

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OZON GAZI UYGULAMASININ KARADUTUN (*Morus nigra*  
L.) MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTESİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NADİDE TABAKOĞLU**

**DENİZLİ, MART - 2016**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**OZON GAZI UYGULAMASININ KARADUTUN (*Morus nigra*  
L.) MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTESİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NADİDE TABAKOĞLU**

**DENİZLİ, MART - 2016**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Nadide TABAKOĞLU tarafından hazırlanan "Ozon Gazı Uygulamasının Karadutun (*Morus nigra* L.) Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesi Üzerine Etkisi" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.03.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


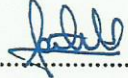

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. HAKAN KARACA

Üye  
Doç. Dr. FATİH ŞEN

Üye  
Yrd. Doç. Dr. HALUK ERGEZER

  
.....  
  
.....  
  
.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
22.03.2016.. tarih ve .12/08..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
.....

Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez alışması PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL  
ARAŞTIRMA PROJELERİ BİRİMİ tarafından 2015FBE022 nolu proje ile  
desteklenmiŐtir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**Nadide TABAKOĞLU**



## ÖZET

**OZON GAZI UYGULAMASININ KARADUTUN (*Morus nigra* L.)  
MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
NADİDE TABAKOĞLU  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. HAKAN KARACA)

DENİZLİ, MART - 2016

Üzümsü meyveler, oldukça kısa raf ömrüne sahip, kolay bozulabilen gıdalardandır. Gıda endüstrisi için nispeten yeni bir dezenfektan olan ozon, bazı taze meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılması amacıyla denenmiş ve üzüksü meyveler dâhil birçok üründe başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada, taze karadut meyvesinin bazı önemli kalite parametrelerindeki değişimler, normal hava ve ozon atmosferinde (0,3 ve 2,4 ppm) 2°C’de ve %95 bağıl nemde 6 gün süren depolama boyunca incelenmiştir. İzlenecek kalite parametreleri toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), Enterobacteriaceae ve maya-küf sayıları, ağırlık kaybı ve örneklerin askorbik asit ve toplam monomerik antosiyanin miktarları olarak belirlenmiştir. Depolamanın ilk evresinde, incelenen tüm mikroorganizma türlerinin sayıları ozon atmosferinde depolanan örneklerde hava atmosferinde depolanan örneklere göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde düşük çıkmıştır ( $p<0.05$ ). Ancak bu durum zamanla değişmiş ve depolama periyodu sonunda farklı ortamlarda depolanan örneklerin TMAB ve maya-küf sayıları arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Bu durum, Enterobacteriaceae familyasına ait mikroorganizmalar için farklı gerçekleşmiş ve depolama periyodu sonunda 2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerdeki Enterobacteriaceae sayısı ( $3,67\pm 0,11$  log kob/g), 0,3 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerden ( $5,38\pm 0,07$  log kob/g) ve normal hava atmosferinde depolanan örneklerden ( $5,87\pm 0,03$  log kob/g) istatistiksel açıdan daha düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Muhtemelen üründe gerçekleşen terlemeyi sınırlandırması nedeniyle, ozon atmosferinde depolama meyvede meydana gelen ağırlık kaybını azaltmış ve bu etki artan ozon konsantrasyonu ile artmıştır. Ozon atmosferinde depolama uygulaması örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriğinde herhangi bir değişime neden olmazken, askorbik asit düzeylerinde bazı minor değişikliklere yol açmıştır. **Mart 2016, 66 sayfa**

**ANAHTAR KELİMELELER:** Ozon, karadut, mikrobiyal kalite, askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin, ağırlık kaybı

## ABSTRACT

### EFFECTS OF OZONE GAS ON THE MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL QUALITY OF MULBERRY FRUIT (*Morus nigra* L.)

MSC THESIS

NADİDE TABAKOĞLU

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. HAKAN KARACA)

DENİZLİ, MARCH 2016

Berries are perishable fruits with a very short shelf life limited by weight loss, color changes, microbiological deterioration, etc. Ozone, a relatively new agent for food industry, was examined to extend the shelf life of many fresh fruits and successful results were achieved in some products including berries. In this study, changes in some important quality parameters of fresh black mulberries were investigated during storage at 2°C and 95% RH for 6 days in atmospheres of air and ozone (0.3 and 2.4 ppm). The selected quality parameters of mulberry samples were the counts of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), Enterobacteriaceae, yeast-mold, weight loss and the contents of ascorbic acid and total monomeric anthocyanins. On the first sampling day, the numbers of all microorganisms tested were significantly lower in the samples stored in ozone atmosphere compared to that in air ( $p < 0.05$ ). However, this situation changed in time and at the end of the storage period the counts of TMAB and yeast-mold in the samples stored in air and ozone were found to be not significantly different ( $p > 0.05$ ) from each other. The case was different for Enterobacteriaceae where the counts in samples stored in 2.4 ppm ozone atmosphere ( $3.67 \pm 0.11$  log kob/g) were significantly lower than that in 0.3 ppm ozone ( $5.38 \pm 0.07$  log kob/g) and air ( $5.87 \pm 0.03$  log kob/g) at the end of storage ( $p < 0.05$ ). Probably due to restricting transpiration, storage in the ozone atmosphere reduced weight loss from the fruit and the effect increased by increasing the ozone dose. Ozone in the storage atmosphere did not affect total monomeric anthocyanin contents and caused slight changes in ascorbic acid levels of the samples. **March 2016, 66 pages**

**KEYWORDS:** Ozone, black mulberry, microbial quality, ascorbic acid, total monomeric anthocyanin, weight loss

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>4</b>
2.1 Üzümsü Meyveler .....	4
2.1.1 Dut Meyvesi ( <i>Morus</i> spp.) .....	5
2.1.2 Karadut Meyvesi ve Sağlığa Etkileri .....	6
2.1.3 Dut Meyvesinin Kullanım Alanları .....	10
2.2 Üzümsü Meyvelerin Taze Olarak Muhafaza Edilmesi .....	10
2.3 Ozon Uygulaması.....	14
2.3.1 Ozon Hakkında Genel Bilgi .....	14
2.3.2 Ozon Üretimi.....	17
2.3.3 Meyve ve Sebzelerin İşlenmesinde Ozon Kullanımı .....	18
2.3.3.1 Meyve ve Sebzelerde Mikrobiyal İnaktivasyon için Ozon Kullanımı ..	20
2.3.3.2 Meyve ve Sebzelerin Fizyolojisi ve Duyusal Kalite Özellikleri .....	24
Üzerine Ozonun Etkisi .....	24
2.3.3.3 Meyve ve Sebzelerin Kimyasal Kalite Özellikleri Üzerine .....	28
Ozonun Etkisi .....	28
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>32</b>
3.1 Mikrobiyolojik Analizler.....	33
3.1.1 Besiyerlerinin Hazırlanması .....	33
3.1.2 Mikroorganizma Sayısının Hesaplanması.....	34
3.2 Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	34
3.2.1 Ağırlık Kaybı Tayin Yöntemi .....	34
3.2.2 L-Askorbik Asit Tayin Yöntemi .....	34
3.2.2.1 Kimyasalların Hazırlanması .....	35
3.2.2.2 Askorbik Asit Miktarının Hesaplanması .....	36
3.2.3 Toplam Monomerik Antosiyanin Tayin Yöntemi.....	36
3.2.3.1 Kimyasalların Hazırlanması .....	37
3.2.3.2 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarının Hesaplanması .....	37
3.3 İstatistiksel Analizler .....	38
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>39</b>
4.1 Normal Atmosferde ve Ozon Gazı İçeren Atmosferde Depolanan Karadut Örneklerinin Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Depolama Boyunca Değişimi .....	39
4.2 Normal Atmosferde ve Ozon Gazı İçeren Atmosferde Depolanan Karadut Örneklerinin Bazı Fiziksel-Kimyasal Özelliklerinin Depolama Boyunca Değişimi .....	46
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>53</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>55</b>



<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>66</b>
--------------------------	-----------

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 2.1:</b> Korona deşarj yöntemi ile ozon üretimi.....	18
<b>Şekil 2.2:</b> Başlıca antosiyanidinlerin kimyasal yapısı .....	24
<b>Şekil 2.3:</b> Ozonun etilen ile reaksiyonu .....	27
<b>Şekil 2.4:</b> Askorbik asidin dehidroaskorbik aside dönüşümü.....	30
<b>Şekil 3.1:</b> Askorbik asit standart eğrisi .....	36
<b>Şekil 4.1:</b> Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde TMAB sayısına etkisi .....	39
<b>Şekil 4.2:</b> Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı üzerine etkisi.....	42
<b>Şekil 4.3:</b> Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde maya-küf sayısı üzerine etkisi .....	44
<b>Şekil 4.4:</b> Farklı koşullarda depolanan karadut örneklerinde gerçekleşen % ağırlık kaybı.....	47
<b>Şekil 4.5:</b> Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde askorbik asit miktarına etkisi .....	49
<b>Şekil 4.6:</b> Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi .....	50

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> Üzümsü meyve kaynaklı salgın vakaları.....	2
<b>Tablo 2.1:</b> Farklı dut çeşitlerinin bazı fitokimyasal özellikleri.....	9
<b>Tablo 2.2:</b> Karadut meyvesinde hakim olan bazı gıda bileşenleri.....	9
<b>Tablo 2.3:</b> Çeşitli üzümsü meyvelerin soğukta depolama süreleri.....	12
<b>Tablo 2.4:</b> Ozon uygulamalarına ilişkin bazı önemli değerler.....	15
<b>Tablo 2.5:</b> Ozonun oksitleme gücünün diğer dezenfektanlarla karşılaştırılması.....	16
<b>Tablo 2.6:</b> Ozonun korozif olduğu ve olmadığı bazı materyaller.....	17
<b>Tablo 4.1:</b> Karadutun bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kalite kriterleri üzerine farklı depolama koşullarının etkisi.....	52

## SEMBOL LİSTESİ

<b>ABD</b>	:	Amerika Birleşik Devletleri
<b>BHA</b>	:	Bütillenmiş hidroksianisol
<b>BHT</b>	:	Bütillenmiş hidroksitoluen
<b>BOİ</b>	:	Biyolojik oksijen ihtiyacı
<b>Bx<sup>0</sup></b>	:	Briks
<b>CAT</b>	:	Katalaz
<b>KOİ</b>	:	Kimyasal oksijen ihtiyacı
<b>Cy</b>	:	Siyanidin
<b>C3G</b>	:	Siyanidin-3-Glukozit
<b>Dp</b>	:	Delfinidin
<b>DRBC</b>	:	Dichloron Rose Bengal Chlorophenical
<b>FAO</b>	:	Food and Agriculture Organization (Gıda Tarım Örgütü)
<b>FDA</b>	:	U.S. Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
<b>GAE</b>	:	Gallik asit eş değeri
<b>GRAS</b>	:	Generally Recognized as Safe
<b>GLM</b>	:	General Linear Model
<b>HAA</b>	:	Haloasetik asitler
<b>KOB</b>	:	Koloni oluşturan birim
<b>LOG</b>	:	Logaritmik birim
<b>MRD</b>	:	Maximum Recovery Diluent (Peptonlu fizyolojik tuzlu su)
<b>Mv</b>	:	Malvidin
<b>PCA</b>	:	Plate Count Agar
<b>Pg</b>	:	Pelargonidin
<b>Pn</b>	:	Peonidin
<b>PPO</b>	:	Polifenol oksidaz
<b>Pt</b>	:	Petunidin
<b>POD</b>	:	Peroksidaz
<b>PPM</b>	:	Parts per million (Milyonda bir)
<b>RH</b>	:	Relative humidity (Bağıl nem)
<b>SÇKM</b>	:	Suda çözünen kuru madde
<b>Spp</b>	:	Suş
<b>THM</b>	:	Trihalometan
<b>TMAB</b>	:	Toplam mezofil aerofil bakteri
<b>TSP</b>	:	Trisodyumfosfat
<b>UV</b>	:	Ultraviyole
<b>VRBD</b>	:	Violet Red Bile Dextrose Agar
<b>WHO</b>	:	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca bana bilgi ve deneyimlerini aktaran, fikirleri ve yönlendirici tutumuyla bana destek olan ve yol gösteren Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan KARACA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hocalarıma ve değerli arkadaşlarıma da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Öğrencilik hayatımda ve iş hayatımda maddi manevi destekleri ile her türlü sıkıntıda ve mutlulukta yanımda olan, beni yetiştiren, her anımda yanımda hissettiğim, şu an özlemini duyduğum canım babam Metin TABAKOĞLU'na ve sabrı ve desteğiyle bana güç veren ve her zaman yanımda olan, dutların toplanmasından geceleri laboratuarda deneysel çalışmalarına kadar her anımda beni yalnız bırakmayan ve her zaman yardım eden canım annem Selma TABAKOĞLU'na ve tatlı kardeşim Hande TABAKOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Pamukkale Üniversitesi'nde öğrencilik hayatım boyunca yanımda olan; sabrını ve desteğini esirgemeyen nişanlım Mustafa SÖZER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren PAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Nadide TABAKOĞLU  
Denizli, 2016

## 1. GİRİŞ

Minimal işlem görmüş gıdalar, özellikle de ayıklanıp doğranmış taze meyve ve sebzeler kullanım kolaylığı nedeniyle tüketicilerin ilgisini her geçen gün daha fazla çekmekte ve bu gıdalara duyulan talep sürekli artış göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda-Tarım Örgütü (FAO) gibi kuruluşlar da sağlık açısından doğal meyve ve sebze tüketimini teşvik etmektedir (Allende ve diğ. 2006). Tüketicilerin sağlık açısından günlük diyetlerine verdikleri önem arttıkça da üzümü meyveler gibi nutrasötiklerce zengin gıdalar ön plana çıkmaktadır. Çilek, böğürtlen, yaban mersini, dut gibi hem taze hem de işlenmiş olarak tüketilen üzümü meyveler çeşitli fenolik bileşikleri içermesi bakımından sağlıklı diyetin bir parçasıdır. Üzümsü meyvelerden dut bitkisi *Urticales* takımının *Moraecae* familyasından *Morus* cinsine dahildir. Anavatanı Çin olan *Morus alba* (Beyaz dut), anavatanı İran ve Kafkaslar olan *Morus nigra* (Karadut), anavatanı Kuzey Amerika olan *Morus rubra* (Mor dut) en çok rastlanan türlerdir. Ülkemizde de uzun yıllardan beri dut yetiştiriciliği yapılmakta olup dut meyveleri hem taze hem de işlenmiş olarak tüketilebilmektedir.

Taze dut meyvesinin yaklaşık %80 su içermesi ve oldukça hassas yapısı nedeniyle uzun süre muhafaza edilmesi zordur (Yang ve diğ. 2010). Dut gibi taze meyve ve sebzeler veya minimal işlem görmüş tarımsal ürünler metabolizma aktivitelerini hasattan tüketime kadar devam ettirmektedir. Bu ürünlerde hasat sonrasında, depolama boyunca gerçekleşen solunum, terleme, etilen üretimi ve enzimatik faaliyetler nedeniyle renk, tekstür, koku, aroma gibi duyu özelliklerin bozulmasının yanında besin değeri de (askorbik asit, antioksidan maddeler vb.) olumsuz etkilenmektedir. Bunun yanında; bu ürünlerde devam eden mikrobiyal aktivite de ürünün raf ömrünü sınırlamakta ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Nitekim 1996-2006 yılları arasında sadece ABD’de taze ürünlerden kaynaklanan 72 adet gıda kaynaklı hastalığın yaşandığı bildirilmiştir (Karaca 2010). Buna ek olarak; 1973-1997 yılları arasında ABD’de üzümü meyve tüketimine bağlı 1815 hastalık ve 24 taşıyıcılık vakasını da içeren 9 gıda kaynaklı hastalık salgınının gerçekleştiği belirtilmiştir (Bialka 2007). Tablo 1.1’de ABD’de gerçekleşen üzümü

meyve kaynaklı salgın vakaları ve bu salgınlara neden olan patojen mikroorganizmalar verilmektedir.

**Tablo 1.1:** Üzümsü meyve kaynaklı salgın vakaları (Bialka 2007)

Yıl	Patojen	Vaka sayısı	Meyve Çeşidi
1984	<i>Listeria monocytogenes</i>	Bilinmiyor	Böğürtlen ve çilek
1985	<i>Staphylococcus aureus</i>	14	Çilek
1990	Hepatit A virüsü	51	Çilek
1995	<i>Cyclospora</i> (protozoa)	38	Donmuş çilek
1995	<i>Cyclospora</i> (protozoa)	32	Ahududu
1995	<i>Cyclospora</i> (protozoa)	631	Ahududu
1997	<i>Cyclospora</i> (protozoa)	755	Ahududu
1997	Hepatit A virüsü	258	Donmuş çilek

Minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerde raf ömrünü uzatabilmek ve potansiyel patojen kontaminasyonlarının önüne geçmek için; depolama öncesi ürünün çeşitli dezenfektanlarla muamele edilmesi sıklıkla uygulanan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu amaçla klor bazlı dezenfektanlar gıda sanayinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Ancak; bu dezenfektanların bazı mikroorganizmalar, sporları ve virüslerin inaktivasyonunda yetersiz kalması, gıda yüzeyinde toksik kalıntılar bırakmaları nedeniyle birçok ülkede klora alternatif olabilecek uygulama arayışları hız kazanmıştır (Karaca 2010).

Klor, potasyum sorbat vb. dezenfektanlara alternatif olarak, hassas meyvelerin ve sebzelerin muhafazasında yüksek oksidatif etki ve geniş mikrobiyal spektruma sahip ozon kullanımına ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Rawson ve diğ. 2011). Avrupa'da uzun yıllar kullanılan, ABD'de GRAS (Generally Recognized as Safe) statüsüne alınan (Graham 1997) ve gıda uygulamalarında kullanımına izin verilen (Anonim 2001) ozonun kullanım alanları ve etkinliğinin araştırılması bilim insanları tarafından sürdürülmektedir. Ozon; tüketime hazır meyve ve sebzelere ozonlu su ile yıkama ve ozon atmosferde depolama şeklinde; taze meyve ve sebzelerin muhafaza süresini uzatmak, kuru meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek, pestisit ve mikotoksinleri indirmek ve enzim aktivitesini azaltmak amacıyla uygulanabilmektedir (Tetik ve diğ. 2006). Yapılan çalışmalar; gıdalar üzerinde kalıntı bırakmayan ozonun meyve ve sebzelerin fizyoloji ve kalitesi üzerine etkisinin bu gıdaların kimyasal kompozisyonu, uygulanan ozon dozu, uygulama tipi ve süresine

bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Rawson ve diğ. 2011). Ancak olumlu etkilerine ek olarak ozon; yüksek oksidatif etkisi dolayısıyla uygun dozlarda kullanılmadığında, gıdalarda kalite kayıplarına yol açarak ürünün tüketicisi tarafından tercih edilmemesine neden olabilmektedir (Aslansoy 2012). Bu bakımdan gerçekleştirilen çalışmaların, her ürüne ve prosese spesifik olarak optimizasyonunun yapılması gerektiği ve bu şekilde yapılan çalışmalarla ürünlerin kalite özellikleri olumsuz yönde etkilenmeden maksimum mikroorganizma inaktivasyonunun sağlanabileceği düşünülmektedir (Karaca 2010).

Bu çalışmada % 95 bağıl nem ve 2<sup>0</sup>C sıcaklıkta 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon gazı içeren atmosferde 6 günlük (2, 4 ve 6 gün) depolama boyunca dalından toplanmış karadutun (*Morus nigra*); bazı önemli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda; ozon ile muamele edilen ve edilmeyen karadut örneklerinde toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayısı, *Enterobacteriaceae* sayısı ve maya-küf sayısı ile örneklerdeki askorbik asit miktarı; toplam monomerik antosiyanin miktarı ve karadutlarda gerçekleşen ağırlık kaybı saptanmış ve bulunan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Üzümsü Meyveler

Üzümsü meyveler ülkemizde erken ilkbahar döneminde, iyi gelir getiren ve zevkle tüketilen meyvelerdendir. Üzümsü meyveler denildiği zaman daha çok üzüm, çilek, ahududu, böğürtlen, frenk üzümü, bektaşı üzümü, yaban mersini, kızılılık gibi cinsler ve bunlara bağlı türler akla gelmektedir. Son yıllarda yetiştirme tekniği gelişmeleri ile verimlilikleri artırılan ve çeşitli şekillerde değerlendirilebilmekte olan üzümsü meyveler; son 35 yıl içerisinde artan bir önem kazanmıştır. TÜİK 2015 verilerine göre; Türkiye’de 375.800 ton ( 141.893 dekar) çilek, 180 ton (533 dekar) yaban mersini, 69.334 ton (2.416.000 meyve veren dut ağacından) dut, 4.320 ton (4.885 dekar) ahududu ve 2.425 ton (2.464 dekar) böğürtlen üretiminin yapılmakta olduğu belirtilmiştir (Anonim 2016).

Tüketicilerin sağlık açısından günlük diyetlerine verdikleri önem arttıkça üzümsü meyveler gibi nutrasötiklerce zengin gıdalara verdikleri önem de artmaktadır. Çilek, böğürtlen, yaban mersini, dut gibi hem taze hem de işlenmiş olarak tüketilen üzümsü meyveler çeşitli fenolik bileşikler içerdiği bakımından sağlıklı diyetin bir parçasıdır. Üzümsü meyveler güçlü antioksidan özellikleri olan flavonoidler, tanenler ve fenolik asitler yönünden ve ayrıca renk ve aromadan sorumlu olan fenolik maddelerce oldukça zengindir. Fenolik maddeler gibi antioksidanlarca zengin diyet ile beslenmek de vücudu kalp ve damar hastalıkları, iltihap, obezite ve diyabet gibi patolojik ve kronik rahatsızlıklara karşı korumaktadır. Özellikle üzümsü meyvelerin içerdiği bazı fenolik maddelerin anti-aging (yaşlanma karşıtı) aktivite gibi fonksiyonel özelliklerinin yanında, bu gıdaların sahip olduğu antimikrobiyal özellikleriyle de antibiyotiklere dirençli bakterilerin neden olduğu problemlerin kontrol edilmesi açısından önem taşıdığı belirtilmiştir (Paredes-Lopez ve diğ. 2010).

### 2.1.1 Dut Meyvesi (*Morus spp.*)

*Urticales* takımının *Moraceae* familyasının *Morus* cinsine giren dut (*Morus spp.*), farklı iklim ve toprak şartlarına adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle, ılıman, tropik ve subtropik iklim bölgelerinde yetişebilen bir üzüm sü meyve türüdür. Genellikle kireçli-killi ve güney yönündeki toprakları seven, kuraklıktan fazla etkilenmeyen ve deniz seviyesinden 4000 m yüksekliğe kadar geniş bir alanda yetişebilen bir bitkidir (Ercişli ve Orhan 2007; Aramwit ve diğ. 2010; Boranbayeva ve diğ. 2014). Dünyanın ılıman iklimli bölgelerinde *Morus* cinsinin 100 kadar türü tanımlanmış olup bu türlerden yaygın olarak 10-12 türün yetiştiriciliği yapılmaktadır (Polat 2004).

