



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TANELENMİŞ NARIN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
KORUNMASINDA KLORDİOKSİT İLE MODİFİYE ATMOSFER
AMBALAJLAMANIN BİRLİKTE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATİH ERDEM

Tez Danışmanı

PROF. DR. MEHMET SEÇKİN ADAY

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TANELENMİŞ NARIN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN KORUNMASINDA
KLORDİOKSİT İLE MODİFİYE ATMOSFER AMBALAJLAMANIN
BİRLİKTE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATİH ERDEM

Tez Danışmanı

PROF. DR. MEHMET SEÇKİN ADAY

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2020-3234

ÇANAKKALE – 2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Fatih ERDEM

12/09/2022

TEŐEKKÜR

“Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY’a, Öğr. Gör. Dr. Serpil ADAY’a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğsleyen kıymetli arkadaşlarım Belde AYAN, Zeynep Yaęmur DUMAN, Furkan ETEM ve Nurgöl UZUNBOY’a, hayatımın her evresinde bana destek olan babam Kadir ERDEM’e ve değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.”

Fatih ERDEM
anakkale, Eylül 2022

ÖZET

TANELENMİŞ NARIN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN KORUNMASINDA KLORDİOKSİT İLE MODİFİYE ATMOSFER AMBALAJLAMANIN BİRLİKTE KULLANIMI

Fatih ERDEM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY

29/08/2022, 82

Nar yüksek besin değeri ve içerdği bileşenler nedeniyle tüketimi giderek artan önemli bir meyvedir. Fakat tanelenmiş nar, depolama süresince istenmeyen birçok değişime uğramakta ve bu nedenle ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Klordioksit meyvelerin raf ömrünün artırılmasında kullanılan kimyasallardan bir tanesi olup, birçok meyvede başarıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma tanelenmiş nar kalitesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki klordioksitin etkinliğinin (5ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm) pasif modifiye atmosfer ambalajlama ile birlikte kullanımının değerlendirilmesi üzerine yapılmıştır. Bu amaçla; tanelenmiş narların 5 °C de 18 gün boyunca depolanması süresince ambalaj içi gaz kompozisyonu, tekstür, renk, ağırlık kaybı, antosiyanin, fenol, duyuşal, suda çözünür kuru madde, pH, titrasyon asitliği, elektrolit sızıntısı ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Genel olarak, 10 ppm ve üzerindeki konsantrasyonlarda narın kalite özellikleri korunmuş olup, kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak, klordioksit ve modifiye atmosfer teknolojisinin narın raf ömrünün artırılmasında iyi bir seçenek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nar, Klordioksit, Raf Ömrü, Kalite kriterleri, Modifiye atmosferde ambalajlama.

ABSTRACT

COMBINED USE OF CHLORINE DIOXIDE AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING TO MAINTAIN QUALITY PROPERTIES OF POMEGRANATE ARILS

Fatih ERDEM

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY

29/08/2022, 82

Pomegranate is an important fruit that is increasingly consumed due to its high nutritional value and components. However, pomegranate arils undergo many undesirable changes during storage and therefore some economic losses occur. Chlorine dioxide is one of the chemicals used to increase the shelf life of fruits and is used successfully in many fruits. Therefore, this study was carried out to evaluate the effectiveness of different concentrations of chlorine dioxide (5ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm) and passive modified atmosphere packaging on the quality of pomegranate arils. For this purpose; gas composition, texture, color, weight loss, anthocyanin, phenol, sensory, total soluble solids, pH, titration acidity, electrolyte leakage and microbiological analyzes were carried out during the storage of pomegranates arils at 5 °C for 18 days. Generally, the quality characteristics of the pomegranate arils were preserved at concentrations of 10 ppm and above, and better results were obtained compared to the control group. As a result, it was determined that chlorine dioxide and modified atmosphere packaging are good options for increasing the shelf life of pomegranate.

Keywords: Pomegranate, Chlorine dioxide, Shelf life, Quality criteria, Modified atmosphere packaging.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ETİK BEYAN.....	ii
TESEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM	
GİRİŞ	
1.1. Giriş.....	1
İKİNCİ BÖLÜM	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
2.1. Narın Üretim ve Tüketim	4
2.2. Narın Ekonomik	5
2.3. Narın Kimyasal Bileşimi.....	6
2.4. Narda Kayıplar.....	9
2.4.1. Kabukta Kahverengileşme.....	9
2.4.2. Soğuk Zararlanması.....	10
2.4.3. Ağırlık Kaybı.....	11
2.4.4. Catlama.....	12
2.4.5. Cürüme.....	13
2.5. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Bazı Kimyasal Ajanlar.....	14
2.5.1. Klor	15
2.5.2. Ozon	16
2.5.3. Elektrolize Su.....	18
2.6. Klordioksit.....	20
2.6.1. Klordioksit Üretimi	20
2.6.2. Klordioksitin Fizikokimyasal Özellikleri.....	21

2.6.3.	Klordioksitin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi	22
2.6.4.	Klordioksitin Etkinliğini Belirleyen Faktörler.....	22
	Klordioksit Konsantrasyonu.....	23
	Test Prosedürü ve Uygulama Süresi.....	24
	Mikroorganizma Türü.....	25

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

27

MATERYAL YÖNTEM

3.1.	Materyaller.....	27
3.2.	Tanelerin Ayrılması.....	27
3.3.	Klordioksit Uygulaması	27
3.4.	Ambalajlama ve Depolama.....	28
3.5.	Analizler.....	28
3.5.1.	Ambalaj İçerisindeki Gaz Kompozisyonu.....	28
3.5.2.	Ağırlık Kaybı.....	28
3.5.3.	Renk.....	29
3.5.4.	Tekstür.....	29
3.5.5.	Suda Çözünür Kuru Madde.....	29
3.5.6.	pH ve Titrasyon Asitliği.....	29
3.5.7.	Elektrolit Sızıntısı.....	30
3.5.8.	Toplam Fenol	30
3.5.9.	Antosiyanin.....	30
3.5.10.	Mikrobiyolojik Analizler.....	31
3.5.11.	Duyusal Değerlendirmeler.....	31
3.5.12.	İstatistiksel Analiz.....	31

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

32

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Ambalajı İçerisindeki Gaz Kompozisyonuna Etkisi.....	32
4.2.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Ağırlık Kaybına Etkisi	35
4.3.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Renk Parametrelerine Etkisi.....	38
4.4.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Tekstürü Üzerine Etkisi.....	41

4.5.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Suda Çözünür Kuru Madde İçeriğine Etkisi	44
4.6.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın pH ve Titrasyon Asitliğine Etkisi.....	46
4.7.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Elektrolit Sızıntısına Etkisi	50
4.8.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Toplam Fenol İçeriğine Etkisi	52
4.9.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Antosiyanin İçeriğine Etkisi	55
4.10.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Toplam Canlı ve Küf -Maya Sayılarına Etkisi.....	58
4.11.	Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Duyusal Özelliklerine Etkisi	61
	BEŞİNCİ BÖLÜM	64
	SONUÇ ve ÖNERİLER	
	KAYNAKÇA.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

L	Parlaklık
a	Kırmızı-yeşillik
b	Sarı-mavilik
SÇKM	Suda çözünür kuru madde
Kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
L	Litre
mL	Mililitre
W	Watt
O ₂	Oksijen
CO ₂	Karbondioksit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
ClO ₂	Klordioksit
%	Yüzde
ppm	Parts per million (Milyonda bir)
AKİB	Akdeniz İhracatçı Birlikleri

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Yıllara göre Türkiye nar denge tablosu	4
Tablo 2	Narın kimyasal bileşimi	7
Tablo 3	Nar meyvesinin besinsel bileşimi	8



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Türkiye’de bazı illere göre nar üretimi	5
Şekil 2	Narın yıllara göre ihracat miktarı ve elde edilen ekonomik değer	6
Şekil 3	Ambalaj içerisindeki O ₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	33
Şekil 4	Ambalaj içerisindeki CO ₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	33
Şekil 5	Ambalaj içerisindeki CO ₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	34
Şekil 6	Ambalaj içerisindeki O ₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	35
Şekil 7	Ağırlık kaybının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	36
Şekil 8	Ağırlık kaybının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	37
Şekil 9	L* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	39
Şekil 10	a* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	39
Şekil 11	L* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	40
Şekil 12	a* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	41
Şekil 13	Sertlik değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	42
Şekil 14	Sertlik değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	43
Şekil 15	Suda çözünür kuru maddenin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	45

Şekil 16	Suda çözünür kuru maddenin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	45
Şekil 17	Titrasyon asitliğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	47
Şekil 18	pH değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	47
Şekil 19	Titrasyon asitliğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	48
Şekil 20	pH değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	49
Şekil 21	Elektrolit sızıntısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	51
Şekil 22	Elektrolit sızıntısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	51
Şekil 23	Toplam fenol içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	53
Şekil 24	Toplam fenol içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	54
Şekil 25	Antosiyanin içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	56
Şekil 26	Antosiyanin içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	57
Şekil 27	Toplam canlı sayısının tanelenmiş, narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	59
Şekil 28	Maya ve küf sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	59
Şekil 29	Toplam canlı sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	60
Şekil 30	Maya ve küf sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi	60
Şekil 31	Duyusal parametrelerin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi	62

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Punica granatum L. (Nar) uzun ömürlü ve kuraklığa dayanıklı bir bitkidir. Kurak ve yarı kurak bölgeler nar ağaçlarının büyümesi için idealdir. İran, Hindistan, Türkiye, Mısır, Tunus, İspanya ve Fas gibi Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bununla birlikte, nar bir üzüksü meyve olarak kategorize edilmesine rağmen, kendi botanik ailesi olan Punicaceae'ye aittir. Tek cins Punica'dır ve *P. granatum* adı verilen baskın bir tür vardır (Asgary vd., 2014).

Türkiye, dünyanın kuzey yarımküresinde 42° 06'-35° 51' Kuzey enlemleri ile 25° 40'-44° 48' Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Üç tarafı da Akdeniz, Ege ve Karadeniz olmak üzere denizle çevrilmiştir. Türkiye'nin iklimi bölgelerine göre subtropikalden ılımana göre değişmektedir. Dokuz tarım bölgesi vardır: Orta Kuzey, Ege, Marmara, Akdeniz, Kuzeydoğu, Güneydoğu, Karadeniz, Orta Doğu ve Orta Güney. Akdeniz, Ege ve Güneydoğu bölgeleri nar yetiştiriciliği için daha uygun iklimlere sahiptir. Nar 1000 m³ rakıma kadar hem kıyı hem de dağlık alanlarda büyüyebilir olup, Türkiye narın ana topraklarından birisi olarak kabul edilmektedir (Akcaoz vd., 2009).

Türkiye, Akdeniz ülkeleri arasında ana nar üreticilerinden biridir. Nar bahçelerinin büyük bir kısmı ülkenin Akdeniz, Ege ve Güneydoğu bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye'de yıllık nar üretimi 2015 yılında yaklaşık 445 bin ton olup, üretim yıldan yıla hızla artmıştır. Türkiye'den taze nar ihracatı 2000 yılında 3591 ton, 2015 yılında ise 151174 ton olmuştur. Türkiye'nin Akdeniz bölgesi nar yetiştiriciliği için en uygun ekolojik koşullara sahiptir ve ülkenin toplam nar üretiminin %60'ını kapsamaktadır (Çalışkan vd., 2017).

Narın kimyasal bileşimi; çeşit, yetiştirme bölgesi, iklim, olgunluk, yetiştirme uygulaması ve saklama koşullarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yıllara göre organik asitler, fenolik bileşikler, şekerler, suda çözünür vitaminler ve mineraller bakımından önemli farklılıklar oluşabilmektedir. Toplam meyve ağırlığının yaklaşık

%50'sini kabuk oluşturmakta olup, biyoaktif bileşenlerden fenolikler, flavonoidler, ellagitanninler (ET'ler) ve proantosiyanidin bileşikleri, özellikle potasyum, azot, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum ve kompleks polisakkaritler içermektedir (Viuda-Martos vd., 2010).

Narda antimikrobiyal aktivite gösteren çeşitli fitokimyasal bileşikler bulunmakta olup, ellagik asit ve punikalajin gibi daha büyük hidrolize edilebilir tanenlerin ise en yüksek aktivitelere sahip olduğunu bildirilmektedir. Meyvenin, özellikle kabuğun metanol ekstraktları, test edilen nar çeşidine bağlı olarak değişebilen oranlarda en geniş antibakteriyel aktiviteyi göstermektedir. Narın metanol ekstraktları hidrolize edilebilir tanenler (punikalin ve punikalajin), ellagik asit (ellagitanin bileşeni) ve gallotaninlerin bir bileşeni olan gallik asit bakımından yüksektir. Nar 5 çekirdek glikoz birimine kadar polimerizasyon derecesi ile oligomerik ellagitanin içerebilmektedir. Bu moleküller nardaki en güçlü antibakteriyel bileşikler olabilir. Bununla birlikte, diğer bileşikler de antibakteriyel aktiviteye sahiptir ve antosiyaninler (pelargonidin-3-galaktoz ve siyanidin-3-glukoz) ve flavonoller (kuersetin ve mirisetin) dahil olmak üzere istenilen etkileri meydana getirmek için sinerjik olarak katkı sağlayabilir (Howell ve D'Souza, 2013).

Soğuk zararları, ağırlık kaybı ve çürüme, narın pazarlamasını sınırlayan ve hasat sonrası ciddi kayıplara neden olan en önemli problemlerdir. Meyvenin 5° C'de veya daha düşük sıcaklıklarda geleneksel depolanması sırasında soğuk zararlanmasına olan duyarlılığı sebebiyle, depolama sırasında uygun ortam ve sıcaklığın sağlanması gerekmektedir. Meyveler soğuk zararlanmasını önlemek için daha yüksek bir sıcaklıkta saklandığında ise ağırlık kaybına ve çürümeye karşı hassasiyeti artmaktadır (Safizadeh, 2019).

Nar tanelerinin raf ömrünü arttırmak için, asitlendirme, antioksidan kullanma, modifiye atmosfer (MA) ambalajlama ve sanitize ajanlarla yıkama gibi çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Klor ile karşılaştırıldığında, klordioksit (ClO₂) daha düşük bir oksidatif potansiyele sahip olsa da daha yüksek oksidasyon kapasitesine sahiptir ve bu da etkili bir dezenfektan görevi görmesinin en önemli sebebidir. Klordan farklı olarak, ClO₂ organik

maddeleri okside etmeyerek yüksek derecede toksik molekülleri üretmemektedir. Ayrıca, ClO₂ kullanımını, meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek için Amerika Gıda ve İlaç İdaresi tarafından onaylanmış olup, kalıntı ClO₂ konsantrasyonu gıdalarda 3 mg/L'yi geçmeyecek şekilde sınırlandırılmıştır (Colgecen ve Aday, 2015).

