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ahmet AYAR' a ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Serap COŞANSU AKDEMİR'e teşekkür ederim. Ayrıca çalışma arkadaşlarım Ayşe SARIÇAM, Hatice SIÇRAMAZ, Gülşah KARABULUT, Selime MUTLU'ya anlayış ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Sadece çalışmalarım sırasında değil hayatım boyunca yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan Annem Günay ÇANTIK, Babam Orhan ÇANTIK ve Kardeşim Yasin ÇANTIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak çalışmalarım sırasında beni teşvik eden ve anlayış gösteren eşim Yusuf CERİT'e tüm samimiyetimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Kırmızı Biber (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	5
2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP).....	6
2.3. Serbest Radikaller ve Antioksidanlar.....	10
2.4. Kırmızı Biberde Bulunan Antioksidanlar.....	13
2.4.1. Fenolik bileşikler.....	13
2.4.2. Askorbik asit.....	14
2.4.3. Karotenoidler.....	16
2.4.4. Tiyoller.....	17
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Metot.....	20
3.2.1. Kullanılan araç ve gereçler.....	20

3.2.2. Kullanılan kimyasal çözeltiler.....	20
3.2.3. Modifiye atmosfer paketlenme (MAP) ve depolama.....	22
3.2.4. Laboratuvar analizleri.....	23
3.2.4.1. Mikrobiyolojik analizler için örneklerin hazırlanması.....	23
3.2.4.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı.....	23
3.2.4.3. Maya-küf sayımı.....	23
3.2.4.4. Anaerobik bakteri sayımı.....	23
3.2.4.5. Ağırlık kaybı.....	24
3.2.4.6. Kuru madde tayini.....	24
3.2.4.7. Antioksidan analizleri için örnek ekstraktlarının hazırlanması.....	24
3.2.4.8. DPPH radikalini giderme aktivitesi tayini.....	25
3.2.4.9. Toplam fenolik madde tayini.....	26
3.2.4.10. Demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) tayini.....	27
3.2.4.11. OH• yakalama aktivitesi tayini.....	27
3.2.4.12. Askorbik asit tayini.....	28
3.2.4.13. Cu ²⁺ iyonu indirgeyici toplam antioksidan kapasite tayini (CUPRAC).....	29
3.2.4.14. Tiyol analizi.....	29
3.2.4.15. İstatistiksel analizler.....	30

BÖLÜM 4.

SONUÇLAR.....	31
4.1. Örneklerin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	31
4.2. Örneklerin Ağırlık Kaybı.....	31
4.3. Örneklerin Kuru Madde İçerikleri.....	32
4.4. Örneklerin DPPH Radikalini Giderme Aktivitesi.....	33
4.5. Örneklerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	34
4.6. Örneklerin Demir İyon İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) Kapasitesi.....	36
4.7. Örneklerin OH• Yakalama Aktivitesi.....	38
4.8. Örneklerin Askorbik Asit İçerikleri.....	40
4.9. Örneklerin Cu ²⁺ İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC).....	42
4.10. Örneklerin Tiyol İçerikleri.....	44

BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA	49
BÖLÜM 6.	
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CUPRAC	: Cu ⁺² iyonunu indirgeyici antioksidan kapasite
CYS	: Sistein
DCPI	: 2,6-diklorofenolindofenol disodyum tuzu
DPPH	: 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil
E	: Etilen emici bulunan
E.B	: Etilen emici bulunmayan
FRAP	: Demir iyonu indirgeyici antioksidan güç
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
GPx	: Glutatyon peroksidaz
GR	: Glutatyon redüktaz
GSH	: Glutatyon
GSSG	: Okside glutatyon
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
K	: Kontrol
Km	: Kuru madde
MAP	: Modifiye atmosfer paketleme
NPM	: N-(1pirenil)-maleimid
OH•	: Hidroksil radikali
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
ROS	: Reaktif oksijen türleri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Örneklerin ağırlık kaybı.....	31
Şekil 4.2. Örneklerin kuru madde miktarı.....	32
Şekil 4.3. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin DPPH radikali giderme aktivitesi.....	33
Şekil 4.4. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin DPPH radikali giderme aktivitesi.....	34
Şekil 4.5. Gallik asit standart eğrisi.....	34
Şekil 4.6. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin toplam fenolik madde miktarı.....	35
Şekil 4.7. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin toplam fenolik madde miktarı.....	36
Şekil 4.8. FeSO ₄ standart eğrisi.....	36
Şekil 4.9. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin FRAP değerleri.....	37
Şekil 4.10. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin FRAP değerleri.....	38
Şekil 4.11. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin OH [•] yakalama aktivitesi.....	39
Şekil 4.12. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin OH [•] yakalama aktivitesi.....	39
Şekil 4.13. Askorbik asit standart eğrisi.....	40
Şekil 4.14. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin askorbik asit içeriği.....	41
Şekil 4.15. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin askorbik asit içeriği..	41
Şekil 4.16. Troloks standart eğrisi.....	42
Şekil 4.17. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin CUPRAC değerleri.....	43
Şekil 4.18. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin CUPRAC değerleri...	43
Şekil 4.19. GSH standart eğrisi.....	44
Şekil 4.20. CYS standart eğrisi.....	44

Şekil 4.21. GSH ve CYS standart karışımının HPLC' den alınan kromatogramı...	45
Şekil 4.22. Taze kırmızı biber örneğinin HPLC'den alınan kromatogramı.....	45
Şekil 4.23. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin GSH içeriği.....	46
Şekil 4.24. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin GSH içeriği.....	47
Şekil 4.25. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin CYS içeriği.....	47
Şekil 4.26. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin CYS içeriği.....	48

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı sebze ve meyvelerin 100 gram taze örnekteki C vitamini içerikleri	15
Tablo 2.2. Bazı tiyollerin kimyasal yapıları.....	19
Tablo 4.1. Örneklerin kuru madde içerikleri.....	32
Tablo 4.2. Örneklerin DPPH radikalini giderme aktivitesi.....	33
Tablo 4.3. Örneklerin toplam fenolik madde içeriği.....	35
Tablo 4.4. Örneklerin FRAP değerleri.....	37
Tablo 4.5. Örneklerin OH• yakalama aktivitesi.....	38
Tablo 4.6. Örneklerin askorbik asit miktarı.....	40
Tablo 4.7. Örneklerin CUPRAC değerleri.....	42
Tablo 4.8. Örneklerin GSH içeriği.....	46
Tablo 4.9. Örneklerin CYS içeriği.....	46

ÖZET

Anahtar kelimeler: Modifiye Atmosfer Paketleme, Kırmızı Biber, Etilen Emici, Antioksidan

Bu çalışmada kırmızı biberin (*Capsicum annuum* L.) fonksiyonel ve mikrobiyal özellikleri üzerine modifiye atmosfer paketlemenin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca modifiye atmosfer paketlenen örneklerde etilen emicinin etkisi de bir diğer araştırma konusu olmuştur. 10°C sıcaklıkta, %95 bağıl nemde ve karanlıkta 3 hafta depolanan örneklerin haftalık analizleri yapılmıştır. Antioksidan özelliklerini incelemek için DPPH radikalini giderme aktivitesi, toplam fenolik madde içeriği, OH• yakalama aktivitesi, FRAP yöntemi, askorbik asit içeriği ve CUPRAC analizi spektrofotometrik olarak uygulanmıştır. Ayrıca örneklerin tiyol analizi HPLC cihazıyla saptanmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde ise toplam mezofilik aerobik bakteri, maya-küf, anaerobik bakteri sayısı belirlenmiştir.

3 haftalık depolama süresi sonunda modifiye atmosfer paketlenen ve paketlenmeyen grupların üçünde de DPPH radikalini giderme aktivitesi, toplam fenolik madde, OH• yakalama aktivitesi, askorbik asit, CUPRAC ve tiyol içeriklerinde önemli derecede azalma meydana gelirken FRAP değerlerinde etilen emici bulunmayan grupta taze örneklere göre artış görülmüştür ($P<0,05$).

Modifiye atmosfer paketlemenin etkisi incelendiğinde ise paketlenen örneklerin DPPH radikalini giderme aktivitesi, OH• yakalama aktivitesi, askorbik asit içeriği, FRAP ve CUPRAC değerleri paketlenmeyen kontrol grubuna göre yüksek bulunmuştur. GSH ve CYS değerlerinde ise tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Toplam fenolik madde içeriğine bakıldığında paketlenen grup ile paketlenmeyen grup arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($P<0,05$).

Modifiye atmosfer paketlenen gruplar arasında etilen emicinin etkisi incelendiğinde, 2. hafta sonunda etilen emici bulunan gruplarda toplam fenolik madde, FRAP ve askorbik asit değerleri etilen emici bulunmayan gruplara göre istatistiki açıdan yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak 3. hafta sonunda etilen emici bulunmayan grup daha yüksek DPPH radikalini giderme aktivitesi değerlerine sahip olurken toplam fenolik madde, OH• yakalama aktivitesi, FRAP ve CUPRAC değerlerinde 2 grup arasında istatistiki açıdan fark önemli bulunmamıştır ($P<0,05$). Üç hafta boyunca etilen emici bulunan gruplarda GSH içeriği istatistiki açıdan yüksek olurken, CYS içeriğinde etilen emici yalnızca 1. hafta sonunda etkili olmuştur. Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda depolanan hiçbir örnekte toplam mezofilik aerobik bakteri, maya-küf ve anaerobik bakteriye rastlanmamıştır.

Sonuç olarak bu çalışma göstermiştir ki modifiye atmosfer paketleme yapılan kırmızı biberlerin antioksidan özellikleri paketlenmeyen örneklere göre daha yüksektir. Paketlenen örnekler arasında etilen emicinin etkisi incelendiğinde ise 2. hafta sonuna kadar etilen emici kullanımının biberlerin fonksiyonel özelliklerini daha iyi koruduğu belirlenmiştir.

EFFECTS OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON FUNCTIONAL AND MICROBIAL PROPERTIES OF RED PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

SUMMARY

Keywords: Modified Atmosphere Packaging, Red Pepper, Ethylene Absorber, Antioxidant

In this study, effects of MAP on functional and microbial properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.) were investigated. Moreover, effect of ethylene absorber on MAP samples was another research topic. Samples stored at 10°C with 95% relative humidity were analyzed weekly in 21 days. To investigate antioxidant properties of samples, DPPH scavenging activity, total phenolic contents, OH^\bullet scavenging activity, FRAP, ascorbic acid content and CUPRAC analyses were applied spectrophotometrically. In addition, thiol contents were determined by HPLC. Total mesophilic aerobic bacteria, yeast-mold, anaerobic bacteria numbers were detected with microbiological analyses.

After 3 weeks storage time, while DPPH scavenging activity, total phenolic compounds, OH^\bullet scavenging activity, ascorbic acid and CUPRAC values were decreased in all groups, FRAP values in samples not include ethylene absorbers were increased according to fresh samples ($P < 0,05$).

DPPH scavenging activity, OH^\bullet scavenging activity, FRAP, ascorbic acid content and CUPRAC values were found higher in MAP samples than the control group. However, thiol contents in MAP group were lower than controls. According to total phenolic compounds, the difference between MAP and the control group was not significant ($P < 0,05$). As a result of microbiological analyses, total mesophilic aerobic bacteria, yeast-mold and anaerobic bacteria was not found any of the samples.

When the effect of ethylene absorber was examined on MAP samples after 2 weeks, it was seen that the groups with ethylene absorber had higher total phenolic compounds, FRAP, GSH and ascorbic acid values. On the other hand, while the groups without ethylene absorber had higher DPPH scavenging activity and CYS content, there was no significant difference according to OH^\bullet scavenging activity and CUPRAC values between these two groups in statistical analysis.

As a result, this study indicates that the modify atmosphere packaging of red peppers have higher antioxidant property than the control group. In addition, using ethylene absorber protects the functional properties of red peppers better than other group at the end of 2 weeks.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Biber, Solanaceae familyasının *Capsicum* cinsine ait olup ılıman iklimlerde tek yıllık olarak yetişen bir kültür bitkisidir. Biberlerin sınıflandırılması ile ilgili araştırmacılar tarih boyunca farklı görüşlere sahip olmuşlardır. 1600'lü yıllardan günümüze kadar bilim adamları biberler için farklı sayıda türlerden bahsetse de, taksonomistler uzun çalışmalar neticesinde *Capsicum*'ları kültüre alınmış 5 tür olarak sınıflandırmışlardır. Bu büyük beş tür *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinese*, *C. baccatum* ve *C. pubescens* olarak açıklanmıştır (De, 2004).

Biberin anavatanı tropik Amerika olup 2000 yıldan beri Meksika, Şili ve Peru'da üretimi yapılmaktadır. Amerika'nın keşfiyle Kristof Kolomb tarafından Avrupa'ya getirilen yakıcı ufak biberler popüler olmuştur. Biber, Avrupa'da ilk olarak 1493 yılında İspanya'ya, 1548'de İngiltere'ye ve 1585'de ise Orta Avrupa'ya girmiştir. 17.yüzyılda ise Portekizliler tarafından Güneydoğu Asya'ya götürülmüştür. 16. yüzyılda Osmanlı İmparatorluğu döneminde Orta Avrupa ülkeleri ile kurulan sıkı ilişkiler sonucunda ilk önce Avrupa'ya getirilmiş, daha sonra da diğer bölgelerimize yayılmıştır (Özalp, 2010).

2012 verilerine göre dünyada yaklaşık 31 milyon ton biber üretilmektedir ve bunun 2 milyon tonunu Türkiye karşılamaktadır. Dünya biber üretiminde %6,6'lık payla Türkiye 3.sırada yer almaktadır. Üretilen yaklaşık 2 milyon ton biberin %36,7'si salçalık,%18,8'i dolmalık, %44,5'i ise sivri biber olarak yetiştirilmektedir (Anonim, 2014).

Biber, dünyada ve ülkemizde değişik şekillerde yoğun olarak tüketilmekte ve ülkemizin her bölgesinde az veya çok biber yetiştiriciliği yapılmaktadır. Güneydoğu, Akdeniz ve Ege bölgeleri başlıca kırmızı biber tarımı yapılan bölgelerdir. Ülkemizde taze olarak tüketilmekle birlikte toz biber, salça, közleme, sos, turşu ve ana

yemeklerin içerisinde değişik şekillerde değerlendirilmektedir. Yurt dışına ise taze, turşu, salça, kırmızı toz biber ve közlenmiş biber olarak ihraç edilmektedir (Keleş, 2012).

Capsicum terimi çok sayıda yabancı ve kültüre alınmış biber türünü karşılamaktadır ve başta tropik ve subtropik ülkeler olmak üzere dünyanın her bölgesinde yetiştirilmektedir. *Capsicum annum* L. cinsinden olan kırmızı tatlı biberler, gıda işleme sanayinde ticari olarak oldukça fazla kullanılan türdür. Besin değerlerine bakıldığında askorbik asit açısından oldukça önemli bir kaynak olup aynı zamanda karotenoid, tokoferol, flavonoidler açısından da zengindir (Wahyuni ve ark., 2013). 100 gram taze kırmızı biber yaklaşık 130 mg askorbik asit içermektedir ki bu değer portakalın içerdiği askorbik asit değerinden 2,5-3 kat fazladır (Anonymous, 2012).

Son zamanlarda, sağlığı koruyucu özelliklerinden dolayı sebze ve meyvelerin antioksidan içerikleriyle ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Bazı vitaminlerin (A, C, E ve folatlar), liflerin ve fitokimyasalların bitkisel gıdalardaki varlığı, bu sağlığı koruyucu özelliklerle ilişkilendirilmektedir. Fitokimyasallar arasında polifenoller, serbest radikal temizleme özelliği ve hücre içi biyolojik aktivitesinden dolayı özel bir anlam taşımaktadır. Çok sayıda epidemiyolojik araştırma polifenollerin alımı ile koroner kalp hastalıkları ve kanser riski arasında olası ilişki olduğunu belirtmektedir. Biyolojik sistemlerde dejeneratif süreçleri antioksidan özelliğiyle koruyan askorbik asit insan beslenmesinde önemli bir vitamindir. Ayrıca hem A vitamini öncü maddesi olması hem de hücre korunması ve dejeneratif hastalıkları önlemede antioksidan olarak görev alan karotenoidlerin beslenmede önemli oldukları kabul edilmektedir (Lee ve Kader, 2000; Marin ve ark., 2004).

Biberin depolama ömrü patolojik bozulmalar, hızlı su kaybı ve soğuk zararına karşı duyarlılık nedeniyle kısıtlanmaktadır. En genel çürütücü mikroorganizmalar *Botrytis*, *Alternaria* ile fungal ve bakteri kökenli mikroorganizmaların sebep olduğu yumuşak çürükleridir. *Botrytis* biberlerin depolanması için önerilen sıcaklıklarda dahi gelişebilmektedir. Yüksek miktardaki CO₂, *Botrytis*'i engelleyebilirken biberlere zarar vermektedir. Sap ucundaki *Alternaria*, siyah çürüklük varlığı soğuk zararı semptomu anlamına gelmektedir. Bakteriyel yumuşak çürükler ise birkaç bakteri

tarafından hasarlı dokuya saldırı sonucu oluşmaktadır. Biberler 7°C'nin altındaki sıcaklıkta soğuk zararına, 13°C'nin üstündeki sıcaklıkta ise bakteriyel yumuşak çürüklüğe maruz kalmaktadır. 5°C'de depolama, su kaybını ve olgunlaşmayı azaltmakta fakat 2 hafta sonra soğuk zararı görülmektedir ve bu durum şiddetli çukurlaşma, ağırlık kaybı, çanak kararması, çürük gelişimi ile ilişkilendirilmektedir. Bazı biber kültürleri 7°C' de bile soğuk zararına karşı hassas olabilmektedir, bu nedenle en iyi depolama sıcaklığı 7-13°C olarak önerilmiştir (Singh ve ark., 2014).

Tüketicilerin istekleri doğrultusunda, gıda muhafazasında kimyasal katkılar ve koruyucuların azaltılması, doğal bileşenlerin kullanımı ve raf ömrünün arttırılması konusundaki çaba giderek artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı biyokimyasal, mikrobiyal ve enzimatik faaliyetleri kontrol altına alıp oluşabilecek bozulmaları önlemek amacıyla modifiye atmosfer paketleme (MAP) teknolojisi kullanılmaktadır. Günümüzde MAP fındık, kahve, peynir gibi ürünler dışında balık, et, meyve, sebze, hazır gıda hatta dondurulmuş gıdaların muhafazasında da giderek yaygınlaşan bir gıda ambalajlama yöntemidir (Erdoğan ve Acar, 1996).

Genel olarak gıdanın solunum hızını yavaşlatmak için ambalajın içindeki gıda ürününün etrafında bulunan atmosferin bileşiminin değiştirilmesi prensibine dayanmaktadır. Ambalaj içindeki CO₂ konsantrasyonunun artırılması ve O₂ konsantrasyonunun azaltılması, ürünün solunumunu ve kalite kaybını azaltmaktadır. Bununla birlikte meyve veya sebzenin türüne bağlı olarak her ürünün tolere edebileceği maksimum CO₂ ve minimum O₂ konsantrasyonları farklılık göstermektedir (Şen ve Batu, 2007). Bu teknik, çoğunlukla solunum yapmayan gıdalar için kullanılsa da solunum yapan ürünler için de önemli bir potansiyeldir. Bütün ürünler aynı hızda solunum yapmadığı için, uygulanan ilk gaz atmosferi, kullanılan paketleme materyalinin türü, depolama sıcaklığı gibi parametreler özel önem gerektirmektedir (Gorris ve Peppelenbos, 1992).

MAP'nin raf ömrünü artırması, gıdaların kimyasal koruyucu kullanmadan saklanabilmesi, paketin içindeki O₂ oranının azaltılması ve CO₂ oranının artırılmasıyla aerobik bakterilerin üremesinin önlenmesi, CO₂'in antimikrobiyal

etkisinden dolayı diğer mikroorganizmaların üremesinin de önlenmesi gibi pek çok faydası bulunmaktadır (Erkmen, 2010).

MAP yönteminde oksijen ve karbondioksit gazlarına ek olarak dikkat edilmesi gereken bir diğer gaz etilendir. Etilen bir bitki hormonudur ve meyve ve sebzelerin olgunlaşma süresi boyunca üretilmektedir. Olgunlaşmada önemli rol oynayan etilenin ortamda aşırı bulunması ürünün raf ömrünü kısaltmakta ve istenmeyen reaksiyonlara sebep olmaktadır. Bu nedenle depolama boyunca üretilen etilenin ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için günümüzde potasyum permanganat bazlı silikler yaygın olarak kullanılmaktadır (Correa ve ark., 2005; Ponce ve ark., 2009).

Bu çalışmada, ülkemizde taze olarak oldukça fazla tüketilen ve yapılan çalışmalarla yüksek antioksidan özelliğe sahip olduğu kanıtlanan taze kırmızı biberler MAP yöntemi kullanılarak depolanmıştır. Ayrıca kırmızı biberlerin çeşitli fonksiyonel özelliklerinin üzerine etilen emicinin etkisini incelenmiştir. Paketler, 3 hafta boyunca 10°C sıcaklıkta ve %95 bağıl nemde, karanlık ortamda depolanmış ve haftalık olarak mikrobiyolojik (aerobik, anaerobik, maya-küf) ve fizikokimyasal (ağırlık kaybı, kuru madde, askorbik asit, toplam fenol, antioksidan aktivite, FRAP, OH• yakalama, CUPRAC, tiyol) analizleri yapılmıştır. Böylelikle MAP yönteminin ve etilen emici kullanımının kırmızı biberlerin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kırmızı Biber (*Capsicum annuum* L.)

Biberler, domates ve patlıcan gibi *Solanaceae* (Patlıcangiller) familyasından olup *Capsicum* cinsi içerisinde. Ilık iklimlerde yıllık, tropik iklimlerde ise birkaç yıllık kültür sebzesidir. Baskın olan 5 biber türü içerisinde *Capsicum annuum* L. en yaygın çeşiti olmakla birlikte *C. frutescens*, *C. chinese*, *C. baccatum* ve *C. pubescens* türleri de yetiştirilmektedir. Tüm dünyada biber yaygın olarak iki şekilde tüketilmektedir. Bunlardan ilki renk ve acı tadından dolayı baharat olarak kullanımı, diğeri ise besinsel zenginliğinden dolayı sebze olarak tüketilmesidir (Fári, 1986).

Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen biber tipleri; sofralık olarak sivri, çarliston, dolmalık, kapyra, kurutmalık olarak ise yerel biberler, turşuluk biberler ve süs biberleri gibi türlerdir. Bunların yanında daha az üretim potansiyeli olan Macar biberi, Yunan çarlisi, blok biberler (iri dolmalık-California Wonder), Şili biberi ve Jalapeno gibi biber tipleri de yetiştirilmektedir (Özalp, 2010).

Taze kırmızı biberin 100 gramında 92 g su, 6 g karbonhidrat, 1 g protein, 0,3 g yağ bulunmaktadır ve enerji değeri 31 kaloridir. Doymuş yağ ve sodyum açısından oldukça düşük değerlere sahip olan kırmızı biberin A vitamini ve C vitamini içeriği ise oldukça zengindir. 100 gram taze kırmızı biberde yaklaşık 130 mg C vitamini bulunmaktadır ki bu da günlük ihtiyacın yaklaşık %200' ünü karşılamaktadır (Anonim, 2012). Ayrıca birçok sebze içerisinde de kırmızı biber C vitamini içeriği bakımından ayrı bir yer tutmaktadır. Yapılan bir çalışmada brokoli, lahanası, ıspanak ve domatesin de içinde bulunduğu birçok sebzenin C vitamini değerleri incelenmiş ve kırmızı biberin C vitamini değerinin diğere sebzelere göre çok daha fazla olduğu görülmüştür (Vanderslice ve ark., 1990). Askorbik asit, C vitamininin temel formunu oluşturmaktadır ve askorbik asit içeriği biberin olgunluğuyla birlikte artmaktadır.