Dutun gerek bitkisi gerek meyvesi değişik alanlarda kullanılarak değerlendirilebilmektedir. Yaprığı ipekböceği beslenmesinde kullanılmakta ve ülkemiz ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bakımdan sadece yaprağı için yetiştirilen birçok dut türü bulunmaktadır. Kağıt sanayi, mobilya, bazı müzik aletlerinin yapımında dut ağacından yararlanılmaktadır. Bazı dut türleri süs bitkisi olarak bahçe mimarisinde önem kazanmakla beraber, bazı türleri de çit bitkisi olarak kullanılmaktadır. Meyvesi, taze ve kuru tüketildiği gibi dutlardan reçel, pekmez vb. ürünler de yapılmaktadır. Ayrıca; Yiğit ve Yiğit (2008) tarafından karadutun (*Morus nigra* L.) yaprak ve meyvelerinin antibakteriyel aktivitesinin olduğu ve *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* üzerinde aktivite gösterdiği belirtilmiş ve en yüksek aktivitenin, *S. aureus* bakterisine karşı karadut yaprakları tarafından sergilendiği bildirilmiştir. Bununla bağlantılı olarak; dutun meyvesinin, kök ve gövde kabuklarının, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı pek çok hastalığın tedavisinde kullanıldığı da bilinmektedir (Baytop 1996; Polat 2004).

Meyvesinden faydalanılan ve yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan dut türleri beyaz dut (*Morus alba* L.), karadut (*Morus nigra* L.) ve kırmızı dut (*Morus rubra* L.)'tur (Ercişli ve Orhan 2007; Aramwit ve diğ. 2010; Boranbayeva ve diğ. 2014). Renkleriyle adlandırılmalarına rağmen meyve renginden dut cinsi anlaşılammaktadır. Örneğin beyaz dut meyvesi beyaz, mor ya da siyah renkte olabilmektedir. Kırmızı dut koyu kırmızı-siyah renktedir. Karadut ise koyu mor neredeyse siyah renkte ve genelde

büyük, sulu olması ve dengeli şeker-asit oranına sahip olması nedeniyle dutlar arasında en çok tercih edilenidir (Suh ve diğ. 2003).

*Morus alba*'nın anavatanı Çin, *Morus nigra*'nın anavatanı İran ve Kafkaslar, *Morus rubra*'nın anavatanı ise Kuzey Amerika'dır (Polat 2004). En fazla dut yetiştiren ülkeler, Hindistan ve Çin'dir. Bu ülkelerde dut, ipek böceklerinin (*Bombyx mori* L.) en önemli besin kaynağı olan yaprakları için yetiştirilmektedir (Ercişli ve Orhan 2007). Buna rağmen, Türkiye, Yunanistan gibi Avrupa ülkelerinde dut, yaprağından çok meyvesi için yetiştirilmektedir (Gerasopoulos ve Stavroulakis 1997).

Türkiye, kaliteli dut yetiştiriciliği için uygun koşullara sahiptir ve dutun Anadolu'da 400 yıldan uzun süredir yetiştigi bilinmektedir (Ercişli ve Orhan 2007; Boranbayeva ve diğ. 2014). Türkiye'de yetiştirilen dut ağaçlarının % 95'i beyaz dut, % 3'ü kırmızı dut, % 2'si karaduttur (Ercişli ve Orhan 2007). Ülkemizde yaklaşık olarak 2,5 milyon adet dut ağacından, yıllık 75 bin ton ürün elde edilmektedir (Hepsağ ve diğ. 2012). Türkiye'de dut üretimi oldukça yaygın ve önemli düzeyde olup dut, daha çok Doğu Anadolu, İç Anadolu Bölgeleri'nde üretilmektedir. Dut üretiminde Erzincan, Ankara, Malatya ve Elazığ en fazla dut yetiştiren başlıca illerimizdir (Akbulut ve diğ. 2007).

### **2.1.2 Karadut Meyvesi ve Sağlığa Etkileri**

Karadut, 10-13 metre boya kadar uzayabilen ve kışın yapraklarını döken bir ağaçtır. Karadut meyvesi koyu mor, neredeyse siyah renkte olan; olgunlaştığında 2-3 cm boyunda birkaç küçük çekirdek kümesinden oluşan yenilebilir bir meyvedir. Dengeli şeker-asit oranı ile oldukça lezzetli olan karadut; tat olarak kırmızı duta benzemekte ve beyaz duta nazaran daha lezzetli olduğu bilinmektedir (Yiğit ve Yiğit 2008).

Anavatanı İran olan karadut, meyveleri için en fazla Güney Avrupa ve Güneybatı Asya'da; en iyi türleri de özellikle Akdeniz ülkelerinde yetiştirilmektedir. Ayrıca, Türkiye'de yetiştirilen 2,5 milyon adet dut ağacının % 2'si karadut olmakla birlikte Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunan Çoruh Vadisi'nde önemli miktarda ve farklı çeşitte karadut yetiştiriciliği yapılmaktadır (Ercişli ve Orhan 2007).

Klinik araştırmalara göre sebze ve meyvelerce zengin diyetle beslenmek kalp hastalıkları, çeşitli kanser türleri, nörolojik ve kronik hastalıklara yakalanma riskini düşürmektedir (Boranbayeva ve diğ. 2014) ve bu durumun bu gıdaların sahip olduğu fenolik maddelerce zengin olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Koyu renkli karadut meyvesi; antioksidan, antimitojenik, antikarsinojen özelliklere sahip olan flavanoid, antosiyanin ve karotenoidler gibi fenolik maddelerce zengindir (Ercişli ve Orhan 2007; Lin ve Tang 2007). Ayrıca dut meyvesi, insan vücudunun sentezleyemediği (esansiyel) yağ asitlerini de içermektedir. Bu yağ asitleri uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri olup sağlıklı hücre membranının şekillenmesi, beyin ve sinir sisteminin fonksiyonlarını uygun şekilde yürütebilmesi ve eikosanoit diye adlandırılan, hormon benzeri maddelerin üretimi için gereklidir (Simopoulos ve Salem 1996; Ercişli ve Orhan 2007). Anti-diyabetik (Asono ve diğ. 2001), antioksidatif, anti-inflamatuar (Kim ve diğ. 1999<sup>a</sup>) ve antibakteriyal aktivite (Yiğit ve Yiğit 2008) gibi biyolojik aktivitelere de sahip olan dut meyvesinin; fenolik maddeler, yağ asitleri ve organik asitler yanında içerdiği B vitamini (tiamin, riboflavin, niasin), C vitamini ve çeşitli mineraller (potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), demir (Fe), inko (Zn), nikel (Ni)) dolayısıyla besin değeri yüksektir (Ercişli ve Orhan 2007).

Özellikle Çin'de halk arasında karadutların insan sağlığına çok faydalı olduğu bilinmektedir. Karadut farklı şekillerde; baş dönmesi, kulak çınlaması, bulanık görme, koroner kalp hastalıkları, kansızlık, kanser, dizanteri, hipertansiyon, diyabet, ishal, kabızlık, astma, parkinson vb. rahatsızlıkların tedavisinde, bağırsak kurtlarının düşürülmesinde, balgam söktürücü ve ateş düşürücü olarak kullanılmaktadır (Du ve diğ. 2008; Aramwit ve diğ. 2010; Suh ve diğ. 2003). Türkiye'de ise halk arasında karadut şurubunun boğaz ve diş eti iltihaplarında tedavi edici etkisinin olduğu bilinmektedir (Hepsağ ve diğ. 2012).

Literatürde; sağlığa yararlı etkilerinin olduğu halk arasında da bilinen dut meyvesinin kimyasal özellikleri üzerine yapılan birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Örneğin; zdemir ve Topuz (1998) Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dutların yaklaşık % 15-28 toplam kurumadde, % 11-27 suda çözünür kurumadde (SÇKM), % 1-2,5 protein, % 7-21 indirgen şeker, % 0-0,55 sakkaroz, % 7,8-21 toplam şeker, % 0,2-2,4 toplam asit ve % 0,63-1,04 toplam kül içerdiklerini belirlemiş; pH

değerlerinin ise 3,7-6 arasında değiştiğini bildirmiştir. Buna benzer olarak Ercişli ve Orhan (2007) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetişen beyaz, kırmızı ve karadutların kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Buna göre; karadutun en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu, beyaz dutun en yüksek toplam yağ içeriğine sahip olduğu; duttaki baskın yağ asidinin linoleik asit olduğu; en yüksek SÇKM içeriğine beyaz dutun sahip olduğu, asitliği en yüksek ve pH'sı en düşük türün karadut olduğu ve askorbik asit içeriğinin ise beyaz dutlarda daha fazla olduğu bildirilmiştir. Buna ek olarak; dutların N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn minerallerini içerdiği ve tüm dut türlerinde baskın mineralin K olduğu belirtilmiştir (Ercişli ve Orhan 2007).

Koyuncu (2004); karadut meyvelerinde malik asidin baskın organik asit olduğu ve onu sırasıyla sitrik asit (5,5-23,4 mg/g), tartarik asit (4,16 mg/g), okzalik asit (0,62 mg/g) ve fumarik asitin (0,019 mg/g) takip ettiğini belirtilmiştir. Bununla bağlantılı olarak Ercişli ve Orhan (2008) tarafından da karadut meyvesinde baskın organik asitin malik asit olduğu ve içeriğinin 123-218 mg/g arasında değiştiği ve onu 21-41 mg/g ile sitrik asidin takip ettiği bildirilmiştir.

Uzun ve Bayır (2010) tarafından yapılan bir çalışmada da karadutlarda toplam fenolik madde miktarı 456,13-477,13 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g olarak bulunurken bu değerler Akbulut ve diğ. (2006) tarafından 354,5 mg GAE/100 g olarak, Özgen ve diğ. (2009) tarafından 176,6-348,8 mg GAE/100 g olarak; Ercişli ve Orhan (2008) tarafından ise 1943-2237 mg GAE/100g taze meyve olarak belirlenmiştir. Ayrıca; karadut ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin ve antiradikal aktivitelerinin fenolik madde içerikleriyle ilişkili olduğunu bildirilmiş ve yapılan araştırmada karadut türlerinde % 63-76 arasında değişen antioksidan aktivitenin bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) standartlarının antioksidan aktivitelerinden düşük olduğu belirtilmiştir (Ercişli ve Orhan 2008).

Ayrıca; Ercişli ve Orhan (2008) tarafından karadut meyvesinde C vitamini içeriğinin 14,9-18,7 mg/100 ml aralığında olduğu ve karadut meyvesinin içerdiği bütün yağ asitleri içerisinde en fazla bulunanların linoleik asit (% 53,57-64,41) ve palmitik asit (% 11,36-16,41) olduğu bildirilmiştir.

Karadut meyvesinin farklı meyve özelliklerine sahip birçok türü vardır. Her biri ağırlık, renk, tatlılık, asitlik, antioksidan aktivite, vb özellikler bakımından farklılık göstermektedir. Ercişli ve Orhan (2008) tarafından; bu farklılığın karadutlara ait genetik özellikler ve yetiştirilme koşullarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Farklı dut çeşitlerinin bazı fitokimyasal özellikleri Tablo 2.1’ de verilmektedir. Karadut meyvesinde hakim olan bazı gıda bileşenleri ise Tablo 2.2’de belirtilmektedir.

**Tablo 2.1:** Farklı dut çeşitlerinin bazı fitokimyasal özellikleri (Akbulut ve diğ. 2007)

<b>Fitokimyasal Özellikler</b>	<b>Karadut</b>	<b>Kırmızı dut</b>	<b>Beyaz dut</b>
Briks (°Bx)	16,8	18	21,6
Toplam Kuru Madde (%)	29,5	21,4	23,2
pH	5,41	3,5	5,76
Toplam Asitlik (%)	0,27	1,19	0,24
Toplam Fenolik Madde (mg GAE/ 100g)	3545	2377	1373
Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/ L)	227	184,3	-
L*	10,8	15,74	-
a*	0,47	10,15	-
b*	0,42	1,91	-
Toplam Şeker (%)	14,35	12,75	18,04
İnvert Şeker (%)	13,23	11,9	16,53
Sakaroze (%)	1,12	0,85	1,51
Kül (%)	2,76	3,43	3,54
Protein (%)	2,64	2,86	2,28
Yağ (%)	2,5	2,6	2,8
Askorbik Asit (mg/ kg)	105,4	124,5	79,6

**Tablo 2.2:** Karadut meyvesinde hakim olan bazı gıda bileşenleri

<b>Bileşen Türü</b>	<b>Hakim Bileşen</b>	<b>Kaynak</b>
Antosiyanin	Siyanidin-3-glukozit	(Aramwit ve diğ. 2010; Du ve diğ. 2008; Suh ve diğ. 2003; Pawlowska ve diğ. 2008)
Şeker	Glukoz	(Akbulut ve diğ. 2007)
Element	Potasyum (K)	(Imran ve diğ. 2010; Ercişli ve Orhan 2007)
Organik asit	Malik asit	(Koyuncu 2004; Özgen ve diğ. 2009; Ercişli ve Orhan 2008)
Yağ asidi	Linoleik asit	(Ercişli ve Orhan 2007; Ercişli ve Orhan 2008)

### **2.1.3 Dut Meyvesinin Kullanım Alanları**

Sevilererek tüketilen dut meyveleri, ticari ve endüstriyel açıdan yeterince değerlendirilemediğinden üretimi sınırlı kalmaktadır (Akbulut ve diğ. 2007). Bunun nedeni dutun yüksek su içeriğine sahip, oldukça hassas bir meyve olmasıdır. Raf ömrünün çok kısa olması dolayısı ile taze olarak tüketimi de sadece hasat dönemi ile sınırlı olduğundan ülkemizde dutların % 70'i pekmez, % 10'u köme, % 3'ü pestil üretiminde, % 4'ü kurutulmuş ve % 5'i de sofralık olarak değerlendirilebilmektedir (Şengül ve diğ. 2005; Ercişli ve Orhan 2007; Hepsağ ve diğ. 2012).

Dut meyvesi reçel, marmelat, dut ezmesi, cevizli sucuk, sirke, meyveli çay, meyve suyu konsantresi, dondurma, meyveli yoğurt, pasta, puding, şarap, likör, kozmetik ürünler ve ispirto üretiminde de kullanılabilen olup özellikle karadut meyvesi yüksek antioksidan aktivitesi, zengin besin değeri ve sağlığa yararlı etkileri açısından gıda endüstrisinde fonksiyonel gıda olarak da kullanılabilir (Aramwit ve diğ. 2010).

Buna ek olarak, karadut meyvesinin zengin antosiyanin içeriğinden faydalanılarak yapay renklendirici kullanımının azaltılabileceği düşünülmektedir. Karaduttan elde edilen antosiyaninlerin alkollü ve alkolsüz içecekler (Cemeroğlu ve diğ. 2001), konserve meyveler ve marmelatlar (Timberlake ve Bridle 1976), şekerlemeler, hazır çorba vb toz karışım ürünleri (Harborne ve Boardly 1985), meyveli yoğurt vb. süt ürünleri, fırıncılık ürünleri gibi gıda formülasyonlarında (Hepsağ ve diğ. 2012) doğal renk maddesi olarak kullanımının artırılması özellikle çocuklar tarafından sevilen ve çok tüketilen gıda ürünlerindeki sağlık riskini azaltmada önemli olacağı belirtilmiştir.

## **2.2 Üzümsü Meyvelerin Taze Olarak Muhafaza Edilmesi**

Taze meyvelerin yaklaşık % 25'i tüketiciye ulaşmadan kayıp olmaktadır. Meyvelerde oluşan kayıpların toplam kayıp içerisindeki payları; hasat evresinde % 4-12, pazara hazırlık evresinde % 5-15, depolama evresinde % 3-13, taşıma evresinde % 2-8 ve tüketici evresinde % 1-5 olmak üzere toplam % 5-50 arasındadır. Gerek üretim gerekse pazarlamadan doğacak kayıpları en aza indirebilmek için

meyvelerin en uygun biçimde muhafaza edilmesi gerekmektedir (Özcan ve Ertürk 1994).

Meyvelerin depolanmasındaki en önemli etken; kimyasal ve biyokimyasal olayları kontrol altında tutarak solunum, terleme gibi metabolizma faaliyetlerini durdurmamak koşuluyla bu faaliyetlerin en düşük düzeyde gerçekleşmesini sağlayacak gerekli koşulların sağlanmasıdır (Öztürk 2003). Solunum hızı ve terleme ortam sıcaklığına, meyvenin cinsine ve morfolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu şekilde, depolarda uygun sıcaklık ve uygun bağıl nem sağlanarak meyvelerde gerçekleşecek olan olası kalite kayıpları kontrol altına alınmaktadır (Öztürk 2003).

Üzümsü meyveler hasat edildikten sonra kısa sürede bozulduğundan veya dokunmaya hiç gelmeyecek kadar nazik olduğundan bir yerden başka yere taşıma süreçlerine dayanamamaktadır. Bu nedenle bu meyvelerin kısa süreli de olsa depolanması önem kazanmaktadır. Normal oda koşullarında uzun zaman korunamayan üzüksü meyvelerin besin değeri ve diğer kalite özelliklerinin bozulmadan uzun süre korunmaları düşük sıcaklık ve yüksek bağıl nem ve orta şiddette hava sirkülasyonunun olduğu depolarda depolanmasıyla sağlanabilmektedir (Ağaoğlu 1986). Üzümsü meyvelerin de uygun koşullara sahip depolarda depolanmasıyla ürünün bünyesindeki su korunarak büzüşmesi önlenmekte, solunum en az düzeye indirilerek çürüme ve filizlenme önlenmekte, buna bağlı olarak da ürünlerin dış görünüşü ve besin değeri iyi bir şekilde korunabilmektedir (Karaçalı 1993). Böylece hem tüketici hem de üretici yönünden birçok yarar sağlanabilmektedir. Hasat mevsiminde tüketilmeyen üretim fazlası değerlendirilmekte, meyvelerin düşük fiyata satılması önlenerek üreticilerin daha fazla gelir elde etmeleri sağlanmış olmaktadır. Uzayan pazarlama süresi içinde tüketilen ürün miktarı artarak tarım ve endüstrinin gelişmesi ve iş gücünün dengeli bir şekilde dağılması sağlanabilmektedir (Karaman ve Cemek 2014). Tablo 2.3'te bazı üzüksü meyveler için uygun olan depolama koşulları verilmektedir.



**Tablo 2.3:** Çeşitli üzüksü meyvelerin soğukta depolama süreleri  
(Karaman ve Cemek 2014)

Ürünün cinsi	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Su içeriği	Depolama Süresi	Ön Soğutma
Çilek	0	90- 95	90	5-7 gün	-
Vişne	(-1) - 0	90- 95	84	3- 7 gün	-
Üzüm	(-1) - 0	80- 85		3- 6 gün	-
Ahududu, Böğürtlen	1,5	90- 95	84	2- 3 gün	-
Frenk Üzümü	(-1) - 0	90		5 hafta	4°C
Bektaş Üzümü	(-1) - 0	90		5- 6 hafta	4°C
Yaban Mersini	0	-	86	2 hafta	-
Karadut	1- 2	90	80	3- 4 gün	-

Üzüksü meyvelerin depolanmasında optimum koşullar ne kadar iyi sağlanırsa sağlansın üzüksü meyvelerin ancak belli süre depolanma olanağı vardır. Her ürüne özgü olan bu sürenin sonunda depolanan ürün kalitesini hızla kaybetmektedir (Öztürk 2003). Bu nedenlerden dolayı; günümüzde gıda güvenliğinin sağlanması ve bu gıdaların besin değeri ve duyuşal özelliklerinin korunarak raf ömrünün artırılması açısından mikrobiyal yükü azaltabilecek geleneksel metotlara alternatif olarak; klor, klordioksit, asitlendirilmiş sodyum klorit (Chen ve diğ. 2011) brom ve iyot, trisodyumfosfat (TSP), kuaterner amonyum bileşikleri, organik asitler, hidrojen peroksit, peroksiasetik asit, kalsiyum içeren çözeltiler (Oz ve Ulukanlı 2013), kükürt (Ağaoğlu 1986), yoğun faz karbondioksit (Tiwari ve diğ. 2009<sup>a</sup>), ozon (Çatal ve İbanoğlu 2010) ve elektrolizlenmiş su (Anonim 2013) gibi kimyasal metotlar; kontrollü atmosferde depolama (Concha-Meyer ve diğ. 2014; Karaman ve Cemek 2014), modifiye atmosferde depolama (Ramos ve diğ. 2013), ışınlama (Bakowska ve diğ. 2003; Bialka ve Demirci 2007), vurgulu elektrik alan (Tiwari ve diğ. 2009<sup>a</sup>; Chen ve diğ. 2014), UV ışık (Bialka ve Demirci 2007), yüksek basınç işlemleri (Tiwari ve diğ. 2009<sup>a</sup>), ultrason (Tiwari ve diğ. 2009<sup>a</sup>; Engmann ve diğ. 2014), çeşitli yıkama uygulamaları (Kang ve diğ. 2014) gibi fiziksel metotlar denenmektedir (Ramos ve diğ. 2013).

Meyve ve sebzelerde çeşitli uygulamaların ve kombinasyonlarının mikrobiyal inaktivasyon etkinliklerinin karşılaştırıldığı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Örneğin; Bialka ve Demirci (2007) tarafından ozon gazı, basınçlı ozon gazı ve ozon gazı-vakum uygulaması ile vurgulu UV ışık uygulamalarının böğürtlende mikrobiyal inaktivasyon etkinliği karşılaştırılmış ve bu çalışmada; basınçlı ozon gazı (0,34

m<sup>3</sup>/saat; 83 kPa; 64 dakika) uygulaması ile 3 log kob/g *Salmonella* için azalma ve 2,2 log kob/g *E. coli* için azalmanın gerçekleştiği; vurgulu UV ışık uygulamasında (60 saniye, 8 cm uzaklık) ise; *Salmonella*' da 4,3 log kob/g, *E. coli*' de 2,9 log kob/g azalma gerçekleştirilebildiği bildirilmiştir. Yapılan duyuşal analize göre ozon ve UV ışık uygulanan ve uygulanmayan örnekler arasında renk, koku ve görünüş açısından belirgin bir farka rastlanmadığı ve bu uygulamaların böğürtlen gibi üzümşü meyvelerin dezenfeksiyonunda kullanılabilecek alternatifler arasında olduğu belirtilmiştir.