Bu çalışmanın amacı; nar tanelerinin farklı konsantrasyonlarda kullanılan klordioksit ile muamele edildikten sonra pasif atmosfer ile ambalajlanması ve uygulamaların narda depolama süresince fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler bakımından karşılaştırılmasını kapsamaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Nar Üretim ve Tüketimi

2011 yılından itibaren değerlendirilecek olursa nar üretimi sürekli bir artış göstermektedir (Tablo 1). İhracat bakımından ise 2013-2014 yılları arasında yaklaşık 5000 tonluk bir azalma bulunmakta olup, bu yıllar haricinde ihracatta da bir artış söz konusudur. İthalat bakımından ise yıllara göre dalgalı bir seyir görünmekte olup, en fazla ithalat 2018 yılında gerçekleşmiştir. Yurtiçi kullanım ve tüketim bakımından da yıllara göre bir artış gözlenmekte olup, birbirini izleyen yıllar bakımından incelendiğinde, kullanımdaki artış en fazla 2011-2012 yılları arasında rapor edilmiştir. Kayıpların üretim miktarının artmasıyla yükseldiği görülmekte olup, kişi başına tüketim de artış göstermektedir (TUİK, 2020).

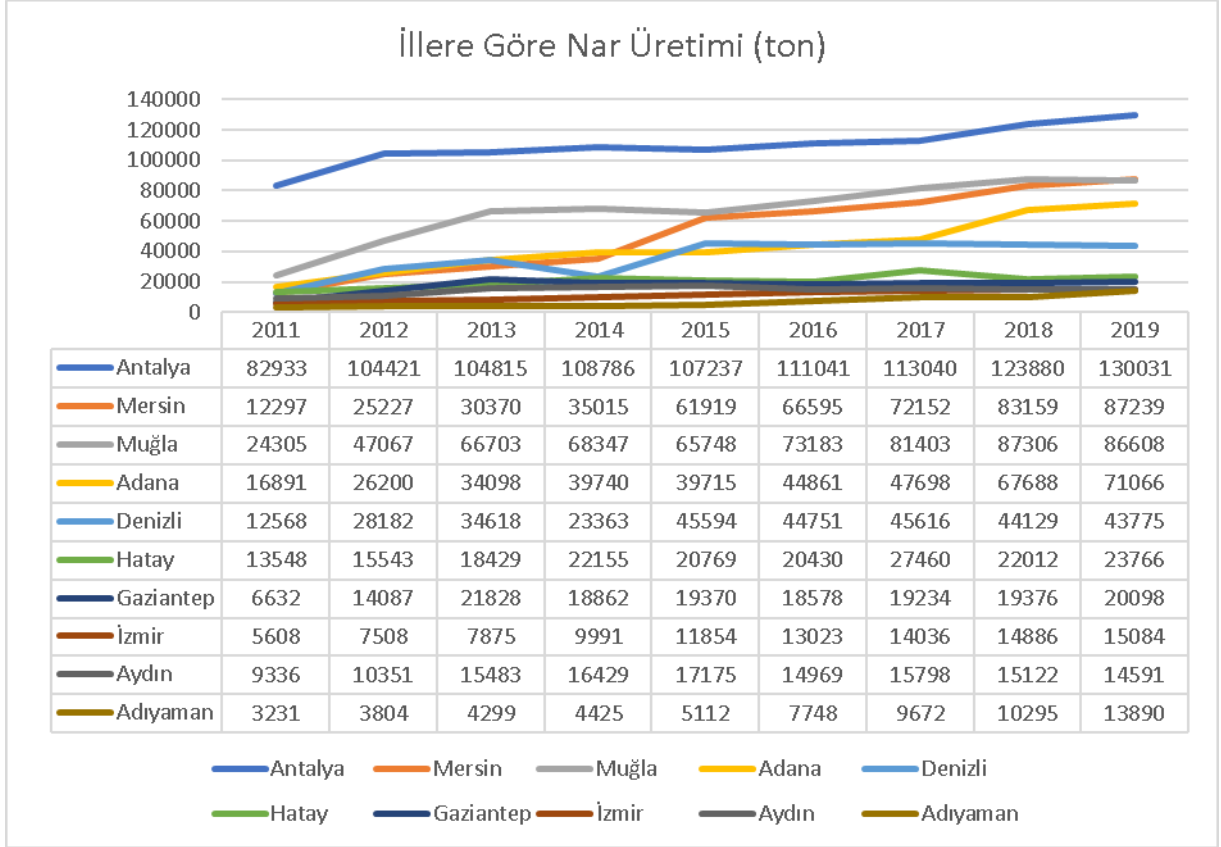
Tablo 1

Yıllara göre Türkiye nar denge tablosu (TUİK, 2020).

Yıl	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)	Yurt içi kullanım (Ton)	Tüketim (Ton)	Kayıplar (Ton)	Kişi Başına Tüketim (Kg)
2018	537 847	203 248	1 776	327 232	301 053	26 179	3,7
2017	502 606	178 832	514	315 744	290 484	25 259	3,6
2016	465 200	173 824	584	284 052	261 327	22 724	3,3
2015	445 750	173 199	914	265 887	244 616	21 271	3,1
2014	397 335	144 659	254	246 175	226 481	19 694	2,9
2013	383 085	149 607	423	227 389	209 197	18 191	2,7
2012	315 150	99 276	179	210 695	193 840	16 856	2,6
2011	217 572	65 695	60	148 238	136 379	11 859	1,8

Nar üretiminde illere göre bakıldığında, 2011 yılından itibaren en fazla üretim Antalya ilinde gerçekleşmektedir (Şekil 1). Yıllara göre bakıldığında Antalya'da sadece 2015 yılında bir düşüş gerçekleşmiştir. Muğla 2018 yılına kadar ikinciliği sürdürürken, 2019 yılında ise Mersin'in arkasından üçüncü sıraya düşmüştür. Mersin ve Muğla'yı ise bazı yıllarda Adana bazı yıllarda ise Denizli takip etmektedir. Gaziantep için

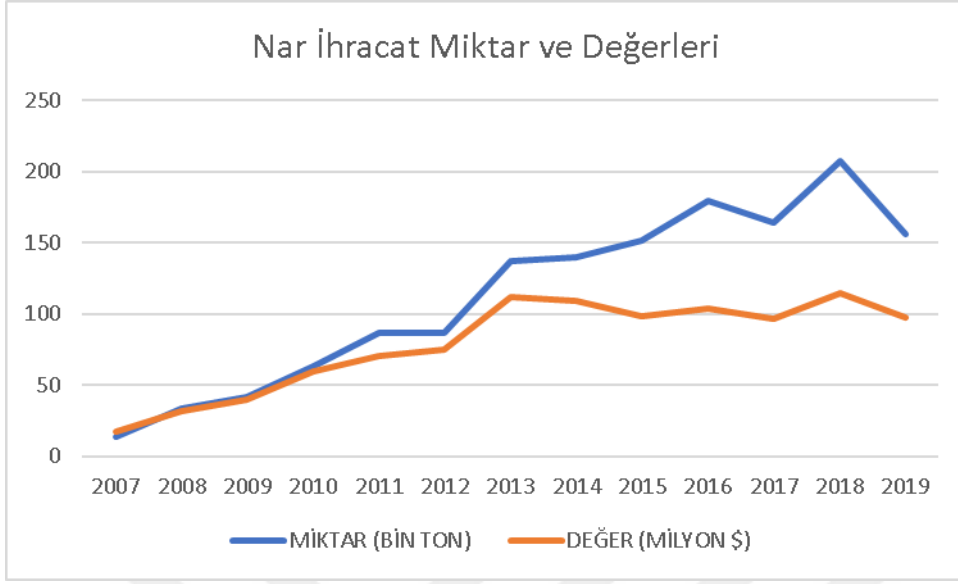
değerlendirildiğinde 2013 yılında en yüksek nar üretimi gerçekleşmiştir. Denizli’de 2014 yılında üretimde 9000 tona yakın düşme görülmekte olup, 2015 yılında üretimde iki katı kadar artış gözlenmiştir (TUİK, 2020).



Şekil 1. Türkiye’de bazı illere göre nar üretimi (TUİK, 2020).

2.2. Narın Ekonomik Değeri

Narda ihracat miktarı 2007-2011 yılları arasında artış göstermiş, 2011-2012 yılında yatay seyirde devam etmiş ve tekrardan 2012-2016 yılına kadar yükselmiştir (Şekil 2). 2016 yılından itibaren ise dalgalı bir trend izlemiştir. 2015 yılından sonra 150000 ton değerini aşmıştır. 2018 yılında ihracat miktarı en yüksek noktaya ulaşmış olup, 200000 tonu geçmiştir. İhracat değeri olarak ise 2013 yılına kadar artan bir trend izlemekte olup, bu yıldan sonra 2015 yılına kadar değer kaybı yaşanmıştır. 2010 yılına kadar üretim miktarıyla paralel olarak ilerleyen ihracat değeri 2011 yılından itibaren farklılaşmaya başlamıştır. 2019 yılında ihracat değeri 100 milyon \$’ın altında seyretmiştir (AKİB, 2020).



Şekil 2. Narın yıllara göre ihracat miktarı ve elde edilen ekonomik değer (AKİB, 2020).

2.3. Narın Kimyasal Bileşimi

Meyvelerin kimyasal bileşimi; tür, yetiştirme bölgesi, iklim, olgunluk, hasat uygulamaları ve depolamaya bağlı olarak değişir (Tablo 2). Meyvenin yenilebilir kısmı önemli miktarda şeker, vitamin, polisakkarit, polifenol ve mineral içermektedir. Araştırmacılar tarafından yıllar içinde narda şekerler, suda çözünür vitaminler ve mineral bileşimlerinde bakımından önemli farklılıklar olduğu bildirilmiştir (Fadavi vd., 2005).

Tablo 2

Narın kimyasal bileşimi (Moghaddam vd. 2019).

Gıda bileşenleri	Taze meyve	Kuru ağırlık bazında
Nem (%)	78	19
Protein (%)	1,6	7,27
Toplam Şeker (%)	14,6	66,36
Kül (%)	0,7	3,18
Asitlik (%)	0,58	2,64
Minareller (%)		
Kalsiyum (%)	10	45
Fosfor (%)	70	318
Magnezyum (%)	44	200
Potasyum (%)	133	604
Sodyum (%)	0,9	4,09
Demir (%)	1,79	8,14
Çinko (%)	0,82	3,73
Mangan (%)	0,77	3,5
Bakır (%)	0,34	1,55

Narın yenilebilir kısmının bileşimi, besin değerini ve çeşitli gıdalarda kullanımını belirler. Wonderful çeşidine ait nar meyvesinin besinsel bileşimi Tablo 3'de verilmiştir. Nar meyvesinin yenilebilir kısmı, toplam meyvenin ortalama %52'sini (a/a) temsil eder ve %78 meyve suyu ve %22 tohum içerir. Taze meyve suyu; %85,4 su (a/h), %10,6 (a/h) toplam şeker, %1,4 (a/h) pektin, %0,1 (a/h) asit (sitrik asit cinsinden), 0,7 mg/100 mL askorbik asit, 19,6 mg/100 mL serbest amino azot ve 50 mg/100 mL külden meydana gelmektedir. Tohumlar, sırasıyla %27,2, %13,2, %35,3 ve %2,0 (a/a) toplam lipit, protein, ham lif ve kül içerir. Nar tohumları ayrıca %6,0 (a/a) pektin ve %4,7 (a/a) toplam karbonhidrat içerir. Demir, bakır, sodyum, magnezyum ve çinko miktarı potasyum hariç tohumlarda meyve suyundan daha yüksektir (Pande ve Akoh, 2015). Nar meyvesi iki tip polifenolik bileşiğin zengin bir kaynağı olup, bunlar tüm meyvenin antioksidan aktivitesinin %92'sini oluşturan antosiyaninler ve hidrolize tanenlerdir. Nar suyunda çözünür polifenol içeriği, çeşide bağlı olarak %0,2 ile %1,0 arasında değişmektedir. Tohumlar zengin bir lipit kaynağıdır; bunların toplam tohum ağırlığının %12 ile %20'sini oluşturur ve linolenik, linoleik gibi yüksek miktarda çoklu doymamış (n-3) yağ asitleri ve punikik asit, oleik asit, stearik asit ve palmitik asit gibi diğer lipitlerle karakterize edilmektedir (Dhineshkumar vd., 2015).

Tablo 3

Nar meyvesinin besinsel bileşimi (Pande ve Akoh, 2015).

Besin Öğeleri	Birim	Nar
Su	g	219,76
Enerji	kcal	234
Protein	g	4,71
Toplam Yağ	g	3,3
Karbonhidrat	g	52,73
Lif	g	11,3
Şeker	g	38,55
Minareller		
Kalsiyum	mg	28
Demir	mg	0,85
Magnezyum	mg	34
Fosfor	mg	102
Potasyum	mg	666
Sodyum	mg	8
Çinko	mg	0,99
Vitaminler		
Vitamin C	mg	28,8
Tiamin	mg	0,189
Riboflavin	mg	0,149
Niasin	mg	0,826
Vitamin B-6	mg	0,212
Folik Asit,	µg	107
Vitamin B	µg	0
Vitamin A,	µg	0
Vitamin A,	IU	0
Vitamin E	mg	1,69
Vitamin D (D2+D3)	µg	0
Vitamin D	IU	0
Vitamin K	µg	46,2
Lipitler		
Yağ Asidi Doymuş	g	0,338
Yağ Asidi Mono Doymamış	g	0,262
Yağ Asidi Poli Doymamış	g	0,223
Kolesterol	mg	0

2.4. Narda Kayıplar

Nar (*Punica granatum L.*), tüketicinin meyvenin potansiyel sağlık yararları konusundaki farkındalığının artması ve dolayısıyla pazardaki taze meyveye olan talebin artması nedeniyle son yıllarda büyük ölçüde genişlemiştir. Nar meyvelerinin farklı işleme noktalarındaki toplam kayıp oranı %35,44 olup; %9,86 tarlada, %10,10 toptan pazarda ve %15,48 perakende pazarda olmaktadır. Nar meyvesinin ihracatı ve uzun süre depolanması ile ilgili ana sorunlar, taşıma ve depolama sırasında ağırlık kaybı, küçülme ve soğuk zararlanmasıdır (El-Orabi vd., 2020).

2.4.1. Kabukta Kahverengileşme

Kabukta kahverengileşme, nar meyvelerinde yaygın olarak görülen hasat sonrası fizyolojik bozukluktur. Kabuklarla sınırlı yüzeysel bir kahverengileşme olup, soğuk zararlanmasında olduğu gibi narın içindeki tanelerde değişim veya zarda beyaz tabakanın sertleşmesi gözlemlenmemektedir. Bu fizyolojik bozukluğun, fenolik bileşiklerin oksidasyonundan kaynaklandığı ileri sürülmekte olup, 5 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda saklandığında kabuk üzerindeki etkiler açığa çıkmaktadır. Kabuk kahverengileşmesi ile kabuktan elde edilen ekstrakte edilebilir o-dihidroksifenol miktarı arasında bir bağlantının olduğu bilinmektedir (Caleb vd., 2012).