Yapılan çalışmalarda taze kırmızı biberin yeşil bibere göre iki kat daha fazla askorbik asit içerdiği belirtilmiştir (Anonymous, 2010; Anonymous, 2013).

Kırmızı biber, beta karoten, kapsantin, kapsorubin gibi çeşitli karotenoid pigmentlerini içermektedir ve sahip oldukları antioksidan özellikleriyle serbest radikalleri temizlemede oldukça etkili olmaktadır (Matsufuji ve ark., 1998). Bu karotenoidler içerisinde β karoten provitamin A özelliği göstermektedir. Düşük karotenoid içeren beslenme şekli ya da kandaki karotenoid seviyesinin düşük olması, hastalık riskini artırmaktadır. Düşük yoğunluklu lipoproteinlerin okside olmasını önleyen karotenoidlerin bu etkileri ile kalp hastalıklarını engellediği belirtilmektedir. Ayrıca son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, karotenoid içerikli gıda tüketimi ile çeşitli kanser hastalığı riskinin azaldığını bildirmektedir (Baysal ve ark., 1999; Maoka ve ark., 2001).

Kırmızı biber, C vitamini ve karotenoidlerin yanında kuersetin, luteolin gibi fenolik maddeleri de içermektedir. Fenolik maddeler, serbest radikal temizleme özellikleriyle fitokimyasallar arasında önemli bir yere sahiptir ve bu bileşiklerin miktarı gelişme ve olgunlukla birlikte değişmektedir. Bazı araştırmacılara göre yeşil biberlerde daha fazla fenolik madde bulunurken, bazılarına göre ise olgunlaşan kırmızı biberde daha fazla fenolik madde bulunmaktadır. Tatlı biberler fazla çeşit polifenol içerdiğinden olgunlaşma dönemindeki fenolik değişiklikleri anlamak için biberlerin fenolik profilini tanımlamak gerekmektedir (Deepa ve ark., 2007).

2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)

MAP temel olarak, ambalajlanmış veya ambalajsız olarak kitle halinde depolanmakta olan gıdaların bulunduğu ortam atmosferi bileşiminin, raf ömrünü uzatmayı sağlayacak yönde, bizzat veya kendiliğinden değiştirilmesine dayanan bir yöntemdir. Bu uygulamada, meyve ve sebze muhafazasında solunum hızının azaltılması için çevredeki atmosferin oksijen konsantrasyonunun düşük, karbondioksit konsantrasyonunun ise yüksek olması gerekmektedir. Diğer ürünlerin muhafazasında ise mikroorganizma gelişmesini önlemek amacıyla yüksek CO₂ konsantrasyonu kullanılmaktadır. MAP'nin en önemli avantajı raf ömrünü artırmasıdır. MAP

yönteminde raf ömrünün artırılması gıdanın türü, gaz karışımı, depolama sıcaklığı, ön işlemler ve ambalajlama sırasındaki hijyen, ambalaj materyalinin çeşidi gibi bir çok faktöre bağlıdır. Her ürün için optimum şartlar sağlandığında kimyasal koruyuculara gerek kalmadan yüksek kaliteli ürün elde edilebilmekte ve uzak mesafelere ihraç edilecek ürünler için daha uzun zaman sağlanabilmektedir (Cemeroğlu, 2004).

Modifiye atmosfer paketleme teknolojisinde kullanılan CO₂, bakteriyostatik ve fungistatik etkisinden dolayı en önemli gazdır. Birçok bozulma etkeni olan bakteriyi inhibe etmektedir ve inhibasyon derecesi atmosferdeki karbondioksit miktarı arttıkça artmaktadır. CO₂, suda ve yağda yüksek derecede çözünürlüğe sahiptir ve sıcaklık azaldıkça çözünürlüğü artmaktadır. Bu nedenle gazın etkinliği depolama sıcaklığıyla bütünleştirilerek bakteriyel gelişmenin inhibasyonu sağlanmaktadır. Bakterilerin hücre membranlarında değişiklik oluşturarak besin alımını değiştirmekte, enzim reaksiyonlarını yavaşlatmakta ya da tamamen durdurmaktadır. Ayrıca bakteri membranından penetre olarak hücre içi pH'ı değiştirmektedir. Bunlara ek olarak proteinlerin fizikokimyasal özelliklerinde direkt değişime sebep olmaktadır. Tüm bu faaliyetlerin muhtemel bir kombinasyonu bakteriyostatik etki olarak açıklanmaktadır. Diğer bir MAP gazı olan N₂, inert gazlar içerisinde en sık kullanılan doldurucu gazdır. Çünkü yağda ve suda düşük çözünürlüğe sahiptir. Paket içerisinde gıda tarafından absorbe edilmemekte ve herhangi bir reaksiyona sebep olmamaktadır. Oksijen ise normalde anaerobik bozulma etmeni olan mikroorganizmaları inhibe etmek için paket içerisinde mümkün olduğunca az oranda kullanılsa da üründen ürüne bu oran değişebilmektedir. Örneğin, oksijen varlığı yağlı balık gibi gıdalarda oksidatif acılaşmaya sebep olurken kırmızı et ürünlerinde yüksek oranda kullanımı etin kırmızı rengini korumaktadır. Solunum yapan gıdalarda ise anaerobik üremeye engel olmak için paket içerisinde farklı oranlarda O₂ bulunmalıdır (Ohlsson ve Bengtsson, 2012).

MAP yönteminde etkili olan gazlardan biri de etilendir. Etilen, bahçe bitkileri ürünlerinin çoğunda hasat sonrasında depolama sırasında önemli etkiye sahip olan yanıcı, renksiz bir gazdır. Meyve ve sebzelerde olgunlaşma sırasında doğal olarak üretilen bir bitki hormonudur. Klimakterik ve klimakterik olmayan bitkiler, etilene

karşı gösterdikleri tepki ve olgunlaşmaları sırasındaki etilen üretimine göre farklılık göstermektedirler. Genel olarak, bütün meyveler gelişmeleri sırasında etilen üretirler de klimakterik sebzeler, klimakterik olmayanlara göre çok daha fazla etilen üretirler (Söylemezoğlu, 1998). Hasattan sonra rengi değişen, yumuşayan domates (10 $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{saat}$), muz, papaya gibi ürünler klimakterik bitki grubundadır ve etilen üretimi olgunlaşmayla birlikte artmaktadır. Patlıcan gibi hasattan sonra biraz yumuşayan, yeşil rengini kaybeden ancak tadında bir değişim olmayan sebzeler klimakterik olmayan sebzeler grubuna girmektedir ve olgunlaşma ile etilen üretimi artmamaktadır (Biale, 1964; Kasım, 2007). Kırmızı biber de klimakterik olmayan bir sebzedir ve düşük seviyelerde etilen üretmektedir (10°C-20°C sıcaklıkta 0,1-0,2 $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{saat}$). Ayrıca etilene karşı olan hassasiyeti de düşüktür (Cantwell, 2013).

Atmosferde etilen konsantrasyonunun depolama boyunca artması, istenmeyen reaksiyonlara sebep olmakta ve ürünlerin raf ömrünü azaltmaktadır. Paket içerisinde artan etilen gazını absorbe etmek için çeşitli etilen emici ajanlar kullanılmaktadır. Potasyum permanganat bazlı silikalar günümüzde en sık kullanılan etilen emicilerdendir. Silikalar etileni absorbe etmektedir ve potasyum permanganat tarafından etilen glikola çevrilmektedir. Böylelikle paket içerisinde etilenin birikmesi önlenmektedir (Rubio ve ark., 2004).

MAP yönteminde gaz konsantrasyonları ürüne göre değişiklik göstermektedir. Diğer ürünlerle karşılaştırıldığında, meyve ve sebzelere MAP uygulanması çok daha karmaşık ve zor görünmektedir. Bunun sebebi ise taze sebze ve meyvelerin hasat sonrası solunum yapmaya devam ediyor olmasıdır. Bu nedenle MAP uygulanırken hem kullanılan polimer filmin geçirgenliği hem de paketlenen gıdanın solunum aktivitesi dikkate alınmalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise O_2 ve CO_2 seviyelerinin kritik eşik değerlerini aşmaması konusudur. Oksijen konsantrasyonu kritik değerinin altına düştüğünde aerobik solunum sınırlanmakta ve anaerobik solunum baskın olmaya başlamaktadır. Karbondioksit seviyesi kritik değerinin üzerine çıktığında ise ürün, fizyolojik hasara uğramaktadır (Tano ve ark., 2007). Her ürün için farklı olan optimum koşullar sağlandığında modifiye atmosfer paketleme teknolojisinin birçok avantajı bulunmaktadır. Raf ömrünü %50 ile %400 arasındaki oranlarda artırması, raf ömrünü artırdığı için ekonomik kayıpları azaltması, yüksek

kalitede ürün sağlanması ve kimyasal koruyuculara ihtiyaç duyulmaması bu avantajlardan bazılarıdır (Ohlsson ve Bengtsson, 2012).

MAP tekniğinde ortam atmosferinin modifikasyonu aktif veya pasif olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Pasif modifikasyon, meyve ve sebze gibi solunum yapan gıdalara uygulanırken aktif modifikasyon her türlü gıdaya uygulanabilmektedir. Pasif modifikasyon, meyve ve sebzelerin devam eden solunumlarıyla birlikte paket içindeki atmosferin kendi kendine dengeye gelmesi olarak tanımlanabilir. Paket içerisinde solunum yapmaya devam eden ürün, oksijeni kullanmakta ve bunun sonucunda ortama CO₂, H₂O ve etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri vermektedir. Bunun sonucunda O₂ konsantrasyonu giderek azalmakta ve CO₂ konsantrasyonu artmaktadır. Bu değişiklik sonucunda solunum gittikçe yavaşlamakta ve durmaktadır. Fakat meyve ve sebze çeşidine bağlı olarak O₂ miktarı belli bir limitin altına düştüğünde anaerobik solunum başlamakta ve başta etil alkol olmak üzere çeşitli metabolitler oluşarak ürünün tat ve aroması değişmektedir. Bunu önlemek için ambalajlamada kullanılan üst filmin özellikleri çok iyi bilinmelidir. Bu film, ürünün solunumu için yeterli O₂'i içeri geçirmeli, oluşan CO₂'i ise belli bir düzeyin üstüne çıkmasını önlemek için dışarı bırakabilmelidir. Ayrıca ürünün su kaybını önlemek için su buharı geçirgenliği de belli bir düzeyde olmalıdır. Tüm bunlara dayanarak pasif modifikasyon için en önemli faktörün ambalaj olduğu söylenebilir (Cemeroğlu, 2004).

Aktif modifikasyonda ise denge gaz bileşiminin oluşumu, pasif modifikasyonda olduğu gibi yavaş yavaş ve kendiliğinden değil, direkt müdahale ile kısa sürede gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde istenilen gaz karışımı, mevcut gazı süpürerek ya da ambalajda önce vakum oluşturularak mevcut atmosferi uzaklaştırıp yerine istenilen gazı enjekte ederek sağlanmaktadır. İstenilen gaz bileşiminin oluşturulmasında bir diğer yöntem ise ambalaj içerisine eklenen bir absorber ya da jeneratörden yararlanılmasıdır. Modifikasyonun kısa sürede gerçekleşmesi ve denge gaz bileşimi meydana gelene kadar ürünün uygun olmayan gaz içeriğine maruz kalmaması bu yöntemin en önemli avantajıdır (Cemeroğlu, 2004).

MAP yöntemi genellikle solunum yapan ürünlerde kullanıldığı için en temel gereksinim, denge modifiye atmosferini en kısa sürede sağlayabilecek özellikte bir film seçimidir. Bu nedenle farklı O₂, CO₂ ve su buharı geçirgenliğine sahip olan polimer türleri MAP yönteminde kullanılmaktadır. Polietilen (PE) ve polipropilen (PP) üst filmler MAP yönteminde en çok tercih edilen film grubunu oluşturmaktadır. PE, hem kolay işlenebilirlik hem de mükemmel su buharı bariyer özelliğine sahiptir. Fakat bu malzeme düşük oksijen bariyeri niteliğinden dolayı oksidasyona karşı hassas olan ürünler için uygun olmamaktadır. Low-densitypolyethylene (LDPE), high-densitypolyethylene (HDPE) ve linearlow-densitypolyethylene (LLDPE) filmler polietilen ailesinin üyelerini oluşturmaktadır. Kimyasal inertlik, şeffaflık, bariyer özellikleri ve maliyetinden dolayı LDPE, gıda endüstrisinde en çok kullanılan ambalaj filmidir. Polipropilen (PP) düşük yoğunluğu, orta dereceli erime noktası, yağ ve kimyasal direnci gibi özellikleriyle tanımlanmaktadır. Soğuk zincir ürünlerinden ısıtıl işlem görmüş ürünlere kadar çok geniş aralıktaki gıdalarda kullanılabilir. Elma ürünleri, çorbalar, bebek gıdaları gibi oksijene hassas ürünlerde, düşük oksijen bariyeri özelliğinden dolayı polipropilen genellikle naylon gibi yüksek bariyer özelliği olan filmlerle birleştirilmektedir (Kim ve ark., 2014; Alavi ve ark., 2015). Esnek filmlerden bir diğeri olan poliamid (PA) filmler gıda endüstrisinde mekanik özellikleri, oksijen ve kimyasallara karşı iyi bariyer özelliği, şeffaflığı ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılığında dolayı yaygın şekilde kullanılmaktadır. Polimer ailesinden olan poliamid, yapısındaki amid grubunun varlığı ile nitelendirilmektedir. BOPA (Çift yönlü gerdirilmiş poliamid) film ise oksijen ve koku önleme özelliği daha iyi olan bir poliamid film çeşididir. Bu filmler gıda endüstrisinde, genelde diğeri film çeşitleri ile birlikte kullanılarak onların mekanik özelliklerini artırmaktadır. Örneğin, poliamid ile polietilen filmleri birleştirilerek, polietilenin su buharı geçirgenliği artırılırken oksijen geçirgenliği azaltılabilmektedir (Goetz, 1984; Kamal ve ark., 1984).

2.3. Serbest Radikaller ve Antioksidanlar

Serbest radikal; yapısında eşleşmemiş elektron bulduran herhangi bir atom veya moleküldür. Bir bileşik elektron kaybederek veya elektron alarak serbest radikal oluşturabilmektedir. Çoğu serbest radikal kararsız ve oldukça reaktiftir. Serbest

radikaller diğer moleküllere elektron verebilir ya da elektron alabilir, bu nedenle bir indirgeyici ve yükseltgeyici gibi davranabilir. Bu şekilde diğer moleküllerle kolayca etkileşime girip yapılarını bozabilir. Serbest radikaller vücuttaki bütün moleküllere zarar verebilse de en önemli hedefleri lipitler, nükleik asitler ve proteinler olmaktadır (Lobo ve ark., 2010; Büyük ve ark., 2012).

Bir serbest radikal 3 yolla ortaya çıkabilmektedir:

- Kovalent bağ taşıyan normal bir molekülün homolitik yıkımı sonucunda oluşurlar. Bölünme sonrasında her bir parçada ortak elektronlardan biri kalır.



- Normal bir molekülden tek bir elektronun kaybı ya da molekülün heterolitik olarak bölünmesi ile oluşurlar. Heterolitik bölünmede kovalent bağı oluşturan her iki elektron, atomlardan birisinde kalır.



- Normal bir moleküle tek bir elektronun eklenmesi ile oluşurlar (Altan ve ark., 2006).



Bitki ve memelilerdeki serbest radikaller reaktif oksijen türleri (ROT) ve reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak sınıflandırılabilir. Önemli serbest radikallerin çoğu oksijene dayanır ve bu radikaller reaktif oksijen türleri ROT olarak adlandırılmaktadır. Memelilerde bilinen başlıca ROT'i, singlet oksijen (1O_2), süperoksit anyonu (O_2^{\bullet}), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH^{\bullet}), hipokloröz asit ($HOCl$), alkil radikali (R^{\bullet}), hidroperoksil radikali (HO_2^{\bullet}), alkoksil radikali (LO^{\bullet}) olup reaktif nitrojen türlerinden en önemlisini ise nitrik oksit (NO) oluşturmaktadır (Çaylak, 2011). Bunların dışında Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} ve Mo^{5+} gibi geçiş metalleri ortaklanmamış elektrona sahiptirler fakat serbest radikal olarak kabul edilmezler. Ancak bu iyonlar reaksiyonları katalizleyebildikleri için serbest radikal oluşumunda önemli rol oynarlar. (Akkuş, 1995).

Normal şartlarda organizmada serbest radikallerin oluşum hızı ve bunların ortadan kaldırılması denge halindedir ve bu duruma oksidatif denge denir. Ancak bu radikallerin oluşum hızında artma ya da ortadan kaldırılma hızlarından bir düşme

olduğu zaman denge bozulur ve oksidatif stres olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Diğer bir deyişle serbest radikallerin ortadan kaldırılmasında görev yapan antioksidan maddeler ile serbest radikaller arasında dengesizlik sonucunda oksidatif stres oluşmakta ve doku hasarı ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kardiyolojik ve nörolojik hastalıklar, astım, diyabet, kanser ve yaşlanmaya kadar birçok hastalığın vücutta artan oksidatif stresle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Altan ve ark., 2006).

Antioksidan, insanlarda oluşan serbest oksijen radikallerinin veya serbest nitrojen radikallerinin olumsuz etkilerini azaltabilen maddeler olarak tanımlanmaktadır. Vücutta antioksidanların varlığında, serbest radikallere bağlı olan hasarlar büyük oranda azalmaktadır. Antioksidanlar, serbest radikallerin sebep olduğu lipid peroksidasyonunu, proteinlerin çapraz bağlanmasını ve DNA mutasyonunu engellemektedir. Antioksidanlar, oksidanları 4 farklı mekanizma ile etkisiz hale getirmektedir:

- Temizleme (Scavenging) etkisi: Oksidanları zayıf bir moleküle çevirerek etki etmektedirler.
- Baskılama (Quencher) etkisi: Oksidan maddelere bir hidrojen aktararak etkisiz hale getirmektedirler ve çoğunlukla flavonoidler tarafından yapılmaktadır.
- Onarma etkisi: Oksidanların oluşturduğu hasarı ortadan kaldırarak meydana gelmektedir.
- Zincir koparma etkisi: Hemoglobin ve E vitamini tarafından yapılan bu etki oksidanları bağlayarak fonksiyonlarını engellemek şeklinde meydana gelmektedir (Memişoğulları, 2005).

Meyve ve sebzelerce zengin diyetlerin sözü edilen hastalıklara yakalanma riskini azalttığını yapılan çalışmalar göstermiştir. Meyve ve sebzelerin bu koruyucu özelliği bileşimlerinde bulunan C vitamini, E vitamini, beta karoten, flavanoid, tiyol gibi antioksidan bileşiklerden ileri gelmektedir (Demirkol ve Ercal, 2011).

2.4. Kırmızı biberde bulunan antioksidanlar

2.4.1. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerde doğal olarak ve fazla miktarda bulunan çok önemli sekonder metabolitler olarak tanımlanmaktadır. Suda çözünen antioksidanların önemli grubunu oluştururlar ve basit fenolik bileşiklerden yüksek oranda polimerize olmuş fenolik maddelere kadar geniş bir grubu meydana getirirler. Fenolik bileşikler yapılarındaki farklılıklara rağmen polifenoller olarak da adlandırılmaktadırlar. Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Fenolik asitler bitkilerdeki en basit fenolik bileşenlerdir. Hidroksibenzoik asit ve hidroksisinamik asit bu gruptandır ve flavonoidlerin ön maddesidir. Salisilik asit, gallik asit, vanilik asit hidroksibenzoik asitlere örnek olarak gösterilirken kafeik asit, ferulik asit, *p*-kumarik asit, *o*-kumarik asit yaygın bulunan hidroksisinamik asitlerdendir. Flavonoidler ise gıdalarda en yaygın bulunan polifenollerdir ve 5000'den fazla flavonoid alt birimi saptanmıştır. Yapısal olarak antosiyaninler, flavonlar ve flavonoller, flavanonlar, kateşinler ve löykoantosiyandinler, proantosiyandinler olarak 5 gruba ayrılmaktadır. Renkli flavonoidler birçok meyve sebzenin rengini ve tadını oluştururlar. Örneğin, flavonoid grubunda yer alan antosiyaninler bitkilere mavi, kırmızı, mor menekşe rengini verirken flavanonlar özellikle turuncgillerde yaygın olarak bulunmaktadır (Meral ve ark., 2012; Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Antioksidanlar içerisinde polifenoller serbest radikal temizleme etkisinden dolayı ayrı bir yere sahip olmaktadır. Bu bileşiklerin seviyeleri bitkilerin gelişimi boyunca ciddi derecede değişmektedir ve olgunlaşma da bu değişimde önemli bir faktördür. *Capsicum* fenolik madde açısından zengin bir bitkidir ve biberlerin flavonoidler açısından zengin kaynak olduğunu gösteren birçok çalışma yapılmıştır (Deepa ve ark., 2007). Zhang ve Hamazu (2003) tarafından yapılan bir çalışmada yeşil, kırmızı ve sarı renkte olan biberlerin toplam fenol miktarı farklı ekstraktlar kullanılarak

incelenmiş ve sonuçlar sırasıyla 48,4, 64,5, 54,8 mg GAE/100 g taze örnek olarak bulunmuştur.

Ciz ve ark. (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada birçok sebzenin toplam fenol miktarı incelenmiş ve kırmızı biberdeki fenolik madde miktarı 115,7 mg GAE/100 g taze örnek olarak belirtilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkteki biberlerin toplan fenolik madde miktarı sırasıyla 2,4, 3,3, 3,4, ve 4,2 μ mol kateşin/g taze örnek olarak belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile kırmızı biberin yeşil biberden daha fazla toplam fenolik madde içerdiği belirtilmiştir (Nadeem ve ark., 2011).

2.4.2. Askorbik asit

Beslenme için en önemli vitaminlerden biri olan C vitamininin %90'dan fazlası sebze ve meyvelerden karşılanmaktadır. C vitamini, L- askorbikasinin (AA) biyolojik aktivitesini gösteren bütün bileşiklerin genel terimi olarak tanımlanmaktadır. AA biyolojik olarak aktif formu oluşturmaktadır, fakat okside ürün olan L- dehidroaskorbik asit (DHA) de biyolojik aktivite sergilemektedir. DHA insan vücudunda kolayca AA'e dönüştürülebildiği için sebze ve meyvelerde C vitamini aktivitesi için ikisinin birden miktarını belirlemek önemlidir. Bununla birlikte şu da belirtilmelidir ki çoğu araştırmacı C vitamini seviyesini belirlerken DHA'yı dikkate almamaktadır. Çoğu bahçe bitkisinde bulunan DHA, toplam C vitamini miktarının %10'undan daha az bir kısmını temsil eder ama depolama esnasında DHA miktarı artmaya eğilimli olmaktadır (Lee ve Kader, 2000).