Tiwari ve diğ. (2009<sup>a</sup>); uygulanan ısısal olmayan metotların kombinasyonlarının mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu açısından daha etkin olacağını belirtmiştir. Bununla bağlantılı olarak; Ramos ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada modifiye ambalajlamada ozon kullanımının ıspanak kalitesi üzerine etkilerini incelemişler ve sonuçlar ozon gazının *E. coli* (O157: H7) inaktivasyonu için oldukça etkili olduğunu ve bu uygulamanın modifiye atmosfer paketlemede ürünlerin raf ömrünün artırılmasında kullanılabileceğini göstermiştir. Concha-Meyer ve diğ. (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; taze böğürtlenler izole kabinlerde 10 gün boyunca 4<sup>0</sup>C ve 12<sup>0</sup>C sıcaklıklarındaki; hava (kontrol), kontrollü atmosfer (% 5 O<sub>2</sub>: % 15 CO<sub>2</sub>: % 80 N<sub>2</sub>) ve ozon gazı atmosferinde olmak üzere 3 farklı ortamda depolanmıştır. O<sub>3</sub> ve kontrollü atmosferlerinde depolanan meyvelerde 10. günden sonra her iki sıcaklık için de küf gelişiminin inhibe edilemediği ve 12<sup>0</sup>C'ye nazaran 4<sup>0</sup>C'de depolanan böğürtlenlerde daha az ağırlık kaybı meydana geldiği; ancak ozon atmosferde 12<sup>0</sup>C'de depolanan böğürtlenlerin diğeri gruplara göre daha sert olarak değerlendirildiği belirtilmiştir. Ayrıca; düşük ozon konsantrasyonları ve uygun sıcaklık kombinasyonunun; taze böğürtlenlerin depolama boyunca kalitelerinin korunmasında etkili olabileceği vurgulanmıştır. Vurma (2009) tarafından ıspanaklara kombine olarak uygulanan vakumlama (1,5 g/kg; 30 dakika; 10 psig) ve ozonlama (16 mg ozon/kg) işleminin ıspanaklarda işlem süresine bağılı olarak 4,1-5 log *E. coli* O157:H7 kob/g'a kadar inaktivasyon gerçekleştirebildiği bildirilmiştir. Buna ek olarak 4<sup>0</sup>C'de depolanan taze çileklere uygulanan günde 4 saat kombine O<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> uygulaması ile kalite bozulmalarının geciktirilebildiği ve yüzeyde 16. güne kadar herhangi bir küf oluşumunun görülmediği ve raf ömründe 8 gün artış sağlanabildiği belirtilmiştir (Vurma 2009).

## 2.3 Ozon Uygulaması

Doğal ve güvenli gıdalara tüketicilerin ilgisi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle işlenmemiş ya da çok az işlem görmüş, kimyasal koruyucu içermeyen gıdalara olan talep artmıştır. Bu durum koruyucu ya da dezenfektan kullanılarak güvenli hale getirilen gıda proseslerine yeni alternatifler bulma arayışlarını hızlandırmıştır (Savaş ve diğ. 2014).

Daha önceden gıda güvenliğinin sağlanmasında oldukça etkili bulunan bazı dezenfeksiyon yöntemleri, yüksek pH'larda bazı mikroorganizmalar ya da spor formları üzerine etki etmedikleri ve trihalometan (THM) bileşikleri gibi zararlı parçalanma ürünlerine dönüştükleri için sakıncalı görülmektedir. Bu nedenle, dezenfektan kullanımı ile ilgili olarak araştırmalar, çevre dostu ve gıda prosesleriyle uyumlu, kullanımı sırasında sağlık açısından zararlı kalıntı bırakmayan, patojen mücadelesinde sporlar da dahil geniş bir etkiye sahip olan etken maddelere yönelmiştir. Bu bakımdan; son yıllarda güçlü bakterisidal ve antiviral etkiye sahip olduğu bilinen ozon ile ilgili birçok araştırma karşımıza çıkmaktadır ve gıdalar üzerinde kalıntı bırakmayan ve oksidasyon yolu ile antimikrobiyal aktivite gösteren ozonun gıda sanayinde kullanım alanları giderek artmaktadır (Karaca ve Velioğlu 2007; Savaş ve diğ. 2014).

### 2.3.1 Ozon Hakkında Genel Bilgi

1840'ta Schonbein tarafından keşfedilen ozon 20. yüzyılın başında antimikrobiyal ajan olarak içme suyu üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Klor ve diğer dezenfektanlara göre daha geniş bir spektrumda mikroorganizma faaliyetlerini engelleyen ozon 1997 yılında FDA tarafından GRAS statüsü kazanmış, 2001 yılından itibaren "gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı" yönündeki kararlar gıda sanayinde alternatif bir koruma yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Önceleri sadece şişe sularının dezenfeksiyonu için kullanılmakta olan ozon bu tarihten itibaren gıda sanayinde farklı entegrasyonlarda kullanılmaya başlanmıştır (Çatal ve İbanoğlu 2010).

Gaz haldeyken mavi renkte bir gaz olan ozon ( $O_3$ ); havadaki oksijen molekülünün ( $O_2$ ) yüksek bir enerji etkisi ile atomlarına ayrışması ve bu kararsız

atomların bir başka oksijen molekülü ile hızla birleşmesi sonucu oluşmaktadır (Karaca 2010). Ozon gazının oluşum reaksiyonu “ $3 O_2 \leftrightarrow 2 O_3 + \text{ısı ve ışık}$ ” şeklinde verilebilmektedir (Karaca 2010).

Suda kısmen çözünebilen keskin kokulu bir gaz olan ozon, normal sıcaklık ve basınç altında oldukça kararsızdır (Çatal ve İbanoğlu 2010). Ozon, oksijen yoğunluğunun 1,5 katı yoğunluğa ve oksijen çözünürlüğünün 12,5 katı çözünürlüğe sahiptir (Aslansoy 2012).

Düşük konsantrasyonlarda toksik olmayan ozon; yüksek konsantrasyonlarda insanlar için öldürücü bir gazdır (Çağatay 2006). Amerikan İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı (Occupational Safety and Health Act, ABD)’na göre günde 8 saat çalışan birinin maruz kalabileceği maksimum düzey 0,1 ppm’dir (Karaca 2006). Ozon uygulamalarına ilişkin bazı önemli değerler Tablo 2.4’ te verilmektedir.

**Tablo 2.4:** Ozon uygulamalarına ilişkin bazı önemli değerler (Kuşçu ve Pazır 2004)

Maruz kalma	Ozon değerleri (ppm)
Hissedilir koku	0,01- 0,05
Maksimum 8 saat/ gün	0,1
Maksimum 1,5 dakika	0,3
Birkaç dakika içinde öldüren doz	> 1700

Atmosferimizde doğal halde bulunan ve günümüzde yapay olarak sıvı veya gaz formunda üretilen ozon; gıda endüstrisinde esasen antimikrobiyal özelliğinden dolayı kullanılmaktadır. Yüksek oksidasyon yeteneği sayesinde organik ve inorganik maddeleri okside edebilmekte ve mikroorganizmaları hızla inaktive edebilmektedir. Ozonun kendiliğinden ve çok kısa süre içinde oksijene geri dönüşmesi ve molekül halindeki ozon veya ozonun ayrışan ürünlerinin (örneğin, hidroksil radikali) herhangi bir kalıntı bırakmaması ile gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan klor, metil bromit vb dezenfektanlara alternatif olabilmektedir (Çatal ve İbanoğlu 2010; Tetik ve diğ. 2006).

Ancak; gerek mikrobiyal inaktivasyonda gerekse kimyasal kalıntıların giderilmesinde ozonun etkinliği ortamda bulunan organik madde yoğunluğu ve difüzyon hızı gibi çevresel faktörlere büyük ölçüde bağlıdır (Karaca 2010; Savaş ve

diğ. 2014). Örneğin; ortamda tuz yoğunluğunun ve sıcaklığın artması ozonun sudaki çözünürlüğünü azaltan bir faktör olarak mikroorganizmalar üzerindeki etkisini azaltmakta; buna karşın yüksek bağıl nem ve düşük pH ozonun antimikrobiyal etkinliğini artırmaktadır (Karaca 2014; Kim ve diğ. 1999<sup>b</sup>).

Tablo 2.5'te ozonun oksitleme gücünün diğ. dezenfektanlarla karşılaştırılması verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi; ozon klorun yaklaşık 1,5 katı bir oksidasyon potansiyeline sahiptir. Klor gibi geleneksel dezenfektanların aksine gıdalar üzerinde hiçbir kalıntı bırakmayan ozonun antimikrobiyal aktivitesinin diğ. dezenfektanlardan daha yüksek olması sayesinde gıda sanayinde *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis* gibi gram pozitif bakteriler kadar *Pseudomonas aeruginosa* ve *Yersinia enterocolitica* gibi gram negatif mikroorganizmalar üzerinde de etkili olduğu ve gıda patojenlerini daha hızlı inaktive edebildiği bilinmektedir (Mermelstein 1999; Savaş ve diğ. 2014). Ancak; nispeten yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması dolayısı ile ozonlama işlemi sırasında kullanılacak malzeme seçimi önem taşımaktadır. Malzemelerin ozonlama esnasında yıkıma uğramaması gerekmektedir. Ozonla kullanılacak materyallerden bazıları aşağıdaki Tablo 2.6'da görülebilmektedir.

**Tablo 2.5:** Ozonun oksitleme gücünün diğ. dezenfektanlarla karşılaştırılması

(Aslansoy 2012)

Oksidan	Oksidasyon Potansiyeli (mV)	Oksidan	Oksidasyon Potansiyeli (mV)
Ozon	2,07	Oksijen	1,23
Hidrojen Peroksit (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1,77	Brom	1,09
Permanganat	1,67	Hipoklorid	0,94
Klordioksit (ClO <sub>2</sub> )	1,57	Klorür	0,76
Hipoklorik asit (HOCl)	1,49	İyot	0,54
Klor	1,36		

**Tablo 2.6:** Ozonun korozif olduğu ve olmadığı bazı materyaller (Karaca 2006)

<b>Ozonun Korozif Olduğu Materyaller</b>	<b>Ozonun Korozif Olmadığı Materyaller</b>
Çelik	Paslanmaz Çelik
Kauçuk	Polietilen (HDPE- LDPE)
Naylon	Cam
Polipropilen	Silikon
Poliamid	Bakır
	Alüminyum

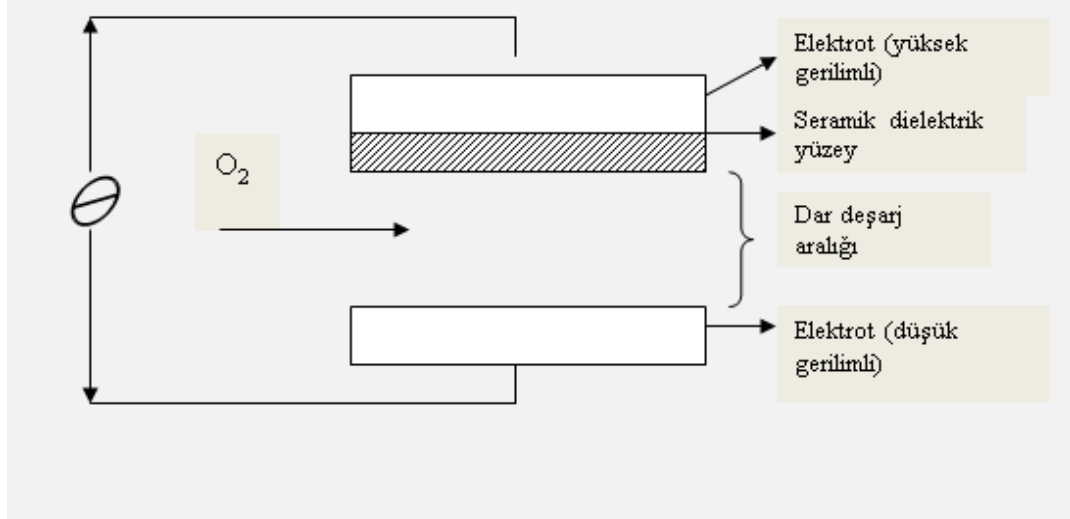
### 2.3.2 Ozon Üretimi

Oksijenin atomlarına ayrılıp, üç oksijen atomunun reaksiyona girmesi sonucu oluşan ozon; doğada güneşten gelen UV ışınları (188 nm dalga boyu) veya yağmurlu havalarda çıkan şimşeklerden kaynaklanan yüksek enerji sonucu oluşmaktadır (Karaca ve Velioğlu 2007).

Doğadaki oluşum prensibiyle endüstriyel olarak ozon gazı; havadaki oksijenin yüksek iletkenliğe sahip UV lambanın 185 nm’de yayınladığı radyasyona maruz bırakılmasıyla 0,03 ppm gibi düşük konsantrasyonlarda üretilebilse de (Kim ve diğ. 1999<sup>b</sup>; Kuşçu ve Pazır 2004) daha çok “Korona Deşarj Metodu” denen ve çalışma prensibi Şekil 2.1’de gösterilen bir metotla gerçekleştirilmektedir (Sevilgen 2008).

Korona Deşarj Metodunun daha yüksek konsantrasyon ve miktarda ozon üretimini mümkün kıldığı ve diğeri ozon üretim yöntemlerine göre daha ekonomik olduğu belirtilmiştir (Karaca 2006).

Korona Deşarj Metodu ile ozon üretimi; kuvvetli bir elektriksel alandan oksijence zengin bir gaz geçirilerek gerçekleştirilmektedir. Yoğun enerji nedeniyle bazı oksijen molekülleri parçalanmakta ve oluşan kararsız oksijen atomları derhal diğeri oksijen molekülleriyle birleşerek üç oksijen atomlu ozon molekülünü oluşturmaktadır (Kuşçu ve Pazır 2004). Bu yöntem ile deşarj aralığına besleme gazı olarak hava verildiğinde % 1- 3 (w/w); saf oksijen gazı verilmesi halinde % 2-12 (w/w) verimle ozon elde edilebilmektedir (Güzel-Seydim ve diğ. 2004; Karaca 2010; Mermelstein 1999).



**Şekil 2.1:** Korona deşarj yöntemi ile ozon üretimi (Karaca 2006)

Fotokimyasal ve elektrik deşarj metotlara ilaveten kimyasal, termal, kemonükleer ve elektrolitik metotlarla da ozon üreten sistemler bulunmaktadır (Kuşçu ve Pazır 2004).

Ozonlanmış su uygulamalarında ozon konsantrasyonu 0,03-20 ppm aralığında değişirken ozon gazı uygulamalarında ise 20.000 ppm'e kadar varan konsantrasyonlara ulaşabilmek mümkündür (Ramos ve diğ. 2013).

Ozon depolanamamakta ve kesiksiz üretim gerektirmektedir (Çağatay 2006). Bunun nedeni; sulu çözeltilerinde oldukça kararsız, havada ise nispeten daha stabil bir yapıya sahip olan ozonun kendiliğinden ve çok kısa süre içinde oksijen molekülüne dönüşmesidir (Karaca 2010). Ozonun oda sıcaklığında suda yarılanma süresinin 20 dakika olduğu bildirilmiştir (Graham 1997). Buna karşın; ozonun dermatolojik tedavilerde kullanılmak üzere üretilmekte olan rafine edilmemiş zeytinyağlarında depolanabileceği bilinmektedir (Soriano ve diğ. 2010; Travagli ve diğ. 2010).

### 2.3.3 Meyve ve Sebzelerin İşlenmesinde Ozon Kullanımı

Ozon GRAS sınıfına alınmadan önce sadece içme sularının dezenfeksiyonu için kullanılırken (Chand ve diğ. 2007) daha sonra, atık suların dezenfeksiyonu (Beltran ve diğ. 2000), şarap üretimi (Beltran ve diğ. 2001), sofralık zeytin ve

zeytinyağı üretimi (Heng ve diğ. 2007) gibi farklı gıda endüstrilerinde dezenfektan olarak gaz ve suda çözülmüş formda kullanılmıştır. Gıda endüstrisinde ozonun, gıda işletmelerinde yüzey hijyeni ve sanitasyon; atık suyun yeniden kullanımı; bitkisel gıda atıklarının biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacını (KOİ) azaltıcı olarak (Güzel-Seydim ve diğ. 2004) ve deniz ürünleri, et ürünleri, tahıl ve meyve-sebze endüstrisinde ürünlerin duyu kalite özelliklerinin iyileştirilmesi ve bu ürünlerin muhafaza edilmesi (Savaş ve diğ. 2014) gibi uygulamalarda kullanımı tavsiye edilmektedir. Ozon, fonksiyonel özellikleri sayesinde geleceğin umut verici dezenfeksiyon araçlarından birisi olarak kabul edilmektedir. Ancak, ülkemizde henüz ozonla ilgili bir düzenleme bulunmamakla birlikte gıda sanayinde ozon kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Aslansoy 2012; Çatal ve İbanoğlu 2010).

Taze kesilmiş (fresh-cut) meyve ve sebzeler herhangi bir işleme gerek duyulmaksızın tüketime sunulan gıdalardır. Özellikle kök sebzelerin hasat sonrası ve sonrasında oluşan mekanik ve patojen hasarı ile mikroorganizma kontaminasyon riski çok yüksektir. Duyusal ve besleyici özelliklerinin korunarak, raf ömrünü etkileyen her uygulama, taze kesilmiş meyve ve sebzelerin korunmasında önem kazanmaktadır (Savaş ve diğ. 2014).

Organik bileşikler ile toksik THM ve halo asetik asitler (HAA) gibi kanserojen bileşikler oluşturan klordan daha güçlü oksidatif aktiviteye sahip, birçok mikroorganizma üzerinde etkili olabilen ve kalıntı bırakmayan ozon; meyve ve sebzelerin dezenfeksiyonunda da kullanılabilen alternatif bir oksidatif ajandır (Graham 1997; Tiwari ve diğ. 2009<sup>b</sup>).

Meyve sebzelerin muhafazasında ozon uygulaması; ürün çeşidine bağlı olarak değişmekle beraber; ozonun uygulama şekli de farklılık göstermektedir. Meyve sebzelerde ozon uygulamaları ozonlanmış su ile yıkama, ozon atmosferinde depolama ve belirli bir süre ozon gazı ile muamele etme şeklinde; taze meyve ve sebzelerin muhafaza süresini uzatmak, kuru meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek, pestisit ve mikotoksinleri indirgemek, enzim aktivitesini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır (Tetik ve diğ. 2006).

Ozon uygulanan ürünlerin kalite özelliklerinde; gıdanın kimyasal bileşimine, uygulanan ozon dozuna ve uygulama şekli ile süresi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak



olumlu ya da olumsuz değişimler söz konusu olabilmektedir (Karaca 2006). Bu bakımdan ozonun olumsuz etkilerinin minimize edilmesi için uygulanacak ürünün kimyasal yapısına göre; sıcaklık, bağıl nem, ozon dozu, uygulama süresi vb. parametrelerin optimizasyonunun en iyi şekilde yapılması gerekmektedir.

### **2.3.3.1 Meyve ve Sebzelerde Mikrobiyal İnaktivasyon için Ozon Kullanımı**

Meyve ve sebze sektöründe gerek hammaddenin mikrobiyal yükü, gerekse üretim esnasında ve sonrasında ürüne bulaşan mikroorganizmalar sektörün en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır. Ürüne bulaşan patojen mikroorganizmalar ise tüketici sağlığını tehlikeye sokabilmektedir.

Meyve ve sebzelerin yetiştirildiği alanlar açık sistemler olduğundan dolayı bu ortamlarda yetiştirilen ürüne mikroorganizma kontaminasyonunun tamamen önüne geçmek mümkün değildir (Vurma 2009). Ürünün kirliliği sularla yıkanması, uygun olmayan gübre kullanımı, doğadaki diğer canlılardan gelebilecek dışkılar önemli kontaminasyon kaynaklarıdır. Hasat sonrasında ürünün işlenmesi sırasında kirliliği yıkama suyu ve ekipman kullanımı, üretimde yer alan personelin yetersiz hijyen bilgisi ve depolama/taşıma sırasında uygun olmayan sıcaklık ve havalandırma koşulları gıda güvenliği riski oluşturmaktadır (Klockow ve Keener 2009).

Sadece yıkama ve ambalajlama ile tüketime sunulan taze kesilmiş meyve ve sebzelerin patojen zararından korunması, küf toksinlerinin uzaklaştırılması amacıyla pek çok uygulama denenmiştir. Son yıllarda ozon gibi birçok dezenfektan bu amaçla kök sebzelerin yıkama işleminde kullanılmaya başlanmıştır. Ozon, diğer dezenfektanlardan farklı olarak sadece yıkama suyu değil aynı zamanda depo atmosferindeki patojen ve zararlıların yok edilmesinde de kullanılabilir ve böylece; meyve ve sebzelerin kalite özelliklerinin ve besin değerinin korunarak raf ömrünün artırılmasında etkili bir ajan olarak karşımıza çıkmaktadır (Savaş ve diğ. 2014). Genel olarak; ozonun dezenfeksiyon etkisinin ortamda bulunan organik madde yoğunluğu, diğer maddeler (metaller ve inorganikler); uygulanan ozon miktarı; mikroorganizmaların tür, sayı, yaş gibi diğer bazı kriterleri, ortamın bağıl nemi, sıcaklığı vb. özellikleri ve ozon uygulaması sırasında kullanılan ekipmanların özelliklerine bağlı olarak değiştii bilinmektedir (Kim ve diğ. 1999<sup>b</sup>).

Gıda endüstrisinde, antimikrobiyal özelliğinden dolayı kullanılmakta olan ozon mikroorganizmaların önemli hücresel bileşenlerini ileri derecede oksidasyona uğratarak mikrobiyal inaktivasyon sağlamaktadır. Mikroorganizmaların hücre yüzeyleri, ozonlama işleminin öncelikli hedefi durumundadır. Hedef mikroorganizmanın ozonla etkisiz hale getirilmesi iki temel mekanizma ile gerçekleşmektedir. Birinci mekanizma protein, peptit ve enzimlerin aminoasit ve sülfidril gruplarının okside olması ve kısa peptitlerin oluşmasıdır. İkinci mekanizma ise, çoklu doymamış yağ asitlerinin, asit peroksitlerine okside olmasıdır. Bu durum hücrelerin bozulması ve hücresel bileşiklerin hücre dışına sızması ile sonuçlanmaktadır (Karaca 2010). Böylece ozon; gram pozitif bakterilere göre nispeten daha dirençli olan gram negatif bakterilerin hücre zarlarında bulunan lipoprotein ve lipopolisakkaritlere verdiği hasar ile hücre geçirgenliğini artırmakta ve bu bakterilerin hücre içi materyalinin dışarı sızması sonucu hücre ölümlerine neden olmaktadır (Daş ve diğ. 2006). Ozon nedeniyle mikroorganizmalarda gerçekleşen hücre ölümleri ayrıca nükleik asitlerin gördüğü zarar nedeniyle de oluşabilmektedir (Güzel-Seydim ve diğ. 2004).