Kitosan kaplama ve modifiye atmosfer ambalajlamanın Hicaznar çeşidi narların hasat sonrası kalitesi ve biyoaktif bileşenlere etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, narlar %0 ya da %1'lik kitosan uygulamasına tabi tutulmuş ve modifiye atmosfer ambalajlama ile ya da modifiye atmosfer kullanılmadan ambalajlanmıştır. Daha sonra 6 °C sıcaklık ve %90 bağıl nem şartlarında 6 ay süre ile depolanmış ve raf ömrü periyodunun simüle edilmesi için narlar 2, 4 ve 6. ayların sonunda depolamadan çıkarılarak 7 gün boyunca 20 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Kitosan, modifiye atmosfer ambalajlama ve kitosan + modifiye ambalaj uygulamalarının kontrol örneklerine kıyasla kabuk rengi, titrasyon asitliği ve askorbik asit içeriğini daha iyi koruduğu; kitosan + modifiye atmosfer ambalajlama ve

modifiye atmosfer ambalajlama uygulamalarının ağırlık kaybı ve kabuk kahverengileşmesini azalttığı görülmüştür (Candir vd., 2018).

Sağlıklı narlar ile kabuk kahverengileşmesine uğramış narların hasarsız tekniklerle ayrılması için; kabuk kahverengileşmesi ile alakalı biyokimyasal işaretçilerin kullanıldığı bir çalışmada, meyvelerdeki ağırlık kaybı, renk özellikleri, kahverengileşme indeksi, toplam fenolikler, toplam tanenler, toplam antosiyanin içeriği ve enzimatik aktivite (polifenol oksidaz ve peroksidaz) özelliklerine depolama sıcaklığı ve süresinin etkileri incelenmiştir. Sonuçlar; tanenler ve fenolik bileşiklerin polifenol oksidaz ve peroksidaz enzimleri için substrat olarak rol aldığı enzimatik esmerleşmenin kabuk kahverengileşmesinin temel nedeni olduğunu ve 10 °C sıcaklıkta 5 ay depolanan meyvelerin 5 °C sıcaklıkta depolanana göre daha yüksek oranda kahverengileşme sergilediğini göstermiştir (Arendse vd., 2018).

2.4.2. Soğuk Zararlanması

Narın soğuk zararlanmalarına olan hassasiyeti, donma noktası olan -3 °C ile 5 °C arasındaki sıcaklıklarda 1 aydan daha uzun süre veya 5 °C'de 2 aydan daha fazla süre depolanırsa, artmaktadır. 20 °C'ye aktarıldıktan sonra (simüle edilmiş pazarlama koşulları), solunum ve etilen üretim oranları artar ve diğer soğuk zararlanması semptomları (beyaz septaların kahverengileşmesi ve nar tanelerinin renginin soluklaşması) ortaya çıkar; bu değişimler daha düşük sıcaklıkta daha uzun süre saklanmasıyla daha da artmaktadır. Soğuk zararlanmalarının bir başka sonucu da çürümeye karşı artan hassasiyettir (Prasad vd., 2010).

Soğuk zararının azaltılması ve kalitenin korunması amacıyla narlarda yapılan bir çalışmada 2 °C sıcaklıkta depolama öncesinde meyvelere putresin, karnauba vaksı ve putresin + karnauba vaksı uygulamaları yapılmıştır. Fiziksel, fizyolojik ve biyokimyasal değerlerin analizinden önce meyvelere 20 °C sıcaklıkta 3 günlük bir ek depolama da uygulanmıştır. Herhangi bir uygulamanın yapılmadığı örnekler kısa sürede soğuk zararının

semptomları olan kabukta kahverengi renk bozulmaları, yüzeyde benek oluşumu, ağırlık ve sertlik kaybı göstermiştir (Barman vd., 2011).

Yapılan başka bir çalışmada nar meyveleri 45 °C sıcaklıktaki sıcak suya 4 dakika batırılarak ısı uygulaması yapılmış ve 2 °C sıcaklıkta 90 gün depolanmıştır. Kontrol örneği olarak ise meyveler 25 °C sıcaklıktaki suya 4 dakika boyunca batırılmıştır. Örnekler her 15 günde bir depolamadan çıkarılarak 20 °C sıcaklıkta da 3 gün bekletilmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır. Uygulama yapılan örneklerde soğuk zararı semptomlarının çok az olduğu ve kontrol örneklerine göre oldukça düşük seviyede kaldığı görülmüştür. Ayrıca ısı uygulaması depolama sürecinde, meyve yumuşamasının ve soğuk zararı şiddetinin azalmasında rol oynayabilecek serbest putresin ve spermidin seviyelerinin artmasına da sebep olmuştur (Mirdehghan vd., 2007).

2.4.3. Ağırlık Kaybı

Nar meyvesiyle ilişkili en büyük sorunlardan bir tanesi de, kabuğun sertleşmesine ve kabuk ve tanelerin esmerleşmesine neden olabilecek aşırı ağırlık kaybıdır. Büzüşme meydana gelmese bile, su kaybı istenmeyen tekstür ve lezzet değişikliklerine neden olabilir ve sonuçta görsel çekicilik kaybına neden olabilmektedir. Nar meyvelerinin 21 °C ve %82 bağıl nem'de depolama potansiyeli 15 günden fazla olmamaktadır. Bununla birlikte, soğuk koşullar ve yüksek bağıl nem altında, çoğu çeşit uzun süre saklanabilir (Dhineshkumar vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada 2003 ve 2004 sezonlarında narlar hasat edilmiş ve birinci yılda meyvelerin yarısı %0,2'lik Sportak'a batırılırken diğer yarısına %0,2'lik Sportak ve Zivdar vaksı uygulamaları yapılmıştır. Vakslama yapılmayan meyveler 6 °C sıcaklığa soğutularak polietilen torbalar ile ambalajlanmış ve normal hava atmosferi şartlarında ve %2 oksijen + %0,6 karbondioksit ve %2 oksijen + %3 karbondioksit içeren kontrollü atmosfer şartlarında 5 ay süresince yine 6 °C sıcaklıkta depolanmıştır. İkinci yılda ise meyveler %2 oksijen ve %3 ya da %6 karbondioksit içeren kontrollü atmosfer şartlarında 4 ay depolanmıştır. Depolama süresi sonrasında meyvelerin yarısına 20 °C sıcaklık ve %65

bağıl nem koşullarındaki 7 günlük raf ömrü testlerine tabi tutulmadan önce vaks uygulaması yapılmıştır. Kontrollü atmosfer şartlarında normal hava atmosferi şartlarına göre ağırlık kaybının daha az olduğu ve bunun bir sonucu olarak büzüşmenin azaldığı görülmüştür. Kontrollü atmosfer ayrıca kabuk kahverengileşmesi ve meyve içerisinde meydana gelen soğuk hasarlarının görülme oranı ve şiddetinde azalma sağlamıştır (Nerya vd., 2006).

Rabbab çeşidi narlara depolama öncesinde tek katmanlı vaks kaplama, çift katmanlı vaks kaplama, bireysel film ambalajlama, kaplarda film ile ambalajlama ve bu yöntemlerin kombinasyonlarının uygulandığı bir çalışmada ise uygulamaların yapıldığı meyveler oda koşullarında (15-20 °C sıcaklık ve %45-50 bağıl nem) ya da soğuk koşullarda (5 °C sıcaklık ve %85 bağıl nem) 18 hafta boyunca depolanmıştır. Kaplarda film ile ambalajlama, bireysel film ambalajlama, çift katmanlı vaks kaplama ve tek katmanlı vaks kaplama uygulamaları raf ömrünü soğuk depolamada (5 °C) sırasıyla 18, 18, 12 ve 11 hafta, oda koşullarında ise yine sırasıyla 6, 5, 3 ve 3 hafta uzatırken kontrol grubundaki meyvelerin raf ömürlerinin soğuk depolama ve oda koşullarındaki depolamada sırasıyla 10 ve 2 hafta olduğu görülmüştür. 18 haftalık depolama sonrasında bireysel film kaplama ve kaplarda film ile ambalajlama uygulamaları yapılan meyvelerdeki ağırlık kaybının soğuk depolamada sırasıyla %0,6 ve %0,4, oda şartlarında depolamada ise sırasıyla %12,4 ve %5,4 olduğu belirlenmiştir (Safizadeh, 2019).

2.4.4. Çatlama

Çatlama; çevre, morfoloji, fizyoloji ve genetik gibi çeşitli faktörlerin sonucudur. Çatlamaya neden olabilecek su dengesi ile ilişkili çeşitli faktörler vardır. Meyvenin su potansiyeli çatlama kuvveti üretir ve hücre duvarı ve diğer yapılar bu basınca direnmelidir. Kabuğun biyomekanik özellikleri, iç basıncın artmasında ve meyve çatlamasına karşı gösterilen dirençte önemli bir role sahiptir. Bu özellikler, kalsiyum içeriği ve pektin değeri, hücre duvarı yapısı ve bileşenlerinden, hücreler arası boşlukların miktarı ve hacminden etkilenmektedir (Saei vd., 2014).

Kahnhari çeşidi narlarda Surround WP® etkilerinin incelenmesi amacı ile yapılan bir çalışmada, 2015 ve 2016 sezonlarında 5 kere Surround WP® (%3) spreylemesi yapılmış, hasat öncesi Surround WP® spreylemesinin Kandhari narlarında güneş yanığı ve meyve çatlamasını sırasıyla %47 ve %46 oranlarında azalttığını göstermiştir (Sharma vd., 2018).

Nanopartiküller (nano-Ca) ve kalsiyum klorit içeren kalsiyum gübresi yaprak spreylemelerinin iki yıllık süreçte Ardestani çeşidi narların verim ve kalitesine etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, ilk olarak tam çiçek açma zamanında ve ikinci kez bundan bir ay sonra olmak üzere, nano-Ca gübresi 0,25 ve 0,50 g Ca/L ve kalsiyum klorit %1 ve %2'lik (2,73 ve 5,45 g Ca/L) konsantrasyonlarda spreylemiştir. Kalsiyum yaprak gübrelenmesi verim, ağaç başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlıklarına kayda değer bir etki göstermemiş sadece ilk sezonda %1 olarak uygulanan kalsiyum klorit meyve büyüklüğünü arttırmıştır. Meyve bahçesinde bulunan ve uygulama yapılmamış ağaçlar meyve çatlamasından kısmen etkilenmiş ve meyvelerin %6-7'sinin etkilendiği görülmüştür. Uygulamaların yapıldığı her iki sezonda da 0,50 g Ca/L nano-Ca ve %1 kalsiyum klorit ve sadece ikinci sezonda %2 kalsiyum klorit uygulamaları kontrol örneklerine kıyasla meyve çatlamasını önemli ölçüde azaltmış ve bu durum da pazarlanabilir meyve verimini arttırmıştır (Davarpanah vd., 2018).

2.4.5. Çürüme

Narın depolanmasındaki en büyük problemlerden bir tanesi de meyvenin çürümesidir. *Botrytis cinerea* Whetzel'in neden olduğu gri küf ve *Penicillium implicatum* Biourge 1923, *Rhizopus arrhizus* Fischer 1892 ve *Alternaria solani* Sorauer 1896'nın neden olduğu hastalıklar nar meyvelerinde görülen depolama problemleridir (Holland vd., 2009).

Yapılan bir çalışmada çeşitli konsantrasyonlardaki (0, 200, 400, 600, and 800 µL/L) okaliptüs, kasnı, kekik ve karanfil esansiyel yağlarının *Aspergillus niger* karşısındaki inhibasyon etkileri narda in vitro ve in vivo koşullarda test edilmiştir. İn vitro sonuçlar 1. ve 10. günlerde, 200, 400, 600 ve 800 µL/L konsantrasyonunda uygulanan karanfil yağının

ve 10. günde 800 µL/L konsantrasyonunda yapılan kekik uygulamasının *A. niger* gelişimini tamamen inhibe ettiğini göstermiştir. İn vivo sonuçlarda ise 800 µL/L konsantrasyonunda kekik yağı uygulaması yapılan meyvelerde okaliptüs, kasmı ve karanfil yağı uygulanan meyvelere kıyasla en düşük ağırlık kaybının yaşandığı görülmüştür (Jahani vd., 2020).

Fesleğen, keklikotu, biberiye, adaçayı esansiyel yağları ve bunların ana bileşenlerinin (karvakrol, timol, linalol, ökaliptol) *Pilidiella granati* fungusuna karşı gösterdikleri antifungal aktivitenin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada ise; belirtilen bu esansiyel yağların buharlarının narlarda hasat sonrası görülen çürümelere sebep olan patojen *Pilidiella granati*'nin miselyum gelişimi ve konidyum çimlenmesine karşı fungisidal aktivitelere sahip olduğu görülmüştür. Ancak in vivo deneylerde sadece keklikotu ve fesleğen esansiyel yağlarının bu fungusu efektif olarak kontrol ettiği ve aynı konsantrasyonlarda kullanıldıklarında keklikotu esansiyel yağının daha etkili olduğu gözlemlenmiştir (Thomidis ve Filotheou, 2016).

2.5. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Bazı Kimyasal Ajanlar

Daha güvenli gıdalara ve daha uzun raf ömrüne odaklanmak, kimyasal ajanların daha sık kullanılmasına yol açmıştır. Dezenfeksiyonun amacı, gıda ile temas eden yüzeylerde bulunan mikroorganizmaları ortadan kaldırmak, böylece hammadde ve ürünlerin patojenler ve bozulma organizmaları ile kontaminasyonunu önlemektir. Dezenfeksiyon işlemi bakterileri beklenen ölçüde ortadan kaldırmazsa, bu çoğu durumda yanlış işlem parametreleri (dezenfektan konsantrasyonu, sıcaklık, maruz kalma süresi) kullanılması veya temizlik işleminde, dezenfekte edilecek yüzeylerin kirli bırakılması ile açıklanabilmektedir (Langsrud vd., 2003). Bu kapsamda gıda endüstrisinde klor dışında, son yıllarda ilgi çeken yeni kimyasal ajanlar; ozon, elektrolize su ve klordioksittir.

2.5.1. Klor

Klor, klor gazı formunda veya sodyum hipoklorit (NaOCl) veya kalsiyum hipoklorit (Ca(OCl)₂) gibi katı formdaki maddelerin su içinde çözünerek hipoklorik asit (HOCl) ve hipoklorit iyonu (OCl⁻) oluşturmasıyla meydana gelmektedir. Klor, gıda sanitasyonunda kullanılan en yaygın aktif klor türü olup, sodyum klorürün elektrolizinden üretilir ve ticari olarak klor gazı olarak veya farklı konsantrasyonlarda hipoklorit gibi bazik solüsyon olarak elde edilmektedir. Çünkü gaz halindeki klorun taşıma ve depolama güçlükleri bulunmaktadır. Yaklaşık pH 7,4'teki bir klor çözeltisi yaklaşık olarak %50 hipoklorit ve %50 hipokloroz asittir; pH 10'da ise yaklaşık %100 hipoklorittir. Biyosidal etkinlik, asit formunda hipokloröz asit olarak en yüksektir fakat hipokloritin de etkisi az olmamakla birlikte daha yavaş etki etmektedir (Arbor, 2009).

Klor, gıda endüstrisi tarafından uzun yıllardır ana dezenfektan ve dezenfekte edici ajan olarak kullanılmaktadır. Sulu klor çözeltileri, gıda işleme ekipmanını sterilize etmek, gıda kaplarını soğutmak ve çeşitli gıda ürünlerini durulamak için kullanılır. Klor gazı ayrıca un endüstrisinde ağartma maddesi olarak ve un kalitesini arttırmak için de kullanılmaktadır (Fukayama vd., 1986).