AA suda çözünebilen çok önemli bir antioksidandır ve bu vitamini insan vücudu sentezleyemediği için dışarıdan alınması gerekmektedir. Esansiyel bir besin ögesi olma özelliği dışında indirgen ve antioksidatif özelliğiyle de önem taşımaktadır. Bu vitamin lipid oksidasyonunu, bazı antioksidanları rejenere etmesi ya da oksijen ve karbon merkezli radikalleri daha az reaktif olan semidehidroaskorbat ve dehidroaskorbikaside dönüşmesi gibi farklı mekanizmalarla önleyebilmektedir. Yüksek dozlarda pro-oksidan aktivite gösterebilmesine rağmen AA antioksidan aktivitesi nedeniyle diyetle ilave edilerek kullanılmaktadır. Turunçgil meyveleri,

biber, kabak, çilek, lahanagiller en iyi AA kaynakları olarak bilinmektedir (Koca ve Karadeniz, 2005). Vanderslice ve arkadaşları (1990) tarafından yapılan bir çalışmada birçok sebzenin AA ve DHA değerleri incelenmiş ve yeşil biber ve kırmızı biberde AA ve DHA toplam değeri sırasıyla 134 ve 155 mg/100 g taze örnek olarak belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada Kaliforniya ve Florida portakalının C vitamini değerleri sırasıyla 83,2 ve 63 mg/100 g taze örnek olarak bulunmuştur (Tablo 2.1). Bu değerler kırmızı biberin C vitamini içeriğinin portakaldan yaklaşık 2 kat fazla olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.1. Bazı sebze ve meyvelerin 100 gram taze örnekteki C vitamini içerikleri (Vanderslice ve ark., 1990).

Sebze-Meyve	AA(mg)	DHA(mg)	Toplam(mg)
Brokoli(taze)	89,0	7,7	96,7
Lahana(taze)	42,3	0,0	42,3
Karnabahar(taze)	54,0	8,7	62,7
Hardal otu(taze)	36,2	0,0	36,2
Biber (kırmızı)	151,0	4,0	155,0
Biber (yeşil)	129,0	5,0	134,0
Patates(taze)	8,0	3,0	11,0
Domates(taze)	10,6	3,0	13,6
Karpuz(taze)	8,0	1,7	9,7
Portakal(Kaliforniya)	75,0	8,2	83,2
Portakal(Florida)	54,7	8,3	63,0
Muz(taze)	15,3	3,3	18,6
Kavun(taze)	31,3	3,0	34,3

Deepa ve ark. (2006), yaptıkları bir çalışmada 2002 ve 2003 yıllarında tatlı kırmızı biber çeşitlerinde AA miktarını sırasıyla 48,23-192,63 mg/100g ve 75,26-175,46 mg/100 g değerleri arasında bulmuşlardır ve bir çeşit dışında diğer bütün kırmızı

biber çeşitlerindeki C vitamini miktarının günlük tavsiye edilen alım miktarının %100'ünü karşıladığını bildirmişlerdir.

Kumar ve Tata (2009) tarafından *Capsicum annuum* L. ve *Capsicum frutescens* L. türlerine ait biberlerle yapılan bir çalışmada ise kullanılan tüm türlere ait yeşil biberlerin AA içeriği kırmızı biberlerden daha az bulunmuştur. En yüksek askorbik asit içeriği, 280,0 mg AA/100 g ile taze kırmızı biberde tespit edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise 100 gram taze biber örneklerindeki AA içeriğinin, kırmızı biberlerde yeşil biberlerden çok daha fazla olduğu belirlenmiştir ve olgunlaşma arttıkça AA içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Marin, 2004).

2.4.3. Karotenoidler

Karotenoidler bitki pigmentlerinin en önemli sınıflarından birini oluşturmaktadır ve sebze ve meyvelerin kalite parametrelerinin tanımlanmasında elzem rol oynamaktadır. Karotenoidler bitki yaprakları, meyveleri ve çiçeklerinin kırmızı turuncu ve sarı renginden sorumludur. Karotenoid renklendirmesine örnek olarak havuç ve turuncgillerin turuncu rengi, biber ve domatesin kırmızı rengi verilebilir. Doğal kaynaklardan tanımlanmış yaklaşık 600 karotenoid bulunmaktadır ve yeni karotenoidler keşfedilmeye devam etmektedir. Yapısına göre karotenoidler, karotenler olarak bilinen hidrokarbon karotenoidler (β -karoten) ve bu hidrokarbonların türevleri olan oksijenli karotenoidler (zeaksantin, lutein gibi) olarak ikiye ayrılmaktadır. Karotenoidlerin bitkilerdeki antioksidan rolü gıdalar ve insanlardaki antioksidan rolü ile paralellik göstermektedir. Karotenoidlerin antioksidan faaliyeti singlet oksijeni baskılama ve peroksil radikalini yakalama özelliğine dayandırılmaktadır. Kanıtlara dayanan en önemli eylemi singlet oksijeni baskılama yeteneğidir. Gözlemsel epidemiyolojik araştırmalar göstermektedir ki karotenoidlerce zengin meyve ve sebze tüketimi bazı kanser türlerinin, kalp-damar hastalıklarının görülme riskini ve kronik hastalıkların oluşum sıklığını azaltmaktadır. Buna rağmen bu tür rahatsızlıkları önlemedeki biyolojik mekanizması halen belirsiz durumdadır (Eldahshan ve Singab, 2013).

Karotenoidlerin en önemli özelliklerinden biri de A vitamini ön maddesi olarak görev yapmalarıdır. Pek çok hayvan türünde bitki karotenoidleri A vitaminine dönüşebilirken β -karoten, en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. Yapılan bilimsel çalışmalar, karotenoid içerikli gıda tüketimi ile kanser risklerinin azaldığını bildirmektedir. 600 karotenoid içerisinde ise β -karoten en bol bulunan ve üzerinde en çok çalışılan karotenoid olmuştur (Ötleş ve Atlı, 1997; Demitay ve Tülek, 2012).

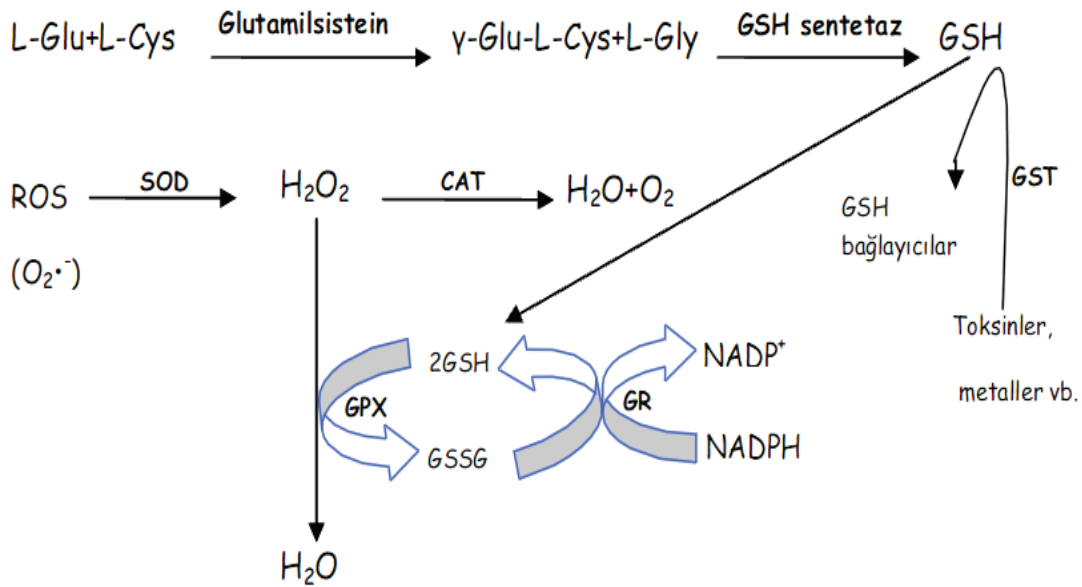
Capsicum anunum L. cinsinden olan olgun biberler karotenoid pigmentleri açısından zengin kaynaklardır. Bu özelliklerinden dolayı gıdalarda doğal renklendirici olarak kullanılırlar. Kırmızı biber, yüksek miktarda β -karoten ve kapsantine sahip olması nedeniyle yüksek provitamin A aktivitesi göstermektedir. Olgunlaşmış biberlerde çoğu pigment yağ asitleriyle esterleşmiş halde bulunmaktadır ve böylelikle lipidlerde çözünebilir hale gelmektedir. Kapsantin bu pigmentlerin en önemlisidir. Yapılan bir çalışmada iki çeşit biberin 2 farklı olgunlaşma evresinde (yeşil ve kırmızı) elde edilen ekstraktların içindeki karotenoid pigmentleri ve provitamin A değerleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre biberlerin kırmızı hali yeşil halinden çok daha fazla karotenoid pigmenti içermektedir ve kırmızı biberlerdeki pigmentlerin büyük çoğunluğunu kapsantin oluşturmaktadır. Ayrıca provitamin A değerleri de yeşil biberlere göre oldukça yüksektir. Biberlerdeki 7 temel karotenoidin ayrı ayrı belirlendiği başka bir çalışmada ise biber çeşitlerindeki toplam karotenoidin %50'den fazlasının kapsantine ait olduğu belirlenmiştir (Minguez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1993; Topuz ve Özdemir, 2007).

2.4.4. Tiyoller

Antioksidanlar arasında önemli bir yere sahip olan tiyoller, merkaptan grubundadırlar. Biyolojik sülfürlerin en aktif ve indirgenmiş formu tiyollerdir (-SH). Tiyoller hücreleri çok çeşitli oksidatif hasara karşı korurlar. Oksidatif hasarın fazla olması tiyol seviyelerinin azalmasına neden olmaktadır. Son zamanlarda araştırmalarda doğal antioksidanlardan olan tiyollerin belirlenmesi önem kazanmıştır. Yapılan çalışmalar birçok sebze, meyve ve baharatda, hücreleri oksidatif hasara karşı koruyan tiyollerin (Glutasyon (GSH), sistein (CYS),

homosistein (HCYS), N-asetilsistein (NAC), kaptopril (CAP)) varlığını göstermektedir (Demirkol ve ark., 2004; Manda ve ark., 2010).

GSH, hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalarda milimolar konsantrasyonlarda bulunan antioksidanlar arasında en fazla öne çıkan tiyoldür. Gıdalardaki GSH seviyesi gelişme şartları, tür, gıdaların depolanma ve hazırlanma şekilleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Gıdalar hem GSH hem de GSSG (okside glutatyon) içermektedir ve her birinin gıdada bulunma miktarı önemlidir. Çünkü GSH:GSSG oranı iyi bilinen bir oksidatif stres parametresidir. GSH seviyesindeki artış ve GSSG seviyesindeki azalış oksidatif stresin mükemmel bir göstergesidir. GSH, reaktif oksijen türlerine karşı koruyucu görevini GPx ve GR ile gerçekleştirmektedir. GPx katalizörlüğünde ROT indirgenmekte ve GSSG oluşmaktadır. Oluşan GSSG ise GR ile birlikte tekrar GSH'a dönüşebilmektedir (Şekil 2.1) (Demirkol ve Ercal, 2011).

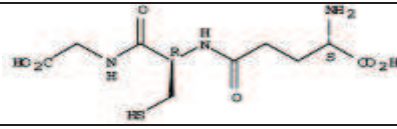
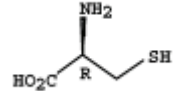
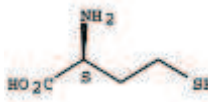

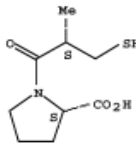


Şekil 2.1. Glutasyon sentezi ve kullanımı (Demirkol ve Ercal, 2011).

Bir tripeptit olan GSH (γ-glutamil-sistein-glisin) başta serbest radikallerin neden olduğu hücre zararlarına karşı hücreyi korur ve proteinlerdeki -SH grupların korunmasında görev alır. Ayrıca, aminoasitlerin taşınmasında, protein ve DNA sentezinde de önemli fonksiyonları vardır (Kanat ve Akdemir, 2014).

CYS, sülfidril grubu içeren bir aminoasittir (Tablo 2.2). Esansiyel aminoasit olmamasına rağmen insan metabolizmasında önemli bir sülfür kaynağıdır. CYS aminoasidi vücutta antioksidan olarak rol oynamaktadır. Ayrıca GSH sentezinde başlangıç maddesi olarak görev yapmaktadır. CYS; içerdiği sülfidril veya tiyol grubu (-SH) nedeniyle, hem GSH sentezinde proton donörü olarak rol oynar hem de GSH'un biyolojik aktivitesinden sorumludur (Gür ve ark., 2010).

Tablo 2.2. Bazı tiyollerin kimyasal yapıları (Qiang ve ark., 2005)

Tiyol	Yapısı
Glutatyon (GSH)	
Sistein (CYS)	
Homosistein (HCYS)	
N-Asetilsistein (NAC)	
Kaptopril (CAP)	

Demirkol ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada kırmızı ve yeşil biberin de içinde olduğu bazı sebze ve meyvelerdeki tiyol miktarları HPLC cihazı ile belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre kırmızı biberin GSH miktarı 42 nM/g bulunmuştur. Çalışmadaki ıspanak, brokoli, patates, domates gibi diğer sebzeler arasında en yüksek CYS değeri ise (349 nM/g) kırmızı biberde tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan kırmızı biber örnekleri (*Capsicum annuum* L.) Sakarya'nın yerel marketlerinden 2015 yılının Şubat ve Mart aylarında temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Kullanılan araç ve gereçler

Bu çalışmada Lipovak (KV-600) markalı modifiye atmosfer paketlenme makinesi ve Mikrotest (MIT serisi) iklimlendirme kabini kullanılan başlıca iki cihazdır. Soğutmalı santrifüj cihazı (Hettich Universal 320R), ultrasonik su banyosu (Bandelin Sonorex) , su banyosu (JSR JSSB-30T), vortex (Labtech LVM-202), homojenizatör (Wiggen-Hauser), hassas terazi (OHAUS EX324), filtre (ChromofilXtra Pet 45/25 0,45 µm), HPLC cihazı (Hitachi Lachrom Elite, L-2130 HTA pompa, Hitachi Chromaster 5440 floresans dedektör, L-2200 Otosampler, Kromasil 100 C18 3,5µm çapında kolon, L-2300 kolon fırını), etüv (Elektro-Mag M 6040 BP), pH metre (Toledo) ve spektrofotometre (Shimadzu UVmini-1240) kullanılan diğer cihazlardır.

3.2.2. Kullanılan kimyasal çözeltiler

Aşağıda nasıl hazırlandığı belirtilen kimyasal malzemeler Sigma-Aldrich ve Merck'den tedarik edilmiştir.

- %70'lik Metanol Çözeltisi: 700 mL metanol balon jojeye aktarılmış ve 1000 mL'ye distile su ile tamamlanmıştır.
- DPPH Çözeltisi: 5 mg DPPH, % 70'lik metanol çözeltisi kullanılarak balon jodede 250 mL'ye tamamlanmıştır.

- Folin Ciocalteau Reaktifi: Satın alındığı şekliyle kullanılmıştır.
- %20'lik Sodyum Karbonat (Na_2CO_3) Çözeltisi: 20 g sodyum karbonat (Na_2CO_3) tartılarak 100 mL'ye distile su ile tamamlanmıştır.
- %0,4 Okzalik Asit Çözeltisi: 2g okzalik asit 500 mL'lik balon jojeye aktarılmış ve distile su kullanılarak hacim çizgisine tamamlanmıştır.
- Asetat Tampon Çözeltisi: 300 g sodyum asetat tartılarak 700 mL deiyonize su ve 1000 mL glasiyel asetik asit ile çözdürülmüştür.
- DCPI (2,6-diklorofenolindofenol disodyum tuzu) Boya Çözeltisi: 12 mg DCPI, 1000 mL'lik balon jojeye aktarılmış ve distile su ile hacim çizgisine tamamlanarak çözdürülmüştür.
- 1,5 mM Demir II Sülfat (FeSO_4) Çözeltisi: 41,703 mg FeSO_4 , 100 mL'lik balon joje kullanılarak hacim çizgisine distile su ile tamamlanmıştır.
- 6 mM Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Çözeltisi: %30'luk H_2O_2 çözeltisinden 63,58 μL alındı, balon jojeye aktarılmış ve 100 mL'ye distile su ile tamamlanmıştır.
- 20 mM Sodyum Salisilat ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$) Çözeltisi: 160,1 mg sodyum salisilat tartılarak 50 mL'ye distile su ile tamamlanmıştır.
- 40mM Hidroklorik Asit (HCl) Çözeltisi: %37'lik HCl 'den 340 μL alınarak 100 mL'ye distile su ile tamamlanmıştır.
- 10 mM TPTZ (2,4,6-tripiryidyl-s-Triazine) Çözeltisi: 156,15 mg TPTZ 50 mL'lik balon jojeye aktarılmış ve 40 mM HCl çözeltisi ile hacim çizgisine tamamlanmıştır.
- 20 mM Demir III Klorür (FeCl_3) Çözeltisi: 270,33 mg FeCl_3 çözeltisi balon joje içerisinde 100 mL distile su ile çözdürülmüştür.
- 0,3 M Asetat Tamponu Çözeltisi: 4,0824 g susuz sodyum asetat tartılmış ve 100 mL distile su ile tamamlanmıştır (Asit ve baz çözeltileri kullanılarak pH:3,6'ya ayarlanmıştır).
- FRAP Reaktifi: Hazırlanan TPTZ, FeCl_3 ve asetat tamponu çözeltileri sırasıyla 1:1:10 oranında karıştırılarak reaktif oluşturulmuştur.
- 10^{-2} M Bakır II Klorür (CuCl_2) Çözeltisi: 0,4262 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tartılarak 250 mL distile su içinde çözdürülmüştür.
- Neokuprin (2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline) Çözeltisi: $7,5 \times 10^{-3}$ M neokuprin çözeltisi hazırlamak için 0,039 g neokuprin tartılmış ve 25 mL %96'luk etanol çözeltisi içinde çözdürülmüştür.

- Amonyum Asetat Tampon Çözeltisi: 19,27 g amonyum asetat tartılmış ve 250 ml distile su ile tamamlanmıştır (Asit ve baz çözeltileri kullanılarak pH:7'ye ayarlanmıştır).
- Mobil Faz: 1 litre mobil faz hazırlamak için 700 mL asetonitril ve 300 mL ultra saf su, 1 mL asetik asit ve 1 mL o-fosforik asit karışımı hazırlanmıştır.
- NPM (1-pirenil)-maleimid) Çözeltisi: Örneklerde bulunan tiyollerin türevlendirmesini yapmak amacıyla 30 mg NPM, 100 mL asetonitrilde çözdürülmüştür.
- 2N HCl (Hidroklorik asit) Çözeltisi: Türevlendirme sonrası oksidatif reaksiyonu durdurmak amacıyla 12 M HCl'den 10 mL alınarak 50 mL ultra saf suda çözdürülmüştür.
- SBB (Serin Borat Buffer) Çözeltisi: Bu çözelti HPLC için analiz edilecek örneklerin hazırlanmasından analize kadar geçen sürede oksidasyonu önlemek amacıyla hazırlanmıştır. 1 litre SBB çözeltisi hazırlamak için 15,74 g TrisHCl, 0,618 g Borate, 0,525 g Serine, 0,393 g DETAPAC (Di etilen tri amin penta asetik asit) 1 litre suyla karıştırılmıştır (pH:7'ye ayarlanmıştır).

3.2.3. Modifiye atmosfer paketlenme (MAP) ve depolama

MAP için kullanılacak biberler laboratuvara getirildikten sonra 100 ppm aktif klor içeren sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde 1 dakika boyunca bekletilmiş ve musluk suyuyla yıkanmıştır. Daha sonra örnekler havlu peçete ile kurulanmıştır. Paketlemede, PVC alt tabak ve BOPA/PE (15/75 μ m) üst film kullanılmıştır. Depolama süresince tabakların içerisinde biriken nemi çekmesi amacıyla nem emici pedler konulmuştur. Her bir tabak içerisine 5 adet kırmızı biber, 500±50 g olacak şekilde tartılmış ve tabaklara polietilen film ile kaplanmış 5 gramlık potasyum permanganat poşetleri etilen emici olarak yerleştirilmiştir. %2 O₂+%5 CO₂+%93 N₂ içeren gaz karışımı modifiye atmosfer paketlenme makinesi yardımıyla tabakların içerisine doldurulmuş ve üst film ısı ile kapatılmıştır. Etilen emici yerleştirilen, etilen emici yerleştirilmeyen ve kontrol (paketlenme yapılmamış) olarak 3 gruba ayrılan örnekler, %95 bağıl nem ve 10°C'ye ayarlanmış olan iklimlendirme kabini içinde 3 hafta süre ile depolanmıştır.

3.2.4. Laboratuvar analizleri

3.2.4.1. Mikrobiyolojik analizler için örneklerin hazırlanması

Mikrobiyolojik analiz için kırmızı biberlerin her birinden steril stomacher poşetlerine 10 gr alınarak üzerine 90 ml fizyolojik tuzlu su (%0,85 NaCl) ilave edildikten sonra 2 dakika süreyle homojenize edilmiş ve yine steril fizyolojik tuzlu su kullanılarak seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Halkman, 1990).

3.2.4.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan yayma kültürel sayım yöntemine göre PCA (Plate Count Agar) besiyerine ekim yapılmış ve 48 boyunca 28-30°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılarak sayım yapılmıştır (Halkman, 1990).

3.2.4.3. Maya-küf sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan yayma kültürel sayım yöntemine göre OGYEA (Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar) besiyerine ekim yapıldıktan sonra petriyerler 28-30°C'de 72 saat inkübasyona bırakılarak sayım yapılmıştır (Halkman, 1990).

3.2.4.4. Anaerobik bakteri sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan yayma kültürel sayım yöntemine göre PCA (Plate Count Agar) besiyerine ekim yapılmıştır. Petriyerler anaerobik kavanoz içerisine konulmuş ve oksijensiz ortam sağlamak için anaerobik kitler kullanılmıştır. 48 saat boyunca 28-30°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda sayım yapılmıştır (Halkman, 1990).

3.2.4.5. Ağırlık kaybı

Modifiye atmosfer paketlenme işlemi yapılmadan her bir paket tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Depolamanın 1. 2. ve 3. haftalarında biberler tekrar tartılmış ve tartım arasındaki farklar % ağırlık kaybı olarak hesaplanmıştır (3.1).

$$\% \text{ Kayıp} = \frac{A_i - A_s}{A_i} * 100 \quad (3.1)$$

A_i = Başlangıç paket ağırlığı

A_s = 1., 2. ve 3. hafta sonundaki paket ağırlığı

3.2.4.6. Kuru madde tayini

Kuru madde tayini etüvde kurutma yöntemine göre yapılmıştır. Sabit tartıma getirilen petrilerin daraları alındıktan sonra 3-5 g biber örneği homojenize edilmiş, ± 0.001 hassasiyette tartılmış ve 105°C 'de 3-4 saat kurutulmuştur. Desikatöre alınarak soğutulan örneklerin tartımı yapılmıştır. Ardından yarım saat tekrar kurutulmuştur. İki tartım arasındaki fark % 0,1'i geçmeyinceye kadar işleme devam edilmiştir. Yüzde toplam kuru madde oranı formül 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu, 2011).

$$\% \text{ Nem} = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} * 100 \quad (3.2)$$

M_2 = İlk tartım (g)

M_3 = Son tartım (g)

M_1 = Kabın darası (g)

3.2.4.7. Antioksidan analizleri için örnek ekstraktlarının hazırlanması

- DPPH radikalini giderme aktivitesi, toplam fenolik madde, OH^\bullet yakalama aktivitesi ve demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) analizleri için örnek ekstraksiyonu: Antioksidan aktivite analizleri için

alınacak örnek miktarı ön denemelerle belirlendikten sonra uygun miktarda tartımlar alınarak 50 mL'lik falkon tüpüne aktarılmıştır. 10 mL %70'lik metanol çözeltisi eklenmiş ve homojen hale getirilmiştir. Oda sıcaklığındaki ultrasonik su banyosunda 15 dakika bekletilen örnekler santrifüj cihazına konulmuştur. 4°C'de 9000 rpm devir hızında 10 dakika santrifüj edilmiş ve üstte toplanan süpernatant başka bir falkon tüpüne analizde kullanılmak üzere aktarılmıştır (Wojdyło, 2007).