Meyve ve sebzelerin raf ömrünü etkileyen en önemli mikroorganizma grubu küfler ve mayalardır. Depolama alanında oldukça hızlı gelişebilen küfler, özellikle mekanik hasarı olan meyve ve sebzelerde hızla gelişerek meyve dokusunun daha da zarar görmesine neden olmakta, ayrıca koku, renk ve tekstür gibi ürün kalitesini doğrudan etkileyen özelliklerde bozulmalara yol açmaktadır. Bu durum özellikle ihraç edilecek olan taze kesilmiş sebze ve meyvelerin raf ömrünü azaltan en önemli sebepleri oluşturmaktadır. Üzümde meyvelerde başta *Botrytis cinerea* (gri küf) olmak üzere *Penicillium* spp. (*Penicillium digitatum* (yeşil küf), *Penicillium italicum* (mavi küf) vb.), *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp. en fazla sorun oluşturan küfler arasındadır (Tournas ve Katsoudas 2005). Dutlarda en fazla sorun oluşturan *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* spp. (*A. flavus*, *A. alternata*, *A. ochraceus*), *Penicillium* spp. (*P. verrucosum*, *P. griseofulvum*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. aurantiogriseum*, *P. expansum*), *Rhizopus* spp. (*R. nigricans*, *R. solani*) gibi küfler, hem ürün kalitesi açısından hem de ürettikleri mikotoksinler (aflotoksinler, okratoksin A, penisilik asit, patulin) gibi sekonder metabolitlerden dolayı sağlık açısından tehdit oluşturmaktadır (Aziz ve Moussa 2002). Yüksek şeker içeriği ve besin değeri ile ideal nem içeriğine (% 80) sahip olan dutun asidik bir meyve

olması dolayısı ile bu meyvelerde küfler bakterilere nazaran daha kolay gelişebilmektedir. Bu nedenle; gıda güvenliği açısından; küflerin inaktivasyonu oldukça önem taşımaktadır (Tournas ve Katsoudas 2005).

Çeşitli meyvelerde küf gelişimi üzerine yapılan çalışmalarda; ozon uygulaması ile limonda yeşil ve mavi küf oluşumunun yavaşlatıldığı ve bu hastalıklara neden olan küflerin sporlanmasının azaltılabildiği veya önlenebildiği (Palou ve diğ. 2001); şeftalilerde *Monilinia fructicola*'nin misel gelişimi ve sporlanmasının önlenebildiği (Palou ve diğ. 2002); üzümelerde gri küf oluşumunun önlenebildiği (Feliziani ve diğ. 2014), çileklerde küflenmenin kontrol örneklerine göre % 15 azaltılabildiği (Perez ve diğ. 1999), böğürtlenlerde küf gelişiminin önlenebildiği (Barth ve diğ. 1995) belirtilmiştir. Buna ek olarak; kuru incirlere 3-5 saat süreyle uygulanan 5 ppm ozon gazı uygulamasının maya-küf sayısının % 72'sinin azaltılmasında etkili olduğu (Öztekin ve diğ. 2006); 3 gün, 2°C'de 1,5 ppm koşullarında ozon atmosferde depolanan çileklerde ise yüzeyde görünebilir maya gelişiminin yavaşlatılabildiği (Nadas ve diğ. 2003) belirtilmiştir. Benzer şekilde; Sarig ve diğ. (1996) ise; ozon uygulaması ile üzümlerin depolanmasında büyük bir sorun yaratan *Rhizopus stolonifer* gelişiminin kontrol edilebildiğini; Palou ve diğ. (2002) ise; 7 hafta 5°C'de 0,3 ppm ozon atmosferinde depolama uygulaması ile sofralık üzümlerde gri küf gelişiminin inhibe edilebildiğini belirtmiştir.

Ozon kullanımı, antimikrobiyal etkisi yanında detoksifikasyon etkisi bulunan bir uygulamadır. Özellikle ozonun maya ve küf gelişmesini durdurucu etkisi, bir sonraki üretim aşamasında muhtemel bir mikotoksin kirliliğinin önlenmesini sağlayabilecektir (Savaş ve diğ. 2014). Isısal uygulamaların yüksek sıcaklıklara dirençli olan mikotoksinler üzerine etkili olmaması ve aktif kömür gibi adsorbentlerin mikotoksinleri inaktive ederken gıda kalitesini olumsuz etkilemesi (Gökmen ve diğ. 2001) bakımından; *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* gibi küflerin sekonder metabolitleri olan mikotoksinlerin parçalanmasında ozon uygulaması alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Tiwari ve diğ. 2009<sup>b</sup>). Bu durum özellikle kurutma işlemi öncesi ozon kullanımının önemini ortaya koymaktadır (Savaş ve diğ. 2014). Mısır gibi gıdalarda ozon uygulamasının mikotoksin içeriğinde azalmaya neden olduğu belirtilse de (Prudente ve King 2002); günümüzde yasalarda toksin içeren ve

kontamine olmuş gıdaların detoksifikasyonu ile ilgili bir düzenleme henüz mevcut değildir (Tiwari ve diğ. 2009<sup>b</sup>).

Küf zararı dışında, toprak kaynaklı diğer patojenler ile kirli sulardan kaynaklanabilen fekal kontaminantlar da gıda güvenliği açısından diğer risk faktörlerini oluşturmaktadır (Savaş ve diğ. 2014). Patojen bakteriler gıda kaynaklı hastalık vakalarının % 32'sine; ölümcül gıda kaynaklı hastalıkların ise % 84'üne neden olmaktadır (Bialka 2007). Özellikle; 1998-2002 yılları arasında meydana gelen en önemli gıda kaynaklı hastalık salgınlarından sorumlu bakterilerin *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella*, *Clostridium perfringens* ve *Cyclospora cayatanensis*, *Hepatit A*, *Listeria monocytogenes* gibi diğer bakterilerin olduğu ve gıda kaynaklı hastalık yapma oranlarının ise sırasıyla; % 3,78; % 13; % 2,15; % 2,86; % 5,24; % 1,92 olduğu bildirilmiştir (Lynch ve diğ. 2006).

Zhang ve diğ. (2005), ozonlanmış suya daldırma uygulamasının kerevizlerde bakteri gelişimini engelleyerek mikrobiyal bozulmayı azaltabildiği bildirilmiştir. Ozonlu suya daldırma uygulaması, marulların *Enterobacteriaceae* sayısında 1,3 logaritmik birim (Akbaş ve Ölmez 2007); *Salmonella typhimurium* inoküle edilmiş domatesleri *S. typhimurium* sayısında ise 2,53 log birim azalma (Chaidez ve diğ. 2007) gerçekleştirilebildiği belirtilmiştir. Basınçlı ozon gazı uygulaması ile ise böğürtlenlerin *Salmonella* sayısında 3 log; *E. coli* sayısında ise 2,2 log birim azalma gerçekleştirildiği (Bialka ve Demirci 2007) ve 1,7 mg/L ozonlu suya 7,5 dakika daldırma uygulamasının kuru incirlerde *E. coli*'lerin elimine edilmesinde etkili olduğu belirtilmiştir (Zorlugenç ve diğ. 2008).

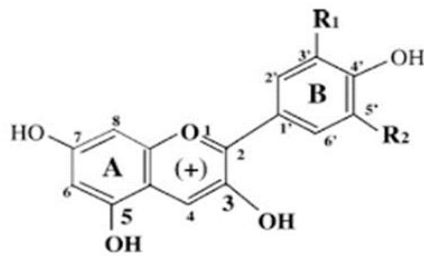
Ayrıca; ozonun uygun koşullarda ve uygun konsantrasyonda kullanıldığında havadaki ve gıdalar üzerindeki dirençli bakteriler ve sporlarını öldürebilmesinin yanı sıra bu bakterilerce oluşturulan kötü kokuları giderebilmekte olduğu ve depolarda koku giderici olarak kullanılabilenmekte olduğu bildirilmiştir (Rice ve diğ. 1982).

### 2.3.3.2 Meyve ve Sebzelerin Fizyolojisi ve Duyusal Kalite Özellikleri Üzerine Ozonun Etkisi

Renk-görünüm, lezzet (tat ve aroma), tekstür ve besin değeri meyve ve sebzelerin 4 temel kalite parametresini oluşturmaktadır. (Barrett ve diğ. 2010). Bu temel parametrelerin korunması ve ticari albenisinin bozulmaması açısından; hasattan tüketime kadar büyüme ve gelişmeye devam eden ve depolanacak ve/veya transfer edilecek her meyve ve sebzenin kendine has olan en uygun olgunlukta hasat edilmesi, uygun koşullarda işlenmesi ve depolanması gerekmektedir (Nsibuka 2011).

Gıdaların renk ve görünüşleri ilk bakışta kalitenin değerlendirilebildiği ana parametredir. Direk olarak satışı etkileyen ilk basamağı oluşturmaktadır. Meyve ve sebzelerde renk, çoğu olgunlaşma süresince değişen doğal pigmentlerinden ileri gelmektedir (Barrett ve diğ. 2010). Bu doğal pigmentlerden en önemlilerinden biri olan antosiyaninler; suda çözünebilir nitelikte olup meyve ve sebzelere pembe, kırmızı, viole, mavi ve mor tonlarındaki çeşitli renklerini vermektedir (Nizamlığlu ve Nas 2010).

Antosiyaninler antosiyanidinlerin şekerle glikozit yapmış formlarıdır. (Nizamlığlu ve Nas 2010). Yaklaşık 20 civarında antosiyanidin bilinmektedir. Bu çeşitlilik, bağlı grupların çeşitlerinin ve bağlandıkları pozisyonların farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Bilinen 20 civarındaki antosiyanidinden 6 tanesi, meyve ve sebzelerle, bunların ürünlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu antosiyanidinler; pelargonidin (Pg), siyanidin (Cy), peonidin (Pn), delfinidin (Dp), petunidin (Pt), malvidin (Mv) dir. (Cemeroğlu 2009). Bilinen pek çok antosiyanidinden meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan antosiyanidinlerin yapısı Şekil 2.2'de görülmektedir.



Antosiyanidin	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Siyanidin	OH	H
Delfinidin	OH	OH
Peonidin	OCH <sub>3</sub>	H
Petunidin	OCH <sub>3</sub>	OH
Malvidin	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
Pelargonidin	H	H

Şekil 2.2: Başlıca antosiyanidinlerin kimyasal yapısı (Akalin 2011)

Çeşitli antosiyaninlerin arasındaki reaktivite ve renk farkı, moleküldeki hidroksil gruplarının sayısı, bu hidroksil gruplarından metoksillenmiş olanların konumu ve bunların sayısı, moleküle bağlanmış şekerlerin sayısı türü ve bağlanış pozisyonu ve bu şekerlere bağlanmış alifatik ve aromatik asit sayısı ve türü gibi kimyasal bileşim farklılıklarının yanı sıra antosiyaninlerin bulunduğu ortamın pH derecesi, ortamdaki konsantrasyonu, ortamda kopigment bulunup bulunmadığı gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Cemeroğlu 2009).

Dut meyvesinin özellikle de karadutun zengin antosiyanin içeriğine sahip olduğu herkesçe bilinmektedir. Buna rağmen; aynı cinste bile olsa birkaç renkte olabilen dut meyvelerinin içerdikleri antosiyanin miktarı farklılık gösterebilmektedir (Aramwit ve diğ. 2010). Bunun genetik faktörlerden ve yetiştirilme koşullarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Ercişli ve Orhan 2008).

Renk özelliklerinin yanında güçlü antioksidan özellikler gösteren antosiyaninlerin stabilitesi ise; ısı, ışık, oksijen, askorbik asit, kopigment varlığı, şekerler ve şekerlerin parçalanma ürünleri, hatta enzimler, ozon gibi oksidatif maddelerin varlığı vb. birçok faktörden etkilenmektedir (Cemeroğlu 2009). Bununla bağlantılı olarak; Aramwit ve diğ. (2010) en iyi kalitede dut ekstraktının elde edilmesi için tüm işlemlerin 70°C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi ve dutların ve duttan elde edilen ürünlerin ışık geçirmeyen kaplarda saklanması gerektiğini bildirmiştir.

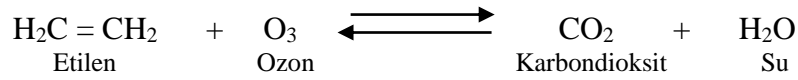
Ozonun meyvelerde antosiyanin miktarı üzerine etkileri üzerine yapılan çalışmalara göre; ozon uygulanan çilek (Perez ve diğ. 1999; Keutgen ve Pawelzik 2008) ve böğürtlenlerde (Barth ve diğ. 1995) rengin olumsuz etkilenmediği; ancak meyve sularındaki antosiyanin miktarlarının ozon uygulamaları sonucu azalabildiği bildirilmiştir (Tiwari ve diğ. 2009°). Keutgen ve Pawelzik (2008); çilek, böğürtlen gibi meyvelerin renklerinin ozondan olumsuz etkilenmemesinin; bu meyvelere kırmızı-pembe renklerini veren antosiyaninlerin flavanol ve diğer fenolikler ile kopigment yapmasından kaynaklandığını ve kopigment yapısının renk stabilitesini artırdığını belirtmiştir (Keutgen ve Pawelzik 2008). Bu nedenle de; ozon uygulamasının antosiyaninlerin stabilitesine bağlı olarak; çilek, böğürtlen gibi meyvelerde antioksidan aktivite ve fenolik içeriği etkilemediği belirtilmiştir (Karaca ve Velioğlu 2014). Buna ek olarak; ozon içeren atmosferde depolama uygulaması ile çileklerde

(Zhang ve diğ. 2011) ve kerevizlerde (Zhang ve diğ. 2005) enzimlerin inhibisyonuna bağılı olarak ürünlerin renklerinin korunabildiği de bildirilmiştir.

Antosiyaninlerden başka meyvelerde bulunabilen diğere renk pigmentleri yeşil renk veren klorofiller ve turuncu-sarı renk veren karotenoidlerdir (beta-karoten, lutein, likopen vb.). Ancak; ozon atmosferde depolanan meyve ve sebzelerde artan hücre zarı geçirgenliği ve oksidatif enzim aktivitesinden dolayı bu pigmentlerin parçalanmasına bağılı meyve renginde değışim ve hatta esmerleşme meydana gelebilmektedir (Skog ve Chu 2001). Örneğın; ıspanak, ve pazı (Sevilgen 2009), brokoli ve salatalık (Skog ve Chu 2001) gibi yeşil meyve ve sebzelerde klorofil miktarının ozon atmosferde depolama uygulaması ile azaldığı ve renkte sararma gözleendiğı belirtilmiştir. Buna karşın; Karaca ve Velioğlu (2014) ise maydanozların klorofil içeriğı üzerine ozon gazı uygulamasının olumsuz etkisinin olmadığını belirtmiştir. Buna ek olarak; şeftali, havuç ve domateslere (Tetik ve diğ. 2006), sarı-turuncu renklerini veren karotenoid miktarlarında ozon uygulaması sonucu azalma gözleendiğı ve bu ürünlerde renk açılması olduğı belirtilmiştir. Ancak Tzortzakıs ve diğ. (2007) ise; ozon uygulanan domateslerde likopen ve karotenoid miktarının arttığını belirtmiş ve bu artışın ozonun yarattığı oksidatif strese bağılı olarak meyvedeki savunma mekanizmasının tetiklenmesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir.

Ağıza alınan maddenin, tat alma ve koku alma duyularıyla ve bunlara ek olarak acı verme, sıcaklık vb. diğere duyularla ağızda oluşturduğı algılar toplamı lezzet (flavor) olarak tanımlanmakta ve bu duyular bileşkesinin en önemli öğelerini tat, koku/aroma ve tekstür oluşturmaktadır (Cemeroğlu 2009). Ozonun meyvelerin duyu kalitesi üzerine en önemli etkisi aroma kaybıdır (Nadas ve diğ. 2003). Nadas ve diğ. (2003) yaptıkları bir çalışmada, soğukta ozon atmosferde depolanan çileklerin aromasında yaklaşık % 40 oranında kayıp gözleendiğı ve bu kaybın meyveden yayılan uçucu bileşiklerin ozonla oksidasyonu sonucu gerçekleşmiş olabileceğı bildirilmiştir. Bununla bağılantılı olarak; Zhang ve diğ. (2011) tarafından da ozon gazı uygulamasının çileklerde aroma kaybına neden olduğı belirtilmiştir. Ozon uygulanan çileklerde aroma kaybı gerçekleşmesine rağmen (Nadas ve diğ. 2003; Perez ve diğ. 1999; Zhang ve diğ. 2011); ozon uygulamalarının cennet elması (Salvador ve diğ. 2006), sofralık üzüm (Cayuela ve diğ. 2009), kiraz (Çağatay 2006) örneklerinde aromayı olumsuz etkilenmediğı bildirilmiştir.

Kalite parametrelerinden biri olan sertlik, meyve ve sebzelerin olgunluk derecesi ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Meyve sertliği, hasat sonrası işleme ve depolama süreçlerinden etkilenebilmektedir (Nsibuka 2011). Meyvelerin salgıladıkları etilen; muz, cennet elması ve elma gibi meyvelerin olgunlaşma hızını artırmakta ve meyvelerin yumuşamasına neden olmaktadır. Ozon; etilen gazı ile Şekil 2.3'teki gibi reaksiyona girerek ortam atmosferinden etilenin uzaklaştırması için de kullanılabilir ve böylece tarımsal ürünlerin olgunlaşma hızını azaltarak raf ömürlerinin uzamasını sağlayabilmektedir (Mermelstein 1999).



**Şekil 2.3:** Ozonun etilen ile reaksiyonu (Mermelstein 1999)

Ozon gazı içeren atmosferde depolama uygulaması ile etilen üreten ve etilene hassas gıdaların birlikte depolanabilmesi mümkün olabilmektedir (Skog ve Chu 2001). Bununla ilgili olarak; Zhang ve diğ. (2011) 4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan çileklerin; Skog ve Chu (2001) ise 0,4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan elma ve armutların solunum hızı ve etilen üretim hızının azaldığını ve raf ömürlerinin arttığını bildirmişlerdir. Buna karşın; Palou ve diğ. (2002) ozon uygulamasının şeftalilerin solunum ve etilen üretim hızını etkilemediğini; aynı şekilde ozon içeren atmosferde depolanan domateslerin de etilen üretim hızlarının etkilenmediğini bildirmiştir.

Diğer taraftan; ozon uygulamasının; olgun halde toplanmış cennet elmalarında (Salvador ve diğ. 2006) ve sofralık üzümde (Cayuela ve diğ. 2009) yumuşamaya; elma (Mermelstein 1999), sofralık üzüm (Salvador ve diğ. 2006) ve çileklerin (Keutgen ve Pawelzik 2008) dış görünüşünde ise bozulmaya ve meyvelerde hasara neden olduğu belirtilmiştir. Meyvelerde gerçekleşen mat ve buruşuk görünümün ve meydana gelen fiziksel hasarın ozonlama işlemi sonucu gerçekleşen nem kaybından kaynaklanabileceği ve ozonun bu kurutma etkisinin ise meyve ve sebzelerin hem katı hem sıvı kısmı ile reaksiyona girmesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Skog ve Chu 2001). Bununla bağlantılı olarak; Cayuela ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ozon atmosferde (sürekli/kesikli, 2 ppm, 12 saat/gün, toplam 72 gün, 5°C) depolanan üzümün raf ömrünün artmasına rağmen; ozon atmosferde depolanan



üzümlerde nem kaybının daha fazla gerçekleştiği ve görünüş bozukluklarının meydana geldiği belirtilmiştir. Buna karşın; yapılan bir başka çalışmada; marul, üzüm, çilek, soğan, biber mantar, havuç, brokoli, salatalık gibi birçok meyve ve sebzeye ozon atmosferde depolama sırasında dumanlama sistemi ile ortamın nemlendirilmesinin tüm ürünlerde ağırlık kaybı ve görünüş bozulmalarını azalttığı bildirilmiştir (Çatal ve İbanoğlu 2010). Concha-Meyer ve diğ. (2014) tarafından gerçekleştirilen 12°C’de 2,5 ppm ozon içeren atmosferde depolama uygulaması sonucu böğürtlenlerde ağırlık kaybının azaltılabildiği ve ozon atmosferinde depolanan böğürtlenlerin kontrol grubuna göre daha sert bulunduğu bildirilmiştir. Keutgen ve Pawelzik (2008) tarafından ise ozon uygulanan çileklerde ağırlık kaybının % 1 oranında azaltılabildiği bildirilmiştir.

Nsibuka (2011); meyve ve sebzelerin nem içeriği, işleme koşulları, depolama süresi ve vaks içeriğinin parlaklığı oldukça etkilediğini ve yeni hasat edilen ürünlerin genellikle daha parlak olduğu belirtilmiştir. Uygun doz ve uygun koşullarda uygulanmadığında ozon meyve ve sebzelerde mat bir görünüme neden olabilmekte ve fiziksel ve duyu kalitede önemli kayıplara neden olabilmektedir (Skog ve Chu 2001). Ozon uygulaması ile kirazların (Çağatay 2006); çileklerin (Keutgen ve Pawelzik 2008) ve böğürtlen sularının (Tiwari ve diğ. 2009<sup>b</sup>) açıklık-koyuluk değerinin (renk skalasındaki “L<sup>\*</sup>” değerinin) negatif etkilendiği bildirilmiştir. Ayrıca; ozon içeren atmosferde depolanan salatalıklarda (Skog ve Chu 2001) ve çileklerde (Keutgen ve Pawelzik 2008) doku hasarının gerçekleştiği, ancak, böğürtlenlerde (Barth ve diğ. 1995; Mermelstein 1999) ve cennet elmalarında (Salvador ve diğ. 2006) herhangi bir fitotoksik yaralanmanın gerçekleşmediği bildirilmiştir. Buna ek olarak; ozon ile mantar yüzeyinde leke oluşumunun arttığı belirtilmiştir (Skog ve Chu 2001).

### **2.3.3.3 Meyve ve Sebzelerin Kimyasal Kalite Özellikleri Üzerine**

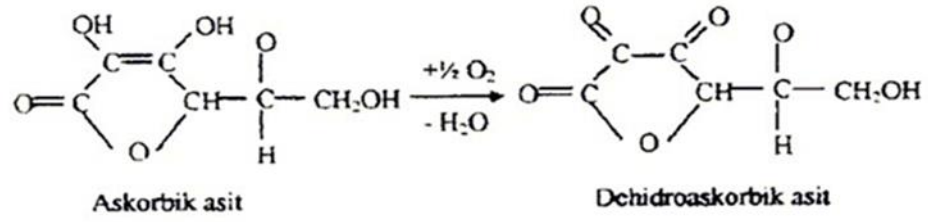
#### **Ozonun Etkisi**

Gıdaların besin değeri tüketicilerce doğrudan algılanamayan bir kalite parametresidir. Ancak; bilim insanları ve tüketicilerce gıdaların besin değerine verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Meyve ve sebzeler karbonhidratlar gibi makro; C vitamini, B vitamini (B6, tiamin, riboflavin, niasin, folat), A vitamini, E vitamini ve mineraller gibi mikro besin öğelerince oldukça zengindirler. Buna ek olarak güçlü

antioksidanlardan antosiyaninler ve diğ er fenolik maddelerce zengin olan meyve ve sebzelerin sağlık açısından birçok yararı bulunmaktadır. Ancak; genetik özelliklerin yanında, tarım uygulamaları, yetiştirme koşulları (sıcaklık, ışık vb.), hasat olgunluğu, hasat sonrası proses basamakları, depolama gibi etmenler meyve ve sebzelerin besin değerini etkilemektedir.