Diğer dezenfektanlar gibi reaktif klor türleri de büyük olasılıkla birden fazla hücresel bileşene aynı anda zarar vererek mikroorganizmaları öldürür. Reaktif klor türlerinin hücre ölümünden sorumlu olan bazı bileşenleri nasıl etkilediği konusu bakteriyel türlere, reaktif klor türüne ve maruz kalma koşullarına bağlı olarak değişir. İlk çalışmalar, HOCl uygulamasının hızlı bir glikoz kaybına neden olduğunu ve hücre ATP havuzunun çoğunu AMP'ye dönüştürdüğünü kaydetmektedir. Çoğu kanıt ise vejetatif hücrelerde ölümcül hasar bölgesinin iç membran olduğunu göstermektedir. Reaktif klor türlerine duyarlı sitoplazmik enzimlerin inaktivasyonu, onları öldürmek için gerekli olan dozdan çok daha fazlasını gerektirmektedir. Dış zar ve periplazmik proteinlerin oksidasyonu ise ölümle çok az bir korelasyon göstermektedir. Bununla birlikte, ATP kaybı, F₁ ATPase'nin inhibisyonu, DNA replikasyonunun kaybı ve iç zar boyunca metabolit ve protein taşınmasının başarısız olması için gerekli olan HOCl dozları ise mikroorganizmaları öldürmek için gerekli olan dozlarla paralellik göstermektedir (Gray vd., 2013).

Klorun, taze kesilmiş ürün endüstrisinde bir dezenfektan olarak kullanılması, temel olarak halk sağlığı sorunlarından dolayı bir endişe olarak tanımlanmıştır. Aslında, yaygın olarak hipokloroz asit ve hipoklorit olarak kullanılan bu kimyasal, bazı Avrupa ülkelerinde, kloroform ve diğer trihalometanlar, kloraminler ve haloasetik asitler gibi toksik yan ürünlerin potansiyel üretimi nedeniyle zaten yasaklanmıştır. Bu nedenle alternatif dezenfeksiyon yöntemlerinin araştırılması, hem akademi hem de sanayi için güncel ve devam eden bir durumdur (Meireles vd., 2016).

Domatesin 200 ppm klor ve suyla 3 dakika süresince yıkanarak, depolama süresinde kalitesinin araştırıldığı çalışmada, klor uygulamasının meyvenin kızarması ve ağırlık kaybı üzerine etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Meyvelerin asitliği farklı uygulamalara bağlı olarak değişmemiştir (Acedo vd., 2009).

Kirazın 2 ppm klor içeren suyla muamele edilerek sınıflandırıldığı ve diğer bir grup olarak da bu işlemin gerçekleştirilmediği örnekler üzerinde yapılan bir çalışmada, meyveler 2 °C'de on gün, ardından 20 ° C'de iki gün depolanmıştır. Sınıflandırma suyunun patojenik mantar sporları içerebilmesine rağmen, mevcut sonuçlar 2 ppm klor içeren suyun meyve çürümesini önemli ölçüde artırmadığını göstermiştir. Bu nedenle, hasat sonrası kontaminasyonu azaltmak için sınıflandırma suyunun sadece hafif bir düzeyde klorlanması yeterli olacağı önerilmiştir (Børve ve Stensvand, 2019).

2.5.2. Ozon

Ozon, oksijen molekülüne tekli oksijen eklenmesiyle oluşan tri-atomik oksijendir. Ozon, gıda endüstrisinde ağırlıklı olarak yüzey dekontaminasyonuna odaklanan uygulamalarda kullanılmaktadır. Ozon, bakterilere, mantarlara, virüslere, protozoalara ve mikrobiyal sporlara (taze ürünlerle ilgili) karşı aktif olan güçlü bir antimikrobiyal ajandır. Hem gram pozitif hem de gram negatif bakteri ve mantarlara karşı etkili olduğu ve ayrıca potansiyel virüs öldürücü etkiler gösterdiği bilinmektedir. Ozon, yüksek derecede kararsız olduğu ve gıda ürününde herhangi bir kalıntı bırakmadan oksijene ayrıştığı için GRAS

statüsünde değerlendirilmektedir. Ozon sıvı ve gaz formunda oldukça kararsız olup, hidroksil (HO^\cdot), hidroperoksi ($\cdot\text{HO}_2$) ve süperoksit ($\cdot\text{O}_2^-$) radikalleri oluşturarak hızla bozulmaktadır. Bu radikallerin, hücrelerin yaşamsal bileşenlerinin oksidasyonuna sebep olacak kadar güçlü oksitleyici yeteneği vardır (Joshi vd., 2013).

Ozonun üretilmesinin farklı yolları vardır. Havanın veya oksijen içeren başka bir gaz karışımının, yüksek enerjili bir elektrik alan (korona deşarj metodu) ve ultraviyole radyasyon (fitokimyasal metot) gibi bir enerji kaynağına maruz bırakılması veya oksijen moleküllerinin ozona dönüştürülmesi gibi kimyasal yollarla üretilebilmektedir. Bununla birlikte, oksijene hızlı bir şekilde parçalanması nedeniyle kullanımdan hemen önce üretilmelidir. Diğer ozon üretimi yöntemleri arasında elektroliz, element fosforun su ile reaksiyonu ve radyokimyasal üretim yer alır. Ancak bu prosedürler gıda endüstrisi için yeteri kadar ucuz değildir ve bu yüzden bu prosedürler gelişim aşamalarındadır (Brodowska vd., 2018).

Ozon, mikroorganizma hücrelerinin yaşamsal bileşenlerini aşamalı oksidasyon yeteneği ile yok eder. Ozonun ilk hedefinin hücre yüzeyi olduğu ortaya atılmıştır. Hedef organizmaların tahribatında ozonun iki ana mekanizması tanımlanmıştır: ilk mekanizma ozonun sülfhidril gruplarını ve enzimlerin amino asitlerini, peptitleri ve proteinleri daha kısa peptitlere oksitlemesidir. İkinci mekanizma ozonun çoklu doymamış yağ asitlerini asit peroksitlere oksitlemesidir. Hücredeki doymamış yağların ozon ile bozulması hücre bozulmasına ve ardından hücrel içeriklerin sızmasına neden olur. Doymamış yağların çift bağları ozon saldırısına karşı özellikle savunmasızdır. Gram negatif bakterilerde, lipoprotein ve lipopolisakkarit katmanları, hücre geçirgenliğinde ve sonuç olarak hücre lizisinde artışa neden olan ilk yıkım bölgeleridir. Klor seçici olarak belirli hücre içi enzim sistemlerini yok ederken ozon ise hızlı hücre ölümüne neden olan dahili hücrel proteinlerin yaygın oksidasyonuna neden olmaktadır. Hücrel ölüm, nükleik asitlerin güçlü tahribatı ve hasarı nedeniyle de ortaya çıkabilir. Timin, ozona sitozin veya urasilden daha duyarlıdır. Ozon ayrıca viral RNA'yı yok etmektedir ve viral protein katlarındaki polipeptit zincirlerini değiştirmektedir (Guzel-Seydim vd., 2004).

Domatesin, 13 °C ve %95 nemde 0,005 ile 1,0 µmol/mol arasında değişen ozon konsantrasyonlarına maruz bırakıldığı çalışmada çözünür şekerlerin (glikoz, fruktoz) seviyelerinin, 'temiz havaya' aktarıldıktan sonra ozonla muamele edilmiş meyvelerde muhafaza edildiği saptanmıştır. Ayrıca ozonla muamele edilmiş meyvelerde, karoten, lutein ve likopen içeriğinde geçici bir artış gözlenmiş, ancak etkisi sürekli olmamıştır. Ozonla zenginleştirme, “temiz havada” depolanan meyvelere kıyasla meyve sertliğini de korumuştur. Ozon uygulaması meyve ağırlık kaybını, antioksidan durumunu, CO₂ değişimini, etilen üretimini veya organik asit, C vitamini ve toplam fenolik içeriği etkilememiştir (Tzortzakis vd., 2007).

Trabzon hurmasının, 15 °C’de, %90 bağıl nemde 30 gün süreyle 0,15 ppm (hacim / hacim) ozona sürekli olarak maruz bırakıldıktan sonra, raf ömrünü simüle etmek için 20 ° C’de (%90 Bağıl Nem) 7 gün saklandığı diğer bir çalışmada en önemli bozulmanın, meyvelerin 15 °C’den raf ömrü koşullarına aktarılması sırasında meydana gelen yumuşama olduğu tespit edilmiştir. Ozon, renk indeksi (CI), etanol, toplam çözünür katılar (TSS) veya pH’ı etkilememiştir. Ozonla muamele edilmiş meyve dokularında fitotoksik hasar görülmemiştir (Salvador vd., 2006).

2.5.3. Elektrolize Su

Elektrolize su (EW), gıda ürünleri, gıda işleme yüzeyleri ve gıda ile temas etmeyen yüzeyler üzerindeki bakteri popülasyonlarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için gıda endüstrisinde dezenfektan olarak popülerlik kazanmaktadır. Japonya’da Sağlık ve Çalışma Bakanlığı elektrolize suyu gıda katkı maddesi olarak onaylamıştır. Elektrolize su jeneratörleri ayrıca ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından gıda endüstrisinde kullanım için onaylanmıştır (Hricova vd., 2008).

Elektrolize su, bir septum (membran veya diyafram) ile ayrılmış pozitif yüklü ve negatif yüklü elektrotlar içeren bir hücrede üretilir. Elektrolize su jeneratöründen geçen akım ve elektrotlar arasındaki voltaj, sırasıyla 8-10 amper ve 9-10 volt olarak ayarlanır. Doymuş bir NaCl (veya KCl / MgCl₂) çözeltisi ve musluk suyu aynı anda cihaza eklenir.

Ekran göstergeleri (amper, volt, pH / iyon metre) makine stabilize olana kadar sürekli olarak gözlemlenir. Çıkış kısmında (a) Katot tarafından güçlü indirme potansiyeline sahip (pH 11,4, elektrolize edilmiş bir bazik çözelti (BEW veya ER su veya AIEW), ORP - 795mV) (b) Anot tarafında ise güçlü bir bakterisit içeren çözelti (pH 2,5 /, 1100 mV, klor bazlı reaktanlar 10-90 ppm) (AEW veya EO su veya AcEW) bulunmaktadır (Al-Haq vd., 2005).

Genel olarak, bakteriler genellikle 4-9 pH aralığında büyür. Aerobik bakteriler çoğunlukla ORP +200 ile 800 mV arasında büyürken, anaerobik bakteriler -700 ile +200 mV'de iyi gelişir. Elektrolize su yüksek ORP içeriğiyle, muhtemelen hücrelerdeki elektron akışındaki değişiklik nedeniyle metabolik akışın ve ATP üretiminin değiştirilmesine neden olmaktadır. Düşük pH, bakteriyel hücrelerin dış zarını HOCl'in bakteriyel hücrelere girmesine duyarlı hale getirebilmektedir. Klor bileşiklerinden en aktifi olan HOCl, karbonhidrat metabolizmasında önemli olan bazı enzimlerin klor oksitleyici sülfhidril grupları tarafından glikoz oksidasyonunu inhibe ederek mikrobik hücreyi öldürmektedir. Önerilen diğer etki biçimleri şunlardır: protein sentezinin bozulması; amino asitlerin nitritlere ve aldehitlere oksidatif dekarboksilasyonu; nükleik asitler, pürinler ve pirimidinlerle reaksiyonlar; anahtar enzimlerin yok edilmesinden sonra dengesiz metabolizma; deoksiribonükleik asit (DNA) lezyonlarının eşlik eden DNA dönüştürme yeteneğinin kaybı ile indüklenmesi; bazı makromoleküllerin sızması ile birleştiğinde oksijen alımının ve oksidatif fosforilasyonun inhibisyonu; sitozinin toksik N-klor türevlerinin oluşumu ve kromozomal anormalliklerin oluşturulmasıdır (Huang vd., 2008).

Longan meyvesini işlemek için asidik elektrolize su (AEW) kullanılan çalışmada, kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, AEW uygulamasının solunum hızını ve perikarp hücre zarı geçirgenliğini etkili bir şekilde azaltabileceğini, perikarp esmerleşmesi, pulpa parçalanması ve meyve hastalığı oluşumlarını geciktirebileceğini ve ticari olarak kabul edilebilir meyve oranını daha yüksek tutabileceğini göstermiştir. Ek olarak, AEW uygulaması renk değişimini geciktirerek, karotenoid, klorofil, flavonoid ve antosiyanin miktarını korumuştur (Chen vd., 2020).

Dilimlenmiş havuç kalitesinin korunması için 45 °C'de hafif ısıtılmış, düşük konsantrasyonlu asidik elektrolize suyun etkinliğinin incelendiği çalışmada, sonuçlar; total aerobik bakteri, küf ve maya popülasyonlarının hafif ısıtılmış SIAEW muamelesinden sonra önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermiştir. Hafif ısıtılmış SIAEW işlemi, musluk suyu işlemine kıyasla toplam aerobik bakterileri 2,2 log kob/g ve küf ve mayaları ise >1,9 log kob/g civarında azaltmıştır. Numune yüzeylerinin renk ve kroma indeksleri hafif ısıtılmış SIAEW muamelesinden etkilenmemiştir ve dilimlenmiş havuçların sertliğinde veya askorbik asit ve β-karoten içeriklerinde önemsiz farklılıklar belirlenmiştir (Koide vd., 2011).

2.6. Klordioksit

Belçika'da ilk kez kullanıldığı 20. yüzyılın başından beri, klordioksit (ClO₂) güçlü bir su dezenfektanı olarak bilinmektedir. Klordioksit + IV oksidasyon durumunda nötr bir klor bileşiği olarak bulunmaktadır. Küçük, uçucu ve yüksek enerjili bir molekül olup, seyreltik sulu çözeltilerde bile serbest radikal olarak yer almaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda indirgeyici ajanlarla hızla reaksiyona girmektedir. Bununla birlikte, sıvı klordioksit çözeltileri, kapalı kaplarda ışık olmadan stabildir ve benzersiz, tek elektronlu bir transfer mekanizması nedeniyle, oldukça seçici bir oksidan olarak görev yapmaktadır. Düşük sıcaklıklarda sudaki çözünürlüğü, klordioksitin en önemli özelliklerinden bir tanesidir (Tzanavaras vd., 2007).

2.6.1. Klordioksit Üretimi

Klordioksit nispeten kararsız bir gaz olduğundan, sıkıştırılmayıp sıvılaştırılmadığından suda çözünmüş olarak yerinde üretilmesi gerekmektedir. Klordioksitin klorattan üretimi; genellikle oldukça karmaşık ekipman gerektirdiğinden ve yan ürünler, yatırımlar ve operasyonlar açısından sorun yaratabileceğinden büyük miktarlarda klordioksit gerektiğinde bu yöntem tercih edilmektedir. Sodyum kloritin klor ile oksidasyonu yoluyla klor dioksit üretimi için ise iki işlem bulunmaktadır: İlk işlemde klor sulu çözeltide hipoklorik asit formunda kullanılmakta, ikincisinde ise klor moleküler

gaz formunda yer almaktadır. Klorit ve hidroklorik asitten üretim yöntemi ise kullanılan özel jeneratörler; güvenlik, verim ve çözelti saflığı açısından gereksinimleri karşılamaktadır. Elde edilen klordioksit çözeltisi, beklenen kloritlere ek olarak klor ve kloratlar içerebilmektedir (Grundfos, 2020).