- **Askorbik asit tayini için örnek ekstraksiyonu:** Kırmızı biberlerden 1 g tartılmış ve %0,4 konsantrasyonundaki okzalik asit çözeltisinde homojen hale getirilmiştir. Kaba filtre kağıdı ile süzöldükten sonra süzöntü falkon tüplerine aktarılmıştır.
- **Cu⁺² iyonunu indirgeyici antioksidan kapasite tayini için örnek ekstraksiyonu:** CUPRAC yöntemi için örnek ekstraksiyonu Çapanoğlu ve ark. (2008)'na göre yapılmıştır. Kısaca, 1 g örnek tartılarak 3 mL %75'lik metanol çözeltisi eklenmiş ve 15 dakika ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra 9000 rpm devir hızında 4°C'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant ayrıldıktan sonra kalan pellete tekrar 3 mL %75'lik metanol çözeltisi eklenmiş ve ekstraksiyon yöntemi tekrarlanmıştır. Son hacim 10 mL olacak şekilde süpernatantlar birleştirilmiştir.
- **Tiyol analizi için örnek ekstraksiyonu:** Tiyol analizinde 0,5 g/ml konsantrasyonundaki ekstraktlar hazırlanmıştır. SBB çözeltisi içerisinde homojenize edilen örnekler 4°C'de 9000 rpm devir hızında 10 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Üstte toplanan süpernatantlar analizde kullanılmak üzere başka bir tüpe aktarılmıştır.

3.2.4.8. DPPH radikalini giderme aktivitesi tayini

Elektron transferine dayanan yöntemlerden biri olan bu metot, mor renkli kromojenik DPPH radikalinin antioksidan tarafından indirgenmesi prensibine dayanır. Radikal yakalama kapasitesi, 515-528 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmektedir. Teknik olarak hızlı ve basit olan bu yöntemle biki ve gıdaların

serbest radikal giderici etkisi belirlenmektedir (Albayrak ve ark., 2010; Magalhaes ve ark., 2008).

Bu çalışmada ekstraktlardan 200 µL alınarak küçük deney tüpüne aktarılmıştır. 3 mL DPPH çözeltisi eklenmiş ve vortex yardımıyla karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda karışım küvetlere aktarılarak 517 nm’de absorbans değeri okunmuştur. Kontrol absorbansı için örnek yerine 200 µL %70’lik metanol konulmuştur. Cihazın sıfırlama işlemi %70’lik metanol ile yapılmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi, aşağıdaki eşitlik (3.3) kullanılarak ifade edilmiştir (Brand ve Williams, 1995).

$$\% \text{ DPPH giderme aktivitesi} = \frac{A(\text{kontrol}) - A(\text{örnek})}{A(\text{kontrol})} * 100 \quad (3.3)$$

A(kontrol) = Kontrolün absorbansı

A(örnek) = Örnek absorbansı

3.2.4.9. Toplam fenolik madde tayini

Folin-Ciocalteu (FC) reaktifinin kimyasal yapısı net olarak bilinmese de fosfomolibdik/ fosfotungstik asit kompleksini içerdiği kabul edilmektedir. FC analizi alkali ortamda fenolik ve diğer indirgeyici bileşiklerden molibdenuma elektron transferi prensibine dayanmaktadır. Transfer sonrası oluşan mavi renkli kompleks 750-765 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenmektedir. Genel olarak gallik asit referans standart olarak kullanılır ve sonuçlar GAE olarak ifade edilir (Magalhães ve ark., 2008).

Bu çalışmada, Singleton ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Hazırlanan ekstraktan 100 µL alınmış ve küçük deney tüpüne aktarılmıştır. Ardından ticari halde hazır bulunan FC ayırıcından 200 µL, distile sudan ise 2 mL eklenmiştir. Karıştırılarak 3 dakika bekletilmiş, daha sonra %20 Na₂CO₃ çözeltisinden 1 mL eklenmiş ve 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda absorbanslar 765 nm’ de okunmuştur. Standart olarak gallik asit kullanılmış

ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Örnekte bulunan fenolik bileşik miktarı mg GAE/100 g kuru madde olarak verilmiştir.

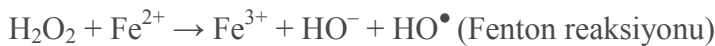
3.2.4.10. Demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) tayini

Fe^{+3} 'ün düşük pH'da Fe^{+2} 'ye indirgenmesi ile renkli ferrous-tripyridyltriazine kompleksi oluşur. Oluşan demir tuzu oksidan olarak kullanılır. FRAP yöntemi pH:3,6'da gerçekleştirilir. Antioksidanların varlığında ferric-tripyridyltriazine kompleksi Fe^{+2} 'ye indirgenir. Sonuçlar genelde troloks eşiti olarak ifade edilmektedir. Fe^{+3}/Fe^{+2} redoks çiftinin redoks potansiyelinden daha düşük potansiyelli birçok bileşik Fe^{+3} 'ü indirgeyebilmektedir. Bu nedenle sonuçlar yüksek çıkabilmektedir. Yöntem basit, hızlı ve maliyeti düşük olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır (Albayrak ve ark., 2010).

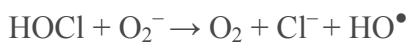
Analiz için hazırlanan ekstraktlardan 100 μ L alınmış ve kullanılan kimyasal çözeltiler kısmında hazırlanışı anlatılan FRAP reaktifinden 1,8 mL, distile sudan 1,2 mL eklenmiştir. Karışım 37°C'de 15 dakika bekletildikten sonra 593 nm'de absorbans ölçülmüştür. Standart grafiği $FeSO_4$ 'ün farklı konsantrasyonları hazırlanarak oluşturulmuştur. Böylelikle ortamda ne kadar Fe^{+3} 'ün Fe^{+2} 'ye dönüştüğü belirlenmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

3.2.4.11. OH^\bullet yakalama aktivitesi tayini

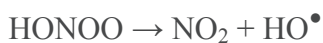
Oksidatif stresten kaynaklanan geri tersinir hasarda OH^\bullet oluşumu önemli olmaktadır. Bu oluşum genellikle Fenton reaksiyonu ile başlamaktadır:



Hidroksil radikalinin oluşumu hipokloröz asit ve süperoksit anyonu arasındaki reaksiyon sonucunda da meydana gelebilmektedir:



Peroksinitröz asitin parçalanma reaksiyonu da hidroksil radikalinin oluşum yollarından biridir:



OH[•] aşırı derecede reaktiftir ve bu nedenle çevresindeki bütün moleküllerle (proteinler, lipidler, nükleik asitler ve şekerler) reaksiyona girmektedir (Tirzitis ve Bartosz, 2010).

Bu çalışmada OH[•] temizleme aktivitesini belirlemek için birkaç modifikasyonla Smirnoff ve Cumbes'in (1989) metodu kullanılmıştır. Yöntem, Fenton reaksiyonu sonucu oluşan OH[•] radikalini yakalamak için biber ekstraktlarının salisilik asit ile rekabeti prensibine dayanmaktadır. 1 mL FeSO₄ (1,5 mM), 0,7 mL H₂O₂ (6 mM) ve 0,3 mL sodyum salisilat (20 mM) çözeltileri küçük deney tüpüne alınmış ve 100 µL örnek ekstraktı eklenmiştir. Toplamda 2,1 mL olan karışım 37°C'de 1 saat boyunca inkübe edilmiş ve 562 nm'de absorbans ölçülmüştür. Yüzde yakalama aktivitesi formül 3.4'e göre hesaplanmıştır (Manda ve ark., 2010)

$$\% \text{ Temizleme aktivitesi} = \left(1 - \left(\frac{A1-A2}{A0} \right) \right) * 100 \quad (3.4)$$

A0: Kontrol absorbansı (örnek olmadan)

A1: Örnek absorbansı

A2: Örnek absorbansı (sodyum salisilat olmadan)

3.2.4.12. Askorbik asit tayini

Askorbik asit belirlenmesinde Dürüst ve arkadaşları (1997) tarafından yapılan spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Öncelikle cihaz deiyonize su ile sıfırlanmıştır. 1 mL % 0,4 okzalik asit çözeltisi, 1 mL asetat tampon çözeltisi ve 8 mL DCPI boya çözeltisi karıştırılmış ve 15 sn sonunda okunan değer L1 olarak kaydedilmiştir. Daha sonra 1 mL örnek ekstraktı, 1 mL asetat tampon çözeltisi ve 8 mL deiyonize su karışımı kullanılarak cihaz yeniden sıfırlanmıştır. Ardından 1 mL örnek ekstraktı, 1 mL asetat tampon ve 8 mL DCPI boya çözeltisi karıştırılmış ve 15 sn sonunda 520 nm'de okunan değer L2 olarak kaydedilmiştir. Tüm örnekler için L2 değerleri ayrı ayrı belirlenmiş ve örnek absorbansları L1-L2 olarak hesaplanmıştır.

Kalibrasyon doğrusunun oluşturulmasında 10, 20, 30, 40 ppm'lik askorbik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Yukarıda uygulanan yöntemin aynısı standart çözeltiler için de uygulanmıştır ve sonuçlar mg askorbik asit/100 g km olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.13. Cu²⁺ iyonu indirgeyici toplam antioksidan kapasite tayini (CUPRAC)

CUPRAC metodu, örnekte bulunan antioksidanlar tarafından Cu²⁺'nin Cu¹⁺'e indirgenmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 3.2). Cu¹⁺ kromojenik bir ayıraç olan neokuprin ile kompleks oluşturur. Askorbik asit, ürik asit ve gallik asit için yöntem birkaç dakika içinde tamamlanırken daha kompleks moleküller için 30-60 dak. gerekmektedir. Yöntemin uygulanışı ucuzdur ve çok fazla uzmanlık gerektirmemektedir. Ayrıca diğer metotlardan farklı olarak CUPRAC reaktifi, tiyol türü antioksidanları da okside edebilecek hıza sahiptir (Albayrak ve ark., 2010; Apak ve ark., 2007).

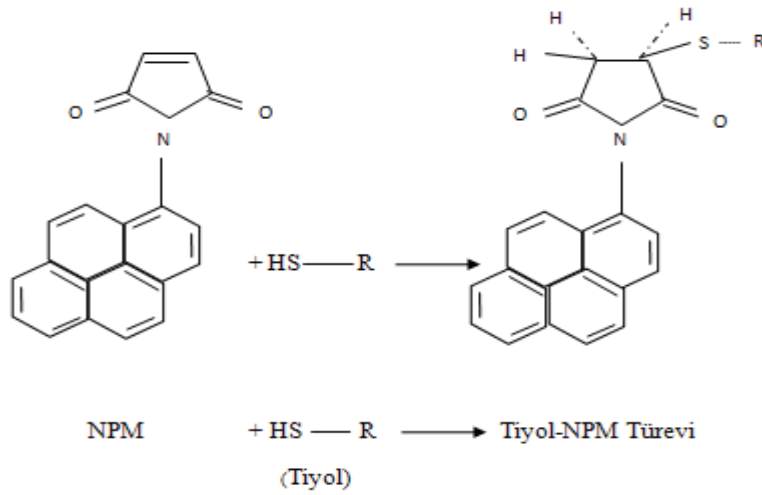
CUPRAC analizi için Apak ve arkadaşlarının yöntemi (2004) kullanılmıştır. Buna göre küçük deney tüpü içerisine toplamda 1,1 mL olacak şekilde distile su ve örnek ekstraktı konulmuştur. Daha sonra 1 mL 10⁻² M CuCl₂.2H₂O, 1 mL 7.5x10⁻³ M neokuprin ve 1 mL amonyum asetat (CH₃COONH₄) tampon çözeltisi eklenmiştir. Tüplerin ağzı kapatılmış ve 1 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra 450 nm'de absorbasları kaydedilmiştir. Standart olarak troloks kullanılmış ve sonuçlar mg troloks/100 g km olarak verilmiştir (Şekil 4.16).

3.2.4.14. Tiyol analizi

GSH ve CYS standart çözeltisi için öncelikle 1mM miks standart stok solüsyonu (0,003 g GSH + 0,0012 g CYS + 10 ml SBB) hazırlanmıştır. Bu stok solüsyonu kullanılarak 25-5000 nM aralığında standart GSH ve CYS kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur (Demirkol ve ark., 2004).

Örneklerdeki tiyol bileşiklerinin HPLC'de okunabilmesi için floresan dedektör kullanılmış ve örneklerin türevlendirmeleri yapılmıştır. Bu işlemde örneklerdeki tiyollerin serbest sülfidril grupları N-(1pirenil)-maleimid (NPM) ile reaksiyona

girerek floresan ışımaya yapan özellik kazandırılmıştır. Bunun için 50 μL süpernatanttan alınmış ve üzerine 200 μL saf su eklenmiştir. 750 μL NPM çözeltisi ile reaksiyona sokulmuştur (Şekil 3.1). Deney tüpleri ağızları kapalı şekilde 5 dakika reaksiyona sokulmuştur. Reaksiyonu durdurmak için tüplere 10 μL 2 N HCl çözeltisi eklenmiş ve karıştırılmıştır. Hazırlanan numuneler 0,45 μm çaplı naylon filtrelerden geçirilerek HPLC kolonuna enjekte edilmiştir.



Şekil 3.1. Serbest sülfidril grubu içeren örneklerin NPM ile reaksiyonu (Winters ve ark., 1995).

Tiyol analizinde kullanılan HPLC koşulları; mobil faz %30 ultra saf su+%70 asetonitril karışımı, kolon sıcaklığı 20°C, mobil fazın akış hızı 1mL/dakika, enjeksiyon hacmi ise 5 μL olarak belirlenmiştir. Florasan dedektörün eksitasyon dalga boyu (λ_{ex}) 330 nm ve emisyon dalga boyu (λ_{em}) 375 nm olarak ayarlanmıştır.

3.2.4.15. İstatistiksel analizler

Tüm analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 13.0 programı kullanılmıştır. MAP uygulanan-uygulanmayan ve etilen emici bulunan-bulunmayan gruplar arasındaki farkın önemi bağımsız örneklem T-testi analizi ile, örneklerin kendi arasında haftalık farklılıkları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir ($P < 0.05$).

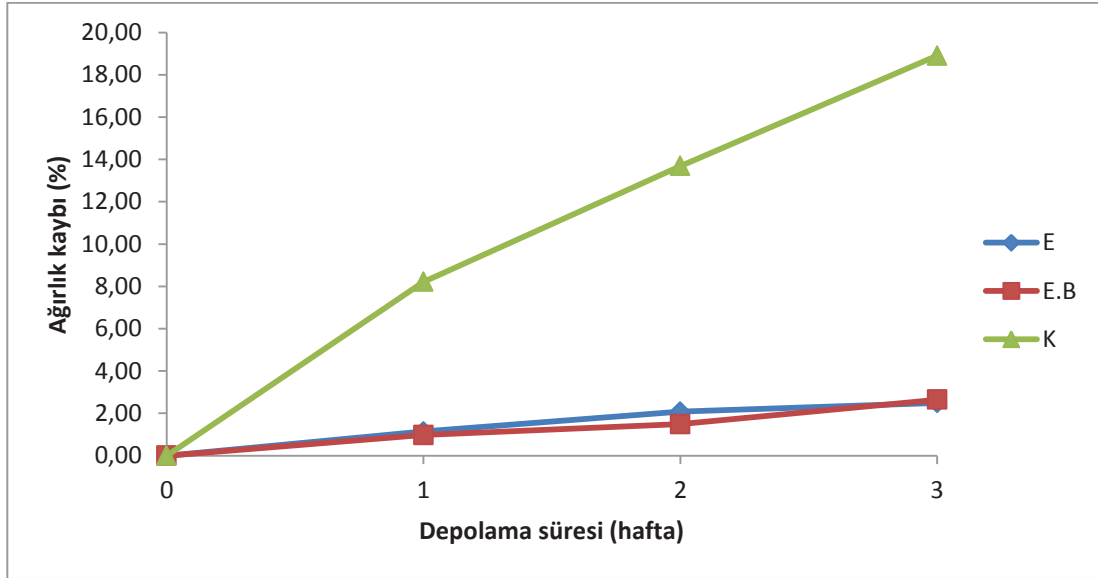
BÖLÜM 4. SONUÇLAR

4.1. Örneklerin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda depolanan hiçbir örnekte toplam mezofilik aerobik bakteri, maya-küf ve anaerobik bakteriye rastlanmamıştır.

4.2. Örneklerin Ağırlık Kaybı

Üç haftalık depolama sonucunda örneklerin % ağırlık kayıpları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Etilen emici bulunan ve etilen emici bulunmayan paketlerin 3 hafta sonunda ağırlık kayıpları sırasıyla %2,49 ve %2,64 bulunurken, bu değer paketlenmemiş kontrol grubunda %18,90 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Örneklerin ağırlık kaybı. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan, K: Kontrol.

4.3. Örneklerin Kuru Madde İçerikleri

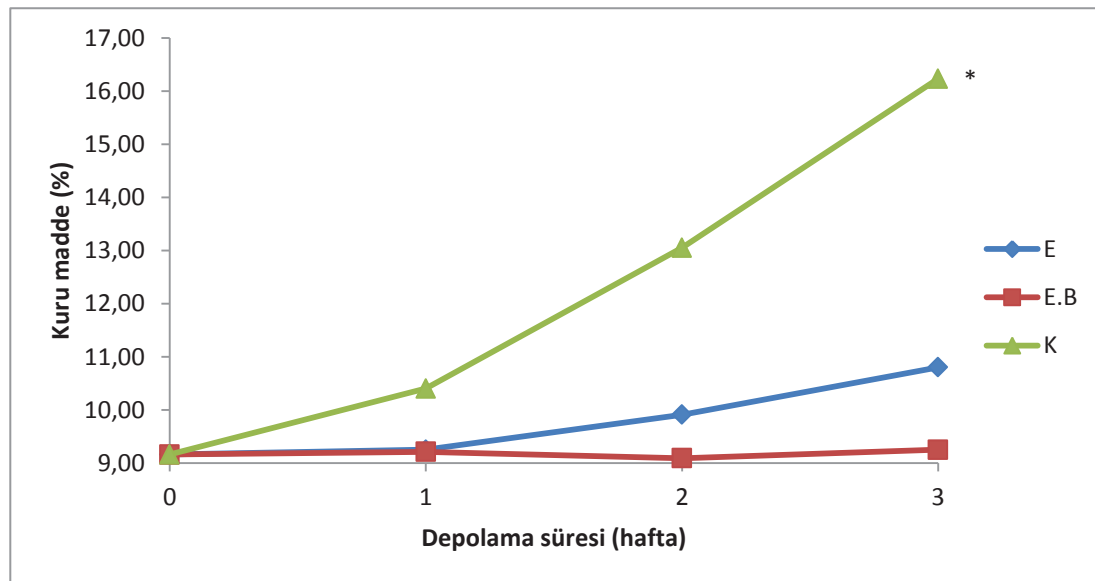
Örneklerin kuru madde miktarları Tablo 4.1’de verilmiştir. Kuru madde miktarlarındaki değişim paketlemenin yapılmadığı kontrol grubunda istatistiki açıdan yüksektir. Üç hafta boyunca etilen emici bulunan ve bulunmayan gruplar arasında fark önemli olmazken, kontrol grubu ile paketlenmiş örnekler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.1. Örneklerin kuru madde içerikleri (%)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	9,16±0,4 ^a	9,25±0,03 ^a	9,91±0,51 ^{ab}	10,80±0,54 ^b
Etilen emici bulunmayan	9,16±0,4 ^a	9,21±0,02 ^a	9,09±0,07 ^a	9,25±0,06 ^a
Kontrol	9,16±0,4 ^a	10,40±0,71 ^b	13,05±0,71 ^c	16,23±0,02 ^d

a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

3. hafta sonunda kuru maddedeki artış en az etilen emici bulunmayan örnekte gözlenmiştir. En fazla artış ise kontrol grubunda meydana gelmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Örneklerin kuru madde miktarı. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan, K: Kontrol.

*: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

4.4. Örneklerin DPPH Radikalini Giderme Aktivitesi

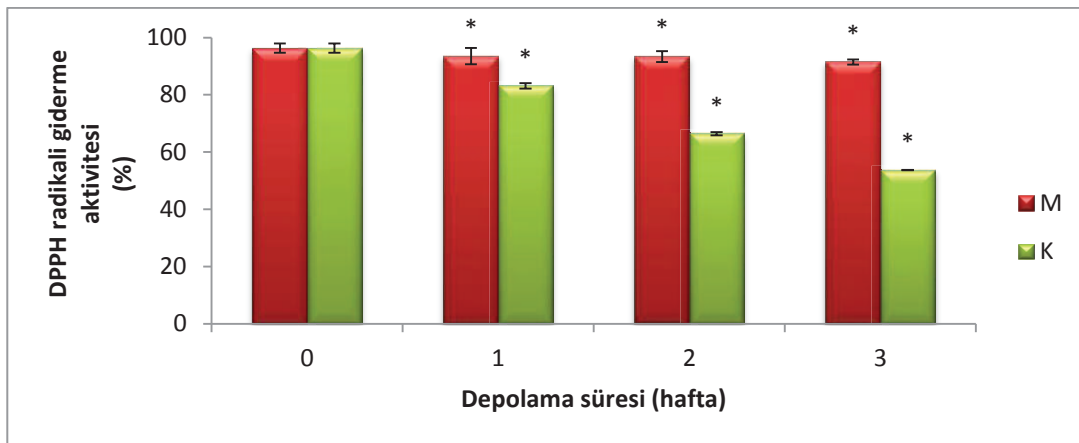
Depolama süresi boyunca örneklerin DPPH radikali giderme aktivitesindeki değişim Tablo 4.2’de verilmiştir. Bu analizde 27,5 mg km/mL oranındaki ekstraktlar kullanılmıştır.

Tablo 4.2. Örneklerin DPPH radikalini giderme aktivitesi (%)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	96,29±1,65 ^a	94,41±0,33 ^a	87,43±1,41 ^b	77,63±0,30 ^c
Etilen emici bulunmayan	96,29±1,65 ^a	93,48±2,83 ^{ab}	93,34±1,94 ^{ab}	91,44±0,88 ^b
Kontrol	96,29±1,65 ^a	83,07±0,96 ^b	66,39±0,55 ^c	53,69±0,03 ^d

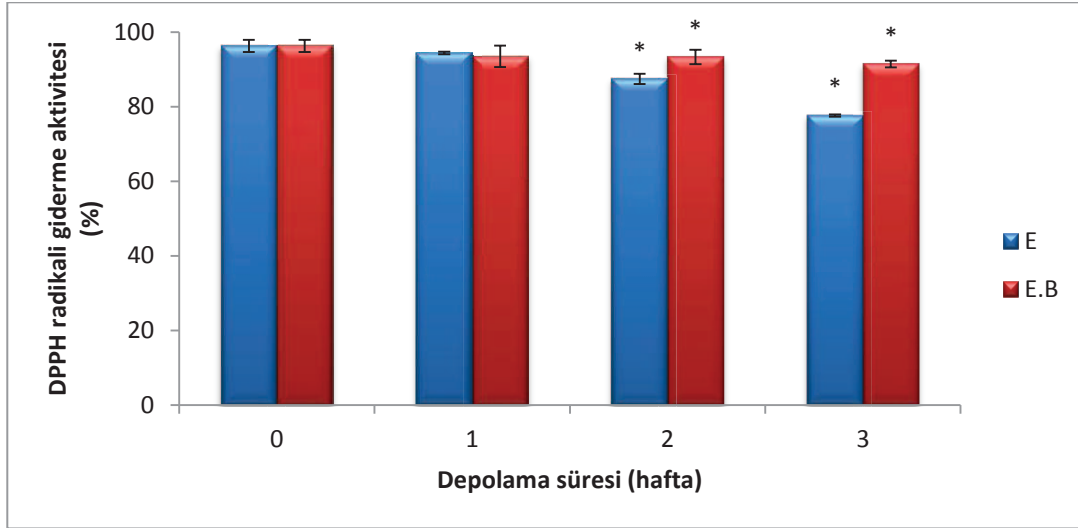
a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Her üç grupta da 3 hafta boyunca DPPH radikalini giderme aktivitesinde azalma meydana gelmiştir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi MAP grubu (etilen emici kullanılmayan) ve kontrol grubu arasında karşılaştırma yapıldığında aradaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05). DPPH radikalini giderme aktivitesi paketlenen örneklerde kontrol grubuna göre yüksektir.