Örneğin; depolama boyunca diyet lifi ve minerallerde belirgin bir değişiklik görölmezken vitamin içeriğinde kayıplar görölebilmektedir. Özellikle meyve ve sebzelerin çoğunda bulunan ve kimyasal adı askorbik asit olan C vitamini oldukça kararsız olup meyve tazeliğinin belirlenmesinde indikatör olarak kullanılmaktadır (Barrett ve diğ. 2010). Oksijenin metabolik ürünlerinden oluşan toksik serbest radikalleri parçalaması dolayısı ile vücudun birçok hastalığa karşı direncini artıran C vitamini diğ er antioksidanlara kıyasla gerek hasat sonunda uygulanan işlemler sırasında, gerekse depolama sürecinde en fazla kayba uğrayan bileşiklerdendir (Cemeroğlu 2009). Askorbik asit, oksidasyonla ve ayrıca özellikle yüksek sıcaklıklarda termik yolla çok kolay parçalanabilmektedir. Çeşitli işlemlere bu kadar duyarlı olması nedeniyle, gıdalara uygulanan birçok işlemin olumsuz etkisinin belirlenmesinde askorbik asitteki kayıp miktarı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Cemeroğlu 2013).

Gerçekte askorbik asit kristalleri kuru koşullarda ve normal oda sıcaklığında, hem gün ışığına ve hem de hava oksijenine karşı veya pH 7,6'nın altındaki sulu çözeltilerde, eğer ortamda bakır iyonları gibi reaksiyonu katalize eden metal iyonları bulunmuyorsa hava oksijenine oldukça dirençlidir. Ancak ortamda uygun bir katalizör varsa askorbik asit, hava oksijeni ile derhal okside olarak dehidroaskorbik aside dönüşmektedir. Oluşan dehidroaskorbik asit de askorbik asit gibi biyolojik aktiviteye (C vitamini aktivitesine) sahiptir. Bu bileşik pH 4.0'ün altında az da olsa stabil olmakla birlikte, pH 4.0'ün üstünde artık biyolojik aktivitesi olmayan daha ileri aşamadaki parçalanma ürünlerine (örneğin diketogulonik asite) dönüşmektedir (Cemeroğlu 2009).



**Şekil 2.4:** Askorbik asidin dehidroaskorbik aside dönüşümü (Cemeroğlu 2009)

Literatürde; ozon uygulanan brokoli (Lewis ve diğ. 1996), çilek (Keutgen ve Pawelzik 2008) ve meyve sularının (Savaş ve diğ. 2014) askorbik asit içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Ancak; Perez ve diğ. (1999); ozon uygulanan çileklerde C vitamini miktarının geçici olarak arttığını tespit etmişlerdir. Bunun; ozonun yarattığı oksidatif strese bağlı olarak üründeki karbonhidrattan C vitamini biyosentezinin tetiklenmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Benzer şekilde; bal kabağı yaprakları (Ranieri ve diğ. 1996), turunçgil yaprakları (Iglesias ve diğ. 2006) ve ıspanaklarda (Sevilgen 2009) da ozon uygulaması sonucu askorbik asit içeriğinin arttığı bildirilmiştir.

Ozonun; meyve ve sebzelerin besin değerine büyük katkısı olan, antioksidan aktiviteye sahip fenolik maddeler üzerine etkileri bal kabağı yaprakları, çilek ve domatesler üzerine yapılan çalışmalarda incelenmiştir. Ranieri ve diğ. (1996); 5 gün ozon gazına maruz kalan bal kabağı yapraklarında hücre içi fenolik içeriğin azaldığı ve hücre atık materyalindeki serbest ve glikozit bağlı fenollerde artış olduğunu bildirmiştir. Buna karşın; Keutgen ve Pawelzik (2008); iki ay boyunca 156 µg /m<sup>3</sup> konsantrasyonunda ozon atmosferde depolanan çileklerin antioksidan aktivite, antosiyanin miktarı ve fenolik içeriğinin değişmediğini; yine Tzortzakis ve diğ. (2007); 13 °C , % 95 RH, 1 ppm konsantrasyonunda ozon içeren atmosferde depolanan çileklerde de fenolik içeriğin etkilenmediğini bildirmişlerdir. Buna ek olarak; Cayuela ve diğ. (2009) ozona maruz kalan çekirdeksiz sofralık üzümde yüksek antioksidan aktivitesi ile bilinen resveratrol miktarının oksidatif stres sonucu arttığı ve ozon kaynaklı sentezlenen resveratrolün meyveyi enfeksiyonlara karşı daha dirençli kıldığı belirtilmiştir (Tetik ve diğ. 2006). Ayrıca renk özelliklerinin yanında antioksidan aktiviteye sahip bir fenolik madde olan antosiyaninler üzerine ozonun etkileri birçok

çalışmada incelenmiştir (Perez ve diğ. 1999; Keutgen ve Pawelzik 2008; Barth ve diğ. 1995; Savaş ve diğ. 2014; Tiwari ve diğ. 2009<sup>a,b,c</sup>).

Literatürde; ozon uygulamalarının çeşitli meyve ve sebzelerde renk, lezzet ve besin değerinde olumsuz değişimlere neden olan polifenoloksidaz (PPO) (Barth ve diğ. 1995), peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) (Zhang ve diğ. 2011) gibi enzimlerin inhibisyonunda etkili olduğu ve böylece uygun koşullarda ve uygun dozda ozonla muamele edilen meyve-sebze kalitesinin daha uzun süre korunabildiği belirtilmiştir. Bununla bağlantılı olarak; Zhang ve diğ. (2005) taze kesilmiş kerevizlerde, Beltran ve diğ. (2005) taze kesilmiş marullarda ozon gazı uygulaması ile PPO aktivitesinin inhibe edildiğini ve Barth ve diğ. (1995) ise böğürtlenlerde 0,3 ppm ozon uygulamasının POD aktivitesini inhibe edip PPO aktivitesini azalttığını bildirmiştir. Ayrıca; Zhang ve diğ. (2011) 4 ppm ozon gazı uygulamasının çileklerde POD ve CAT inhibisyonu sağladığını belirtmiştir.

Tüm bu çalışmalara bakıldığında; ozonun meyve ve sebzelerin mikrobiyolojik, duyuusal ve kimyasal kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu kadar olumsuz etkilerinin de olabileceği görülmektedir. Ancak; gıdanın kimyasal yapısı dikkate alınarak uygun koşullarda ve uygun süre ve dozda gerçekleştirilen ozon uygulaması ile gıda kalitesinin olumsuz etkilenmeden raf ömrünün artırılmasının mümkün olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında; diğer dezenfektanların aksine gıdalar üzerinde kalıntı bırakmaması, geniş spektrumda güçlü antimikrobiyal aktivite göstermesi dolayısı ile ozon birçok ülkede gıda sektöründe geleneksel metotlara alternatif bir dezenfektan olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denizli'nin Merkezefendi/Sevindik Mahallesi'nde bulunan bir bahçeden tedarik edilen ve çalışmada kullanılan karadut örnekleri, soğutuculu bir çanta içinde Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün laboratuvarlarına getirilmiştir. Karadutlar burada ozonlanmadan soğuk hava deposunda saklanacak örnekler ve ozon atmosferinde depolanacak örnekler olarak iki gruba ayrılmış, üstü açık polipropilen tabaklara konularak Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesislerinde bulunan soğuk hava depolarında (yaklaşık 63 m<sup>3</sup> lük) 6 gün süreyle depolanmıştır.

Ozonlama işlemi için Korona Deşarj Metodu ilkesiyle çalışan, 10 g/saat kapasiteye sahip bir ozon jeneratörü (AZ 1001, Kuark Tekozon, Ankara) kullanılmıştır. Bir oksijen konsantratöründen elde edilen oksijen gazı, jeneratöre besleme gazı olarak verilmiştir. Jeneratörden elde edilen ozon gazı, PVC tüplerle taşınıp, bir soğuk hava deposunun tavanından soğutucu fanların önüne verilmiştir. Depo içindeki ozon gazının konsantrasyonu bir ozon kontrolörüyle (G09-O<sub>3</sub>-B, Tongdy Control Tech. Co. Ltd., Çin) istenen düzeyde (0,3 ppm ve 2,4 ppm) sabit tutulmuştur. Soğuk hava deposu içindeki sıcaklık 2<sup>0</sup>C'de, bağıl nem ise bir nem sabitleyici (HR-DHTC, Faran Industrial Co. Ltd., Kyeonggi, Kore) kullanılarak %95'te sabit tutulmuştur.

Ozon uygulanan örnekler 2<sup>0</sup>C, % 95 bağıl nemde 0,3 ve 2,4 ppm ozon gazı atmosferlerinde depolanmış ve incelenen her örnek grubundan depolamanın 0., 2., 4., 6. günlerinde örnekler alınıp aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir. Normal atmosferde depolama şartlarında dutlarda gerçekleşecek mikrobiyolojik ve kimyasal değişimleri izlemek amacıyla karadut örnekleri eş zamanlı olarak ozonlama uygulanmayan bir başka soğuk hava deposunda da (2<sup>0</sup>C, % 95 bağıl nem) depolanmış ve aynı analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmadaki deneylerde kullanılan yüksek saflıktaki su, TKA marka bir su arıtma cihazından (TKA Water Purification Systems GmbH, Niederelbert, Almanya) alınmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılacak tüm malzemeler (distile su, cam malzemeler, pipet uçları vb.) 121<sup>0</sup>C'de 15 dakika otoklavlanarak (Hirayama, HA-300M, Saitama, Japonya) steril edilmiştir.

Bu tezde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal denemeler olarak ayrı ayrı yürütülmüştür. Mikrobiyolojik deneyler aseptik koşullarda çalışılmıştır.

### **3.1 Mikrobiyolojik Analizler**

Cemeroğlu (2013) tarafından belirtilen yöntemlerle örneklerde toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), *Enterobacteriaceae* ve maya-küf sayıları incelenmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan seyreltme sıvıları, yüksek saflıktaki su ve Maximum Recovery Diluent (MRD) kullanılarak hazırlanmıştır.

#### **3.1.1 Besiyerlerinin Hazırlanması**

PCA besiyeri, 17,5 g PCA saf su ile 1 L'ye tamamlanarak; DRBC besiyeri, 31,6 g DRBC saf suyla 1 L'ye tamamlanarak; VRBD besiyeri ise 38,53 g VRBD saf suyla 1 L'ye tamamlanarak hazırlanmıştır.

PCA ve DRBC otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiş, VRBD ise otoklavlanmaması gerektiğinden mikrodalga fırında eritilerek hazırlanmıştır. Besiyerleri steril ortamda petrilere dökülüp katılaştıktan sonra steril poşetlere yerleştirilerek buzdolabında (4°C) ekime kadar muhafaza edilmiştir.

Örneklerden steril koşullarda 10 g alınıp üzerine 90 mL steril seyreltme sıvısı eklenerek stomacher ile 1 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra yine seyreltme sıvıları kullanılarak gerekli dilüsyonlar hazırlanmıştır ( $10^{-1}$ - $10^{-6}$ ). Ekimler drigalski spatülü kullanarak yayma yöntemi ile 90 mm çaplı plastik petri kutularında gerçekleştirilmiştir. *Enterobacteriaceae* ve TMAB 37°C'de 24 saat, maya-küf 25°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda oluşan koloniler sayılmış ve sayıları kaydedilmiştir.

### **3.1.2 Mikroorganizma Sayısının Hesaplanması**

Hesaplamalar; aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak yapılmıştır:

$$\text{kob/g (veya mL)} = N. (1 / (S_o . V))$$

N: Belirlenmiş koloni sayısı

S<sub>o</sub>: Seyreltme oranı

V: Petri kutusuna aktarılan hacim (Yayma plak yönteminde: 0,1 mL)

## **3.2 Fiziksel ve Kimyasal Analizler**

### **3.2.1 Ağırlık Kaybı Tayin Yöntemi**

Ozonun üründe herhangi bir kurutma etkisinin olup olmadığının değerlendirilmesi için açısından farklı koşullarda depolanan karadut örneklerinde % ağırlık kaybı belirlenmiştir.

Polipropilen tabaklar üzerine yerleştirilen karadut örnekleri soğuk hava depolarında 6 gün süreyle depolanmışlardır. Ozon uygulanan örnekler 2 °C, % 95 bağıl nemde 0,3 ve 2,4 ppm ozon gazı atmosferlerinde ve kontrol grubu aynı sıcaklık ve bağıl nem şartlarında fakat hava atmosferinde muhafaza edilmiştir. Test edilen her grupta depolamanın 0., 2., 4., 6. günlerinde örnekler alınıp hassas terazide tartılmış, sonuçlar kaydedilmiş ve % ağırlık kaybı olarak verilmiştir.

### **3.2.2 L-Askorbik Asit Tayin Yöntemi**

Çalışmadaki askorbik asit tayini Hışıl (2007) tarafından önerilen spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemde; askorbik asit oksidasyon-redüksiyon boyasını (2,6-dikloroindofenol boyası) renksiz indirgemekte ve reaksiyon sonunda indirgenmemiş boyanın fazlası asit çözeltide gül pembesi-mor bir renk

göstermektedir. Askorbik asit, otoksidasyonunun engellenmesi ve reaksiyonda uygun asitliğin sağlanması için okzalik asit çözeltisi varlığında boya ile reaksiyona sokulmuş ve boyanın fazlasından oluşan renk spektrofotometrede 518 nm’de okunmuştur. Askorbik asit standartları ile elde edilen sonuçlara göre çizilen standard eğri yardımı ile örneklerin içerdiği askorbik asit miktarı saptanmıştır.

### 3.2.2.1 Kimyasalların Hazırlanması

Karadut örneklerinde askorbik asit tayininde kullanılmak üzere hazırlanan kimyasallar aşağıda belirtilmiştir:

**Stabilizan Çözelti (%0,4):** 5,6 g okzalik asit dihidrat saf su ile 1 L’ye tamamlanmıştır.

**Boya Çözeltisi (51 mg/L):** 51 mg 2,6-diklorofenolindofenol-Na tuzu ( $C_{12}H_6Cl_2NNaO_2 \cdot H_2O$ ) saf su ile 1 L’ye tamamlanmıştır.

**Stok Askorbik Asit Çözeltisi (%0,1’lik):** 0,1 g L-askorbik asit (Merck, CAS-No: 50-81-7) stabilizan çözelti ile 100 ml’ye tamamlanmıştır.

**Çalışma Askorbik Asit Çözeltileri:** Stok askorbik asit çözeltisinden sırasıyla 1, 2, 3, 4, 6 ve 8 mg alınıp stabilizan çözelti ile 100’er ml’ye tamamlanarak 1, 2, 3, 4, 6 ve 8 mg/100 ml’lik çözeltiler hazırlanmıştır.

**Şahit 0:** 1 mL stabilizan çözelti üzerine 9 mL saf su eklenmiş ve vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.

**Boya:** 1 mL stabilizan çözelti üzerine 9 mL boya çözeltisi eklenmiş ve vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.

**Şahit (1, 2, 3, 4, 6, 8):** 1 mL çalışma askorbik asit çözeltisi üzerine 9 mL saf su eklenmiş ve vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.

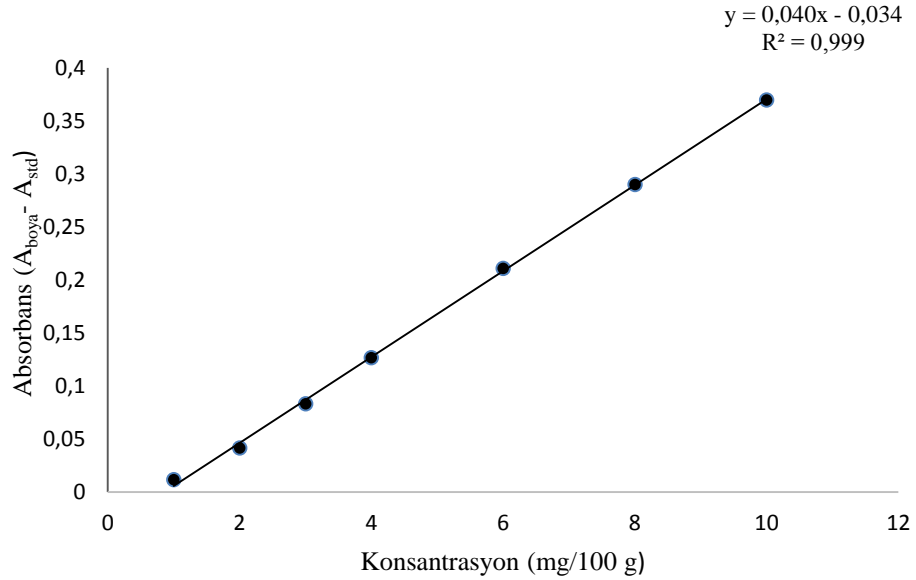
**Standart (1, 2, 3, 4, 6, 8):** 1 mL çalışma askorbik asit çözeltisi üzerine 9 mL boya çözeltisi eklenmiş ve vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.



### 3.2.2.2 Askorbik Asit Miktarının Hesaplanması

Standart kurvenin çizilmesi için boya, şahit (0, 1, 2, 3, 4, 6, 8) ve standartları (1, 2, 3, 4, 6, 8) yukarıda belirtildiği şekilde hazırlandıktan sonra şahit çözeltilerle absorbans sıfırlanarak  $A_{\text{boya}}$ ,  $A_{\text{std1}}$ ,  $A_{\text{std2}}$ ,  $A_{\text{std3}}$ ,  $A_{\text{std4}}$ ,  $A_{\text{std6}}$ ,  $A_{\text{std8}}$  absorbansları 518 nm'de UV-Vis spektrofotometrede okunmuş ve Tablo 3.1'deki kalibrasyon eğrisi (standart kurve) çizilmiştir.

Örneğin absorbansının ( $A_{\text{boya}} - A_{\text{örnek}}$ ) Tablo 3. 1'den elde edilen eşitlikte yerine konması ile 100 g karadutun içerdiği askorbik asit miktarı mg cinsinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.1: Askorbik asit standart eğrisi

### 3.2.3 Toplam Monomerik Antosiyanin Tayin Yöntemi

Bu yöntem, antosiyaninlerin maksimum absorbans gösterdiği dalga boyundaki absorbans değerinin ortamın pH değerine göre değişiminin ölçümüne dayanmaktadır. Bu prensibe dayanarak toplam monomerik antosiyaninlerin tayini için Cemeroglu (2013) tarafından önerilen spektrofotometrik yöntem (pH diferansiyel metodu) kullanılmıştır. Absorbans okumaları spektrofotometre kullanılarak karadutun içerdiği

baskın antosiyanin olan Siyanidin-3-Glukozit'in maksimum absorbans verdiği dalga boyunda (528 nm'de) saf suya karşı yapılmıştır.

pH-diferansiyel metodunun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli oksonyum formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre, ortam pH 1,0 ve pH 4,5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. Ortamda antosiyanin parçalanma ürünlerinin, renkli polimerlerinin veya diğer interferans yapan bileşiklerin bulunması durumunda bile yöntem çok duyarlı sonuç vermektedir (zen ve Akbulut 2008; Lee 2005).

### 3.2.3.1 Kimyasalların Hazırlanması

Karadut örneklerinde toplam monomerik antosiyanin tayininde kullanılmak üzere hazırlanan kimyasallar aşağıda belirtilmiştir:

**0,025 M KCl Tampon zltisi:** 1,86 g susuz potasyum klorür (KCl) zerine 980 mL saf su eklenmiş; yoğun hidroklorik asit (HCl) ile pH'ı 1,0'e ayarlandıktan sonra 1 L'lik balon jodede çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır.

**0,4 M Sodyum Asetat Tampon zltisi:** 54,43 g sodyum asetat trihidrat ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) zerine 960 mL saf su eklenmiş; yoğun HCl ile pH'ı 4,5'e ayarlandıktan sonra 1 L'lik balon jodede çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır.

**1,5 N HCl zltisi:** 12,5 mL % 37'lik HCl saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.

**Ekstraksiyon Solventi:** % 95'lik etanol zerine 1,5 N HCl'nin "85:15" oranında eklenmiştir.

### 3.2.3.2 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarının Hesaplanması

Bu deney için, 10 g karadut laboratuvar ortamında; ekstraksiyon solventi ile 1:1 oranında eklenerek homojenize edilmiş ve buz dolabında (+4 °C) bir gece beklemeye bırakılmıştır. Buchner hunisi ve ekstraksiyon solventi yardımı ile homojenattan antosiyanin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. KCl tamponu (pH 1,0) ile

spektrofotometrede yapılan ölçümler baz alınarak seyreltme faktörünün 200 olması uygun bulunmuştur. Sodyum asetat (pH 4,5) ve KCl tamponları (pH 1,0) ile hazırlanan seyreltikler tekrar filtre kağıdından geçirilip 15-20 dakika beklemeye bırakılmıştır. Örneklerin spektrofotometrede saf suya karşı 528 nm dalga boyunda ve 700 nm dalga boyunda absorbansları kaydedilmiş ve bu değerlerin aşağıdaki denklemde yerine konulması ile örneklerdeki antosiyanin miktarı belirlenmiştir.

Taze karadutta bulunan toplam monomerik antosiyanin miktarı; karadutta baskın olan antosiyanin Siyanidin-3-Glukozit (C3G)' in maksimum absorbans verdiği dalga boyu olan 528 nm ve 700 nm de pH 4,5 ve pH 1,0 için okunan absorbans değerlerinin belirtilen eşitliklerde yerine konulması ile hesaplanmaktadır.

$$A = (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH 4.5}$$

$$\text{Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/L)} = (A * M_w * S_f * 1000) / (\epsilon * l)$$

**A:** Absorbans farkı

**$\lambda_{vis-max}$ :** Baskın antosiyaninin maksimum absorbans yaptığı dalga boyu  
(528nm)

**$\epsilon$ :** Molar absorbans (26900 L/cm. mg)

**l:** Absorbans ölçüm küvetinin ışık yolu, cm (1 cm)

**$M_w$ :** Baskın antosiyaninin molekül ağırlığı (449,2 mg)

**$S_f$ :** Seyreltme faktörü (200)

### 3.3 İstatistiksel Analizler

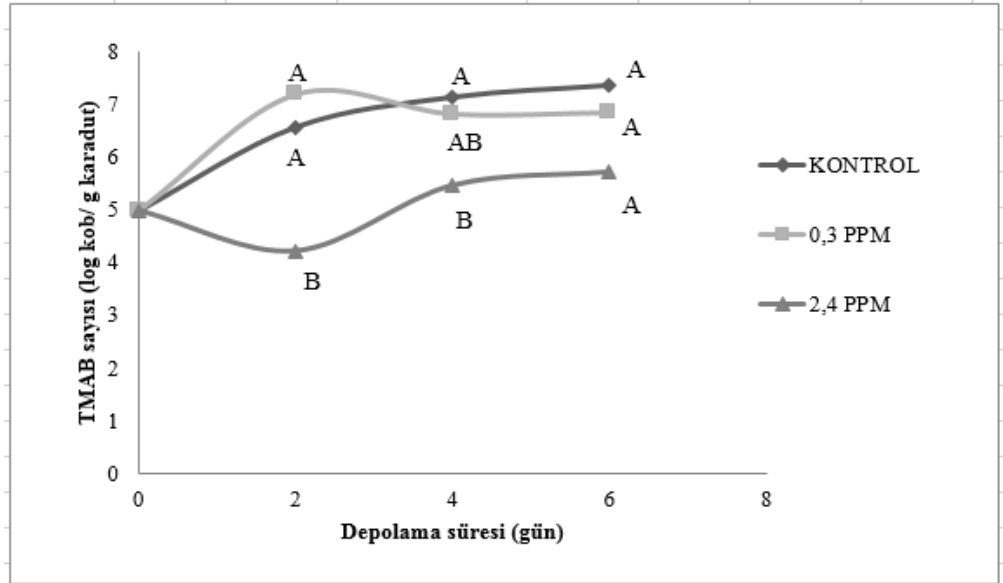
İstatistiksel değerlendirmelerde MINITAB 13.0 ve MSTAT-C paket programlarından yararlanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler General Linear Model (GLM) ile yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Tezde verilen her bir sonuç, birbirinden bağımsız 3 farklı örneğin ortalaması hesaplanarak elde edilmiş ve sonuçlar “ortalama  $\pm$  standart hata” şeklinde verilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Normal Atmosferde ve Ozon Gazı İçeren Atmosferde Depolanan Karadut Örneklerinin Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Depolama Boyunca Değişimi

Optimum üreme sıcaklıkları 30-40 °C olmakla birlikte; 5 ile 50°C sıcaklıkları arasında da oksijen bulunan ortamlarda varlıklarını devam ettirebilen mezofilik aerob bakteriler; gıdalarda bozulmaya neden olan ve gıda kaynaklı hastalıklara yol açan patojen mikroorganizmaların çoğunluğunu kapsamaktadır (Gönül ve Kışla 2009).