2.6.2. Klordioksitin Fizikokimyasal Özellikleri

Klordioksit bir klor atomu ve iki oksijen atomu içermekte olup, neredeyse tamamen serbest radikal monomeri olarak bulunmaktadır. Gaz fazındaki klordioksitin mikrodalga spektrumları yaklaşık 0,147 nm'lik klor-oksijen mesafeleri içermekte ve elektronik kırınımı ise 0,149 nm'yi göstermektedir. Oksijen-klor-oksijen bağlarının oluşturduğu açı 117,7 + 1,7 derece aralığındadır. Klordioksit, önemli ölçüde yapılandırılmamış bağ karakteristiğine sahiptir; ancak nötral pH'da hidrolize olmamaktadır (Heseltine, 2002). Klordioksitin kimyası karmaşık olup, diğer klor bazlı bileşiklerinkinden farklıdır. ClO₂, havada hacimce %10'dan yüksek konsantrasyonlarda veya 76 mm Hg'nin (1.46 psig) üzerindeki kısmi basınçta patlayıcı olan sarımsı bir gazdır. 11 °C'de kırmızımsı kahverengi bir sıvıya yoğunlaştırılabilmekte ve -59 °C'de turuncu-kırmızı kristallere katılaştırılabilmektedir. ClO₂ soğutulmuş suda yüksek oranda çözünmekte (klordan 10 kat daha fazla), ancak güçlü bir hava akışı ile sulu çözeltilerinden kolayca çıkarılabilmektedir. ClO₂, 2 ile 10 arasında bir pH aralığında suda herhangi bir oranda hidrolize olmamakta; daha ziyade sulu çözelti içinde çözünmüş gaz olarak kalmaktadır (Deshwal ve Lee, 2005). ClO₂'nin oksidasyon kapasitesi, klor atomunun +4 olan oksidasyon sayısı ile belirlenmektedir. Bu nedenle ClO₂, klorid iyonuna indirgendiğinde 5 elektron kabul etmekte ve yüzde 263 'serbest klor' sağlamaktadır. Bu da HOCl içindeki klorun oksidasyon kapasitesinin 2,5 katından fazladır. Bununla birlikte, düşük oksidasyon gücü nedeniyle, ClO₂ reaksiyonlarında daha seçicidir ve organik bileşiklerin oksitlenmesi ve klorlanması, klordan daha düşük bir hızda gerçekleşmektedir (Gómez-López vd., 2009). Çözelti ışığa karşı korunur ve soğuk tutulursa 10 g/L konsantrasyonlarda güvenli bir şekilde saklanabilmektedir. ClO₂ termal olarak dengesizdir ve ışığa olduğu kadar basınca da duyarlıdır. Işığa maruz kaldığında klor ve oksijen üretmek için kendiliğinden ve ekzotermik olarak ayrışmaktadır (Deshwal ve Lee, 2005).

2.6.3. Klordioksitin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi

ClO₂'nin bakterisit, virüsüt ve fungusit olarak etkili olduğu bilinmektedir. ClO₂'nin antimikrobiyal aktivitesi, esas olarak hücre zarları üzerindeki stabilizasyonu bozucu etkilerinden kaynaklanmaktadır (Praeger vd., 2018). İlk zamanlarda ClO₂ tarafından yaratılan ölümcül lezyonun doğrudan protein sentezi ile ilişkili olduğu belirtilmesine rağmen, daha sonra geçirgenlik kontrolü kaybının daha önemli olduğu tespit edilmiştir (Gómez-López vd., 2009). Hücre zarlarındaki oksijenli bileşikler ve proteinler ClO₂ ile reaksiyona girerek hücre metabolizmasının bozulmasına neden olur. ClO₂ küçük bir molekül olduğundan, bakteriyel hücre zarlarına kolayca nüfuz eder ve solunum inhibisyonuna ve trans-membran iyonik gradyanının bozulmasına neden olur. Ayrıca, ClO₂'nin zar içindeki lipidlerin ve proteinlerin dizilimini değiştirerek hücre zarının geçirgenliğini arttırdığından şüphelenilmektedir (Sun vd., 2019). Ek olarak, ClO₂ hücre yüzeyi proteinlerini oksitler. Patogen inaktivasyonu için başka bir etki şekli, ClO₂'nin hücrelerdeki amino asitler üzerindeki etkisi ve protein sentezinin bastırılmasıdır. Bununla birlikte, sadece birkaç amino asidin, sistein> tirozin> triptofan> histidin> prolin içeren reaktivite sırasını takiben ClO₂'ye yanıt verdiği bildirilmiştir (Praeger vd., 2018). ClO₂, bu enzimlerin merkapto gruplarını oksitleyerek disülfid analogları oluşturur ve fonksiyonlarını bozar. Kısa etkili temas sürelerine ek olarak ClO₂'nin etkisi ile hücrelere yerleştirilen oksidatif yük, çoğu mikroorganizmanın ClO₂'ye karşı direnç oluşturamadığı anlamına gelir. ClO₂ ayrıca DNA, RNA ve proteini oksitleyebilir. ClO₂'nin DNA'ya etki mekanizmaları tam olarak anlaşılammış olup, ClO₂ varlığında viral RNA parçalanması fark edilmiştir (Sun vd., 2019).

2.6.4. Klordioksitin Etkinliğini Belirleyen Faktörler

Çeşitli gıdalar için sıvı ClO₂ muamelelerinin değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Sanitasyonun başarısı sayısız faktöre bağlı olup, ClO₂'nin konsantrasyonu, uygulama süresi ve uygulama sıcaklığı ile suda bulunan organik madde varlığı önemli parametrelerdendir (Praeger vd., 2018). ClO₂'nin etkinliğini değiştiren diğer önemli bir faktör ise, uygulanan ClO₂ miktarına göre seçilen ürün miktarıdır. Diğer faktörler uygulama odasının hacmi ve gaz konsantrasyonudur. ClO₂'nin bozunma hızı ayrıca

organik madde miktarına bağlıdır. Belirli bir ClO₂ konsantrasyonunda, küçük bir işlem bölgesindeki daha yüksek miktarda numune, büyük bir bölmedeki daha az miktarda numune durumuna göre klordioksiti daha hızlı bozar. Yüzey bütünlüğü ve mikroorganizma yerleşimi diğer önemli faktörlerdir (Gómez-López vd., 2009).

Du vd., (2002), *E. coli O157: H7*'nin yeşil biberler üzerindeki etkinliğini belirleyen faktörleri en önemliden en önemsiz sıralarken: gaz konsantrasyonu (0,1-0,5 mg/l), süre (7-135 dakika), bağıl nem (%55-95) ve sıcaklık (5-25 °C) olarak belirlemiştir. Ayrıca, ClO₂ gaz konsantrasyonunun ve bağıl nemin sinerjistik bir etkisi de bulunmaktadır. Çünkü sporlar artan bağıl nem ile şişmektedir. Bir sporun şişmesi, gazların sporlara erişimi için kanalların çapını artırır ve çok yüksek bağıl nemde gaz fazındaki ClO₂ ile sporların daha yüksek öldürme etkinliği açıklanmaktadır (Gómez-López vd., 2009). Han vd., (2000), ClO₂ gazının, zarar görmemiş yeşil biber yüzeylerinde, zarar görmüş yeşil biber yüzeylerine göre önemli ölçüde *E. coli O157: H7*'nin azaltılmasında etkili olduğunu bulmuştur. Du vd., (2002), farklı elma yüzeylerine aşıl原因 *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunun, meyve yüzeyine bağlı bakteriler üzerinde kaliks veya kök boşluklarına bağlı bakterilere göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Klordioksit Konsantrasyonu

Birçok araştırma, herhangi bir ilave dezenfektan işlemi yapılmadan saf su ile taze ürünlerin yıkanmasının, ürün yüzeylerinde hem önceden var olan hem de aşıl原因 mikroorganizmaları 1 log'dan daha az azalttığını göstermiştir. Dezenfektansız su yıkamaya benzer şekilde, sıvı ClO₂ uygulamaları, 5 ppm ve daha düşük konsantrasyonlarda uygulandığında, taze ürünler için yüzeye bağlı mikroorganizmalara karşı genellikle yetersizdir (Praeger vd., 2018).

Sıvı klordioksit (ClO₂) uygulamasının dut meyvesinin (*Morus alba L.*) besin bileşenleri ve raf ömrü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, dut sırasıyla 5, 10 ve 15 dakika sürelerle 20, 60 ve 80 mg/L ClO₂ solüsyonlarına daldırılmıştır. Dut daha sonra 1 dakika musluk suyu ile durulanmış ve 14 gün boyunca -1 °C'de saklanmıştır. Sonuçlara

göre ClO₂ uygulamasının flavonoid, askorbik asit, indirgen şeker ve titre edilebilir asit miktarının korunmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ClO₂ konsantrasyonu ve uygulama süresinin, ClO₂ uygulamasını etkileyen önemli faktörler olduğu bildirilmiştir. 15 dakika boyunca 60 mg/L ClO₂ ile muamele edilen numunelerin raf ömrü, kontrole göre 8 günden 14 güne uzatılmıştır (Chen vd., 2011).

Litçi meyvesinin hasat sonrası hastalıklarının kontrolü için klordioksitin etkinliğinin test edildiği çalışmada 5, 10, 20, 40, 60, 80 ve 120 mg/L arasında değişen ClO₂ solüsyon konsantrasyonlarının antraknozunun inaktivasyon kinetiği incelenmiştir. Meyveler önce 80 ve 120 mg/L ClO₂ ile muamele edilmiş ve sonra 20 °C'de 7 gün bekletilmiştir. Sonuçlara göre, 5 mg/L ClO₂ çözeltisinin litçi antraknoz spor çimlenmesini önemli ölçüde önleyebileceği gösterilmiştir. Ek olarak, 80 ve 120 mg/L ClO₂ ile yapılan işlemler, hasat sonrası çürümeyi ve meyvenin esmerleşmesini önemli ölçüde azaltmış, polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) aktivitesini inhibe etmiş, suda çözünür kuru maddeyi ve titre edilebilir asitliği korumuştur (Wu vd., 2011).

Test Prosedürü ve Uygulama Süresi

Patojenik mikroorganizmaların, dezenfektanın sulu çözeltideki etkinliğini test etmek için aşamalı bir prosedür gerekmekte olup, bunlar bir inokülüm süspansiyonunun hazırlanması, ürünün inoküle edilmesi, kurutma, dezenfektanın hazırlanması, uygulama önce saklama koşulları ve dezenfektana maruz kalma şeklindedir. Dekontaminasyon etkisi, patojenin inoküle edilmesi ile sanitasyon maddesi ile yıkama arasında artan zaman aralığı ile azalır. Ek olarak, inokülümün hidrasyon durumu belirgin şekilde ClO₂ uygulamasının dezenfeksiyon etkinliğini değiştirebilmektedir. Sanitasyon etkinliği için bir diğer önemli faktör uygulama süresidir. Suyun ClO₂ dezenfeksiyonunda, temasın ilk dakikasında büyük bakteriyel azalmalar meydana gelmektedir (Praeger vd., 2018).

Sıvı klordioksit (ClO₂) işleminin taze kesilmiş lotus kökünün kahverengileşmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, örnekler farklı zamanlarda (5, 10 ve 15 dakika) farklı konsantrasyonlarda (10, 50 ve 100 mg/L) ClO₂ solüsyonlarında işleme tabi tutulmuş

ve ardından 4 °C'de 8-10 gün boyunca depolanmıştır. Sonuçlara göre, yüksek ClO₂ konsantrasyonunun ve uzun uygulama süresinin, lotusun kahverengileşmesi üzerinde daha iyi inhibe edici etkiler sağlayabileceği gösterilmiştir. ClO₂ konsantrasyonu, işlem süresi ve saklama süresi üç önemli faktör olarak tespit edilmiştir. PPO aktiviteleri, 10 dakika süreyle 100 mg/L ClO₂ işlemi ile büyük ölçüde inhibe edilmiş ve 100 mg/L ClO₂ uygulaması, 10 günlük saklama sırasında yüksek duyusal skorlarını korumuştur (Du vd., 2009).

Sıvı klordioksit (ClO₂) uygulamasının, taze kesilmiş kuşkonmazın enzimatik esmerleşme ve raf ömrü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, örnekler, farklı zamanlarda (5, 10 ve 20 dakika) farklı konsantrasyonlarda (10, 40 ve 100 mg L⁻¹) işlenmiştir. İşlemleri takiben, örnekler 4 °C'de 14 gün saklanmıştır. Polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) aktiviteleri ClO₂ ile azalmış ve rengin bozulması da gecikmiştir. Bu nedenle ClO₂ konsantrasyonu ve işlem süresi, örnekte enzimatik kahverengileşmeyi etkileyen iki önemli faktör olarak belirlenmiştir. Mikrobiyolojik ve duyusal kalite perspektiflerinden, 20 dakika süreyle 100 mg/L ClO₂ muamele, kontrol için 4 güne kıyasla raf ömrünü 14 güne uzatmıştır (Chen vd., 2010).

Mikroorganizma Türü

Klordioksit uygulamalarının etkinliği her taze ürün ve hedef mikroorganizma için farklılık göstermektedir (Praeger vd., 2018). Sıvı klordioksitin (ClO₂) yaban mersini üzerindeki farklı patojenler, mayalar ve küfleri kontrol etme üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, ClO₂'nin farklı konsantrasyonları (1, 3, 5, 10 ve 15 ppm) ve çeşitli temas süreleri (10 saniye; 1, 5, 10, 20, 30 dakika; ve 1 saat ve 2 saat) uygulanmıştır. ClO₂, diğer patojenlere kıyasla *Listeria monocytogenes* (4,88 log kob/g) azaltmada en etkili bulunmuştur. *Pseudomonas aeruginosa*, 15 ppm ClO₂ ile muamele edildiğinde 5 dakika sonra 2.16 log kob/g oranında azalmıştır. *Staphylococcus aureus*'un en yüksek azalması (4,56 log kob/g) 30 dakika boyunca 15 ppm ClO₂ uygulanınca elde edilmiştir. 2 saat boyunca 5 ppm ClO₂ ile muamele edildiğinde, *Yersinia enterocolitica*, 3.49 log kob/g oranında azaltılmıştır. 15 ppm ClO₂, doğal maya ve küfleri ise 2,82 log kob/g oranında azaltmıştır (Wu ve Kim, 2007).