Şekil 4.3. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin DPPH radikali giderme aktivitesi. M: MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

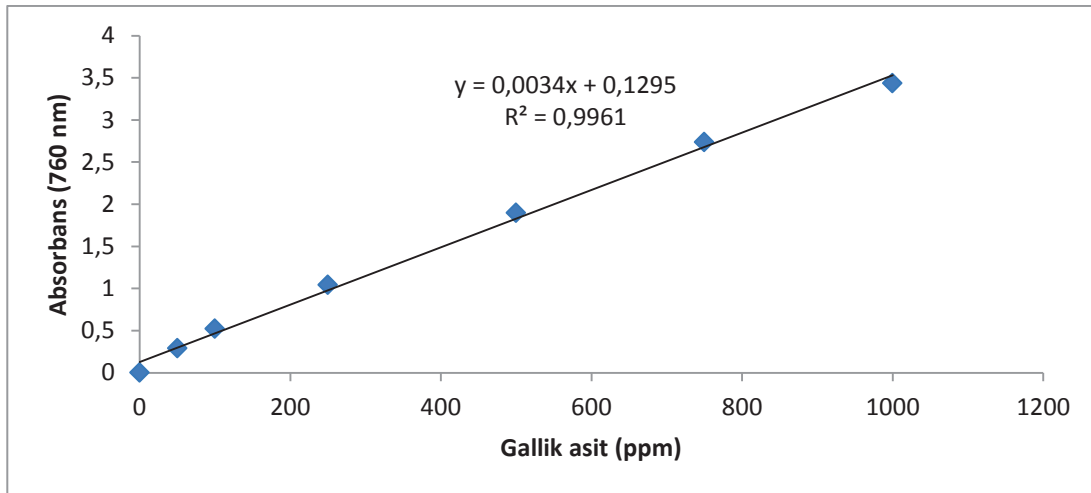
Şekil 4.4’de ise MAP uygulanan örneklerden etilen emici yerleştirilen ve yerleştirilmeyen paketlerin karşılaştırılması yapılmıştır. İlk hafta iki grubun DPPH radikalini giderme aktivitesi değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmasa da depolamanın sonunda aradaki fark artmıştır ve etilen emici bulunmayan gruptaki değerlerin daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin DPPH radikalini giderme aktivitesi. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

4.5. Örneklerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Gallik asit kalibrasyon eğrisi kullanılarak örneklerin toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100 g km olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Gallik asit standart eğrisi.

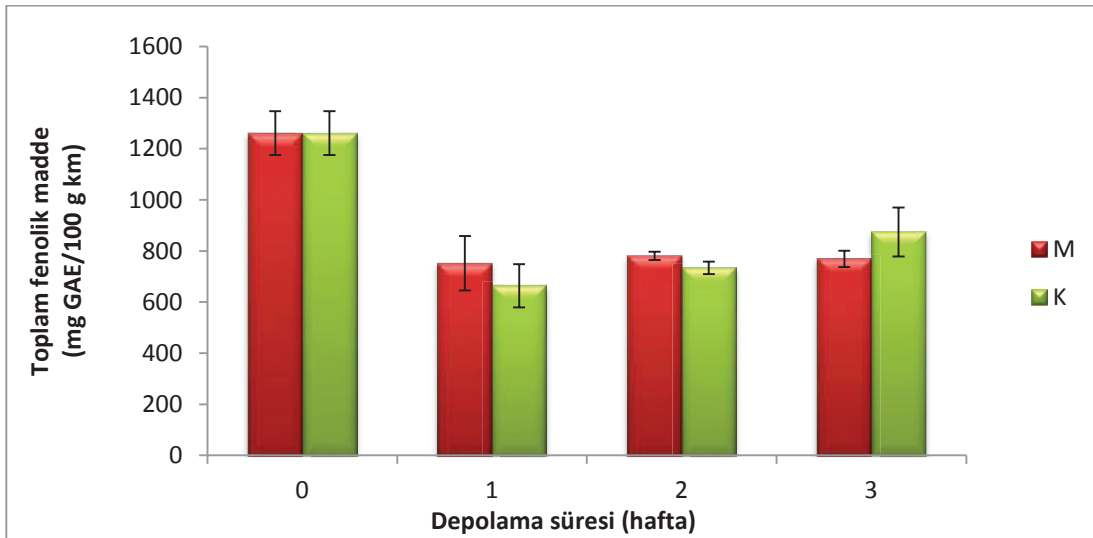
Örneklerin 3 haftalık depolama süresi boyunca toplam fenolik madde içerikleri Tablo 4.3’de verilmiştir. Bütün gruplarda depolama süresi boyunca toplam fenolik madde miktarlarında taze örneğe göre istatistiki olarak önemli azalmalar gözlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.3. Örneklerin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	1261,62±85,82 ^a	1200,85±101,18 ^a	872,72±44,30 ^b	832,61±68,34 ^b
Etilen emici bulunmayan	1261,62±85,82 ^a	751,88±106,17 ^b	787,87±15,25 ^b	768,95±32,48 ^b
Kontrol	1261,62±85,82 ^a	663,49±84,94 ^b	733,85±24,44 ^{bc}	874,18±95,93 ^c

a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

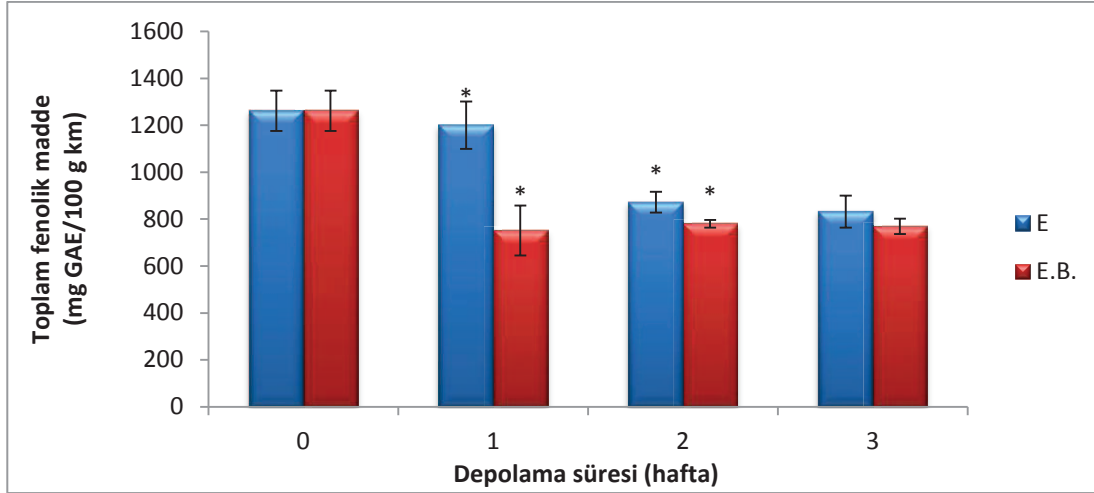
MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve uygulanmayan gruplar karşılaştırıldığında 3 hafta boyunca toplam fenolik madde miktarları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ve bu durum Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin toplam fenolik madde miktarı. M: MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Şekil 4.7’de ise MAP uygulanan örneklerden etilen emici yerleştirilen ve yerleştirilmeyen paketlerin karşılaştırılması yapılmıştır. İlk iki hafta boyunca grupların toplam fenolik madde değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ve

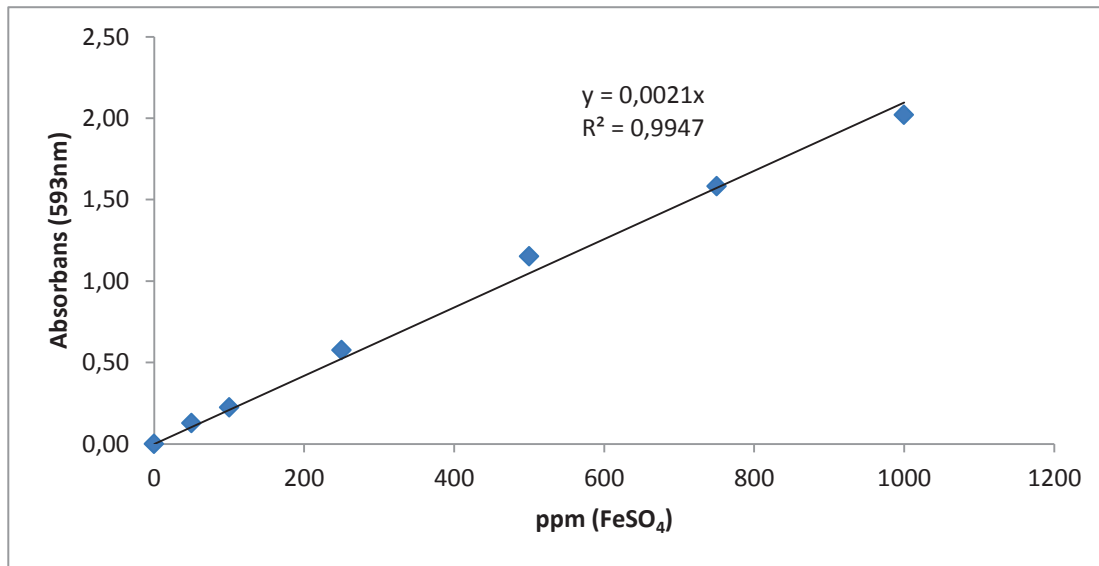
etilen emici yerleştirilen grubun daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak depolamanın sonunda iki grubun toplam fenolik madde değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P < 0,05$).



Şekil 4.7. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin toplam fenolik madde miktarı. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

4.6. Örneklerin Demir İyon İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) Kapasitesi

Modifiye atmosfer paketleme yöntemi ile depolanan kırmızı biberlerin FRAP değerleri belirlenirken farklı konsantrasyonlarda FeSO_4 çözeltileri kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. FeSO_4 standart eğrisi.

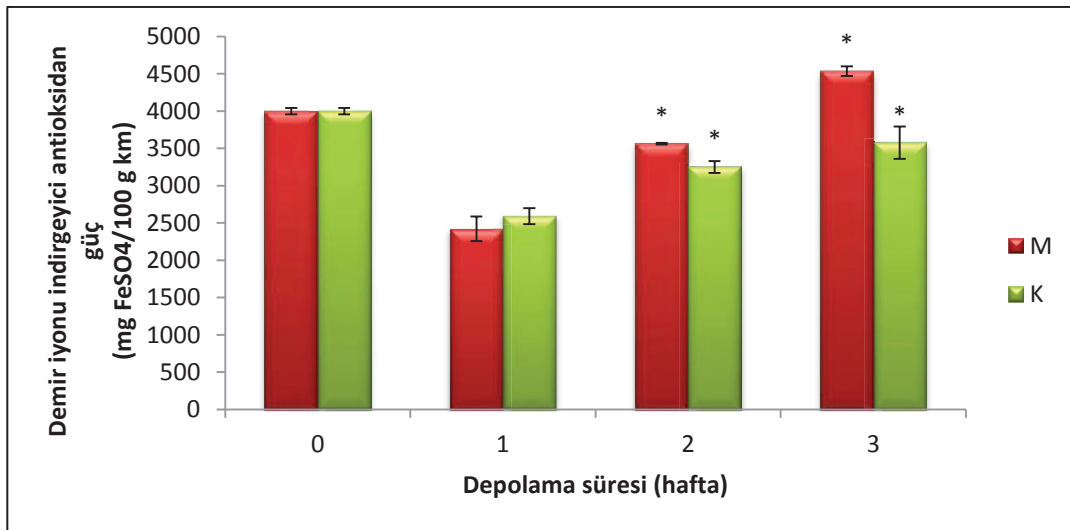
Tablo 4.4’de görüldüğü gibi örneklerin FRAP değerleri mg FeSO₄/100 g km olarak hesaplanmıştır. Depolamanın 1. haftasında etilen emici bulunan ve bulunmayan grupların FRAP değerlerinde istatistiki açıdan önemli düşüş gözlenmiştir. Ancak üçüncü hafta sonunda etilen emici bulunan grubun FRAP değeri başlangıç değerlerine göre farklı bulunmazken etilen emici bulunmayan ve kontrol gruplarının değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 4.4. Örneklerin FRAP değerleri (mg FeSO₄/100 g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	3998,18±41,97 ^a	2386,98±79,39 ^b	4125,01±49,24 ^a	4311,32±128,76 ^a
Etilen emici bulunmayan	3998,18±41,97 ^a	2420,20±284,92 ^b	3563,26±10,37 ^c	4533,45±64,55 ^d
Kontrol	3998,18±41,97 ^a	2590,92±18,89 ^b	3250,40±78,27 ^c	3576,09±218,8 ^d

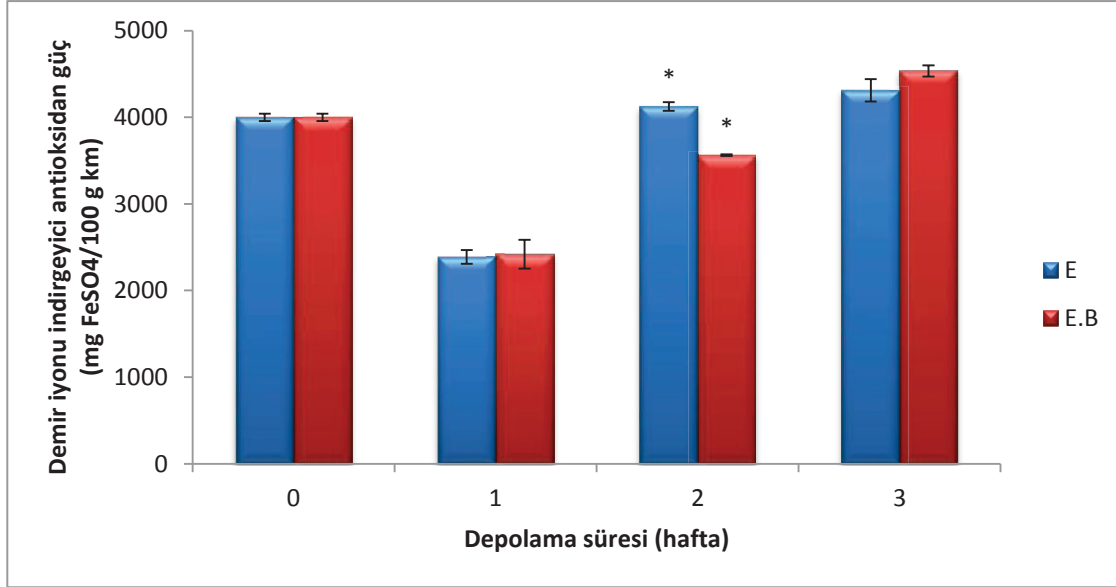
a-c: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve uygulanmayan gruplar karşılaştırıldığında 1. hafta sonunda iki grup arasında istatistiki açıdan fark bulunmazken 2. ve 3. haftalarda MAP uygulanan grubun değerleri önemli derecede yüksek bulunmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin FRAP değerleri. M: MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Şekil 4.10'da gösterildiği gibi 2. hafta etilen emici bulunan ve bulunmayan gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunurken 1. ve 3. hafta fark önemli bulunmamıştır ve her iki grubun da FRAP değerleri başlangıç değerlerine göre artış göstermiştir ($P<0,05$).



Şekil 4.10. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin FRAP değerleri. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

4.7. Örneklerin OH[•] Yakalama Aktivitesi

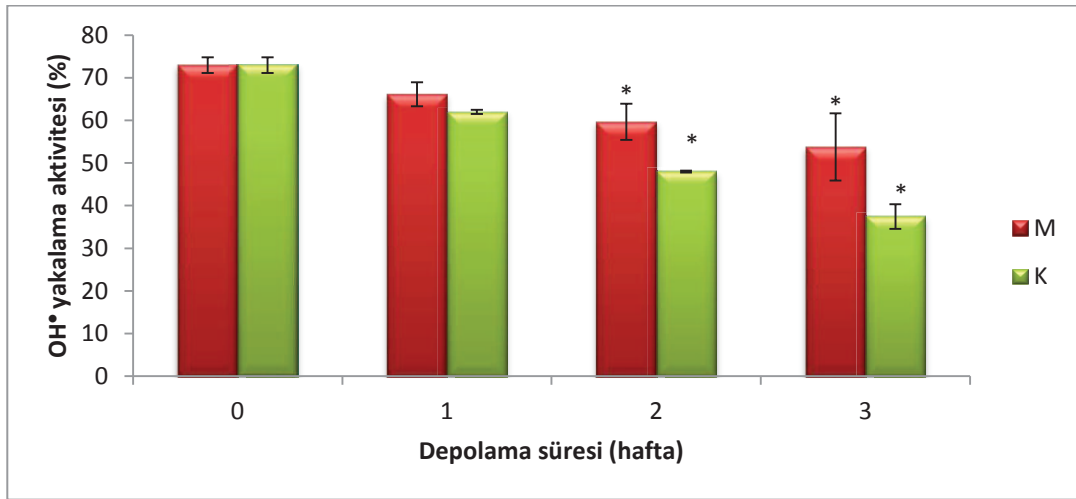
3 hafta boyunca depolanan kırmızı biberlerin OH[•] yakalama aktivitesi % olarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.5'de verilmiştir. Bu analizde 27,5 mg km/mL oranındaki ekstraktlar kullanılmıştır. 3 hafta boyunca depolanan örneklerin hepsinin OH[•] yakalama aktivitesinin azaldığı gözlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.5. Örneklerin OH[•] yakalama aktivitesi (%)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	72,95±1,84 ^a	72,23±2,51 ^a	61,58±1,77 ^b	55,56±3,54 ^c
Etilen emici bulunmayan	72,95±1,84 ^a	62,73±6,10 ^{ab}	59,66±4,21 ^{bc}	53,78±7,89 ^c
Kontrol	72,95±1,84 ^a	61,99±0,49 ^b	48,01±0,23 ^c	37,45±2,91 ^d

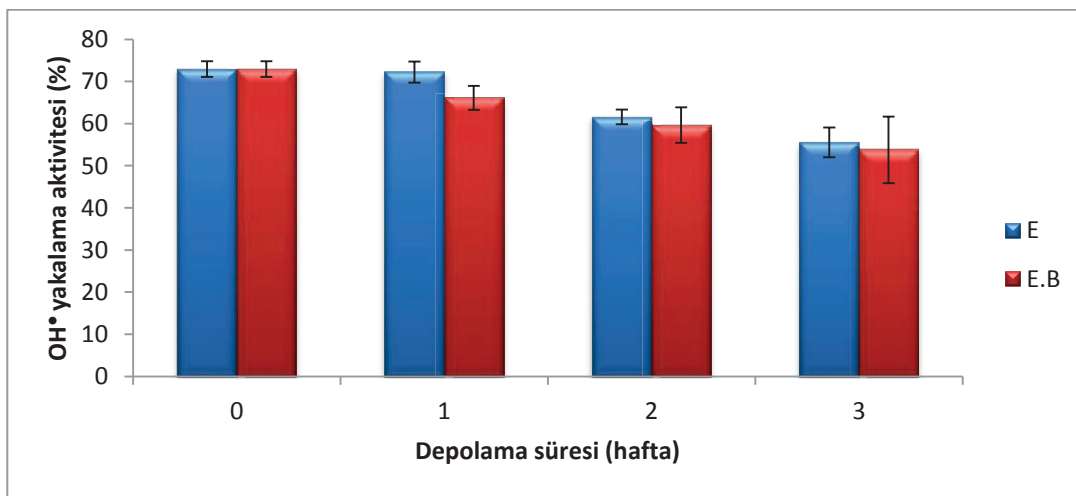
a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan) ve paketlenen yapılmayan kontrol grupları karşılaştırıldığında ilk hafta sonunda değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır fakat 2. ve 3. hafta değerlerine bakıldığında paketlenen yapılmayan grubun OH^\bullet yakalama aktivitesi kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$) (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin OH^\bullet yakalama aktivitesi. M: Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

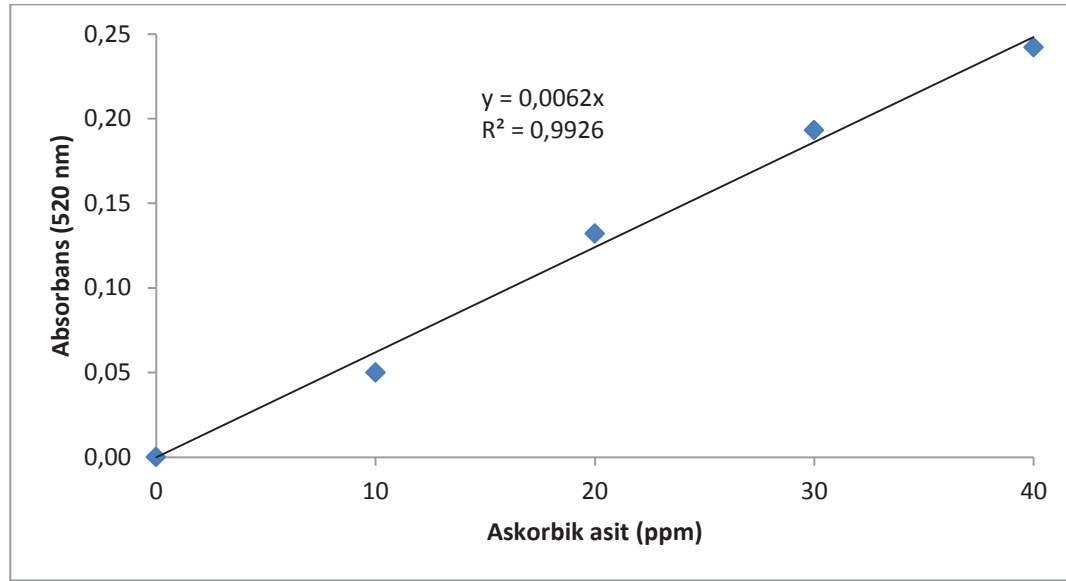
Etilen emici bulunan ve bulunmayan gruplar arasındaki OH^\bullet yakalama aktivitesi ise istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P < 0,05$) (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin OH^\bullet yakalama aktivitesi. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan.