Gıdaların mikrobiyolojik kalitesinin ölçülmesinde temel parametrelerden birini oluşturan TMAB sayısı, farklı koşullarda depolanan karadut örneklerinde depolama boyunca takip edilmiş ve farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde TMAB sayısına etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde TMAB sayısına etkisi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfler (A-B); aynı örnekleme günü için farklı depo koşulları arasındaki istatistiksel açıdan farklılıkları göstermektedir.

Depolamanın başlangıcında  $5,0 \pm 0,0$  log kob/g olarak karadut örneklerinde belirlenen TMAB sayısı; incelenen örneklerde 6 günlük depolama periyodu boyunca genellikle artış göstermiştir. Buna ek olarak; kontrol grubu karadut örneklerinin TMAB sayısında depolama boyunca sürekli bir artış gözlenirken ozon içeren atmosferde depolanan karadut örneklerinde saptanan TMAB sayılarında bazı dalgalanmalar görülmüştür. 6 günlük depolama periyodu sonunda kontrol örneklerinde; 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerde sırasıyla  $7,35 \pm 0,11$ ;  $6,84 \pm 0,08$  ve  $5,73 \pm 0,08$  log kob/g düzeyinde TMAB belirlenmiştir.

Depolama sonunda en fazla TMAB sayısına kontrol grubu örneklerinde rastlanmışsa da gerçekleştirilen istatistiksel analiz; depolama süresi sonunda örneklerin TMAB sayıları arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur ( $p>0,05$ ). Elde edilen bulgularda dikkat çeken bir nokta 2,4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan örneklerin TMAB sayısında; depolamanın 2. gününde ciddi bir azalma (yaklaşık 1 log) gözleendiği; ancak daha sonra TMAB sayısının hızla artmış olduğudur. Bu durumun oksidatif stres dolayısı ile meyvede meydana gelen doku hasarının mikroorganizma faaliyetlerinin hızlandırmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Artes-Hernandez ve diğ. 2003).

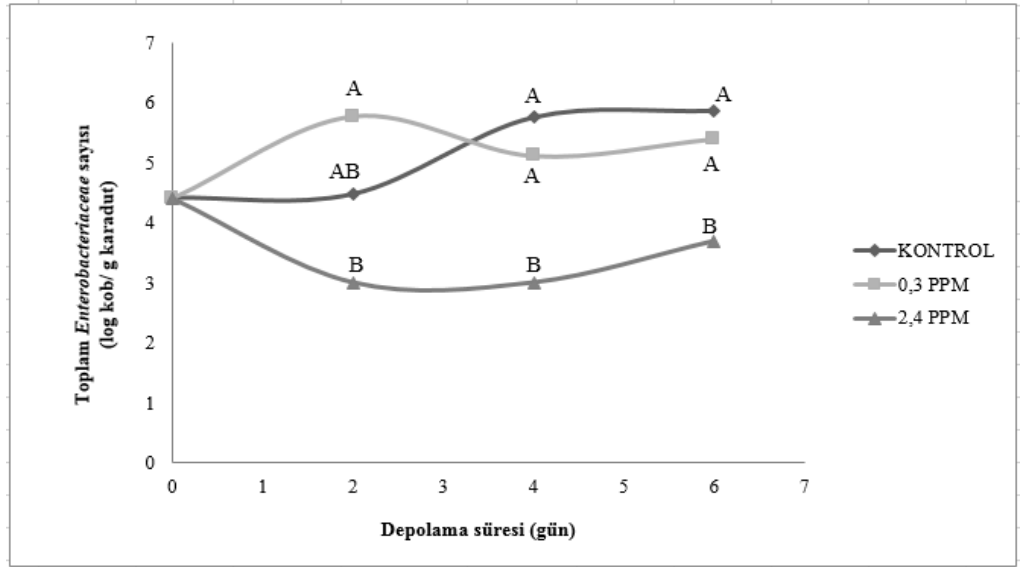
Literatürde bulunan makalelerde de bu duruma benzer örneklere rastlanabilmektedir. Örneğin; Şengün (2013) ozonlu su ile yıkama uygulamasının marul ve maydanozlarda TMAB gelişimi üzerine etkileri incelemiştir; buna göre 3, 5, 10 dakika ozonlu su ile yıkama uygulamasının (0,5; 1; 1,5 ppm) marulun TMAB sayısında 0,48-1,25 logaritmik birim; maydanozun TMAB sayısında ise; 0,40-1,03 logaritmik birim azalmaya neden olduğunu; diğer yandan çeşme suyu ile yıkanan marul ve maydanozların TMAB sayısında 0,10-1,20 logaritmik birim azalma gerçekleştiği belirtmiştir. Yazar, ozonlu su ve çeşme suyu ile yıkama uygulamalarının marul ve maydanozda TMAB dekontaminasyonu üzerine etkileri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığını bildirmiştir (Şengün 2013).

Buna karşın; Öztekin ve diğ. (2006), kuru incirlerde ozon gazı uygulamasının TMAB popülasyonununun % 38'ini inaktive ettiğini belirtmiştir. Yeoh ve diğ. (2014); ise taze kesilmiş papaya meyvesine 10, 20 ve 30 dakika süreyle uyguladıkları ozon ( $9,2 \pm 0,2 \mu\text{L/L}$ ) gazı ile TMAB sayısında 0,22-0,33 log kob/g'lık bir azalma kaydetmişlerdir. Brodowska ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise;

üzümsü meyvelerden olan ardıç meyvesine (*Juniperus communis* L.) 30, 60, 90 dakika farklı konsantrasyonlarda ozon (100; 130; 160 g ozon/m<sup>3</sup>) uygulaması süresince TMAB miktarının 5 log kob/g ile 3 log kob/g arasında değiştiği gözlenmiştir. Bulgular ise 30 dakika ozon uygulanmasının ardıç meyvelerinde TMAB popülasyonunun azaltılmasında etkili olduğunu ortaya koymuştur (Brodowska ve diğ. 2015). Buna ek olarak; ozon uygulamalarının domates (Aguayo ve diğ. 2006); marul (Akbaş ve Ölmez 2007) ve kavunların (Selma ve diğ. 2008) TMAB sayılarında sırasıyla 1,07 log, 1,7 log ve 3,8 log birimlik azalmalara neden olduğu belirtilmiştir.

Gıdaların maruz kaldığı hijyenik koşullar hakkında fikir veren ve *E. coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Citrobacter freundii* gibi koliform grubu mikroorganizmaları ve *Salmonella*, *Shigella* gibi önemli gıda patojenlerinin yer aldığı *Enterobacteriaceae* familyası gıda mikrobiyolojisi açısından oldukça önemlidir. Gram-negatif, morfolojik olarak çubuk şeklinde, spor oluşturmeyen, fakültatif anaerob, genellikle katalaz pozitif, oksidaz negatif, nitratları nitrite indirgeyebilen ve safra tuzlarına dirençli bakteri türlerini içeren *Enterobacteriaceae* familyasında bulunan mikroorganizmaların çoğu bağırsak kökenli olup ısıtma işlemleriyle kolayca tahrip olabilmektedir (Cemeroğlu 2013). Ancak; ısıtma işlem görmeyecek olan ve taze olarak tüketilen meyve-sebzeler ile minimal işlem görmüş gıdalarda bu mikroorganizmaların inhibisyonu önem taşımaktadır. Bu nedenle; farklı depolama koşullarının karadut örneklerinde *Enterobacteriaceae* gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen farklı koşullarda depolama işleminin (kontrol, 0,3 ppm ozon içeren atmosfer ve 2,4 ppm ozon içeren atmosfer) karadut örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı üzerine etkisi Şekil 4.2'de görülmektedir.



**Şekil 4.2:** Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı üzerine etkisi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfler (A-B); aynı örnekleme günü için farklı depo koşulları arasındaki istatistiksel açıdan farklılıkları göstermektedir.

Kontrol grubu ve 0,3 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerdeki *Enterobacteriaceae* sayıları depolama boyunca birbirine yakın seyretmiş ve bu örneklerdeki *Enterobacteriaceae* sayıları arasında depolama sonunda istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Öte yandan; 2,4 ppm ozon içeren atmosferde depolama uygulaması, *Enterobacteriaceae* gelişimini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu örneklerdeki *Enterobacteriaceae* sayısı, örneklemenin yapıldığı hemen her gün; kontrol grubu ve 0,3 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerden istatistiksel açıdan farklı ve daha düşük bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Ozon gazı uygulamasının *Enterobacteriaceae* familyasında bulunan *E. coli* ve *Salmonella* gibi patojen mikroorganizmaların kontrolünde etkili olabileceği daha önce başka araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Örneğin; gaz ozon uygulamasına (20 dakika, 950 ppm) maruz bırakılan maydanozlarda *E. coli* sayısında 1-3 log azalma olduğu (Karaca 2014) ve 3 dakika ozonlu suyla yıkama uygulanan elmaların *E. coli* (O157:H7) sayısında 2,6-3,7 log birimlik azalma gerçekleştirildiği (Achen ve Yousef 2001) bildirilmiştir. Ayrıca; 3 saatte bir yarım saat uygulanan 4 ppm ozon uygulaması ile domateslerin *Enterobacteriaceae* sayısında 1,27 log birimlik azalma (Aguayo ve diğ. 2006), yine domateslerde 2 mg/L ozonlu suya daldırma uygulaması ile *Salmonella*

*typhimurium* sayısında 2,53 log birim azalma gerçekleştirilebildiği (Chaidez ve diğ. 2007); 4 mg/L ozon suya 2 dakika süreyle daldırma işlemiyle marulların *Enterobacteriaceae* sayısında 1,3 log kob/g azalma gerçekleştiği (Akbaş ve Ölmez 2007) belirtilmiştir.

Buna ek olarak; Öztekin ve diğ. (2006) 5 ppm konsantrasyondan 3 saat süreyle ozon gazı uygulamasının kuru incirlerde bulunan koliform bakterilerin tümünü; Zorlugenç ve diğ. (2008) de 7,5 dakika süreyle ozon uygulamalarının (13,8 mg/L ozon gazıyla ya da 1,7 mg/L ozonlu su) *E. coli* mikroorganizmasını tamamen inaktive edebildiğini belirtmiştir. Daş ve diğ. (2006) ise; cherry domateslerde 5-10 dakikalık ozon gazı (10 mg/L) uygulamasının *Salmonella enteriditis* üzerine etkili olduğunu; Akbaş ve Özdemir (2005) ise; 6 saat süreyle uygulanan 1 ppm konsantrasyonda ozon gazı uygulamasının fıstıklarda *E. coli*' yi inaktive edebildiğini bildirmiştir. Yeoh ve diğ. (2014) tarafından da taze kesilmiş papaya meyvesine 20 dakika süreyle uygulanan ozon gazının ( $9,2 \pm 0.2 \mu\text{L/L}$ ), koliform grubu (0,39-1,12 log kob/g) bakterilerinin inaktivasyonunda etkili olduğu gözlenmiştir.

Bialka ve Demirci (2007) tarafından; 20°C'de 2-64 dakika süresince ozonlanmış su (1,7-8,9 mg/L) ile yıkamanın yaban mersinlerindeki *E. coli* O157:H7 sayısında 2 dakikalık uygulama sonucunda 1,3 logaritmik birim; 64 dakikalık uygulama sonucunda 4,9 logaritmik birimlik azalmalara neden olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak Bialka (2007) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise; 5 adet *E. coli* suşu O157:H7 ve *Salmonella* spp. inoküle edilmiş böğürtlen, çilek ve kızcıkların mikrobiyolojik kalitesi üzerine farklı ozon uygulamasının etkileri incelenmiş ve kesintisiz ozon (% 5 w/w; 64 dakika) ve basınçlı ozon (83 kPa; 64 dakika) kombinasyonunun; kızcıkların *E. coli* (O157:H7) sayısında 3,6 log kob/g'lık; çileklerin *E. coli* (O157:H7) sayısında ise 2,6 log kob/g'lık azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca; böğürtlenlerde *E. coli* gelişiminin inaktivasyonunda en etkili uygulamanın ise kesintisiz ozon uygulaması olduğu ve *E. coli* sayısında 2,2 log kob/g'lık azalma gerçekleştirilebildiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada kesintisiz ozon ve basınçlı ozon kombinasyonunun; kızcıkların *Salmonella* sayısında 3,8 log kob/g'lık; çileklerin *Salmonella* sayısında 2,9 log kob/g'lık azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Böğürtlenlerde ise *Salmonella* gelişiminin inaktivasyonunda en etkili uygulamanın

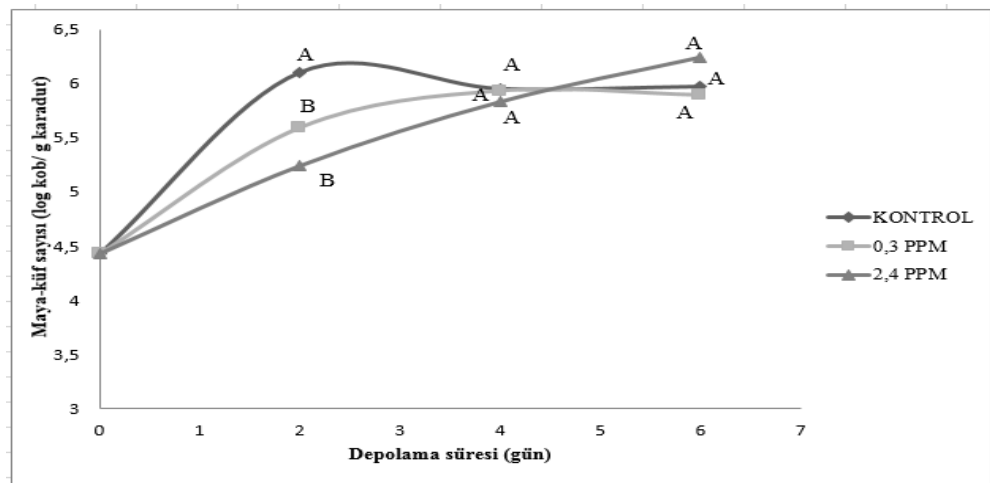


basıncılı ozon uygulaması olduğu ve bu uygulama ile 3 log kob/g'lık bir azalma gerçekleştiği bildirilmiştir (Bialka 2007).

Ökaryotik hücre yapısına sahip olan maya ve küfler işlenmiş ve işlenmemiş çok çeşitli gıdalarda, geniş bir pH aralığındaki (pH 2-10) ortamlarda gelişebilmekte ve gıdaların bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ısısal işlemin uygulanmadığı taze olarak tüketilen gıdalarda bu mikroorganizmaların inaktive edilmesi önem taşımaktadır.

Farklı depolama koşullarının karadut örneklerinde maya-küf gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Tablo 4.3'te farklı koşullarda depolamanın (hava atmosferi (kontrol), 0,3 ppm ozon gazı içeren atmosfer; 2,4 ppm ozon içeren atmosfer) karadut örneklerinde maya-küf sayısı üzerine etkisi verilmiştir. Başlangıçta; karadut örneklerinde maya-küf sayısının  $4,43 \pm 0,22$  log kob/g meyve olduğu saptanmış ve istisnasız tüm örneklerde depolama boyunca maya-küf sayısında artış gözlenmiştir.

Depolamanın 2. gününde ozon atmosferinde depolanan örneklerin maya- küf sayısı kontrol örneklerine göre daha düşük çıkmış ve bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Ancak depolamanın ileriki safhalarında söz konusu durum değişmiştir. Buna göre; kontrol grubu örnekleri ile ozon atmosferde depolanan örneklerinin maya- küf sayısı arasında depolama periyodu sonunda istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ).



**Şekil 4.3:** Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde maya-küf sayısı üzerine etkisi

<sup>1</sup>Farklı harfler (A- B); aynı örnekleme günü için farklı depo koşulları arasındaki istatistiksel açıdan farklılıkları göstermektedir.

Ozon yüksek oksidasyon potansiyeli sayesinde hücredeki önemli bileşenleri ileri derecede oksidasyona uğratarak mikroorganizmaları inaktif hale getirmektedir. Çeşitli ozon uygulamaları ile portakal ve limonda yeşil ve mavi küf oluşumunun yavaşlatıldığı ve bu hastalıklara neden olan küflerin sporlanmasının azaltıldığı veya önlenildiği (Palou ve diğ. 2001); şeftalilerde *Monilinia fructicola*'nın misel gelişimi ve sporlanmasının önlenildiği (Palou ve diğ. 2002); üzümde gri küf oluşumunun önlenildiği (Feliziani ve diğ. 2014), çileklerde küflenmenin kontrol örneklerine göre % 15 azaltılabildiği (Perez ve diğ. 1999) belirtilmiştir.

Kuru incirlere 3-5 saat süreyle uygulanan 5 ppm ozon gazı uygulamasının maya-küf sayısının % 72 oranında azaltılmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Öztekin ve diğ. 2006). Perez ve diğ. (1999) çilekleri 3 gün, 2<sup>0</sup>C de 0,35 ppm ozon gazı atmosferinde ve daha sonra 4 gün 20<sup>0</sup>C hava atmosferinde depolanmıştır. 20<sup>0</sup>C'deki depolamanın 2. gününde küf gelişiminin %15 oranında azaltılabildiği bildirilmiştir. Yine çilek meyvesi ile gerçekleştirilen bir çalışmada, *Botrytis cinerea* inoküle edilmiş örnekler 3 gün, 2<sup>0</sup>C'de 1,5 ppm koşullarında ozon atmosferde depolanmıştır. Ozon atmosferinde depolanan örneklerde yüzeyde gözle tespit edilebilen maya gelişiminin yavaşladığı bildirilmiştir (Nadas ve diğ. 2003).

Sarig ve diğ. (1996); üzümün depolanmasında büyük bir sorun olan *Rhizopus stolonifer* nedeniyle gerçekleşen bozulmaların ozon ile kontrol edilebildiğini belirtmiştir. Buna benzer olarak Palou ve diğ. (2002) tarafından; 7 hafta 5<sup>0</sup>C'de 0,3 ppm ozon atmosferinde depolanan sofralık üzümde gri küf gelişiminin inhibe edilebildiği belirtilmiştir. Kontrol grubundaki örneklerin % 20'sinde küf gelişimi görülürken 2<sup>0</sup>C'de ve 0,3 ppm ozon atmosferde depolanan böğürtlen örneklerinde küf gelişimine rastlanmamış ve böğürtlen örnekleri herhangi bir hasar ve renk değişimi olmadan 12 güne kadar saklanabilmiştir (Barth ve diğ. 1995). Buna karşın; Spalding (1968) tarafından; 0,5 ppm gaz ozon uygulamasının kahverengi çürük ve *Rhizopus* çürük gelişimini inhibe edemediği belirtilmiştir. Buna ek olarak; Artes-Hernandez ve diğ. (2003) tarafından; 0<sup>0</sup>C'de, 0,1 ppm (kesikli/sürekli) ozon gazı atmosferinde depolanan üzümde *Botrytis* kaynaklı küf bozulmalarının kontrol gruplarına göre arttığı belirtilmiştir. Bu durumun, nispeten düşük konsantrasyonda uygulanan ozon gazının meyve dokusunda mikroskopik hasara yol açması nedeni ile patojen gelişimini arttırıcı yönde etki göstermesinden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Bu

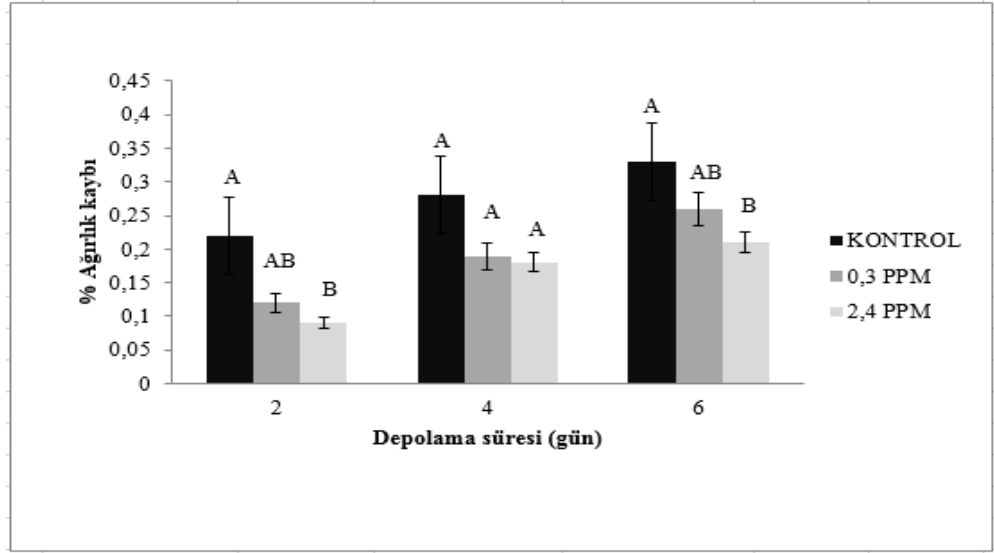
bakımdan daha yüksek dozlarda kullanılacak ozon dozunun küf gelişimini engelleyebileceği fikri yazarlar tarafından savunulmuştur (Artes-Hernandez ve diğ. 2003).