Escherichia coli O157: H7 (C7927, EDL933, 204P) karışımının farklı elma yüzeylerinden inaktive edilmesinde klordioksit (ClO₂) gazının etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, örnekler 21 °C'de ve %90-95 bağıl nemde ClO₂ gazı ile işleme tabi tutulmuştur. Bakteriyel azalmalar, hem ClO₂ konsantrasyonunun hem de uygulama süresinin artmasıyla yükselmiştir. Kabuktaki 5 logdan fazla azalma 10 dakikada 7,2 mg/L veya 20 veya 30 dakikada 3,3 mg/L ile ClO₂ gaz işlemiyle sağlanmıştır. 10 dakika 12,0 mg/L, 20 dakika 7,2 mg/L veya 30 dakika 4,8 mg/L ile yapılan bir uygulama, başlangıçta kabuğa aşılana 8 log bakteriyi tamamen etkisiz hale getirmiştir (Du vd., 2003).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Çalışmada; Denizli ilindeki yerel bir yetiştiriciyle anlaşarak, aynı tarladan toplanan 'Hicaznar' (*Punica granatum L.*) çeşidi narlar kullanılmıştır. Ortalama ağırlıkları 500 g olan meyvelerden ağırlık olarak ortalama %50 tanelenmiş nar elde edilmiştir.

3.2. Tanelerin Ayrılması

Taneleme işlemi yapılmadan önce çürüme ve çatlama gibi hasarların bulunduğu veya görünüş olarak uygun olmayan meyveler ayrılmıştır. Ayrıca boyut olarak birbirine yakın meyveler seçilmiş; çok büyük ve çok küçük olan meyveler ayrılmıştır. Taneleme işleminde; meyve kabuklarının kesiminde keskin bıçaklar kullanılmış ve taneler el ile ayrılmıştır. İşlem süresince mikrobiyal kontaminasyon oluşmaması için, bıçak ve kullanılan kaplar iyice temizlenmiştir. Tanelenmiş narlar steril saklama kaplarına konularak, buzdolabında 5°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.3. Klordioksit Uygulaması

Çalışmamızda çıkarılan taneler bir tepside toplanmış ve homojenliği sağlamak için karıştırılmıştır. Daha sonra tanelenmiş narlar 5, 10, 25, 50 ve 100 ppm konsantrasyonlarındaki klordioksit çözeltilerine batırılarak bekletilmiştir.

3.4. Ambalajlama ve Depolama

Tanelenmiş narlar daha önceden kodlanmış olan PP kaplara aktarılmış ve MAP-25 (APACK, Türkiye) paketleme makinesi ile hava atmosferinde kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler 5°C sıcaklık ve %90 bağıl nem şartlarında depolanmıştır.

3.5. Analizler

3.5.1. Ambalaj İçerisindeki Gaz Kompozisyonu

Paketleri açmadan önce paketlerin içindeki gaz bileşimi (oksijen ve karbon dioksit), Map-Pak Combi gaz analiz cihazı (AGC Instruments, İrlanda) kullanılarak belirlenmiştir. Gaz analizörüne tutturulmuş bir iğnenin, ambalaj malzemesi üzerine sabitlenmiş bir yapıştırıcı septum içerisine sokulmasıyla gaz analizi yapılmıştır. Ölçümler, her paketin iki farklı tarafından alınmıştır. Sonuçlar % O₂ ve % CO₂ olarak verilmiştir. Gaz analizinin tamamlanmasından hemen sonra, ambalajlar açılmış ve mikrobiyal, duyuusal, fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılmıştır (Colgecen ve Aday, 2015).

3.5.2. Ağırlık Kaybı

Her bir paketin başlangıç ve son ağırlığı, bir elektronik tartı kullanılarak ölçülmüştür. Ağırlık kaybı, aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır (Colgecen ve Aday, 2015):

$$WL = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \quad (3.1)$$

burada ki WL ağırlık kaybıdır (%),

W_o başlangıç ağırlığı (g),

W_f ise son ağırlıktır (g).

3.5.3. Renk

Taneler bir plaka üzerine yerleştirilmiş ve daha sonra farklı noktalardan renk ölçümü 3NH NR20XE (Shenzhen Threenh Technology Co., Ltd., Çin) renk analiz cihazı kullanılarak alınmıştır. Sonuçlar CIELAB renk uzay birimi olarak ifade edilmiştir. Ölçümler arasında ambalajlardaki tanelenmiş narlar karıştırılarak homojenliğin sağlanması amaçlanmıştır. L ve a değerleri belirlenerek, örneklerdeki renk farklılıkları belirlenmiştir (Colgecen ve Aday, 2015).

3.5.4. Tekstür

Analizler tekstür cihazı kullanılarak yapılmıştır. Taneler, belirli hacimdeki metal bir plakaya konulmuş ve silindirik prob kullanılarak ezilmiştir. Maksimum kuvvet ölçülmüş ve Newton (N) cinsinden ifade edilmiştir (Kapetanakou vd., 2015).

3.5.5. Suda Çözünür Kuru Madde

Taneler blendıra konularak sıkılmış ve elde edilen meyve suyunda çözünür katı madde içeriği, Atago (Tokyo, Japonya) el refraktometresi (20 ° C'de okuma) ile ölçülmüştür (Colgecen ve Aday, 2015).

3.5.6. pH ve Titrasyon Asitliği

Taneler sıkıldıktan sonra elde edilen meyve suyunda pH analizi (Mettler Toledo Seven Compact pH/Ion S220, Mettler-Toledo, İsviçre) pH metre kullanılarak yapılmıştır. Meyve suyunun seyreltilmesi sonucunda 8,2 pH değerine ulaşmaya kadar 0,1 N NaOH ile titrasyon yapılmış ve titrasyon asitliği % sitrik asit olarak belirtilmiştir (Adiletta vd., 2019).

3.5.7. Elektrolit Sızıntısı

Meyvelerdeki elektrolit sızıntı analizinde; belirli miktardaki örnek üzerine deiyonize su eklenmiş ve sonra bu çözeltinin elektrik iletkenlik değerleri 25 C’de 1 ve 60. Dakika beklenerek kaydedilmiştir. Aynı çözeltinin 121 °C sıcaklıkta 15 dakika bekletilmesiyle ise toplam iletkenlik belirlenmiş olup, aşağıdaki formülle hesaplanma yapılmıştır (Colgecen ve Aday, 2015).

$$E = \frac{C_{60} - C_1}{C_T} \times 100 \quad (3.2)$$

3.5.8. Toplam Fenol

Toplam polifenoller, standart olarak gallik asit kullanılarak Folin-Ciocalteu yöntemi (Singleton ve Rossi, 1965) ile belirlenmiştir. Sonuçlar, 1 L meyve suyu başına miligram gallik asit eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

3.5.9. Antosiyanin

Toplam antosiyanin içeriği, Giusti ve Wrolstad, (2001) tarafından açıklanan pH - diferansiyel yöntem ile 2 tampon sistemi kullanılarak belirlenmiştir: potasyum klorür tamponu, pH 1 ve sodyum asetat tamponu, pH 4.5. Örnekler tampon çözeltilerle seyreltilmiş ve absorbans 520 ve 700 nm’de spektrofotometrede (Thermo Scientific, Multiskan Spectrophotometer, ABD) ölçülmüştür. Toplam antosiyanin miktarı, mg siyanidin -3 - glukozit/L olarak hesaplanmıştır.

3.5.10. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analiz olarak; toplam canlı sayısı ile maya ve küf sayısı belirlenmiştir. Analizler dökme plak yöntemine göre yapılmış olup, toplam canlı sayımında plate count agar kullanılarak, 24 saat süresinde 37°C’de; Maya ve küf sayımında ise Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol kullanılarak 25°C’de 5 gün beklenilmiştir (AOAC, 2000).

3.5.11. Duyusal Değerlendirmeler

Nar tanelerinin duyusal değerlendirilmesi, amacıyla panelistlerden 5 puanlık bir ölçek kullanarak görünüş, lezzet ve tekstür parametrelerinin değerlendirilmesi istenmiştir. Skalaya göre 5 en iyi puanı 1 ise en kötü puanı temsil etmektedir (Özdemir ve Gökmen, 2017).

3.5.12. İstatistiksel Analiz

Farklı klordioksit konsantrasyonlarının, depolama süresince nar kalite özelliklerine etkisinin istatistiksel olarak belirlenmesi amacıyla ANOVA dizaynından yararlanılmıştır. Farkların değerlendirilmesinde çoklu karşılaştırma testi kullanılmış olup, analizler SAS JMP ile hesaplanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

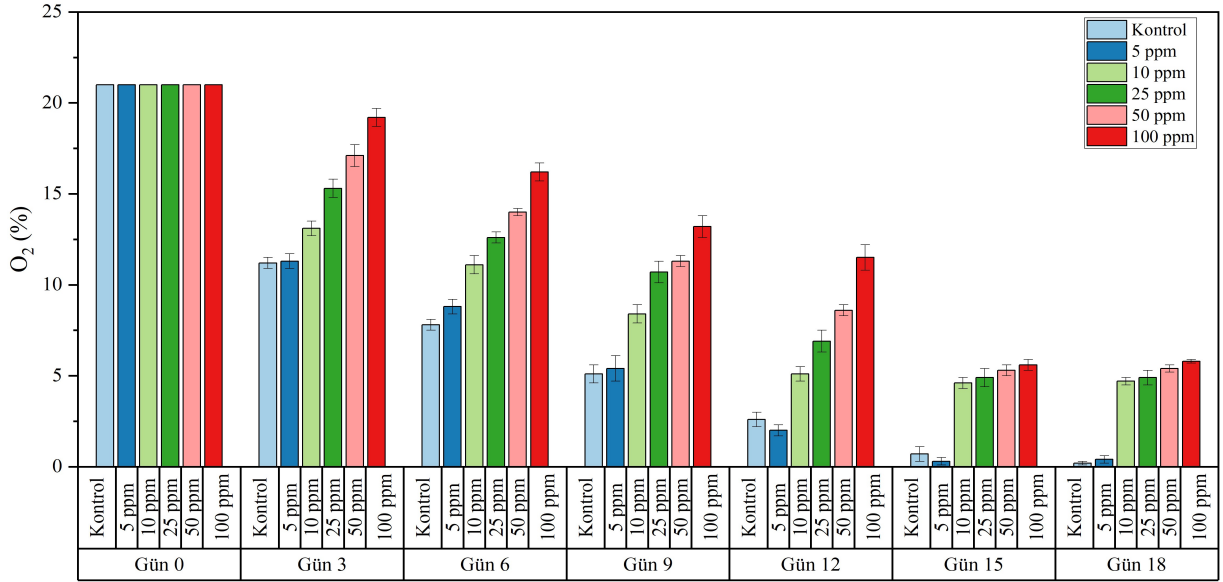
Bu çalışmada tanelenmiş nar kalitesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki klordioksitin etkisi incelenmiş olup, uygulamaların etkinliği farklı parametreler üzerinden değerlendirilmiştir.

4.1.Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Ambalajı İçerisindeki Gaz Kompozisyonuna Etkisi

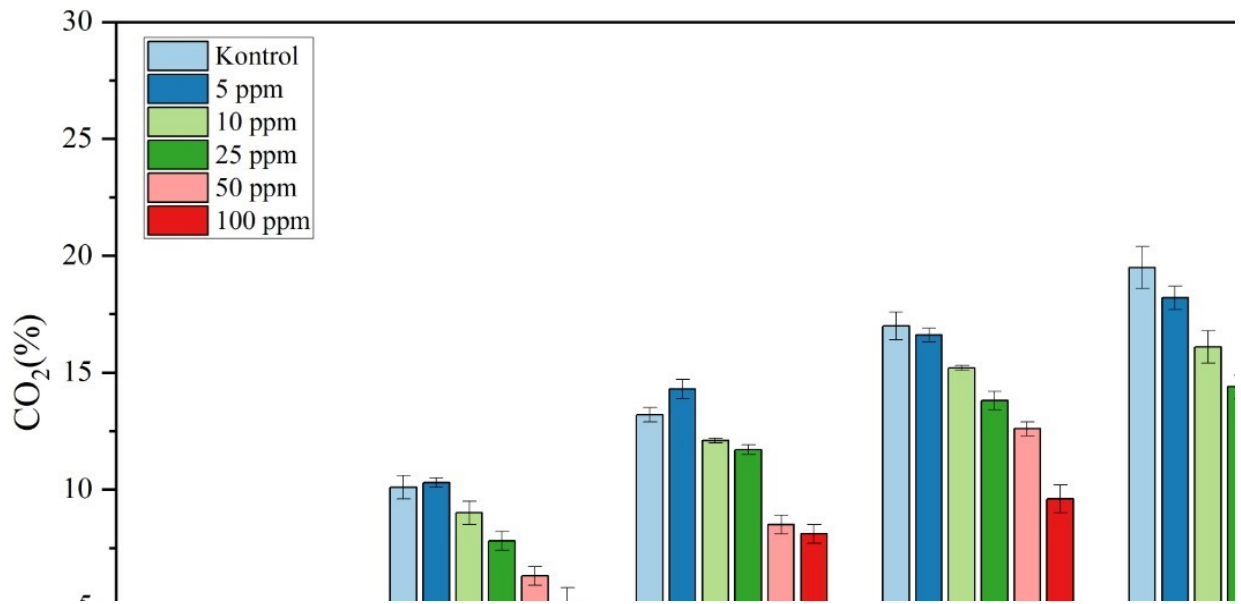
Meyve ve sebzeler, hasattan sonra bile aktif metabolizmayı sürdüren canlı ürünlerdir. Yumuşak dokuları, yüksek fizyolojik aktiviteleri, mikrobiyal bozulmaya karşı yüksek hassasiyetleri ve ayrıca pazar potansiyelini ve tüketici erişimini sınırlayan mekanik yaralanmaları nedeniyle hasattan sonra kolayca bozulabilmektedir. Bu nedenle, hasat sonrası işleme sırasında raf ömrünü uzatmak ve meyve kalitesini korumak için meyvelerin etrafındaki atmosferin değiştirilmesi gerekmektedir (Belay vd., 2019). Meyve ve sebze ambalajlarının istenilen gaz kompozisyonuna sahip olması; gaz koşulları, meyve solunumu, ambalaj malzemesinin gaz geçirgenliği ve ambalajın depolandığı sıcaklık arasındaki etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu uygulama; sıcaklık ve gaz bileşiminin bir fonksiyonu olarak depolanan meyvenin solunumu hakkında bilgi gerektirmektedir. Meyvenin solunumu ise O₂ tüketimi ve CO₂ üretim hızı ile karakterize edilmektedir (Ho vd., 2020).

Çalışmamızda depolama süresince tüm uygulamalarda, belirli bir süreye kadar ambalaj içerisinde oksijen içeriği azalmış (Şekil 3), karbondioksit içeriği ise artmış (Şekil 4), daha sonra ise denge konumuna ulaşmıştır. Bu denge konumuna ulaşmada; paketlenmiş ürünün solunum aktivitesi ile polimerik matris yoluyla gaz transferi arasındaki etkileşimler rol oynamaktadır. Su buharı, oksijen ve karbon dioksit, iç veya dış ortamdan polimerik paket duvarı boyunca hareket edebildikleri ve üst boşluk koşullarında sürekli bir değişiklikle sonuçlanabildikleri için, kütle taşıma fenomeninde yer alan başlıca düşük moleküler ağırlıklı bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Costa vd., 2011). Bizim çalışmamızdaki gibi pasif modifiye atmosfer oluşturulmak istenen ve hindiba (Charles vd.,

2008) ve kayısı (Pretel vd., 2000) üzerindeki çalışmalarda da oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi belirli bir süreye kadar değişim göstermiş daha sonrasında ise denge konumuna ulaşılmıştır.