4.8. Örneklerin Askorbik Asit İçerikleri

Kırmızı biberlerin askorbik asit içeriği spektrofotometrik yöntemle tayin edilmiştir. Standart olarak askorbik asitin farklı konsantrasyonlarında hazırlanmış çözeltileri kullanılmış ve standart eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Askorbik asit standart eğrisi

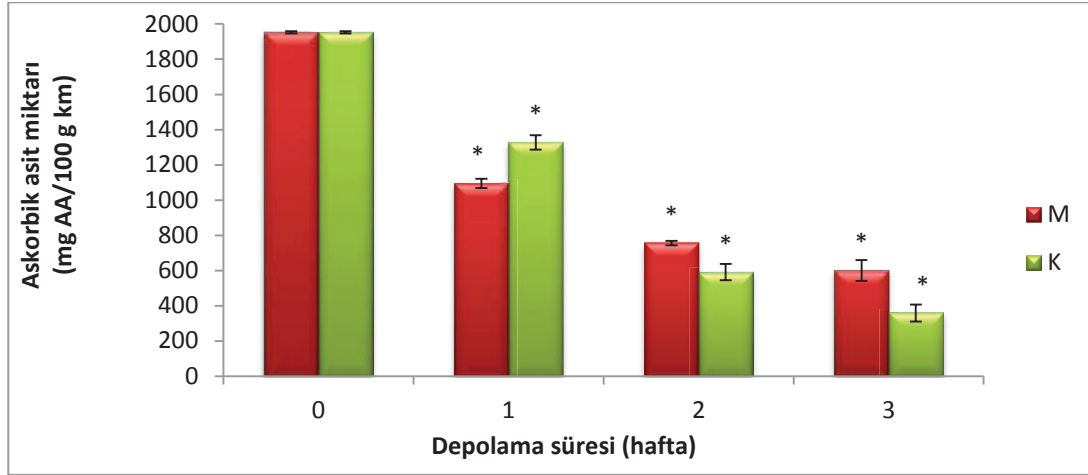
Örneklerin askorbik asit içeriği kalibrasyon eğrisi kullanılarak belirlenmiştir ve mg askorbik asit/100 g km şeklinde hesaplanmıştır (Tablo 4.6). Taze kırmızı biberin askorbik asit içeriği 1952,07 mg askorbik asit/100 g km olarak saptanmıştır. Bu değer bütün gruplarda depolama süresi boyunca önemli derecede azalmıştır ($P < 0,05$).

Tablo 4.6. Örneklerin askorbik asit miktarı (mg askorbik asit/100 g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	1952,07±6,44 ^a	1630,81±6,51 ^b	1175,84±90,07 ^c	784,68±88,78 ^d
Etilen emici bulunmayan	1952,07±6,44 ^a	1094,98±26,06 ^b	755,16±13,18 ^c	600,09±58,3 ^d
Kontrol	1952,07±6,44 ^a	1326,87±41,26 ^b	560,95±45,92 ^c	357,68±48 ^d

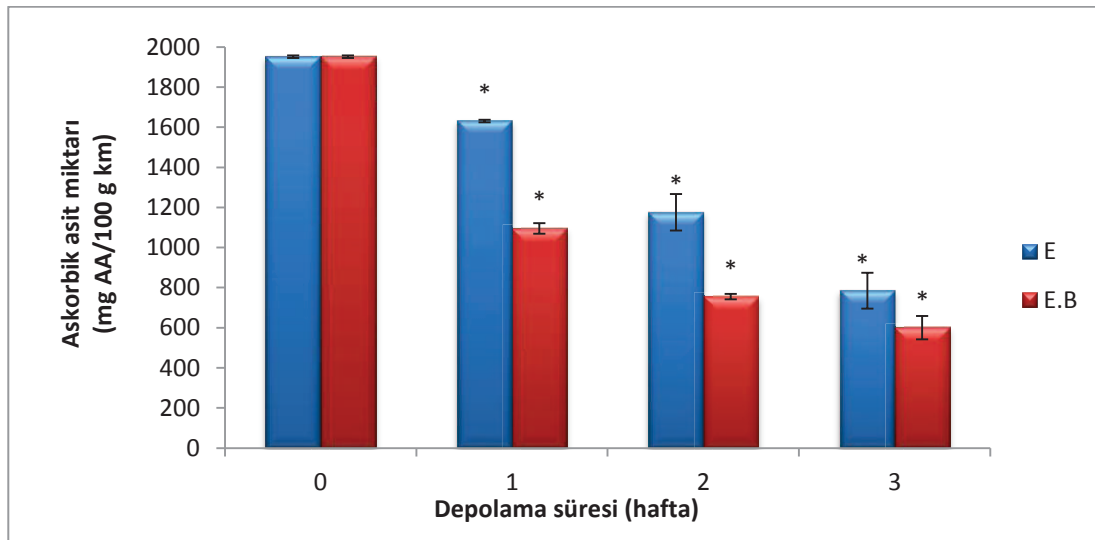
a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistik açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve uygulanmayan örneklerin askorbik asit değerleri Şekil 4.14’de verilmiştir. Depolamanın ilk haftasında kontrol grubunun askorbik asit değeri daha yüksek olurken diğer haftalarda paketlenen örneklerin askorbik asit içeriği kontrol grubuna göre istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).



Şekil 4.14. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin askorbik asit içeriği. M: Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

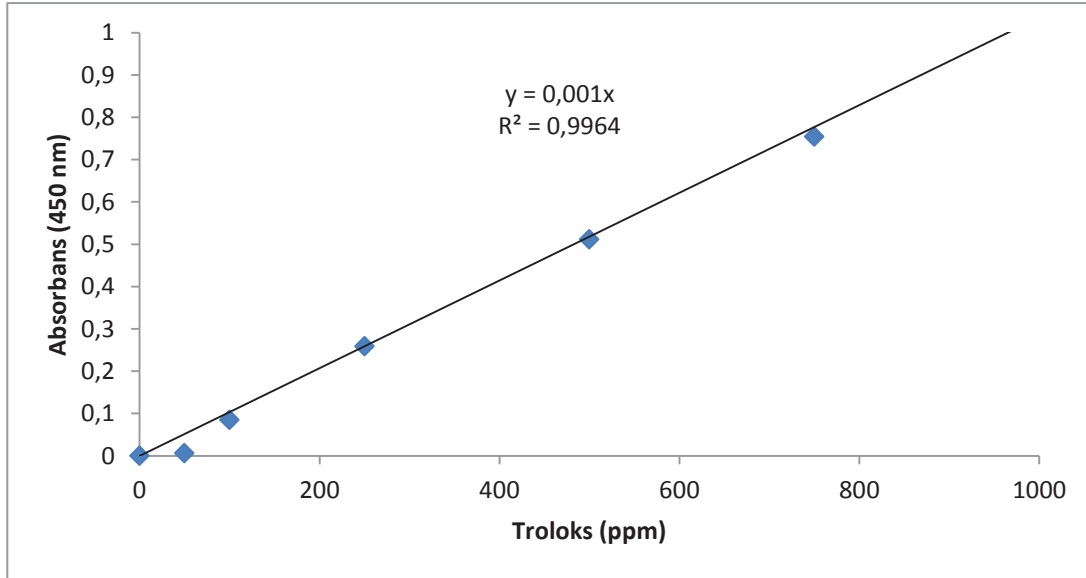
Üç haftalık depolama boyunca etilen emici bulunan paketlerin askorbik asit değeri etilen emici bulunmayan paketlere göre istatistiki açıdan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin askorbik asit içeriği. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

4.9. Örneklerin Cu^{2+} İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC)

CUPRAC yönteminde standart olarak farklı konsantrasyonlarda hazırlanan troloks çözeltileri kullanılmış ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Troloks standart eğrisi

Troloks kalibrasyon eğrisi kullanılarak, örneklerin CUPRAC değerleri mg troloks/100 g km olarak belirlenmiştir ve değerler Tablo 4.7’de verilmiştir. 3 hafta sonunda bütün grupların CUPRAC değerlerinin önemli derecede azaldığı belirlenmiştir ($P < 0,05$).

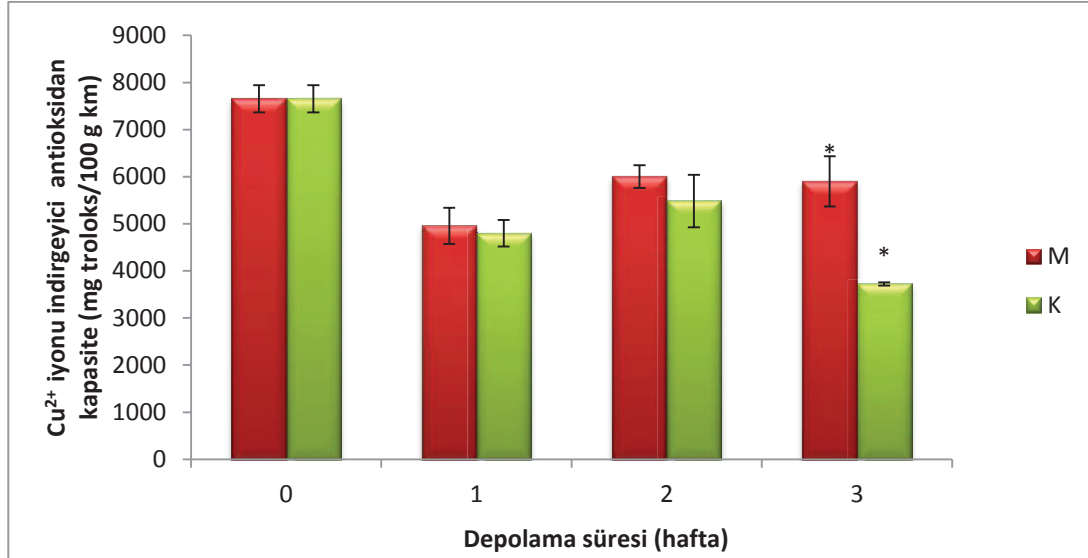
Tablo 4.7. Örneklerin CUPRAC değerleri (mg troloks/100 g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	7655,57±289,48 ^a	5518,02±228,06 ^b	6387,49±435,25 ^c	5520,83±193,14 ^b
Etilen emici bulunmayan	7655,57±289,48 ^a	4956,57±381,32 ^b	6002,93±243,74 ^b	5900,90±532,56 ^b
Kontrol	7655,57±289,48 ^a	4798,88±279,90 ^b	5482,76±558,10 ^b	3724,07±35,58 ^c

a-c: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

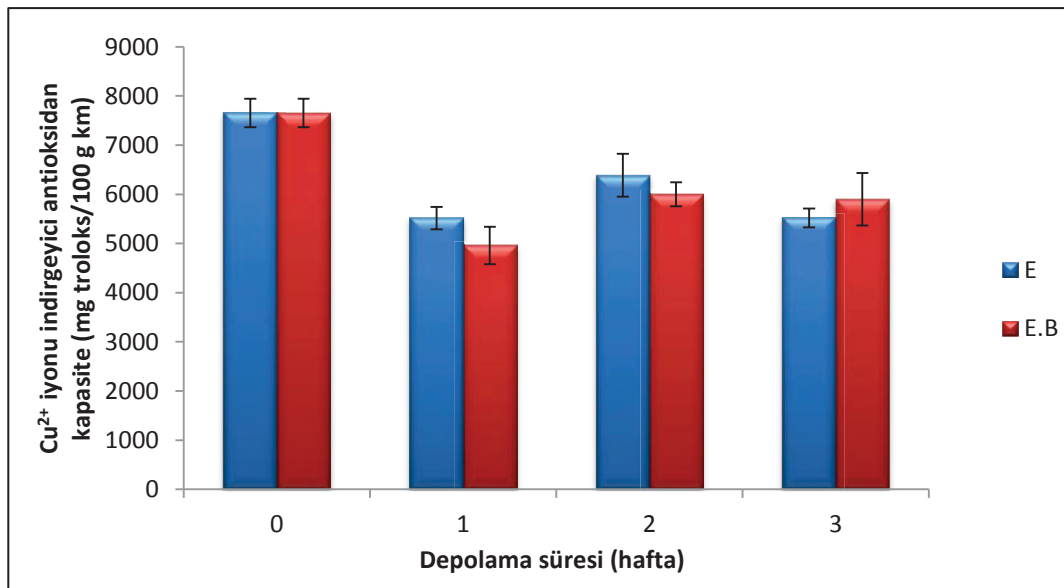
MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve kontrol gruplarının askorbik asit değerleri Şekil 4.17’de verilmiştir. Depolamanın ilk iki haftasında gruplar arasındaki

fark önemli bulunmazken 3 haftalık depolama sonunda kontrol grubunun CUPRAC değeri paketlenen gruba göre düşük bulunmuştur ve aradaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4.17. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin CUPRAC değerleri. M: Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

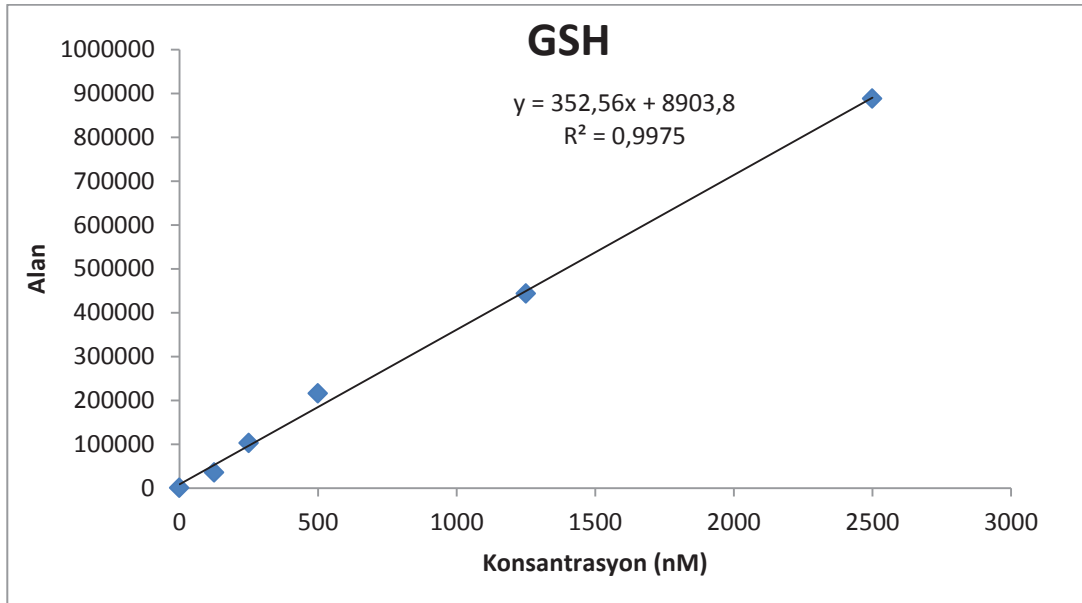
Etilen emici bulunan ve bulunmayan grupların CUPRAC değerleri arasındaki fark depolama süresi boyunca önemli bulunmamıştır (Şekil 4.18).



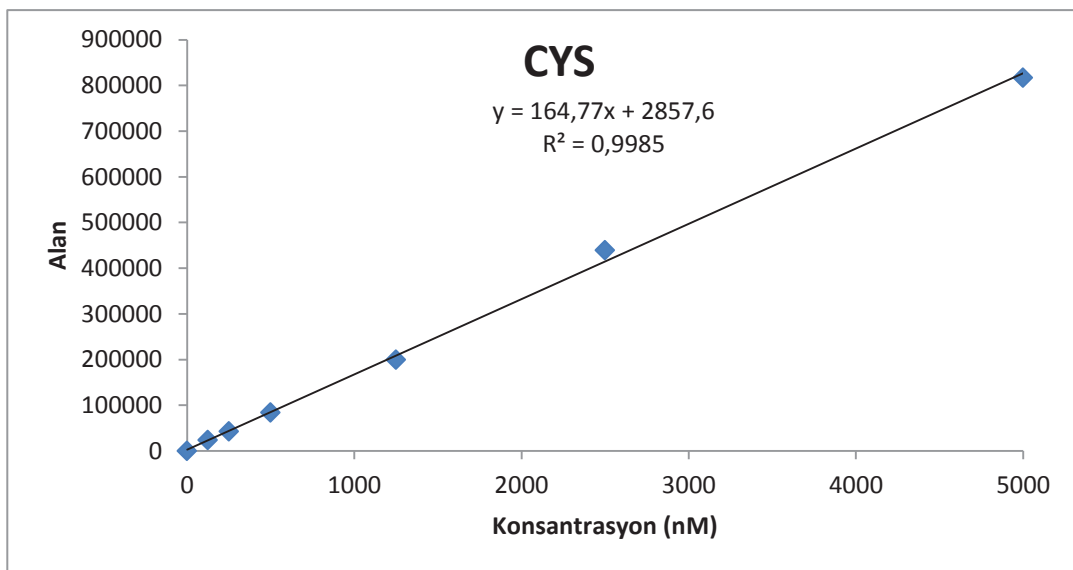
Şekil 4.18. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin CUPRAC değerleri. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan.

4.10. Örneklerin Tiyol İçerikleri

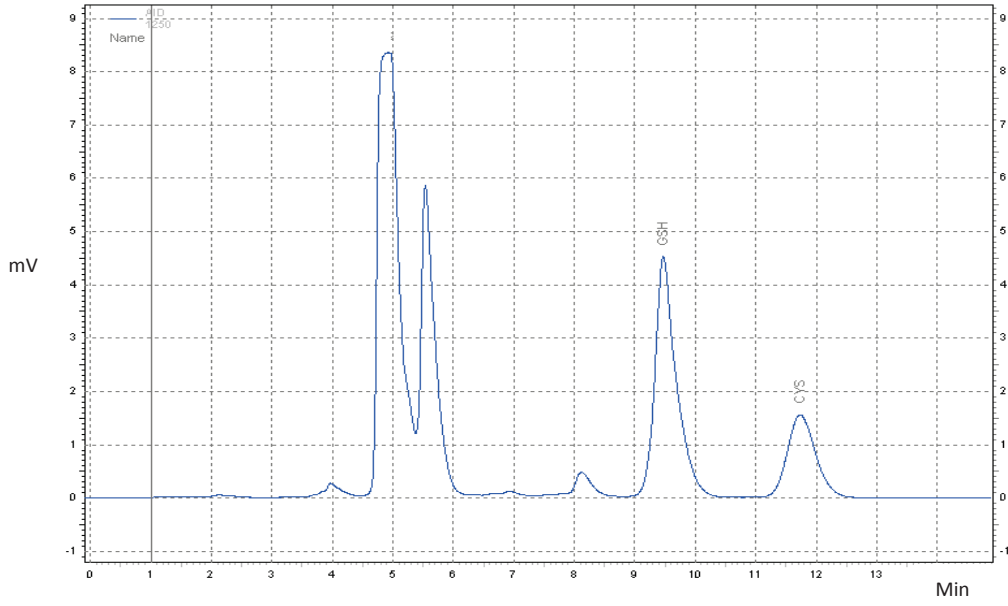
Örneklerin tiyol miktarının saptanması için Winters ve ark. (1995) tarafından geliştirilen Demirkol ve ark. (2004)'nın gıdalara uyarladığı metot uygulanmıştır. Standart olarak GSH ve CYS kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrileri Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de, GSH ve CYS standartlarının okutulması ile elde edilen kromatogramlar ise Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



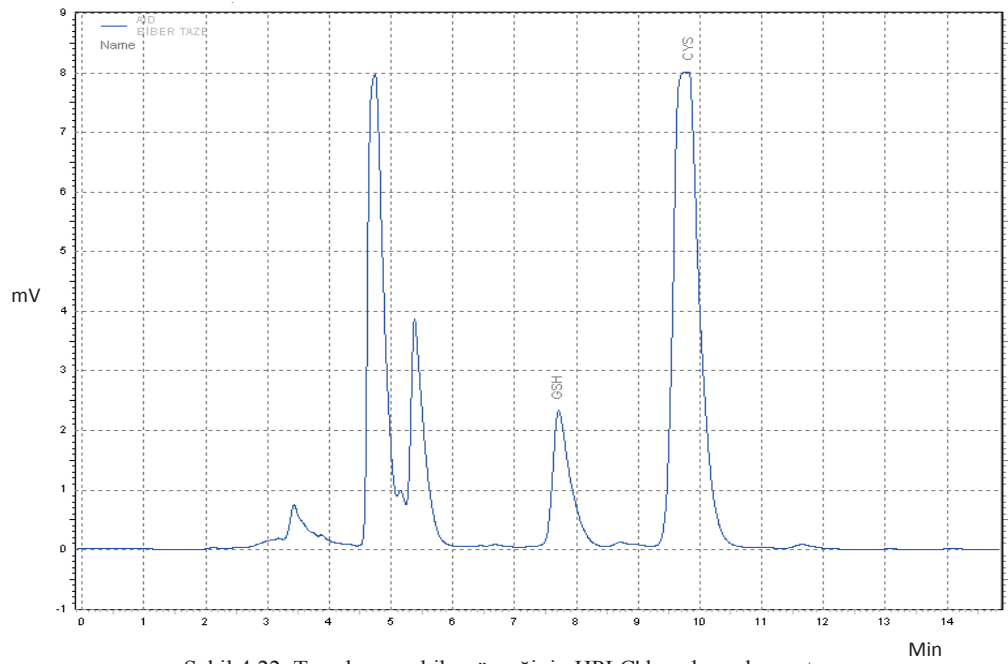
Şekil 4.19. GSH standart eğrisi.



Şekil 4.20. CYS standart eğrisi.



Şekil 4.21. GSH ve CYS standart karışımının HPLC' den alınan kromatogramı.



Şekil 4.22. Taze kırmızı biber örneğinin HPLC'den alınan kromatogramı

Örneklerin GSH ve CYS içerikleri kalibrasyon eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır ve değerler Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da verilmiştir. Tüm gruplarda depolama süresi sonunda GSH ve CYS değerlerinde önemli azalma meydana gelmiştir ($P < 0,05$).