Bu tez çalışmasının bulgularından ve literatürdeki diğer çalışmaların sonuçlarından da anlaşılacağı gibi, ozonun tarımsal bir ürünlerdeki maya-küf sayısı üzerine uygulanan ozon dozu, uygulama şekli, tarımsal ürünün niteliği ve fizyolojik durumu gibi birçok faktör etkilidir. Dahası, hangi üründe hangi maya-küf türünün mik florada hakim olduğunun “esas belirleyici faktör” olması kuvvetle muhtemeldir. Bu nedenle; herbir tarımsal üründe, esas problem yaratan maya-küf türünün, o ürüne inoküle edilemesi ve gerçekleştirilen uygulama sonrası bu maya-küf türünün nasıl etkilendiğinin belirlenmesi, o tarımsal ürüne uygulanacak koruma yönteminin belirlenmesinde hayati önem taşımaktadır.

#### **4.2 Normal Atmosferde ve Ozon Gazı İçeren Atmosferde Depolanan Karadut Örneklerinin Bazı Fiziksel-Kimyasal Özelliklerinin Depolama Boyunca Değişimi**

Depolama sürecinde üründe gerçekleşebilecek nem kaybının tespiti için, dut örneklerindeki ağırlık kayıpları depolama boyunca periyodik olarak alınan örneklerle takip edilmiştir.

Depolama süresi arttıkça tüm örneklerde ağırlık kaybının arttığı gözlenmiştir. Ozon atmosferinde depolanan karadut örneklerinde gerçekleşen ağırlık kaybının daha az olduğu tespit edilmiştir. Farklı koşullarda depolanan karadut örneklerinde gerçekleşen % ağırlık kaybı karşılaştırmalı olarak Şekil 4.4’te gösterilmektedir.



**Şekil 4.4:** Farklı koşullarda depolanan karadut örneklerinde gerçekleşen % ağırlık kaybı

Altı gün depolama periyodu sonunda normal atmosferde, 0,3 ppm ozon atmosferinde ve 2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerde sırasıyla %  $33 \pm 0,06$ ; %  $26 \pm 0,02$ ; %  $21 \pm 0,01$  oranlarında ağırlık kaybının gerçekleştiği belirlenmiştir.

Depo atmosferindeki ozon dozu arttıkça karadut örneklerinde gerçekleşen ağırlık kaybının azaldığı belirlenmiştir. 6 günlük depolama periyodu sonunda 2,4 ppm konsantrasyonunda ozon içeren atmosferde depolanan örneklerde gerçekleşen % ağırlık kaybının normal atmosferde depolanan örneklere göre istatistiksel olarak daha düşük olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ).

Farklı süre ve farklı koşullarda (0 ppm, 0,3 ppm, 2,4 ppm ozon) depolanan karadut örneklerinin ağırlık kaybı yüzdelerinin birbirlerinden istatistiksel olarak farklı oldukları tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Ancak; sonuçlar depolama süresi ve depolama koşulları etkileşimi açısından değerlendirildiğinde, örneklerin ağırlık kaybı verileri arasında bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ).

Depolama boyunca tarımsal ürünlerde gerçekleşen nem kaybının terleme ve/veya elektrolit sızıntısına bağlı olarak gerçekleşebileceği ve ozon uygulamasının terleme ile gerçekleşen ağırlık kaybını azalttığı (Nadas ve diğ. 2003) ancak; elektrolit sızıntısına bağlı ağırlık kaybını arttırdığı (Salvador ve diğ. 2006) daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Muhtemelen bu nedenledir ki literatürde yapılan çalışmalar

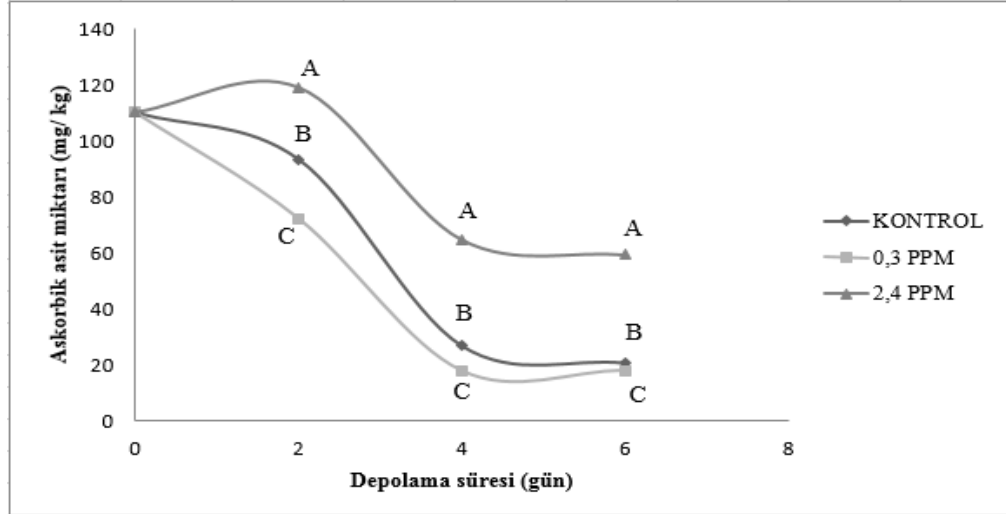
farklı ürünlerde gerçekleşen nem kayıplarına dair çelişkili sonuçlar içermektedir. Örneğin; ozon atmosferde depolama uygulamalarının nem kaybını çileklerde (Zhang ve diğ. 2011) azalttığı belirtilmiş; Nadas ve diğ. (2003) 3 gün 1,5µL/L ozon atmosferde depolanan çileklerde % 0,8 ağırlık kaybı olurken hava atmosferde depolanan örneklerde bu kaybın % 1,5 oranında gerçekleştiğini bildirmiştir. Buna benzer olarak; 2 ay boyunca 156 g/m<sup>3</sup> ozon atmosferde depolanan çileklerde de hava atmosferde depolananlardan % 1 oranında daha az ağırlık kaybı meydana geldiği belirtilmiştir (Keutgen ve Pawelzik 2008). Diğer taraftan ise ozon uygulamalarının domates (Tzortzakis ve diğ. 2007) ve elmalarda (Kuşçu ve Pazır 2004) meyve ağırlığını etkilemediği bildirilmiştir.

Bununla beraber, depo atmosferine verilen ozon gazı akımının üründe bir kurutma etkisi oluşturduğu (Skog ve Chu 2001) ve ozon atmosferinde depolanan üzümde (Cayuela ve diğ. 2009) ve cennet elmalarında (Salvador ve diğ. 2006) ağırlık kaybını artırdığı belirtilmiştir. Bu bakımdan; depo atmosferinde ozon gazı uygulaması yapılırken, ortamın uygun bir şekilde nemlendirilmesi ile (dumanlama sistemi vb.) tarımsal ürünlerde görülen ağırlık kaybının ve buna bağlı gerçekleşecek görünüş bozukluklarının azaltılabileceği ifade edilmiştir (Çatal ve İbanoğlu 2010).

Meyve ve sebze kalitesi açısından dış görünüşten sonra besin değeri önem taşımaktadır. Son yıllarda sağlığa faydalarının ön plana çıkması ile antosiyaninler gibi fenolik maddeler ve bunun yanında antioksidan özelliği ve bağışıklık sistemini destekleyici etkilerinden dolayı askorbik asidin önemi artmıştır.

Meyve ve sebzelerdeki biyoaktif bileşiklerin en önemlilerinden biri hiç şüphesiz askorbik asittir. Bitki bünyesinde veya tüketildiğinde insan vücudunda birçok önemli fonksiyon gösteren bu bileşiğin belki de en bilinen özelliği yüksek antioksidan kapasitesidir. Ozon gibi yüksek oksidasyon kapasitesine sahip bir ajanla muamele edildiğinde, tarımsal ürünlerdeki askorbik asit düzeyinin nasıl değişeceği; gerek bitki fizyolojisi gerekse de ürünün biyo-yararlılığı açısından önemli bir konudur. Bu nedenle, söz konusu tezin materyali olan karadut örneklerindeki askorbik asit düzeyi, normal atmosferde ve ozon atmosferinde depolama süreçleri boyunca takip edilmiştir ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi incelenen tüm örneklerde askorbik asit miktarının depolama boyunca genellikle

azaldığı ve depolama koşullarının örneklerdeki askorbik miktarı üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.5:** Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde askorbik asit miktarına etkisi<sup>1</sup>

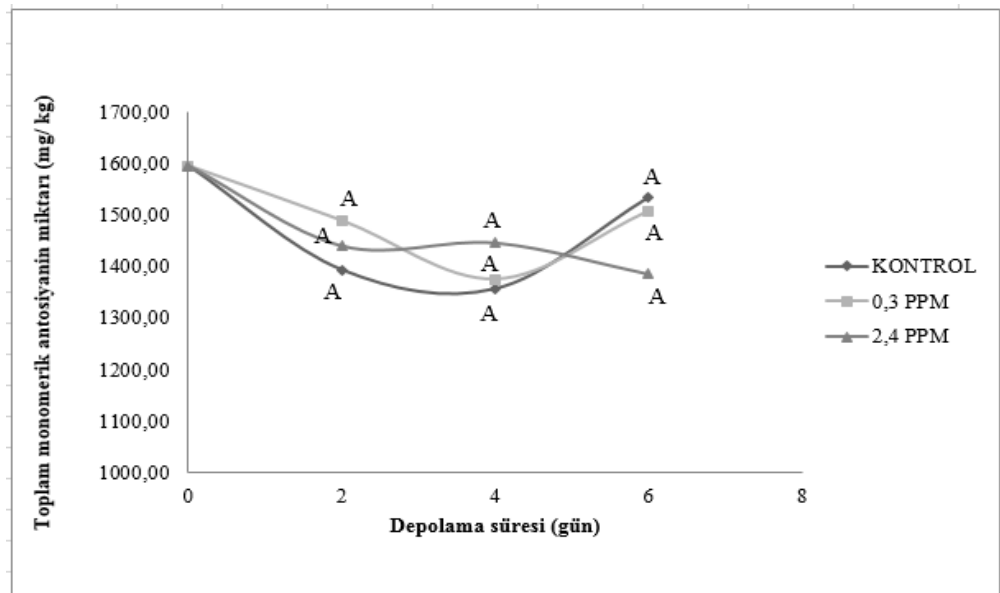
<sup>1</sup>Farklı harfler (A- C); aynı örnekleme günü için farklı depo koşulları arasındaki istatistiksel açıdan farklılıkları göstermektedir.

2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerdeki askorbik asit miktarı depolamanın 2. gününde, incelenen diğer örneklere göre belirgin bir artış göstermiştir. Buna ek olarak; 2,4 ppm ozon atmosferde depolanan örneklerde saptanan askorbik asit miktarı; kontrol grubu ve 0,3 ppm ozon atmosferinde depolanan karadut örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur ve bu farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).

Gıdalarda bulunan basit fenolikler ve fenolik asitler, flavonoidler (antosiyantinler, flavonoller, flavonlar, izoflavonlar, kateşinler ve flavanonlar) ve diğer bileşikler (karotenoid, tokoferoller, askorbik asit vb) gibi antioksidan maddeler oksidatif enzimlerin doğal substratları olabilmektedirler. Ozonun, güçlü oksidatif etkisinden dolayı da, gıdalardaki bu antioksidan bileşiklerin kayba uğrayabileceği düşünülmektedir (Cemeroğlu 2009). Buna karşın; Perez ve diğ. (1999) ozon uygulanan ürünlerde askorbik asit miktarında artış olabileceğini belirtmiş ve ozon uygulanan ürünlerde C vitaminindeki artışın üründeki karbonhidrattan C vitamini biyosentezini tetikleyen antioksidatif sistemin sonucu olmasından kaynaklandığı bildirmişlerdir. Bununla bağlantılı olarak; ıspanak (Luwe ve diğ. 1993), bal kabağı

yaprakları (Ranieri ve diğ. 1996) ve çileklerde (Perez ve diğ. 1999) ozon uygulamasına bağlı olarak C vitamini seviyesinin arttığı belirtilmiştir. Buna karşın; Lewis ve diğ. (1996) ise ozon uygulamasının brokolideki C vitamini içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Ayrıca; Tzortzakis ve diğ. (2007); ozon gazı içeren atmosferde depolama uygulamasının domateslerin C vitamini içeriğini etkilemediğini ve Zhang ve diğ. (2011) ise çilekler üzerinde yaptıkları bir çalışmada 4 ppm ozon gazı uygulamasının askorbik asit kaybını inhibe ettiğini belirtmişlerdir.

Karadut meyvesinin temel renk maddeleri antosiyaninlerdir. Bu maddelerinin, dolayısıyla meyve renginin depolama boyunca değişiminin ve ozon uygulamasından nasıl etkilendiğini belirlemek için depolama boyunca periyodik olarak alınan örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.6'da verilmiştir.



**Şekil 4.6:** Farklı koşullarda depolamanın karadut örneklerinde toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi

Şekilde de görüldüğü gibi, karadut örneklerinde saptanan toplam monomerik antosiyanin miktarı depolamanın 4. gününe kadar; tüm örneklerde azalmış ve daha sonra ise bu maddelerin miktarlarında bazı dalgalanmalar görülmüştür. Depolama periyodu boyunca tüm örneklerde saptanan antosiyanin miktarları birbirine yakın çıkmakla beraber 6. günün sonunda 2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan örneklerde

gerçekleşen antosiyanin kaybının, diğer örneklere kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak; depolama süresi, depolama koşulları ve depolama süresi-koşul etkileşimi açısından karadut örnekleri değerlendirilmiş ve karadut örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriğinde istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0,05$ ). Buna göre; depolama süresinin ve ozon atmosferinde depolama uygulamasının ve uygulanan ozon dozunun karadut örneklerinin antosiyanin içeriğinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bununla bağlantılı olarak; literatürde de Nadas ve diğ. (2003); Keutgen ve Pawelzik (2008); Perez ve diğ. (1999); Barth ve diğ. (1995); Mermelstein (1999)'in yaptıkları çalışmalarda ozon gazı uygulanan çilek ve böğürtlenlerde antosiyanin ve fenolik içeriğin ozon gazı uygulamalarından etkilenmediği belirtilmiştir. Buna ek olarak; tüm üzüksü meyvelerde 0,3 ppm ozon uygulanması ile depolama boyunca kırmızı rengin en iyi korunabildiği belirtilmiştir (Barth ve diğ. 1995). Cemeroğlu (2009) ozon uygulamalarının meyve ve sebzelerde yarattığı oksidatif stres gibi koşullar ile ürünlerde bulunan karotenoidler ve fenolik maddeler gibi daha stabil antioksidan bileşiklerin miktarlarının artabileceğini; diğer taraftan ise ozonun güçlü oksidatif etkisi ile gıdalarda basit fenolikler, fenolik asitler, flavonoidler ve askorbik asit gibi antioksidan bileşiklerin kaybına da neden olabileceğini belirtmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada, % 95 bağıl nem ve 2°C sıcaklıkta; 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon gazı içeren atmosferde ve normal hava atmosferinde 6 gün süreyle depolanan karadut örneklerinin mikrobiyolojik ve fiziksel-kimyasal özelliklerindeki değişim incelenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 4.1'de özetlenmiştir.



**Tablo 4.1:** Karadutun bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kalite kriterleri üzerine farklı depolama koşullarının etkisi<sup>1,2</sup>

Kalite Kriterleri	Depolama Süresi											
	Başlangıç			2. gün			4. gün			6. gün		
	Kontrol	0,3 ppm O <sub>3</sub>	2,4 ppm O <sub>3</sub>	Kontrol	0,3 ppm O <sub>3</sub>	2,4 ppm O <sub>3</sub>	Kontrol	0,3 ppm O <sub>3</sub>	2,4 ppm O <sub>3</sub>	Kontrol	0,3 ppm O <sub>3</sub>	2,4 ppm O <sub>3</sub>
TMAB Sayısı (log kob/ g karadut)	5,00 ±0,00	5,00 ±0,00	5,00 ±0,00	6,54 ±0,12a	7,19 ±0,03a	4,20 ±0,1b	7,14 ±0,03a	6,81 ±0,07ab	5,32 ±0,26b	7,35 ±0,11a	6,84 ±0,08a	5,73 ±0,08a
Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı (log kob/ g karadut)	4,24 ±0,25	4,41 ±0,25	4,41 ±0,25	4,39 ±0,2a	5,75 ±0,06ab	3,0 ±0,00b	5,76 ±0,026a	5,01 ±0,22a	3,0 ±0,00b	5,87 ±0,03a	5,38 ±0,07a	3,67 ±0,11b
Maya-Küf Sayısı (log kob/ g karadut)	4,43 ±0,22	4,43 ±0,22	4,43 ±0,22	6,1 ±0,07a	5,59 ±0,15b	5,24 ±0,04b	5,95 ±0,06a	5,93 ±0,12a	5,83 ±0,04a	5,97 ±0,007a	5,89 ±0,06a	6,24 ±0,008a
Ağırlık Kaybı (%)	-	-	-	22 ±0,06a	12 ±0,01ab	9 ±0,01b	28 ±0,06a	19 ±0,02a	18 ±0,01a	33 ±0,06a	26 ±0,02ab	21 ±0,01b
Askorbik Asit Miktarı (mg/kg)	110,13 ±1,32	110,13 ±1,32	110,13 ±1,32	93,48 ±4,65a	72,24 ±7,5b	118,87 ±0,44c	27,12 ±1,35a	17,90 ±0,71b	64,81 ±0,09c	20,96 ±0,32a	18,06 ±1,36b	59,45 ±2,13c
Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg/kg)	1596,08 ±141,6	1596,08 ±141,6	1596,08 ±141,6	1392,91 ±30,9a	1489,32 ±25,9a	1440,22 ±18,2a	1355,95 ±21,5a	1375,21 ±5,74a	1446,01 ±27a	1534,63 ±250,6a	1508,35 ±17,2a	1385,34 ±40,8a

<sup>1</sup>Farklı harfler (a-c); aynı örnekleme günü için, farklı depo koşulları arasında istatistiksel açıdan önemli bulunan farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

<sup>2</sup>Tablodaki veriler ölçülen 3 değerın ortalamasıdır (±standart hata).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada % 95 bağıl nem ve 2<sup>0</sup>C sıcaklığında 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon gazı içeren atmosfer ve normal hava atmosferinde 2, 4 ve 6 günlük depolamanın karadut meyvesinin (*Morus nigra* L.); fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal kalite özelliklerine etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda; ozon gazıyla muamele görmüş ve görmemiş karadut örneklerinin toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayısı, *Enterobacteriaceae* sayısı ve maya-küf sayısı belirlenmiş; ayrıca örneklerin askorbik asit ve toplam monomerik antosiyanin içeriği ve depolama boyunca örneklerde gerçekleşen ağırlık kaybı yüzde olarak belirlenmiş ve bulunan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- 1) Karadut örnekleri mikrobiyolojik açıdan değerlendirildiğinde; hava atmosferinde (0 ppm ozon) ve 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan karadut örneklerinin TMAB ve maya-küf sayıları arasında istatistik açıdan önemli bir fark tespit edilmemiştir ( $p>0,05$ ). Buna bağlı olarak, 6 gün ozon içeren atmosferde depolamanın karadutlarda mikrobiyal inaktivasyonda belirgin bir etki sağlamadığı görülmüştür. Daha yüksek ozon konsantrasyonlarında depolamanın ise mikrobiyal inaktivasyonda etkili olabileceği düşünülmüştür. Şöyle ki; 2,4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan örneklerin *Enterobacteriaceae* sayısı depolama sonunda hava atmosferinde ve 0,3 ppm ozon içeren atmosferde depolanan örneklerden sırasıyla 1,7 ve 2,2 logaritmik birim daha düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ).
- 2) Depolama süresi arttıkça tüm örneklerdeki ağırlık kaybında bir artış gerçekleşmiştir. Altı gün depolama sonunda; normal hava atmosferinde ve 0,3 ppm ve 2,4 ppm ozon içeren atmosferde depolanan örneklerdeki ağırlık kaybı sırasıyla % 33; % 26; % 21 olarak saptanmıştır. Depolama süresi ile artan ağırlık kaybı karadut meyvelerinde mat ve buruşuk bir görünüme neden olmuştur. Ayrıca; ozon dozu arttıkça karadut örneklerinde gerçekleşen ağırlık kaybının azaldığı tespit edilmiş; bu durumun ise ozon

uygulamasıyla ortamdaki oransal nemin artmasının meyvede terleme ile gerçekleşen ağırlık kaybının azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

- 3) İncelenen tüm örneklerde askorbik asit miktarının depolama boyunca genellikle azaldığı ve depolama koşullarının örneklerdeki askorbik asit miktarı üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bitkinin hasat sonu fizyolojisinin doğal bir sonucudur ve bu prosesin mümkün olduğunca yavaş ilerlemesi için depolamadaki sıcaklık ve nemin sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Ayrıca; ozon gazı içeren atmosferde depolama sonucu bazı meyvelerde askorbik asit içeriğinin artması mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada da 2,4 ppm ozon atmosferinde depolanan karadut örneklerinin askorbik asit içeriği depolamanın 2. günü belirli bir düzeyde artmış ve 6 günlük depolamanın sonunda bu örneklerin askorbik asit miktarı diğer gruplara nazaran daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bunun nedeninin, artan ozon konsantrasyonunun karadut meyvesinde meydana gelen oksidatif stresi artırması ve meyvede savunma mekanizmasının tetiklenmesi sonucu gerçekleşebileceği düşünülmektedir.
- 4) Farklı depolama koşullarında depolanan karadut örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri değerlendirilmiş; ozon uygulamasının karadut örneklerinin antosiyanin içeriği üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Ancak; daha sağlıklı değerlendirmeler için meyvedeki her bir antosiyaninin ozon uygulamasından nasıl etkilendiğini ortaya koyacak kromatografi ve kütle-spektrometresi gibi daha ileri teknolojik cihazların devreye sokulmasına gerek görülmektedir.

Herhangi bir dezenfeksiyon maddesinin/sisteminin teknolojik açıdan uygun olabilmesi için üründe sadece mikrobiyal güvenliği sağlaması yeterli değildir. Ayrıca ürünün kalitesine katkıda bulunan bileşenler üzerine de herhangi bir olumsuzluk yaratmaması gerekmektedir. Bu nedenle, suda çözünen ozon ve gaz ozon düzeylerinin maksimum mikrobiyal inaktivasyon sağlarken ürünün kalite özelliklerine ve besleyici unsurlarına zarar vermeyecek şekilde optimize edilmesi gerekmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

Achen M, Yousef A. E., “Efficacy of ozone against *E. coli* O157:H7 on apples”, *J. Food Sci.*, 66 (9), 1380-1384, (2001).

Aguayo, E., Escalona, V. H. and Artes, F., “Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes”, *Postharvest Biol. and Tec.*, 39, 169-177, (2006).

Ağaoğlu, Y., *Üzümsü Meyveler*, Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 984, (1986).

Akalın, A. C., “Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-10, (2011).

Akbas M. Y, Özdemir M., “Effectiveness of ozone for inactivation of *E. coli* and *Bacillus cereus* in pistachios”, *Int. J. Food Sci. Tech.*, 40, 1-7, (2005).

Akbaş, M. Y. and Ölmez, H., “Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut iceberg lettuce”, *J. Sci. Food Agr.*, 87, 2609- 2616, (2007).

Akbulut, M., Batu, A. ve Çoklar, H., “Dut Pekmezinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ve Üretim Teknikleri”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 25-31, (2007).