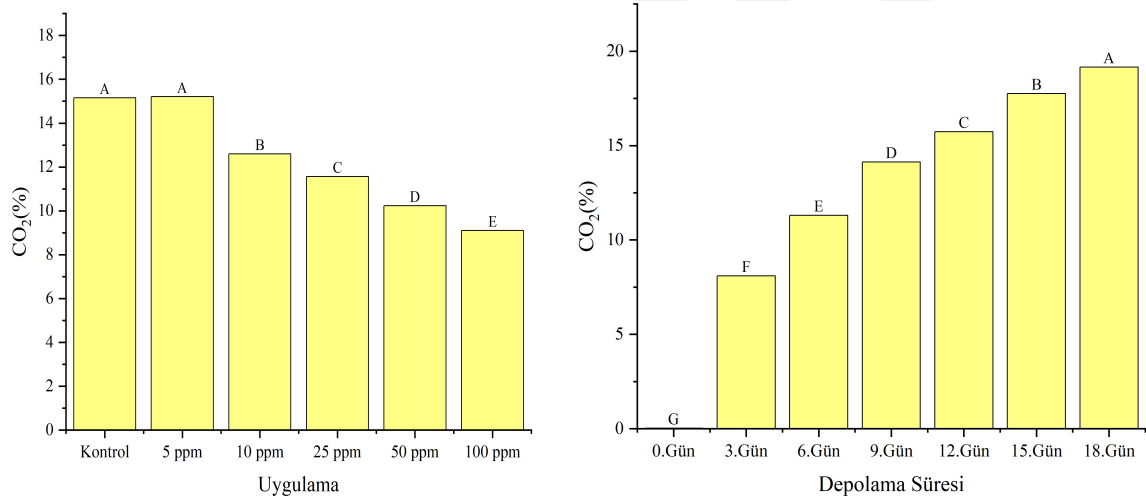


Şekil 3. Ambalaj içerisindeki O₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

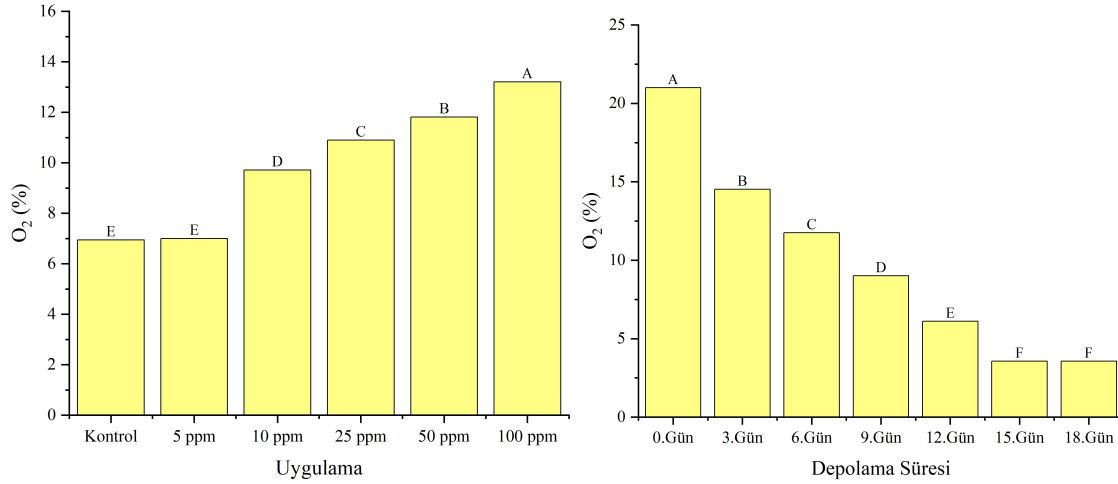


Şekil 4. Ambalaj içerisindeki CO₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda ClO₂ konsantrasyonunun artmasıyla CO₂ oluşumu (Şekil 5) ve O₂ tüketimi (Şekil 6) azalmakta olup, 10 ppm ve üstü konsantrasyonlarda solunum hızının artan konsantrasyona bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. ClO₂ uygulamalarının meyve ve sebzelerde solunum hızlarına etkileri araştırıldığında; taze kesilmiş 'Hami' kavun (Guo vd., 2013), yeşil biber (Jin-Hua vd., 2007) ve domates (Guo vd., 2014) için solunum hızını azalttığı tespit edilmişken, kıyılmış beyaz lahananın (Gómez-López vd., 2008) solunum hızını artırmış fakat rendelenmiş havucun (Gómez-López vd., 2007) solunum hızını ise etkilememiştir. Domateslerde, ClO₂'nin şeker metabolizması yolundan ziyade sitokrom yolu inhibisyonu sağlayarak solunumun azaltılmasında önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Guo vd., 2014). Taze kesilmiş kavunlarda da, ClO₂ uygulamasının, toplam solunum hızının düzenlenmesinde katkıda bulunan alternatif solunum ve sitokrom yolu solunumunda elektron transferini sınırlayabileceği yönündedir (Guo vd., 2014).



Şekil 5. Ambalaj içerisindeki CO₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.



Şekil 6. Ambalaj içerisindeki O₂ konsantrasyonunun tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

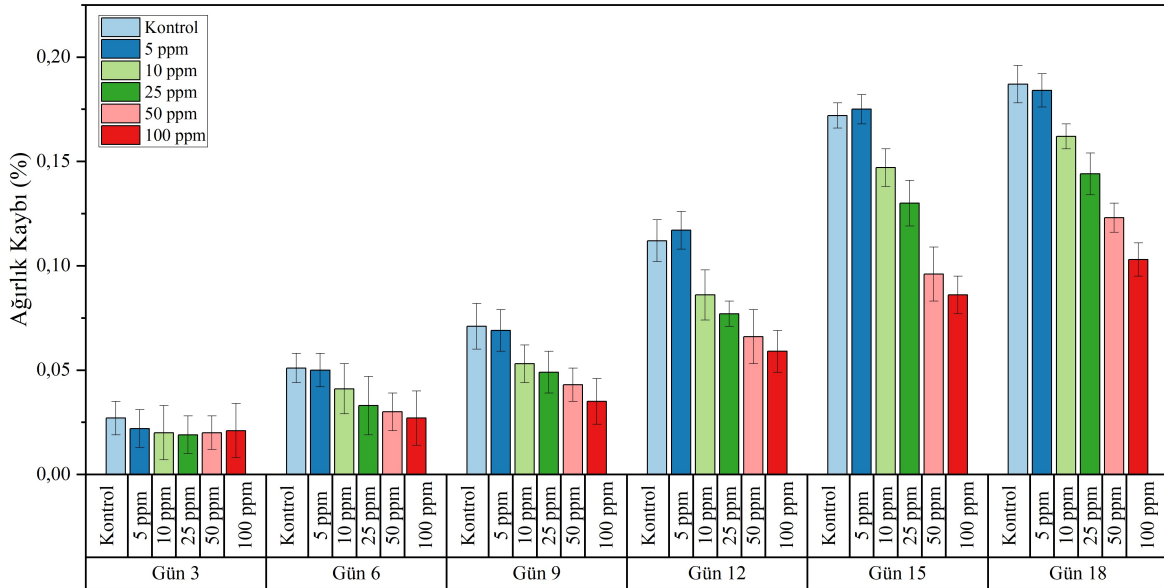
4.2. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Ağırlık Kaybına Etkisi

Ağırlık kaybı meyve ve sebze ürünlerinin tazeliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir ve minimal işlenmiş ürünler genel olarak doğal ve koruyucu kabuklarından ayrıldıkları için hacim-yüzey alanı oranı artmaktadır. Bu nedenle meydana gelen nem kayıpları nedeniyle ağırlık kaybına karşı bütün haldeki meyve ve sebzelere göre daha hassastır (Yousuf ve Srivastava, 2017). Kesme, dilimleme, ayırma, soyma gibi işlemleri içeren hasat sonrası uygulamalar doğal epidermal tabakanın bozularak dokuların dış ortama açık hale gelmesine neden olmakta ve suyun transpirasyon oranını arttırmaktadır. Nem kayıpları da yüzeylerde solma, buruşma gibi bozulmanın görsel işaretlerini ortaya çıkararak ürün kalitesini çok büyük oranda etkilemektedir. Ağırlık kayıpları için kritik limitlerin %4 ile 6 arasında ölçüldüğü belirtilmiştir ve ağırlık kaybı değeri bu kritik limitlerin üstünde olduğunda bozulma ve çürüme emareleri doğal olarak ortaya çıkmaktadır (Oz ve Ulukanli, 2012).

Ağırlık kaybı hasat edilen meyve ve sebzelerin katabolik proseslerinin doğal bir sonucudur ve minimal işleme operasyonları sonucunda daha da hızlanmaktadır. Ürünlerin ağırlık kayıpları genellikle ambalaj materyalinin su buharı geçirgenlik oranı, ürünün

solunum oranı ve depolama sırasında meydana gelen diğer yaşlanmaya bağlı metabolik proseslere göre değişmektedir (Bhatia vd., 2013).

Çalışmamızda, depolama süresince periyodik olarak yapılan ağırlık ölçümleri sonrasında ağırlık kaybının bütün gruplarda depolama süresinin ilerlemesiyle arttığı görülmüştür (Şekil 7). Elde edilen sonuçlar tanelenmiş narların soğukta depolandığı diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Bhatia vd., 2013; Oz ve Ulukanli, 2012; Özdemir ve Gökmen, 2017).

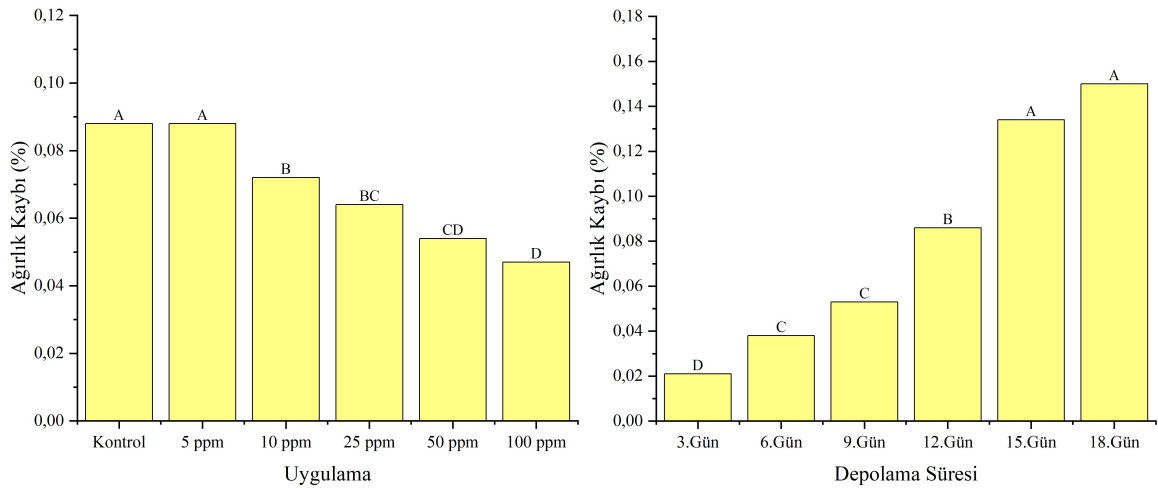


Şekil 7. Ağırlık kaybının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda tüm gruplarda ağırlık kaybı seviyesi %1'in altında kalmış olup, bunun sebebi klordioksitle birlikte uygulanan modifiye atmosfer koşullarıyla ilgilidir. Tanelenmiş narların modifiye atmosfer ambalajlama yöntemleri kullanılarak depolanmasının incelendiği bir çalışmada da ambalaj dizaynı ve depolama süresinin ağırlık kaybını önemli ölçüde etkilediği, ağırlık kaybı oranlarında kullanılan ambalaj filmlerinin su buharı geçirgenlik oranı ve ambalaj içerisindeki bağıl nemin etkili olduğu belirtilmiştir (Belay vd., 2018). Yapılan iki farklı çalışmada ise ambalajlanarak depolanan tanelenmiş narların ağırlıklarının soğuk depolamanın ilk günlerinde küçük bir artış gösterdiği

belirtilmiş, bu durum nar tanelerinin yüzeylerinden buharlaşan nemin ambalaj filminin yüzeyinde yoğunlaşmasına bağlanmıştır (Caleb vd., 2013; Hussein vd., 2015). Farklı nar çeşitlerinden elde edilen tanelenmiş narların incelendiği başka çalışmada ise meyve çeşitlerinin ağırlık kaybı oranını önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir (Adiletta vd., 2019).

Çalışmamızda farklı uygulamalar arasındaki değişim ise konsantrasyona bağlı olarak meydana gelmekte olup, en az ağırlık kaybı 100 ppm konsantrasyonda belirlenmiş olsa da 50 ppm ile arasında istatistiksel fark bulunmamaktadır (Şekil 8). Hasattan sonra, taze ürünlerde solunum ve terleme devam eder ve karbonhidrat ve su rezervleri, yerine konmadan sürekli olarak tüketilir, bu da depolama sırasında aşamalı olarak turgorda düşme ve ağırlık kaybına neden olur. Meyve nemi ve ağırlık kaybı, azalan meyve sertliği ve büzülme ile ilişkilidir (Lufu vd., 2020; Paniagua vd., 2013). Bununla birlikte, ClO₂ işlenmiş ürünlerdeki su kaybı oranını azaltır (Guo vd., 2014). Aktif paketleme materyalinde uzun süreler boyunca düşük konsantrasyonlarda ClO₂ uygulamasının meyve sertliğini iyileştirdiği ve su kaybını azalttığı gösterilmiştir (Guo vd., 2014). ClO₂ ayrıca hücre bileşenlerini oksitleyerek doku metabolizmasını değiştirebilir, böylece solunumda değişikliklere yol açarak ağırlık kayıplarını engelleyebilir (Gómez-López vd., 2008).