Tablo 4.8. Örneklerin GSH içeriği (nM/g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	204,97±19,17 ^a	211,31±10,58 ^a	143,96±10,72 ^b	136,17±9,26 ^b
Etilen emici bulunmayan	204,97±19,17 ^a	120,15±1,48 ^b	69,62±5,77 ^c	68,59±2,85 ^c
Kontrol	204,97±19,17 ^a	170,73±6,02 ^b	196,53±4,91 ^{ab}	175,76±14,01 ^b

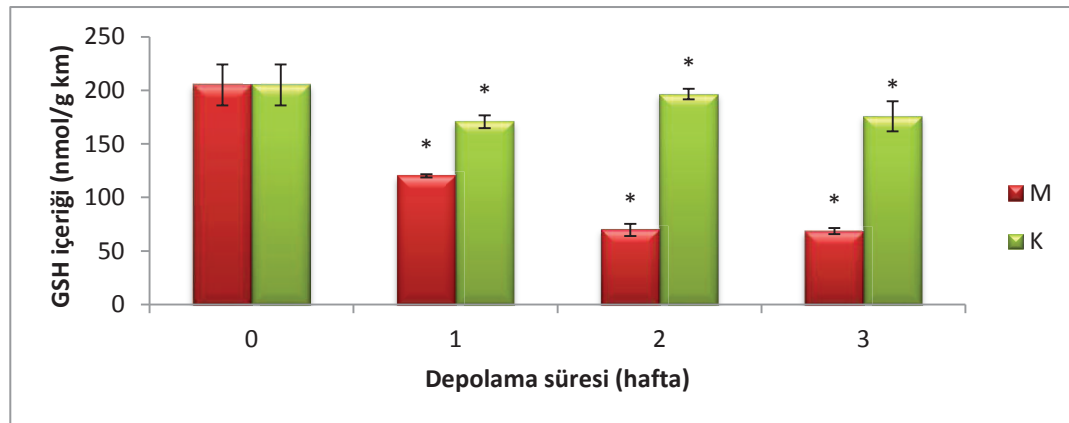
a-c: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Tablo 4.9. Örneklerin CYS içeriği (nM/g km)

Örnekler	0.Hafta	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Etilen emici bulunan	2725,49±111,87 ^a	2199,55±15,58 ^b	1478,45±36,51 ^c	1064,45±28,20 ^d
Etilen emici bulunmayan	2725,49±111,87 ^a	1626,87±15,02 ^b	1603,46±68,57 ^b	1295,68±19,36 ^c
Kontrol	2725,49±111,87 ^a	1363,49±96,89 ^b	1440,56±31,42 ^b	1540,41±81,30 ^b

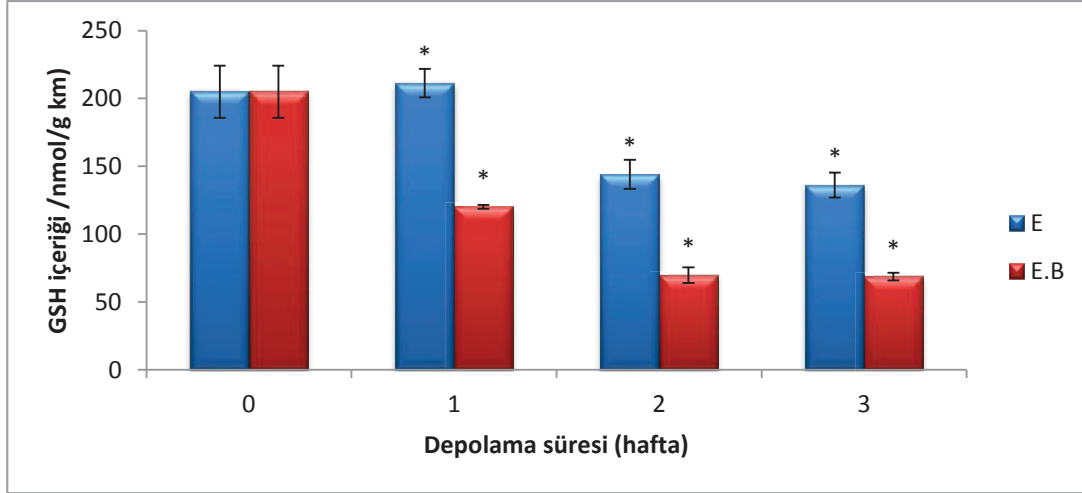
a-d: Satır boyunca farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve kontrol grubu karşılaştırıldığında 3 hafta boyunca iki grup arasındaki GSH içeriği farkı istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ve kontrol grubunun daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



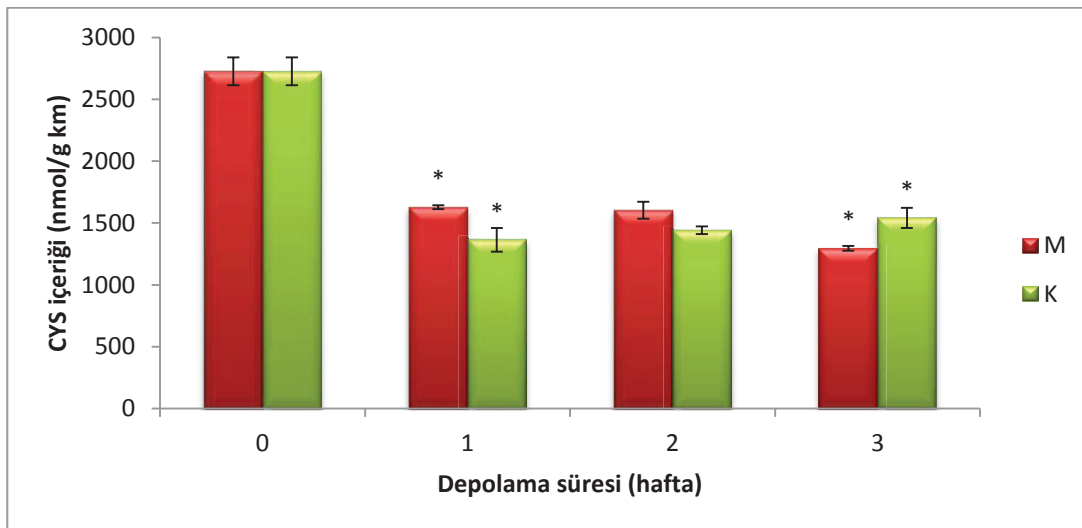
Şekil 4.23. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin GSH içeriği. M: Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Paketleme yapılan gruplar arasında etilen emicinin etkisi değerlendirildiğinde ise haftalık yapılan karşılaştırmalar sonucu etilen emici bulunan grubun GSH içeriği bulunmayan gruba göre istatistiki olarak önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24).



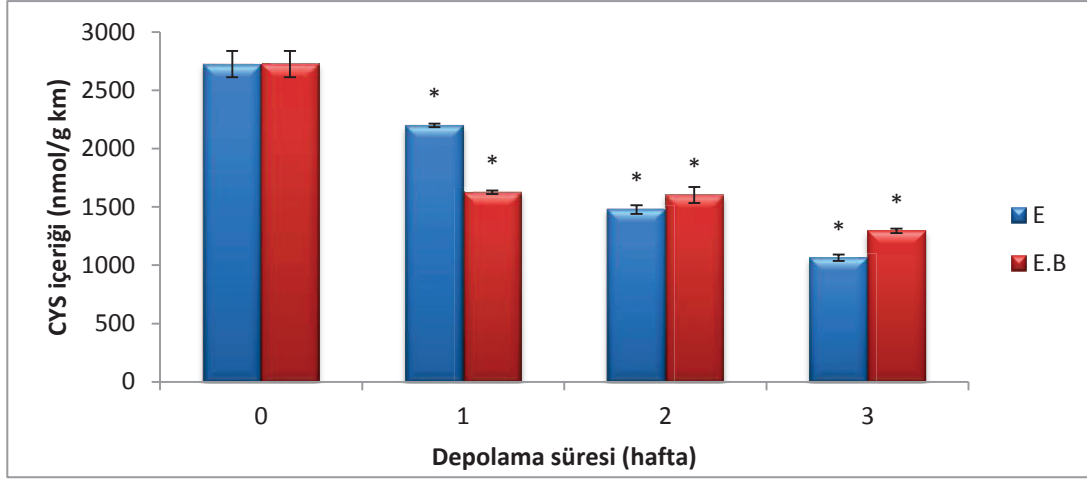
Şekil 4.24. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin GSH içeriği. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Üç haftalık depolama boyunca MAP uygulamasının kırmızı biberlerin CYS içeriği üzerindeki etkisi incelenmiş ve 1. hafta paketlenen grup önemli derecede yüksek değerlere sahip olurken 3. hafta sonunda kontrol grubunun değerleri istatistiki açıdan yüksek bulunmuştur (Şekil 4.25) ($P<0,05$).



Şekil 4.25. MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin CYS içeriği. M: Modifiye atmosfer paketlenen (etilen emici bulunmayan), K: Kontrol. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P<0,05$).

MAP uygulanan gruplarda etilen emici kullanımı ilk hafta istatistiki açıdan önemli derecede fark oluştursa da 2. ve 3. haftalarda CYS içeriği üzerinde etkili olmadığı hatta etilen emici bulunmayan grupların önemli derecede yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Etilen emici bulunan ve bulunmayan örneklerin CYS içeriği. E: Etilen emici bulunan, E.B: Etilen emici bulunmayan. *: Aynı haftadaki farklı gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($P < 0,05$).

BÖLÜM 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada kırmızı biberler, MAP yöntemi ile 3 hafta süre ile depolanmış, ayrıca MAP uygulanan biberlerin bir kısmına, depolama süresince paket içerisinde etilen gazı birikmesini önlemek için etilen emiciler yerleştirilmiştir. Haftalık olarak yapılan mikrobiyolojik analizlerde toplam mezofilik aerobik bakteri, maya-küf, anaerobik bakteri sayısı belirlenmiştir. Ayrıca biberlerin ağırlık kaybı, kuru madde miktarı analizleri ve antioksidan özelliklerini incelemek için DPPH radikalini giderme aktivitesi, toplam fenolik madde içeriği, OH• yakalama aktivitesi, FRAP yöntemi, askorbik asit içeriği ve CUPRAC analizi spektrofotometrik olarak, tiyol analizleri ise HPLC yöntemiyle saptanmıştır.

Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre 3 haftalık depolama süresi boyunca paketlenmiş ve paketlenmemiş kontrol gruplarının hiçbirinde mezofilik aerobik bakteri, maya-küf, anaerobik bakteri gelişimi gözlenmemiştir. Bunun sebebi kırmızı biberlerin paketlenmeden önce 100 ppm aktif klor içeren sodyum hipoklorit çözeltisi ile 1 dakika süre ile dezenfekte edilmiş olması olarak düşünülmektedir. Klor dezenfeksiyonu kimyasal stabilite, ucuzluk, kolay erişilebilme ve uygulanabilme, düşük konsantrasyonda etkili olma gibi sebeplerden dolayı hasat sonrası taze sebze ve meyve dezenfeksiyonunda oldukça sık kullanılmaktadır. Örneğin, marul, havuç, ıspanak, elma, domates gibi bitkisel ürünlerde rutin olarak klor uygulanmaktadır (Qiang ve ark., 2005). Organik maddeler klorlu bileşikler ile kompleks oluşturup kanserojenik etki yaratabilmektedir. Bu nedenle yüksek sıcaklıkta kullanılmamaları ve temas süresinin kısa tutulması önerilmektedir (Bağcı ve Temiz, 2006). Bu çalışmada da benzer çalışmalarda olduğu gibi kırmızı biberler 100 ppm klor çözeltisine 1 dakika süre ile daldırılmış ve ardından musluk suyu ile durularak kurutulmuştur (Howard ve Brenes, 1997; Manolopoulou ve ark., 2012; Singh ve ark., 2014).

3 haftalık depolama süresi boyunca etilen emici bulunan, etilen emici bulunmayan ve kontrol (paketleme yapılmamış) gruplarında ağırlık kayıpları sırası ile %2,49, %2,64 ve %18,90 olarak tespit edilmiştir. Etilen emici bulunan ve bulunmayan gruplar arasında önemli fark bulunmazken, paketlenmiş (etilen emici bulunmayan) ve kontrol grubu arasında fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Manolopoulou ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada MAP ile depolanan biber örneklerinin ağırlık kaybı limitinin %5 olacağını rapor etmişlerdir. MAP uygulanan örnekler bu limitin altında kalırken, kontrol grubu limitin çok üstünde değere sahiptir. Demirdöven ve ark. (2006) yaptıkları bir başka çalışmada farklı kalınlıkta ve farklı paketleme materyalleri kullanarak biberleri 7°C'de 45 gün boyunca depolamışlardır. Depolamanın 25. gününde paketlenen örneklerdeki ağırlık kaybı maksimum %1,91 olurken, kontrol grubunda bu değer %21,3 olarak belirtilmiştir. Yine Halloran ve arkadaşları (2000) tarafından yapılan bir çalışmada Kandil dolma biber çeşidine farklı ambalaj materyalleri ile MAP uygulanmış ve 8°C'de 28 gün sonunda kontrol örneklerinde ağırlık kaybı ortalama %15,14 olurken paketlenmiş örneklerde ortalama %0,51 olarak belirlenmiştir. Taze ürünlerin bir çoğunda ağırlık kaybı %5'in üzerinde olduğu zaman üründe yumuşama oluşmakta ve ürünler pazarlanamayacak düzeye gelmektedir. Depolama süresince ağırlık kaybı, su kaybından kaynaklandığı için paketlenmemiş ürünlerde fazla olduğu düşünülmektedir.

Depolama süresi sonunda etilen emici bulunan, etilen emici bulunmayan ve kontrol örneklerinin kuru madde değerleri sırası ile %10,8, %9,25 ve %16,23 iken taze kırmızı biberde bu değer %9,16 bulunmuştur. Paketlenmemiş kontrol grubunun kuru madde miktarının, diğer gruplara göre istatistiki açıdan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

DPPH radikalini giderme aktivitesi üzerinden verilen antioksidan aktivite değeri 3. hafta sonunda tüm gruplarda önemli derecede azalmıştır. MAP uygulanan grupta % DPPH radikalini giderme aktivitesinin, paketleme yapılmamış kontrol grubuna göre istatistiki açıdan çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

MAP uygulanan gruplarda etilen emici kullanımının DPPH radikali giderme aktivitesi üzerindeki etkisi incelendiğinde birinci hafta iki grup arasında fark önemsiz olurken 2. ve 3. haftalarda etilen emici bulunmayan grupların radikal giderme aktivitesi etilen emici bulunan gruplara göre istatistiki açıdan yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Depaa ve ark. (2006), farklı türlerde kırmızı biberlerin DPPH radikalini giderme aktivitesini incelemiştir. Örnekler arasındaki en yüksek indirgeme aktivitesi %72 (ekstrakt konsantrasyonu: 2g/20 mL) olarak belirtilmiştir ve çalışmamızda (ekstrakt konsantrasyonu: 100mg/mL) elde edilen sonuçlar ile (%74) ile benzerlik göstermektedir. Erdoğan (2013) tarafından yapılan tez çalışmasında taze kırmızı biberin DPPH radikali giderme aktivitesini %80 olarak belirlenmiştir (ekstrakt konsantrasyonu: 5 mg/mL). Yapılan bir diğer çalışmada ise farklı renklere sahip 5 biber çeşidinin farklı olgunluk aşamalarındaki DPPH radikalini giderme aktivitesi değerleri incelenmiş ve olgunlaşmış biberlerin antioksidan kapasitesinin olgunlaşmamış biberlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tamamen olgunlaşmış biberlerin yüksek antioksidan kapasitesi, bu evredeki biber tüketiminin besinsel önemini yansıtmaktadır (Ghasemnezhad ve ark., 2011).

Chitravathi ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada yeşil biberleri farklı türde polimer filmlerle paketlemişler ve 8°C'de 28 gün boyunca depolamışlardır. 1g/29 mL oranındaki ekstrakt kullanarak örneklerin DPPH radikalini giderme aktivitesini incelemiştir. Depolamanın 14. gününde tüm grupların antioksidan aktivitesinde istatistiki açıdan önemli artış görülürken, 28. gününde yaşlanma ile birlikte azalma gözlenmiştir. MAP uygulaması yaşlanmayı geciktirdiğinden dolayı paketlenmiş örneklerin antioksidan aktivitesi paketlenmemiş örneklere göre istatistiki açıdan yüksek bulunmuştur. Sonuçlar, çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

FCR ile toplam fenolik madde tayininde örneklerin fenolik madde miktarları 100 g kuru maddede GAE olarak verilmiştir. Taze kırmızı biberin toplam fenolik madde miktarı 1261,62 GAE/100 g km olarak belirlenmiştir. Modifiye atmosfer paketlenen ve paketlenmenin yapılmadığı kontrol gruplarının her ikisinde 3 hafta sonunda fenol miktarında önemli derece düşüş gözlenmiştir. Paketlenmiş ve paketlenmemiş gruplar

haftalık olarak kendi aralarında karşılaştırıldıklarında fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($P < 0,05$).

Etilen emici bulunan ve bulunmayan MAP gruplarına bakıldığında ilk hafta etilen emici bulunan grupta taze örneğe göre istatistiki açıdan önemli bir fark tespit edilmemiştir. 2. ve 3. haftalarda her iki grupta da toplam fenolik madde miktarında taze örneğe göre önemli derecede azalma meydana gelmiştir. Birinci ve 2. haftalarda iki grup arasındaki fark önemli bulunurken 3. hafta sonunda aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P < 0,05$).

Ciz ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada birçok sebzenin toplam fenol miktarı incelenmiş ve kırmızı biberdeki fenolik madde miktarı 115,7 mg gallik asit/100 g taze örnek olarak belirtilmiştir. Yine Erdoğan (2013) tarafından yapılan çalışmada kırmızı biberin toplam fenolik madde miktarı 15929,63 mg/kg km olarak belirtilmiştir. Bu değerler çalışmamız ile (115,56 mg GAE/100 g taze örnek, 12616,2 mg GAE/100 kg km) paralellik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada, farklı renkteki biberlerin 30 günlük depolama boyunca toplam fenolik madde miktarındaki değişim incelenmiştir. Tüm biber çeşitlerindeki toplam fenolik madde miktarının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca polifenol oksidaz (PPO) aktivitesindeki değişimin de incelendiği çalışmada, 3. haftada kırmızı biberlerin PPO aktivitesi maksimum değerine ulaşmıştır (Barbagallo ve ark., 2012). Fenoller, hücrede koful içerisinde PPO'dan ayrılmış durumdadır. Hücrenin zarar görmesi fenolik maddeler ile PPO'nun bir araya gelmesine neden olarak oksidasyona yol açmaktadır (McConchie ve Lang, 1993). Bu araştırma, toplam fenolik madde miktarının kırmızı biberlerde 3 hafta sonunda azalmasının sebebini açıklamaktadır. Rodoni ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, MAP uygulayarak depoladıkları taze kırmızı biberlerde toplam fenolik madde miktarını 193 mg/kg olarak belirlemişlerdir. 12 günlük depolamanın sonunda MAP uygulanan ve uygulanmayan örneklerin toplam fenolik madde miktarında azalma meydana gelmiştir. Ancak kontrol grubunun fenolik madde miktarı MAP uygulanan gruptan daha yüksek bulunmuştur. Yapılan bir diğer çalışmada ise MAP uygulanan biberler ile paketlemenin yapılmadığı kontrol grubunun toplam fenolik madde miktarı 28 günlük depolama

sonunda arttığı, flavonoid miktarının ise azaldığı gözlenmiştir. Araştırmacılar, fenolik madde miktarının artmasını, flavonoidlerin ikincil fenolik maddelere dönüşümünden dolayı olabileceği şeklinde açıklamışlardır (Chitravathi ve ark., 2015). Çalışmamızda MAP uygulanan grup ile kontrol grubu arasında fenolik madde miktarlarının farklı çıkmamasında da bu durumun etkili olabileceği düşünülmektedir.

3 haftalık depolama süresi boyunca paketlenen ve yapılmayan kontrol grubunun OH[•] yakalama aktivitesi incelendiğinde, 1. hafta sonunda iki grup arasındaki fark önemli bulunmazken 2. ve 3. haftalarda MAP uygulanan grubun değerleri istatistiki açıdan önemli derece yüksek olduğu belirlenmiştir. Askorbik asit içeriğinin MAP uygulanan grupta daha yüksek olması bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. MAP uygulanan örneklerde etilen emicinin etkisi incelendiğinde haftalık olarak yapılan karşılaştırmalar sonucunda iki grup arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (P<0,05).

Demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) yönteminde sonuçlar mg FeSO₄/100 g km olarak verilmiştir. MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve uygulanmayan kontrol grupları karşılaştırıldığında 1. hafta sonunda iki grup arasında istatistiki açıdan fark bulunmazken 2. ve 3. haftalarda MAP uygulanan grubun değerleri önemli derecede yüksek bulunmuştur. MAP uygulanan gruplarda etilen emicinin etkisi incelendiğinde ise 2. haftada etilen emici bulunan grubun FRAP değerleri önemli derecede yüksek bulunmuştur. 3. hafta sonunda iki grup arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (P<0,05).

Deepa ve ark. (2007), bazı biber çeşitlerinin olgunlaşma sırasındaki antioksidan aktivitelerini incelemişler ve olgunlaşmış biberlerin FRAP değerlerinin olgunlaşmamış biberlerden önemli derecede yüksek olduğunu belirlemişlerdir. MAP uygulanan grubun kontrol grubuna göre yüksek FRAP değerlerine sahip olmasının sebebi askorbik asit değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Örneklerin askorbik asit tayininde spektrofotometrik yöntem uygulanmış olup sonuçlar mg askorbik asit/100 g km olarak verilmiştir. Taze kırmızı biberin askorbik asit miktarı 1952,07 mg/100 g km olarak belirlenmiştir. Depolama süresince 3 grupta

da askorbik asit değerlerinde istatistiki olarak azalma gözlenmiştir. Modifiye atmosfer paketlenme yapılan ve paketlenmenin yapılmadığı kontrol grubu arasında karşılaştırılma yapıldığında 1. hafta sonunda kontrol grubunun askorbik asit değeri daha yüksek olurken 3. hafta sonunda kontrol grubunda azalma meydana gelmiştir ve paketlenen grup ile aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Etilen emici bulunan ve bulunmayan gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında 3 hafta boyunca etilen emici bulunan grubun askorbik asit değerleri bulunmayan gruba göre yüksek çıkmış ve fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Vanderslice ve ark. (1990), birçok sebzenin C vitamini miktarını inceledikleri bir çalışmada kırmızı biberin C vitaminini 155 mg/100 g taze örnek olarak belirtmişlerdir. Çalışmamızda bulunan C vitamini değeri (178,81 mg AA/100 g taze örnek) bu değer ile paralel bulunmuştur. Singh ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada MAP uygulanmış taze yeşil biberlerin AA değeri ise 112,5 mg/100 g örnek olarak belirlenmiştir. *Capsicum annuum* L. türüne ait tatlı biberlerin 4 farklı olgunluk aşamasındaki (olgunlaşmamış yeşil, yeşil, olgunlaşmamış kırmızı ve kırmızı) antioksidan özelliklerinin değerlendirildiği başka bir çalışmada biberlerin C vitamini içerikleri incelenmiştir. 100 gram taze örnekte olgunlaşmamış yeşil biberin 42,3 mg, yeşil biberin 54,3 mg, olgunlaşmamış kırmızı biberin 63,0 mg ve kırmızı biberin ise 90,7 mg C vitamini içerdiği belirlenmiştir. Olgunlaşma arttıkça taze biberlerin AA içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Türlerin farklılığı, yetiştirme koşulları, sıcaklık dalgalanmaları gıdalardaki askorbik asit değerlerinin farklı çıkmasında etkili olmaktadır (Marin ve ark., 2004; Depaa ve ark., 2006; Singh ve ark., 2014).

Barbagallo ve ark. (2012), farklı renkteki biberleri 30 gün boyunca depolamışlar ve AA değerlerindeki değişimi incelemişlerdir. Bütün biber çeşitlerinde AA değerleri depolama sonunda önemli derecede azalmıştır. Yapılan başka bir çalışmada 38µm kalınlığında polipropilen film ve nem emici kullanarak yeşil biberler MAP ile 8°C'de depolanmıştır. Depolama süresi boyunca örneklerin kuru madde üzerinden AA değerlerinde düşüş meydana gelmiştir ve paketlenme yapılan örneklerle yapılmayan örnekler arasında önemli derecede fark oluşmuştur (Singh ve ark., 2014). Özdirek (2013), kırmızı biberlere MAP ve farklı yöntemler uygulayarak 30 gün boyunca

depolamış ve AA içeriğini incelemiştir. AA değeri MAP uygulanan grupta kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Rahman ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise farklı oranlarda perforasyonlara sahip polipropilen filmler ile MAP uygulanan biberlerin askorbik asit değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiki açıdan önemli derecede yüksek olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmalar, sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. MAP yönteminde kullanılan düşük oksijen konsantrasyonu AA'in oksidasyonunu azalttığı düşünülmektedir (Gonzalez-Aguilar ve ark., 2004).

Manolopoulou ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise *Capsicum annuum* L. türü yeşil biberler polietilen (LDPE, MDPE) ve PVC ambalaj filmleri kullanılarak paketlenmişler ve 5°C ve 10°C olarak belirlenen iki farklı sıcaklıkta depolanmışlardır. On dört günlük modifiye atmosfer depolama sonunda polietilen paketlenen örneklerin AA içeriğindeki değişiklik önemli bulunmazken PVC ile paketlenen örneklerde ve kontrol grubunda önemli azalma meydana gelmiştir. Bu çalışma ile kullanılan film çeşidinin AA değerleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Kırmızı biberlerin CUPRAC değerleri mg troloks eşdeğeri cinsinden hesaplanmış olup 3 haftalık depolama süresi sonunda bütün gruplarda taze örneğe göre istatistiki açıdan önemli azalma gözlenmiştir. MAP uygulanan (etilen emici bulunmayan) ve kontrol grupları karşılaştırıldığında 1. ve 2. haftalarda gruplar arasında istatistiki açıdan fark bulunmazken 3. haftanın sonunda paketlenen grubun CUPRAC değeri kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. MAP uygulanan gruplarda etilen emici kullanımı önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($P < 0,05$).