Akbulut, M., Çetin, Ç. ve Çoklar, H., “Farklı dut çeşitlerinin bazı kimyasal özellikleri ve mineral madde içeriklerinin belirlenmesi”, *II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, Tokat, 176-180, (2006).

Allende, A., Tomas-Barberan, F. A. and Gil, M. I., “Minimal processing for healthy traditional foods”, *Trends Food Sci Tech.*, 17, 513-519, (2006).

Anonim, “Secondary direct food additives permitted in food for human consumption”, Federal Register, Rules and Regulations, *Ozone*, 66 (123), Sec.: 173.368, (2001).

Anonim, “Sterilization Effects on Mulberries (*Morus alba* L.) Washed with Electrolyzed Water and Chlorine Dioxide”, *The East Asian Society of Dietary Life*, 23 (5), 654- 661, (2013).

Anonim, “Diğer meyveler [online]”, (18 Mart 2016) [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do%3Falt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do%3Falt_id=1001), (2015).

Aramwit, P., Bang, N. and Srichana, T., "The Properties and Stability of Anthocyanins in Mulberry Fruits", *Food Res. Int.*, 43, 1093-1097, (2010).

Artes-Hernandez F., Artes F. and Tomas-Barberan F. A., "Quality and enhancement of bioactive phenolics in Cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments", *J. Agr. Food Chem.*, 51, doi: 52905295, (2003).

Aslansoy, Z., "Ozonlama İşleminin Limondaki Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 1-86, (2012).

Asono, N., Yamashita, T., Yasuda, K., Ikeda, K., Kizu, H. and Kameda, Y., "Poly hydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees and silk worms", *J Agric. Food Chem.*, 49, 4280-4213, (2001).

Aziz, N. H. and Moussa, L. A. A., "Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits", *Food Control*, 13, 281-288, (2002).

Bakowska, A., Kucharska, A. Z. and Oszmianski, J., "The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanine polyphenol copigment complex", *Food Chem.*, 81 (3), 349-355, (2003).

Barrett, D. M., Beaulieu, J. C. and Shewfelt, R., "Color, Flavor, Texture and Nutritional Quality of Fresh- Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement and the Effects of Processing", *Crit. Rev. Food Sci.*, 50 (5), 369- 389, (2010).

Barth, M. M., Zhou, C., Mercier, J. and Payne, F. A., "Ozone Storage Effects on Antocyanin Content and Fungal Growth in Blackberries", *J. Food Sci.*, 60 (6), 1286-1288, (1995).

Baytop, A., *Farmasötik Botanik Ders Kitabı*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 3637 (58), 315, (1996).

Baytop, T., *Türkiye'de Bitkilerle Tedavi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 40 (3555), 444, (1999).

Beltrán F. J, García-Araya J. F, Rivas J., Álvarez P. M. and Rodriguez E., "Ozone remediation of some phenol compounds present in food processing wastewater", *J. Environ. Sci. Heal. A*, 35, 681-699, (2000).

Beltrán F. J., García-Araya J. F. and Álvarez P. M., "pH sequential ozonation of domestic and wine-distillery wastewaters", *Water Res.*, 35, 929-936, (2001).

Beltran, D., Selma, M. V., Marin, A. and Gil, M. I., "Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce", *J. Agr. Food Chem.*, 53, 5654-5663, (2005).

Bialka, K. L. ve Demirci, A., "Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on Blueberries Using Ozone and Pulsed UV-Light", *J. Food Sci.*, 72 (9), 391-396, (2007).

Bialka, K. L., "Decontamination of Berries with Ozone and Pulsed UV-Light", Doctor of Philosophy Thesis, *The Pennsylvania State University*, Pennsylvania, (2007).

Boranbayeva, T., Karadeniz, F. ve Yılmaz, E., "Effect of Storage on Anthocyanin Degradation in Black Mulberry Juice and Concentrates", *Food Bioprocess Tech.*, 7, 1894-1902, (2014).

Bridle, P., and Timberlake, C. F., "Anthocyanins as Natural Food Colours-Selected Aspects", *Food Chem.*, 58, 103-109, (1996).

Brodowska A. J., Śmigielski K., Nowak A., Czyżowska A., Otlewska A., "The Impact of Ozone Treatment in Dynamic Bed Parameters on Changes in Biologically Active Substances of Juniper Berries", *PLoS ONE*, 10 (12), (2015).

Cayuela, J. A., Vázquez, A., Pérez, A. G. and García, J. M., "Control of Table Grapes Postharvest Decay by Ozone Treatment and Resveratrol Induction", *Food Sci. Technol. Int.*, 15, 495-502, (2009).

Cemeroğlu, B., *Gıda Analizleri*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, 3, 87-363, (2013).

Cemeroğlu, B., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 1 (38), 76-107, (2009).

Chaidez, C., Lopez, J., Vidales, J. and Castro-Del Campo, N., "Efficacy of chlorinated and ozonated water in reducing *Salmonella typhimium* attached to tomato surfaces", *Int. J. Environ. Heal. R.*, 17, 311-318, (2007).

Chand R., Bremner D. H., Namkung K. C., Collier P. J. and Gogate P. R., "Water disinfection using the novel approach of ozone and a liquid whistle reactor", *Biochem. Eng. J.*, 35, 357-364, (2007).

Chen, J., Tao, X., Sun, A., Wang, Y., Liao, X., Li, L. and Zhang, S., "Influence of Pulsed Electric Field and Thermal Treatments on The Quality of Blueberry Juice", *Int. J. Food Prop.*, 17, 1419-1427, (2014).

Chen, Z., Zhu, C. and Han, Z., “Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on nutritional components and shelf-life of mulberry fruit (*Morus alba* L.)”, *J. Biosci. Bioeng.*, 111 (6), 675-681, (2011).

Concha-Meyer, A., Eifert, J., Williams, R., Marcy, J. and Welbaum, G., “Survival of *Listeria monocytogenes* on fresh blueberries (*Vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone”, *J. Food Prot.*, 77 (5), 832-836, (2014).

Çağatay, Ö., “Ozon Uygulamasının Kirazın Soğukta Depolanma Süresi Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-45, (2006).

Çatal, H. ve İbanoğlu, Ş., “Gıdaların Ozonlanması-Derleme”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (3), 47-55, (2010).

Daş E, Gürakan G. C. ve Bayındırlı, A., “Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella enteritidis* on cherry tomatoes”, *Food Microbiol.*, 23, 430-438, (2006).

Du, Q., Zheng, Y. and Xu, Y., “Composition of Anthocyanins in Mulberry and Their Antioxidant Activity”, *J. Food Compos. and Anal.*, 21, 390-395, (2008).

Engmann, F. N., Ma, Y., Tchabo, W., Ma, H. and Zhang, H., “Optimization of Ultrasonic and High Hydrostatic Pressure Conditions on Quality Parameters of Mulberry (*Morus Moraceae*) Juice Using Response Surface Methodology”, *J. Food Quality*, 37, 297-308, (2014).

Ercişli, S. ve Orhan, E., “Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits”, *Food Chem.*, 103, 1380-1384, (2007).

Ercişli, S. ve Orhan, E., “Some physico-characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey”, *Sci. Hortic-Amsterdam*, 116, 41-46, (2008).

Feliziani, E., Romanazzi, G. ve Smilanick, J. L., “Application of low concentrations of ozone during the cold storage of table grapes”, *Postharvest Biol. Tec.*, 93, 38-48, (2014).

Gerasopoulos, D. and Stavorulakis, G., “Quality characteristics of four mulberry (*Morus* spp.) cultivars in the area of China”, *J. Sci. Food Agric.*, 73, 261-264, (1997).

Gökmen, V., Artık, N., Acar, J., Kahraman, N. and Poyrazoglu, E. "Effects of Various Clarification Treatments on Patulin, Phenolic Compound and Organic Acid Composition of Apple Juice", *Eur. Food Res. Technol.*, 213, 194-1999, (2001).

Gönül, Ş. ve Kışla, D., *Gıda Mikrobiyolojisi- Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ders Notları*, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları, 20-21, (2009).

Graham, D., "Use of ozone for food processing", *Food Technol-Chicago*, 51 (6), 72-73, (1997).

Güzel- Seydim, B. Z., Greene, A. K. and Seydim A. C., "Use of Ozone in The Food Industry", *Elsevier Science Ltd. Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 37, 453-460, (2004).

Harborne, J. B. and Boardly, M., "The Widespread Occurrence in Nature of Anthocyanins as Zwitterions", *Z. Naturforsch.*, 40, 305, (1985).

Heng S., Yeung K. L., Djafer M. and Schrotter J. C., "A novel membrane reactor for ozone water treatment", *J. Membrane Sci.*, 289, 67-75, (2007).

Hepsağ, F., Hayoğlu, İ. ve Hepsağ, B., "Karadut Meyvesinin Antosiyanin İçeriği ve Antosiyaninlerin Gıda Sanayinde Renk Maddesi Olarak Kullanım Olanakları", *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (1), 9-19, (2012).

Hışıl, Y., *Enstrümental Gıda Analizleri-Laboratuvar Deneyleri*, 45, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları, 25-28, (2007).

Iglesias, D. J., Calatayud, A., Barreno, E., Primo-Millo, E. and Talon, M., "Responses of citrus plants to ozone: leaf biochemistry, antioxidant mechanisms and lipid peroxidation", *Plant Physiol. Biochem.*, 44, 125-131, (2006).

Imran, M., Khan, H., Shah, M., Khan, R. and Khan, F., "Chemical composition and antioxidant activity of certain *Morus* species", *Journal of Zhejiang University-Sci. Biomed. Biotechnol.*, 11(12), 973-980, (2010).

Kang, S. W., Lee, S. M., Chun, J. Y., Choi, S. G., "Microbial Reduction of Mulberry Treated by Air Bubble Washing with Co-washing Agents", *J. Agr. Life Sci.*, 48 (6), 329-340, (2014).

Karaca, H., "Meyve ve sebze islemede ozon uygulamaları", Doktora Semineri, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-28, (2006).

Karaca, H. ve Velioğlu, S., "Ozone Applications in Fruit and Vegetable Processing", *Food Rev. Int.*, 23, 91-106, (2007).



Karaca H., “Ozonlamanın Marul, Ispanak ve Maydanozlarda Mikrobiyel İnaktivasyon ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2010).

Karaca, H. ve Veliöğlü, S., “Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach and parsley”, *Postharvest Biol. Technol.*, 88, 46- 53, (2014).

Karaçalı, İ., *Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması*, İzmir: E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 494, (1993).

Karaman, S. ve Cemek, B., *Üzümsü Meyvelerin Depolanması*, Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 1-9, (2014).

Keutgen, A. J. and Pawelzik, E., “Influence of preharvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions”, *Postharvest Biol. Technol.*, 49, 10- 18, (2008).

Kim, H. B., Bang, H. S., Lee, H. W., Seuk, Y. S. and Sung, G. B., “Chemical characteristics of mulberry syncarp”, *Korean J Med. Crop Sci.*, 47, 3206-3209, (1999<sup>a</sup>).

Kim J. G., Yousef A. E. and Dave S., “Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review”, *J. Food Prot.*, 62 (9) 1071-1087, (1999<sup>b</sup>).

Klockow, P. A. and Keener, K. M., “Safety and quality assessment of packaged spinach treated with a novel ozone- generation system”, *Food Sci. Technol.*, 42, 1047-1053, (2009).

Koyuncu, F., “Organic Acid Composition of Native Black Mulberry Fruit” *Chem. Nat. Compd.*, 40 (4), 367-369, (2004).

Kuşçu, A. ve Pazır, F., “Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları”, *Gıda*, 29 (2), 123-129, (2004).

Lee, J., “Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study”, *J. AOAC Int.*, 88 (5), 1269-1278, (2005).

Lewis, L., Zhuang, H., Payne, F. A. and Barth, M. M. “Beta-carotene content and color assessment in ozone treated broccoli florets during modified atmosphere packaging”,

(Ed: In Book of Abstracts), *Institute of Food Technologists Annual Meeting II*, Chicago, 99, (1996).

Lin, J. Y. and Tang, C. Y., “Determination of Total Phenolic and Flavonoid Contents in Selected Fruits and Vegetables, as well as Their Stimulatory Effects on Mouse Splenocyte Proliferation”, *Food Chem.*, 101 (1), 140-147, (2007).

Luwe, M. W. F., Takahama, U. and Heber, U., “Role of Ascorbate in Detoxifying Ozone in the Apoplast of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaves”, *Plant Physiol.*, 101, 969-976, (1993).

Lynch, M., Painter, J., Woodruff, R. and Braden, C., “Surveillance of foodborne-disease outbreaks 1998-2002”, *MMWR.*, 55 (SS10), 1-34, (2006).

Mermelstein, N. H., “Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables”, (Ed: Food Technology), *Intervention Strategies to Improve the Safety of the Institute of Food Technologists Annual Meeting*, 53 (10), 58-61, (1999).

Nadas, A., Olma, M., Garcia, J. M., “Growth of *Botrytis cinerea* and Strawberry Quality in Ozone- enriched Atmospheres”, *J. Food Sci.*, 68, 1798-1802, (2003).

Nizamlioglu, N. M. ve Nas, S., “Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler, Yapıları ve Önemleri”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1), 20-35, (2010).

Nsibuka, AK., “Improving Postharvest Quality of Berries with Ozone Treatment”, Master Thesis, *Katholieke Universiteit Leuven and Universiteit Gent Interuniversity*, Belgium, 1-24, (2011).

Oz, A. T. ve Ulukanlı, Z., “The Effects of Calcium Chloride and 1-ethylcyclopropene (1-MCP) on the Shelf Life of Mulberries (*Morus alba* L.)”, *J. Food Process. Pres.*, 38 (3), 1279-1288, (2013).

Özcan, M. ve Ertürk, E., *Türkiye'nin Soğuk Hava Depo Potansiyeli, Sorunları İle Karadeniz Bölgesinin Soğuk Hava Depoculuğundaki Yeri*, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, (1994).

Özdemir, F. ve Topuz, A., “Antalya Yöresinde Yetiştirilen Farklı Dutların Bazı Kimyasal Özellikleri”. *Derim*, 15, 30-35, (1998).

Özen, G. ve Akbulut, M., “Dut Suyu Antosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi”, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum, 279-282, (2008).

Özgen, M., Serce, S. and Kaya, C., “Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin- rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits”, *Sci Hort*, 119, 27-279, (2009).

Öztekin S, Zorlugenç B and Zorlugenç FK., “Effects of ozone treatment on microflora of dried figs”, *J. Food Eng.*, 75, 396-399, (2006).

Öztürk, T., *Tarımsal Yapılar*, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 49, (2003).

Palou L., Smilanick J. L., Crisosto C. H. and Mansour M., “Effect of Gaseous Ozone Exposure on the Development of Green and Blue Molds on Cold Stored Citrus Fruit”, *Plant Dis.*, 85, 632-638, (2001).

Palou, L., Crisosto, C. H., Smilanick, J. L., Adaskaveg, J. E. and Zoffoli, J. F., “Effects of continuous 0,3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage”, *Postharvest Biol. Tec.*, 24, 39-48, (2002).

Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M. and Hernández-Pérez, T., “Berries: Improving Human Health and Healthy Aging and Promoting Quality Life-A Review”, *Plant Foods Hum Nutr.*, 65, 299-308, (2010).

Pawlowska, A. M., Oleszek, W. and Braca, A., “Quali-quantitative Analyses of Flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. (*Moraceae*) Fruits”, *J. Agric. Food Chem.*, 56, 3377-3380, (2008).

Perez, A. G., Sanz, C., Rios, J. J., Olias, R. and Olias, J. M., “Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality”, *J. Agr. Food Chem.*, 47, 1652-1656, (1999).

Polat, A., “Hatay’ın Antakya İlçesinde Yetiştirilen Bazı Dut Tiplerinin Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Bahçe*, 33 (1-2), 67-73, (2004).

Ramos, B., Miller, F. A., Brandao, T. R. S., Teixeira, P. and Silva, C. L. M., “Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety”, *Innov. Food Sci. Emerg.*, 20, 1-15, (2013).

Ranieri, A., D’Urso, G., Nali, C., Lorenzini, G. and Soldatini, GF., “Ozone stimulates apoplastical antioxidant systems in pumpkin leaves”, *Physiol. Plantarum*, 97, 381-387, (1996).

Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B. K., Noci, F., Knurichma, T. and Brunton, N., “Effect of Thermal and Non Thermal Processing Technologies on the Bioactive Content of Exotic Fruits and Their Products: Review of Recent Advances”, *Food Res. Int.*, 44, 1875-1887, (2011).

Rice, R. G., Farquhar, J. W., Bollyky, L. J., “Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods”, *Ozone-Sci. Eng.*, 4 (3): 147-163, (1982).

Prudente, Jr., A. D. and King, J. M., “Efficacy and safety evaluation of ozonation to degrade aflatoxin in corn”, *J. Food Sci.*, 67 (8), 2866-2877, (2002).

Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. and Martinez-Javega, JM., “Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon”, *J. Food Sci.*, 71 (6), 446, (2006).

Sarig P., Zahavi T., Zutkhi Y., Yannai S., Lisker N. and Ben-Arie R., “Ozone for control of postharvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*”, *Physiol. and Mol. Plant P.*, 48, 403-415, (1996).

Savaş, E., Tavşanlı, H. ve Gökğözoğlu, İ., “Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları”, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (3), 122-127, (2014).

Selma, M. V., Allende, A., Lopez-Galvez, F., Conesa, M. A. and Gil, M. I., “Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry”, *Food Microbiol.*, 25, 809-814, (2008).

Sevilgen, Ö., “Ozon, Klor ve Hidrojen Peroksit Uygulamalarının Pazıda Klorofil Miktarı Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-75, (2009).

Simopoulos, A. P. and Salem, N., “Fatty Acids and Lipids from Cell Biology to Human Disease”, *Lipids*, 31, SI, (1996).

Skog, L. J. and Chu, C. L., “Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage”, *Can. J. Plant Sci.*, 81(4), 773-778, (2001).

Soriano Jr. A., Nestor, U., Migo, M., P. and Matsumuraa M., “Ozonized vegetable oil as pour point depressant for neat biodiesel”, *Fuel*, 85, 25-3, (2006).

Spalding, D. H., “Effects of ozone atmosphere on spoilage of fruits and vegetables after harvest”, *Market. Res. Rep.*, Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture, 801, 9, (1968).

Suh, H. J., Noh, D. Q., Kang, C. S., Kim, J. M. and Lee, S. W., “Thermal Kinetics of Color Degradation of Mulberry Fruit Extract”, *Nahrung/Food*, 47(2), 132-135, (2003).

Şengül, M., Ertugay, M. F. ve Şengül, M., “Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez”, *Food Control*, 16 (1), 73-76, (2005).

Şengün, İ. Y., “Effects of Ozone Wash for Inactivation of *S. typhimurium* and Background Microbiota on Lettuce and Parsley”, *J. Food Safety*, 33 (3), 273-281, (2013).

Tetik, N., Topuz, A., Turhan, İ. ve Karhan, M., “Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi ve Muhafazasında Ozon Uygulamaları”, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu. 281-293, (2006).

Timberlake, C. F. and Bridle, P., “Interactions Between Antocyanins, Phenolic Compounds and Acetaldehyde and Their Significance in Red Wines”, *Am. J. Enol. Viticul.*, 27 (3), 97- 105, (1976).

Tiwari, B. K., O’ Donnell, C. P. and Cullen, P. J., “Effect of nonthermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices”, *Trends Food Sci. Tech.*, 20, 137-145, (2009<sup>a</sup>).

Tiwari, B. K., O’ Donnell, C. P., Muthukumarappan, K. and Cullen, P. J., “Anthocyanin and colour degradation in ozone treated blackberry juice”, *Innov. Food Sci. Emerg.*, 10, 70-75, (2009<sup>b</sup>).

Tiwari, B. K., O’ Donnell, C. P., Patras, A., Brunton, N. and Cullen, P. J., “Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice”, *Food Chem.*, 113, 1119-1126, (2009<sup>c</sup>).

Tournas, V. H. and Katsoudas, E., “Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits”, *Int. J. Food Microbiol.*, 105, 11-17, (2005).

Travagli, V., Zanardi, I., Valacchi, G. and Bocci, V., “Ozone and Ozonated Oils in Skin Diseases: A Review”, *Mediat. Inflamm.*, 610418, 9, (2010).

Tzortzakis, N., Borland, A., Singleton, I. and Barnes, J., “Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit”, *Postharvest Biol. Technol.* 45, 317-325, (2007).

Uzun, H. İ. ve Bayır, A., “Farklı Dut Genotiplerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Antiradikal Aktiviteleri”, *III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, Kahramanmaraş, 128-138, (2010).

Vurma, M., “Development of Ozone-based Processes for Decontamination of Fresh Produce to Enhance Safety and Extend Shelflife Dissertation”, Doctor of Philosophy Thesis, *The Ohio State University*, Ohio, 1-212, (2009).

Yang, X., Yang, L. and Zheng, H., “Hypolipidemic and Antioxidant Effects of Mulberry (*Morus alba* L.) Fruit in Hyperlipidaemia Rats”, *Food Chem. Toxicol.*, 48, 2374-2379, (2010).

Yeoh, W. K., Ali, A. and Forney, C. F., “Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya”, *Postharvest Biol. Technol.*, 89, 56-58, (2014).

Yiğit, D. ve Yiğit, N., “Antibacterial Activity of Black Mulberry (*Morus nigra*) Fruits and Leaves”, *EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 39-47, (2008).

Zhang L., Lu Z., Yu Z. and Gao X., “Preservation Fresh-cut Celery by Treatment of Ozonated Water”, *Food Control*, 16, 279-283, (2005).

Zhang, X., Zhang, Z., Wang, L., Zhang, Z., Jing, L. and Zhao, C., “Impact of ozone on quality of strawberry during cold storage”, *Frontiers Agriculture of China*, 5 (3), 356-360, (2011).

Zorlugenç, B., Zorlugenç, F. K., Öztekin, S. and Evliya, I. B., “The influence of gaseous ozone and ozonated water on microbial flora and degradation of aflatoxin B<sub>1</sub> in dried figs”, *Food Chem. Toxicol.*, 46, 3593-3597, (2008).

## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nadide TABAKOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ/ 23. 09. 1988

Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi- Mühendislik Fakültesi  
Gıda Mühendisliği Bölümü

Elektronik posta : nadidetabakoglu@gmail.com

İletişim Adresi : Sevindik Mah. 2308 Sok. No: 4/ 1 Murat Apt.  
Merkezefendi/ Denizli

Çalıştığı Kurum : Denizli İhracatçılar Birliği  
“Denizli Gıda Sektörünün Uluslararası  
Rekabetçiliğinin Geliştirilmesi Projesi”  
Proje Uzmanı

### Dinleyici olarak Katıldığı Bilimsel Toplantılar

- Pamukkale Üniversitesi Gıda Sempozyumu III: Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Gıdalar, Mayıs 2015, Denizli
- Türkiye Meyve Suyu Endüstrisi Paneli, Mart 2010, İzmir
- Nanoteknoloji Sempozyumu, Kasım 2009, İzmir