Gorinstein ve ark. (2009), çiğ olarak oldukça sık tüketilen sebzelerin antioksidan özelliklerini iki farklı metanol ekstraktı kullanarak incelemişler ve kırmızı biberin CUPRAC değerini 20,06 ve 45,63 $\mu\text{mol troloks/g km}$ olarak belirlemişlerdir. Sonuçlar, çalışmamızda bulunan taze kırmızı biberin CUPRAC değeri (30,61 $\mu\text{mol troloks/g km}$) 7655,57 mg troloks/100 g km ile paralellik göstermektedir. CUPRAC yönteminde tiyol türü antioksidanlar da okside olabilmektedir. MAP uygulanan grup

ile kontrol grubu arasında fark çıkmaması, kontrol grubunun içerdiği GSH miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kırmızı biberde önemli tiyollerden olan GSH ve CYS içeriği, HPLC cihazı kullanılarak belirlenmiştir. MAP uygulanan örneklerde beklenenin aksine kontrol grubuna kıyasla önemli derecede düşük GSH içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda (Galant ve ark., 2011; Kopriva ve Rennenberg, 2004; McConchie ve Lang, 1993) bitkilerde karbonhidrat miktarının artması, GSH sentezini arttırıcı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubunda fazla su kaybından dolayı karbonhidrat konsantrasyonu arttığı için GSH miktarının yüksek olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sistein miktarının azalması da GSH sentezinin artmasını açıklamaktadır. Kırmızı biberde bulunan yüksek C vitamini, GSH miktarını korumada önemli etkiye sahip olması da kontrol grubundaki yüksek GSH miktarının nedenlerinden birini oluşturabilir. İki grup arasındaki CYS değerleri karşılaştırıldığında ise ilk hafta MAP grubunun değerleri önemli derecede yüksek bulunurken 3. hafta sonunda durumun tersine döndüğü gözlenmiştir ($P<0,05$). Quang ve ark. (2005), bazı sebzelere hidrojen peroksit, serbest klor ve ozon gibi dezenfektanları 30 dakika süre ile uygulamış ve tiyol miktarlarındaki değişimleri incelemiştir. Bu uygulamalar sonucunda kırmızı biberin GSH değerlerinin ortalama %66, CYS değerlerinin ise %15 oranında azaldığı görülmüştür. Dezenfektanların uygulama süresinin uzunluğu ve uygulama dozajı ürünlerin kalitesini etkilemektedir. Gümüştay ve ark. (2015) ise domates ve zencefil farklı metotlarla kuruttukları çalışmalarında örneklerin GSH ve CYS içeriğinin kurutma işlemiyle önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

GSH içeriğinde 3 haftalık depolama boyunca etilen emici kullanımının etkili olduğu görülmüş ve etilen emici bulunan grubun bulunmayan gruba göre önemli derecede yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. CYS değerlerine bakıldığında ise 1. hafta etilen emici bulunan grup yüksek değerlere sahip olurken 2. ve 3. haftanın sonunda etilen emici bulunmayan grubun CYS değerlerinin istatistiki açıdan önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$).

Etilen, bitkilerde gelişmeyi düzenleyen hormon olarak bilinmektedir ve 0,01 $\mu\text{L/L}$ konsantrasyonunda bile farklılaşmayı ve yaşlanmayı etkilemektedir. Hızlandırılmış hücre ölümlerini uyarabilmekte ve peroksidaz aktivitesini tetikleyebilmektedir (Gonzalez ve ark., 1991). Biberler, karbondioksit ve etilen üretimi bakımından klimakterik olmayan meyveler grubunda sınıflandırılmaktadırlar. Fakat, bazı çalışmalarda biberlerin etilen miktarının olgunlaşmayı başlatmaya yeterli olabildiği rapor edilmiştir. Yapılan bir çalışmada 4 olgunluk aşamasındaki biberlerin etilen üretimi incelenmiş ve kırmızı biberlerin yeşil biberlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek etilen üretimine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca etilen üretimindeki artış klorofil kaybına ve sertlikte azalmaya sebep olmuştur. Tan ve ark. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise *C. annuum* cv. *Kulai* türündeki biber, olgunlaşma sırasındaki etilen üretiminin artışından dolayı klimakterik meyve olarak sınıflandırılmıştır (Biles ve ark., 1993, Lim ve ark., 2007).

Ku ve ark. (1999) tarafından yapılan başka bir çalışmada, klimakterik olmayan sebze ve meyvelerin yaşlanmasını geciktirmede düşük etilen seviyesinin önemi araştırılmış ve etilen konsantrasyonunun azaltılmasıyla meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömürlerinin arttığı belirlenmiştir. Klimakterik olmayan ürünler için, etilen eşik değerinin 0,005 $\mu\text{L/L}$ konsantrasyonun altında olması gerektiği ve bütün ticari durumlarda, ürünlerin etrafındaki etilen konsantrasyonunun 0,005 $\mu\text{L/L}$ 'den fazla olduğu belirtilmiştir. Ortamdaki etilen birikiminin azaltılması, klimakterik olmayan ürünlerin hasat sonrası ömrünün artmasında önemli etkiye sahiptir.

Klimakterik olmayan bir meyve olan çileğin hasat sonrası ömrüne, etilenin etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada ise çilekler, farklı konsantrasyonlarda etilen içeren havaya maruz bırakılmıştır. Atmosferde bulunan etilen konsantrasyonunun azalmasıyla çileğin raf ömrü artmış ve yumuşama da önemli derecede azalmıştır. Aynı çalışmada etilen emici olarak kullanılan potasyum permanganatın ortamda bulunan etilen konsantrasyonunu önemli derecede azalttığı ve raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir (Wills ve Kim, 1995).

Klimakterik olmayan bir sebze olan yeşil fasülyenin hasat sonrası kalitesine, etilenin etkisi incelendiği bir çalışmada atmosferdeki etilen konsantrasyonu azaltıldıkça yeşil fasülyenin raf ömrünün arttığı belirlenmiştir (Wills ve Kim, 1996).

Sonuç olarak, çalışmamızda kırmızı biberlere MAP yönteminin uygulanması, pazarlanabilirlikte önemli parametrelerden biri olan ağırlık kaybını koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca DPPH radikali giderme aktivitesi, FRAP, OH yakalama aktivitesi, askorbik asit ve CUPRAC değerlerinin, paketlenen yapılmadığı kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarında, MAP uygulaması değişiklik oluşturmamış GSH içeriğinde ise paketlenen yapılmayan grup daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Ek olarak etilen emici kullanımının kırmızı biberlerin askorbik asit ve GSH içeriğinde 3. haftanın sonuna kadar, toplam fenolik madde ve FRAP değerlerinde ise 2. haftanın sonuna kadar etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca CYS miktarı etilen emici bulunan grupta 1. haftanın sonunda önemli derecede yüksek bulunurken, OH• yakalama aktivitesi ve CUPRAC değerlerinde farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalara dayanarak, etilen emici kullanımı ürünün olgunlaşmasını yavaşlattığı ve bu nedenle kalite kaybını önlediği düşünülmektedir.

BÖLÜM 6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışma ile kırmızı biber örneklerinin modifiye atmosfer paketlenme yöntemi uygulanarak uygun sıcaklık ve bağıl nemde depolanmasının fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca etilen emici kullanımı 2 haftalık depolamada biberlerin fonksiyonel özelliklerini daha iyi korumuştur.

Türkiye’de çok fazla tüketilen kırmızı biber yurt dışına ihracatta da önemli yere sahiptir. Taze haliyle yüksek antioksidan kapasitesine sahip olan kırmızı biberin antioksidan özelliklerinin minimum etkilenmesi için gereken prosesin uygulanması gerekmektedir. Ürünün yurt dışına ihracatı sırasında geçen sürede ürün su ve kalite kaybına uğradığı için pazarlanabilirliği azalabilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile gerek depolamada gerekse ihracat sırasında modifiye atmosfer paketlenme yönteminin uygun sıcaklıkla kombinasyonunun kullanılması ürünün kalitesini korumak açısından üreticilere önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AKKUŞ, İ., Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. Mimoza Yayınları, Konya, 1995.

ALAVİ, S., THOMAS, S., SANDEEP, K., P., KALARİKKAL, N., VARGHESE, J., YARAGALLA, S., Polymers for packaging application. Apple Academic Press, Canada, 347-354, 2015.

ALBAYRAK, S., SAĞDIÇ, O., AKSOY, A., Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(4): 401-409, 2010.

ALTAN, N., DİNÇEL, A.S., KOCA, C., Diabetes Mellitus ve oksidatif stres. Turk JBiochem., 31 (2): 51-56, 2006.

ANONYMOUS, Peppers, sweet, red, raw. USDA National Nutrient Database for Standards Reference, 2012.

ANONİM, Türkiye'nin dünyada lider olduğu ürünler. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Bugem Faaliyetleri. Ankara, 2014.

ANONYMOUS, Peppers. University of District of Columbia, Center For Nutrition, Diet And Health, 1: 10, 2010.

ANONYMOUS, Sweet Pepper (*Capsicum annuum*). Agriculture, Forestry and Fisheries Republic Of South Africa, 2013.

APAK, R., GÜÇLÜ, K., DEMIRATA, B., ÖZYÜREK, M., ÇELİK, S. E., BEKTAŞOĞLU, B., ÖZYURT, D., Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. Molecules, 12(7): 1496-1547, 2007.

APAK, R., GÜÇLÜ, K., ÖZYÜREK, M., KARADEMİR, S. E., Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(26): 7970-7981, 2004.

BAĞCI, U., TEMİZ, A., Taze sıkılmış meyve sularının mikrobiyolojik kalitesi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 4: 1-20, 2006.

BARBAGALLO, R. N., CHISARI, M., PATANÉ, C., Polyphenol oxidase, total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed 'California Wonder' and 'Quadrato d'Asti' sweet peppers. *LWT-Food Science and Technology*, 49(2): 192-196, 2012.

BAYSAL, T., ERSUS, S., Karotenoidler ve insan sağlığı. *Gıda*, 24 (3): 177-185, 1999.

BENZIE, I.F.F., STRAIN, J.J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power" the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76, 1996.

BIALE, J. B., Growth, maturation, and senescence in fruits recent knowledge on growth regulation and on biological oxidations has been applied to studies with fruits. *Science*, 146(3646): 880-888, 1964.

BILES, C. L., WALL, M. M., BLACKSTONE, K., Morphological and physiological changes during maturation of New Mexican type peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(4): 476-480, 1993.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C., Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensm-Wiss.U.- Technol.*, 28: 25-30, 1995.

BÜYÜK, İ., AYDIN, S., ARAS, S., Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110, 2012.

CANTWELL, M., Bell pepper: Recommendations for maintaining postharvest quality. University of California Postharvest Technology Center, 2013.

CEMEROĞLU, B., Meyve ve sebze işleme teknolojisi. 1.Cilt. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara, 191-192, 2004.

CHITRAVATHI, K., CHAUHAN, O. P., RAJU, P. S., Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*, 4: 1-9, 2015.

ČÍŽ, M., ČIŽOVÁ, H., DENEV, P., KRATCHANOVA, M., SLAVOV, A., LOJEK, A., Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables. *Food Control*, 21(4): 518-523, 2010.

CORRÊA, S. F., DA SILVA, M. G., OLIVEIRA, J. G., AROUCHA, E. M. M., SILVA, R. F., PEREIRA, M. G., VARGAS, H., Effect of the potassium permanganate during papaya fruit ripening: Ethylene production. In *Journal de Physique IV (Proceedings)*, 125: 869-871, 2005.

ÇAPANOĞLU, E., BEEKWILDER, J., BOYACIOĞLU, D., HALL, R., DE VOS, R., Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3): 964-973, 2008.

ÇAYLAK, E., Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. Tıp Araştırmaları Dergisi, 9(1): 73-83, 2011.

DE, A., K., BASU, S., K., The Genus *Capsicum*. In “*Capsicum*”. Taylor and Francis Inc., New York, 2004.

DEEPA, N., KAUR, C., SINGH, B., KAPOOR, H. C., Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6): 572-578, 2006.

DEEPA, N., KAUR, C., GEORGE, B., SINGH, B., KAPOOR, H.C., Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. LWT 40: 121-129, 2007.

DEMİRAY, E., TÜLEK, Y., Kurutma işleminin kırmızı biberdeki renk maddelerine etkisi. Electronic Journal of Food Technologies, 7(3): 1-10, 2012.

DEMİRDÖVEN, A., BATU, A., ECE, A., Biberin modifiye atmosferde paketlenerek depolanması. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 1-7, 2006.

DEMİRKOL, O., ERCAL N., Glutathione. Handbook of Analysis of Active Compounds in Functional Foods. Chapter 4: 69-84, 2011.

DEMİRKOL, O., ADAMS, C., ERCAL, N., Biologically important thiols in various vegetables and fruits. J. Agric. Food Chem., 52: 8151-8154, 2004.

DÜRÜST, N., SÜMENGİN, D., DÜRÜST, Y., Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(6): 2085-2087, 1997.

ELDAHSHAN, O. A., SINGAB, A. N. B., Carotenoids. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2(1): 225-234, 2013.

ERDİNÇ, B., ACAR, J., Gıda muhafazasında modifiye atmosfer paketlenme. Gıda 21(1): 17-21, 1996.

ERDOĞAN, B., Kırmızı biber salçası üretiminde antioksidan özelliklerdeki değişim. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

ERKMEN, O., Gıda Mikrobiyolojisi. 4. Baskı, Ankara, 267, 2010.

FARI, M., Pepper (*Capsicum annuum* L.). Biotechnology in Agriculture and Forestry 2: 345, 1986.

GALANT, A., PREUSS, M. L., CAMERON, J. C., JEZ, J. M., Plant glutathione biosynthesis: diversity in biochemical regulation and reaction products. Frontiers in plant science, 2., 2011.

GHASEMNEZHAD, M., SHERAFATI, M., PAYVAST, G. A., Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. Journal of functional foods, 3(1): 44-49, 2011.

GOETZ, W., Polyamide for Flexible Packaging Film. PLACE Conference. Rome, Italy, 2003.

GONZALEZ, A., R.S. TAMES, AND R. RODRIGUEZ., Ethylene in relation to protein, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rooting in hazelnut cotyledons. Physiologia Plant. 83: 611-620, 1991.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A., AYALA-ZAVALA, J. F., RUIZ-CRUZ, S., ACEDO-FÉLIX, E., DIAZ-CINCO, M. E., Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. LWT-Food Science and Technology, 37(8): 817-826, 2004.

GORINSTEIN, S., PARK, Y. S., HEO, B. G., NAMIESNIK, J., LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., KANG, S. G., A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. European Food Research and Technology, 228(6): 903-911, 2009.

GORRIS, L.G.M., PEPPELENBOS, H.W., Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. Hort Technology 2(3): 303-309, 1992.

GÜMÜŞAY, Ö. A., BORAZAN, A. A., ERCAL, N., DEMIRKOL, O., Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. Food chemistry, 173: 156-162, 2015.

GÜR, F., GÜZEL, M., ÖNCÜL, N., YILDIRIM, Z., YILDIRIM, M., Süt serum proteinleri ve türevlerinin biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri. Akademik Gıda, 8(1): 23-31, 2010.

GÜRGÜN, V., HALKMAN, K., Mikrobiyolojide sayım yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın no:7, Ankara, 1990.

HALLORAN, N., YANMAZ, R., KASIM, M. U., KASIM, R., Kandil dolma biber çeşidinin modifiye atmosferde muhafazası (İngilizce). Gıda Dergisi, 25(2), 2000.

HOWARD, L. R., HERNANDEZ-BRENES, C., Antioxidant content and market quality of jalapeno pepper rings as affected by minimal processing and modified atmosphere packaging. Journal of Food Quality, 21(4): 317-327, 1998.

KAMAL, M. R., JINNAH, I. A., UTRACKI, L. A., Permeability of oxygen and water vapor through polyethylene/polyamide films. Polymer Engineering & Science, 24(17): 1337-1347. 1984.

- KANAT, N., AKDEMİR, S. C., Bakterilerde glutasyon ve önemi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(2): 111-117, 2014.
- KASIM, R., KASIM M. U., Sebzelelerde etilenin önemi ve 1-metilsiklopropen (1-mcp)'in kullanımı. OMÜ Zir. Fak. Dergisi 22(2): 227-231, 2007.
- KELEŞ, D., Biber yetiştiriciliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu, Erdemli-Mersin, 2012.
- KIM, T., Y., MIN, B., KIM, K., W., Innovations in food packaging. 2. Edition. Academic Press, 18-25, 2014.
- KOCA, N., KARADENİZ, F., Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. Gıda Dergisi, 30(4), 2005.
- KOPRIVA, S., RENNENBERG, H., Control of sulphate assimilation and glutathione synthesis: interaction with N and C metabolism. Journal of Experimental Botany, 55(404), 1831-1842, 2004.
- KU, V.V.V., SHONET, D., WILLS, RON., KIM, G., Importance of low ethylene levels to delay senescence of non-climacteric fruits and vegetables. South Korea Animal Production Science, 39(2): 221-224, 1999.
- KUMAR, O. A., TATA, S. S., Ascorbic acid contents in chili peppers (*Capsicum*L.). Notulae Scientia Biologicae, 1(1): 50-52, 2009.
- LEE, S. K., KADER, A., Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Post harvest biology and technology, 20(3): 207-220, 2000.
- LIM, C. S., KANG, S. M., CHO, J. L., GROSS, K. C., WOOLF, A. B., Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripeness. HortScience, 42(7): 1659-1664, 2007.
- LOBO, V., PATIL, A., PHATAK, A., CHANDRA, N., Free radicals antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacognosyreviews, 4(8): 118, 2010.
- MAGALHÃES, L. M., SEGUNDO, M. A., REIS, S., LIMA, J. L., Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. Analytica chimica acta, 613(1): 1-19, 2008.
- MANDA, K. R., ADAMS, C., ERCAL, N., Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their in vitro antioxidant properties. Food Chemistry, 118(3): 589-593, 2010.

MANOLOPOULOU, H., XANTHOPOULOS, G., DOUROS, N., LAMBRINOS, G., Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems engineering*, 106(4): 535-543, 2010.

MANOLOPOULOU, H., LAMBRINOS, G., XANTHOPOULOS, G., Active modified atmosphere packaging of fresh-cut bell peppers: Effect on quality indices. *Journal of Food Research*, 1(3): 148, 2012.

MAOKA, T., MOCHIDA, K., KOZUKA, M., ITO, Y., FUJIWARA, Y., HASHIMOTO, K., ENJO, F., OGATA, M., NOBUKUNI, Y., TOKUDA, H., NISHINO, H., Cancer chemopreventive of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Letters*, 172: 103-109, 2001.

MARIN, A., FERRERES, F., TOMAS-BARBERAN, F. A., GIL, M.I., Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 52: 3861-3869, 2004.

MATSUFUJI, H., Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3462-3471, 1998.

MCCONCHIE, R., LANG, N. S., Carbohydrate metabolism and possible mechanisms of leaf blackening in *Protea neriifolia* under dark postharvest conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(3): 355-361, 1993.

MEMİŞOĞULLARI R., Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi. *Dicle Tıp Fakültesi Dergisi*, 3: 30-39, 2005.

MERAL, R., DOĞAN, İ. S., KANBEROĞLU, G. S., Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 2012.

MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., HORNERO-MENDEZ, D., Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(10): 1616-1620, 1993.

NADEEM, M., ANJUM, F. M., KHAN, M. R., SAEED, M., RIAZ, A., Antioxidant potential of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) a review. *Pakistan Journal of Food Science*, 21(1-4): 45-51, 2011.

NİZAMLIOĞLU, N. M., NAS, S., Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(1): 20-35, 2010.

OHLSSON, T., BENGTSSON, N., Modified atmosphere packaging. *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, 62-65, 2012.

ÖTLEŞ, S., ATLI, Y., Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 3(1), 2011.

ÖZALP, R., Ülkemizde biber üretimi ve örtü altı biber yetiştiriciliği. Tarım Türk Dergisi, 24: 29-32, 2010.

ÖZDİREK, F., Çanakkale-Yenice koşullarında yetiştirilen Kapia biber çeşidinde modifiye atmosfer ve sıcak su uygulamalarının depolama kalitesine etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

QIANG, Z., DEMIRKOL, O., ERCAL, N., ADAMS, C., Impact of food disinfection on beneficial biothiols contents in vegetables. Journal of agricultural and food chemistry, 53(25): 9830-9840, 2005.

PONCE, P., CARBONARI, G. L., LUGÃO, A. B., Active packaging using ethylene absorber to extend shelf-life, 2009.

RAHMAN, M. M., MIARUDDIN, M., CHOWDHURY, M. G. F., KHAN, M. H. H., MATIN, M. A., Effect of different packaging systems and chlorination on the quality and shelf life of green chili. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 37(4): 729-736, 2012.

RODONI, L., VICENTE, A., AZEVEDO, S., CONCELLÓN, A., CUNHA, L. M., Quality retention of fresh-cut pepper as affected by atmosphere gas composition and ripening stage. LWT-Food Science and Technology, 60(1): 109-114, 2014.

RUBIO, A. L., ALMENAR, E., MUNOZ, P. H., LAGARON, J. M., CATALA, R. ANDGAVARA, R., Ethylene scavengers. Food Reviews International, 20: 357-387, 2004.

SINGH R., GIRI S.K., KOTWALIWALE, N., Shelf-life enhancement of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under modified atmosphere storage. Food packaging and Shelf Life I: 101-112, 2014.

SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R., LAMUELA-RAVENTOS, R.M., Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol., 299: 152-178, 1999.

SMIRNOFF, N., CUMBES, Q. J., Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. Phytochemistry, 28: 1057-1060, 1989.

SÖYLEMEZOĞLU, G., Klimakterik ve klimakterik olmayan bahçe bitkileri üzerinde etilenin etkisi ile etilen antagonistlerinin hasat sonrası fizyolojisinde kullanım imkanları. Gıda 23(5): 329-337, 1998.

ŞEN, L., BATU, A., Patatesin modifiye atmosferde paketlenerek depolanması. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi (1): 7-15, 2007.

TAN, C. K., ALI, Z. M., ZAINAL, Z., Changes in ethylene production, carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening. Scientia Horticulturae, 142: 23-31, 2012.

TANO, K., Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruits of vegetables. *Post Harvest Biology and Technology* 46: 212-221, 2007.

TIRZITIS, G., BARTOSZ, G., Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. *Acta Biochim Pol*, 57(2): 139-42, 2010.

TOPUZ, A., OZDEMIR, F., Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7): 596-602, 2007.

UYLAŞER, V., BAŞOĞLU, F., Temel Gıda Analizleri Kitabı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, 2011.

VANDERSLICE, J. T., HIGGS, D.J., HAYES, J.M., BLOCK, G., Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten. *J. Food Compos. Anal.* 3: 105-118, 1990.

WAHYUNI Y., Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. *J. Nat. Prod.*, 76(4): 783-93, 2013.

WILLS, R. B. H., KIM, G. H., Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 6(3): 249-255, 1995.

WILLS, R. B. H., KIM, G. H., Effect of ethylene on postharvest quality of green beans. *Animal Production Science*, 36(3): 335-337, 1996.

WINTERS, R., ZUKOWSKI, J., ERCAL, N., MATTHEWS, R. H., SPITZ, D. R., Analysis of glutathione, glutathione disulfide, cysteine, homocysteine, and other biological thiols by high-performance liquid chromatography following derivatization by N-(1-pyrenyl) maleimide. *Anal. Biochem.*, 22: 14-21, 1995.

WOJDYŁO, A., OSZMIAŃSKI, J., CZEMERYYS, R., Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105: 940-949, 2007.

ZHANG, D., HAMAUZU, Y., Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. *J. Food Agric. Environ*, 1(2): 22-27, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

İnci CERİT, 06.10.1989 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2007 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl ODTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2012 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve aynı yıl araştırma görevlisi olarak Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde çalışmaya başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