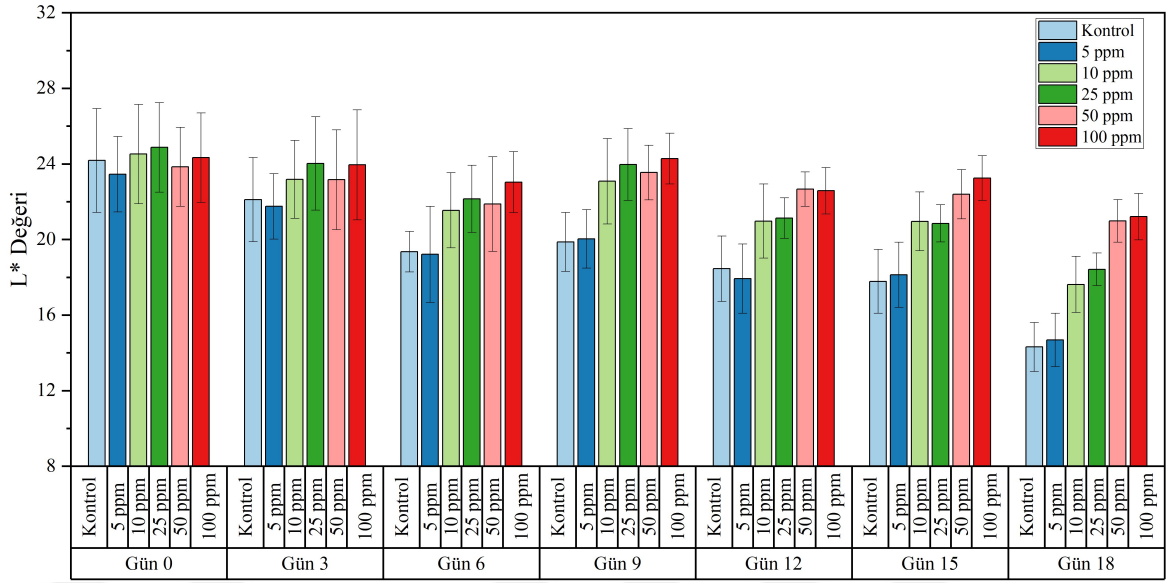


Şekil 8. Ağırlık kaybının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

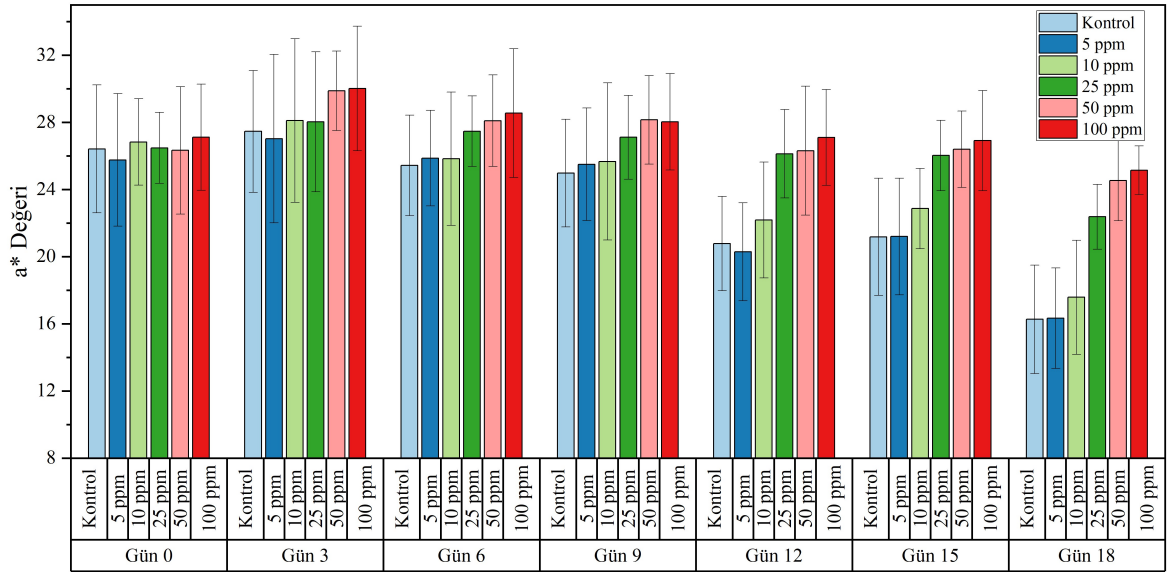
4.3. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Renk Parametrelerine Etkisi

Duyu organlarımız ile farkına vardığımız ilk özellik olarak kabul edilen renk yiyecek ve içeceklerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğinde rol oynayan önemli bir parametredir ve tanelenmiş narlar ve nar sularının tüketici beklentileri açısından da önemli bir kalite özelliğidir (Hussein vd., 2015; Yousuf ve Srivastava, 2017). Tanelenmiş narların kalitesi daha çok kırmızı renklerine bağlıdır ve bu kırmızı renk de meyve cinsi ve olgunlaşma durumuna göre değişiklik gösterebilen antosiyaninlerin varlığından ileri gelmektedir (Kapetanakou vd., 2015). Ölçülen renk parametrelerinden biri olan a^* değeri kırmızı ve yeşil renkle ilgilidir ve negatif değerler yeşilliği gösterirken pozitif değerler kırmızılığı göstermekte, daha yüksek a^* değerleri daha yüksek kırmızılığı ifade etmektedir (Yousuf ve Srivastava, 2017).

Çalışmamızda yapılan renk ölçümlerinde L ve a^* değerleri depolama süresince dalga bir seyirde ilerlemiş, depolama sonunda ise düşüş meydana gelmiştir (Şekil 9 ve Şekil 10). Maghoumi vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada tanelenmiş narlara yapılan uygulamalarının antosiyanin kaybına neden olarak a^* değerinde düşüşe sebep olabileceği ve böylelikle kırmızılığın azalabileceği belirtilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada; örneklerin L^* değerlerinin ambalaj içi oksijen ve karbondioksit konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği, a^* değerinin ise ambalaj içerisindeki gaz kompozisyonundan etkilenmediği belirtilmiştir. Parlaklık (L^*) ve a^* değerlerinde azalmanın görüldüğü başka bir çalışmada ise, sonuçların depolama süresine bağlı olduğu vurgulanmıştır (Palma vd., 2015).

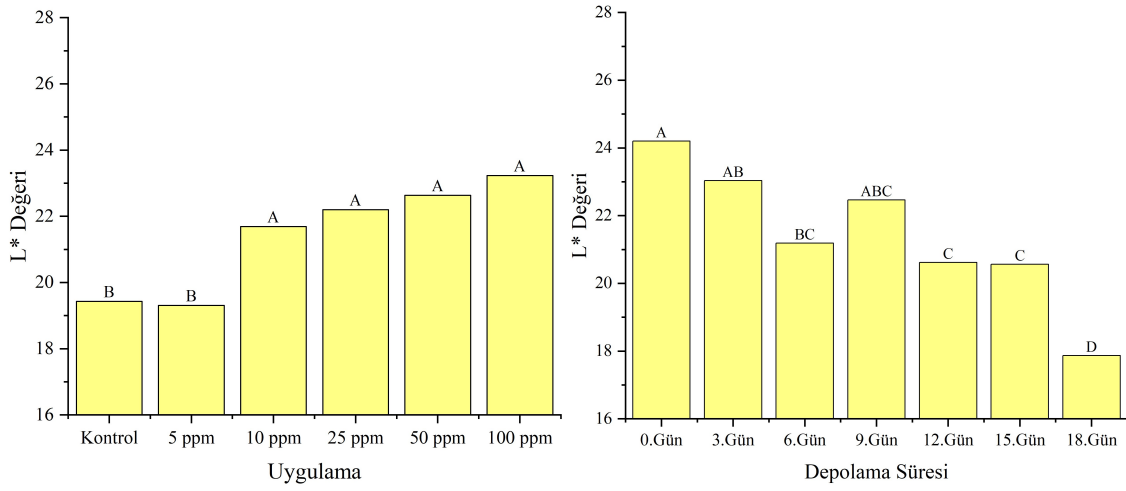


Şekil 9. L* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.



Şekil 10. a* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda L* değerlerinin korunmasında 10 ppm üzerindeki klordioksit konsantrasyonları etkili bulunmuştur (Şekil 11). Klordioksitin, hasat sonrası işleme sırasında fenollerin polifenol oksidaz tarafından katalize edilen o-kinonlara oksidasyonundan kaynaklanan, taze ürünlerin enzimatik esmerleşmesini farklı şekilde etkilediği bildirilmiştir. Üzümlerde, depolama sırasında tekrarlanan ClO₂ uygulaması, esmerleşmeyi önemli ölçüde azaltmıştır (Chen vd., 2018). Taze kesilmiş kuşkonmaz marulu (Chen vd., 2010) ve elma (Jin-Hua vd., 2007) gibi çeşitli taze ürünlerde azaltılmış esmerleşme, klordioksitin PPO aktivitesini azaltması ile ilişkilidir.

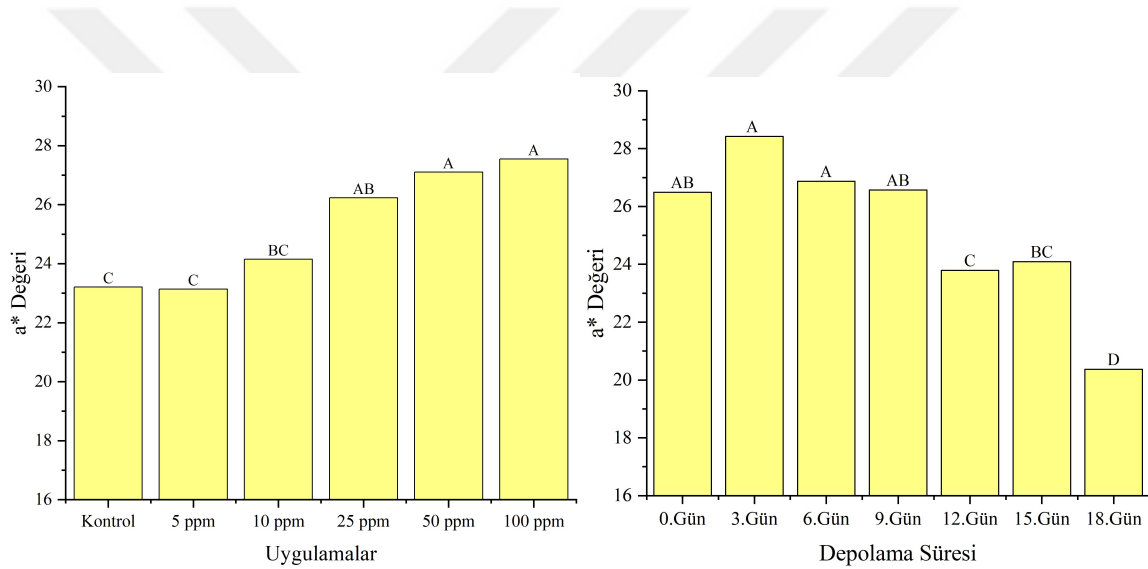


Şekil 11. L* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Konsantrasyona bağlı olarak, ClO₂, işlenmiş taze ürünün görünümünü farklı şekilde etkilemektedir. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda, ClO₂'nin taze ürünlerin rengi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını da göstermektedir; ClO₂'nin domates (Song vd., 2011), ıspanak (Park ve Kang, 2015) ve marulun (Hassenberg vd., 2014.; Wu ve Kim, 2007) L, a ve b değerleri üzerinde hiçbir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda a* değerlerinin korunmasında da L* değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiş olup, en fazla koruma 50 ve 100 ppm konsantrasyonda gözlenmiştir (Şekil 12). Tanelenmiş narlarda renk değişimleri tazeliğin bir göstergesidir ve enzimatik esmerleşme minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin kalitesinin korunmasında karşılaşılan temel

problemlerden biridir. Bir meyve veya sebze kesildiğinde, fenolik bileşikler bakır varlığında atmosfer oksijeni ile tepkimeye girmekte ve polifenol oksidaz enzimi tarafından katalizlenen oksidasyon tepkimeleri oluşarak, bu tepkimeler sonucu koyu renkli bileşikler meydana gelmektedir (Oz ve Ulukanli, 2012). Tanelenmiş narlardaki renk özellikleri meyve çeşidi, hasat zamanı, coğrafya ve işleme ve ambalajlama koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Belay vd., 2017). Rengin korunması nem kaybının önüne geçilmesi ve oksidatif veya enzimatik esmerleşme sonucu meydana gelen antosiyanin degradasyonları ile bağlantılıdır (Bhatia vd., 2013). Tanelenmiş narların renk parametrelerindeki farklılıklar ambalaj içerisindeki gaz kompozisyonu, bağıl nem ve su yoğunlaşması gibi fiziksel etkilere ya da meyve cinsi farklılıklarından kaynaklanabilmektedir (Belay vd., 2018).



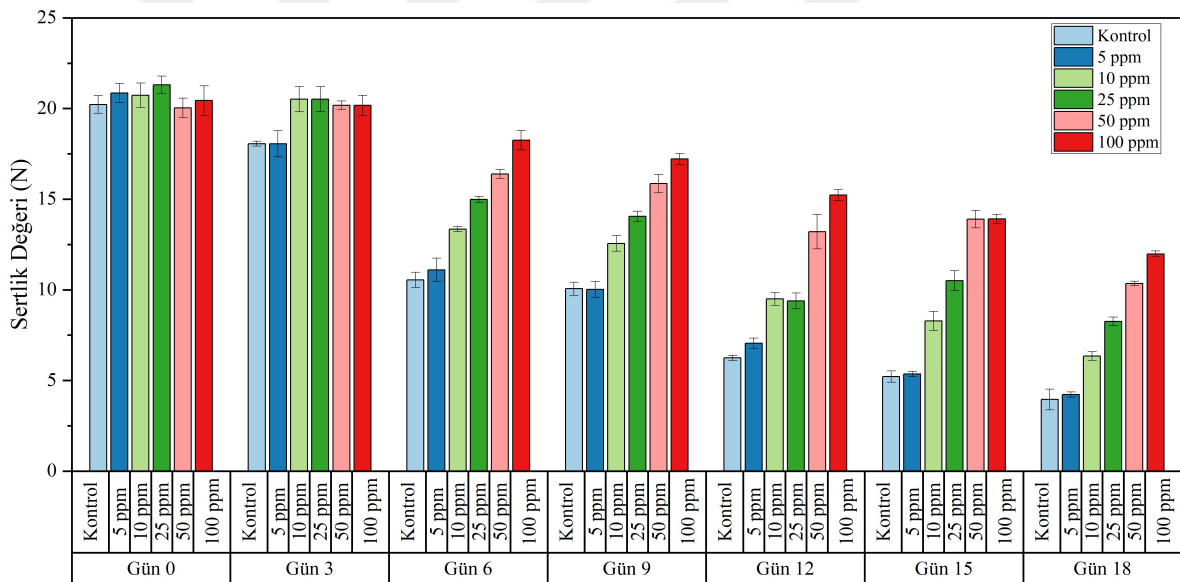
Şekil 12. a* değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

4.4. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Tekstürü Üzerine Etkisi

Tekstür, tüketicilerin meyvelerin tazeliğini algılamakta ve karakterize etmekte dikkate aldığı önemli bir ana kalite unsurudur (Kapetanakou vd., 2015). Meyvelerde tekstürün değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden bir tanesi de sertlik değeridir. Sertlik değeri meyvelerde depolama potansiyelinin artırılması ve depolama sırasında meydana gelebilecek mekanik hasarlar ve çeşitli hastalıklara karşı direnç konusunda dikkate alınan önemli bir karakteristik özelliktir (Nazoori vd., 2020). Depolama

ve dağıtım gibi aşamalarda meydana gelebilen sertlik kayıpları taze kesim ürünlerin raf ömürlerinin artırılması ve kalitelerinin korunmasında temel bir problemdir ve genellikle işleme sırasında ortaya çıkan doku stresi, hücre duvarının degradasyonu ile ilgili endojen enzimlerin aktiviteleri ve mikroorganizmaların aktivitelerine göre süreç içerisinde değişebilmektedir (Bhatia vd., 2013).

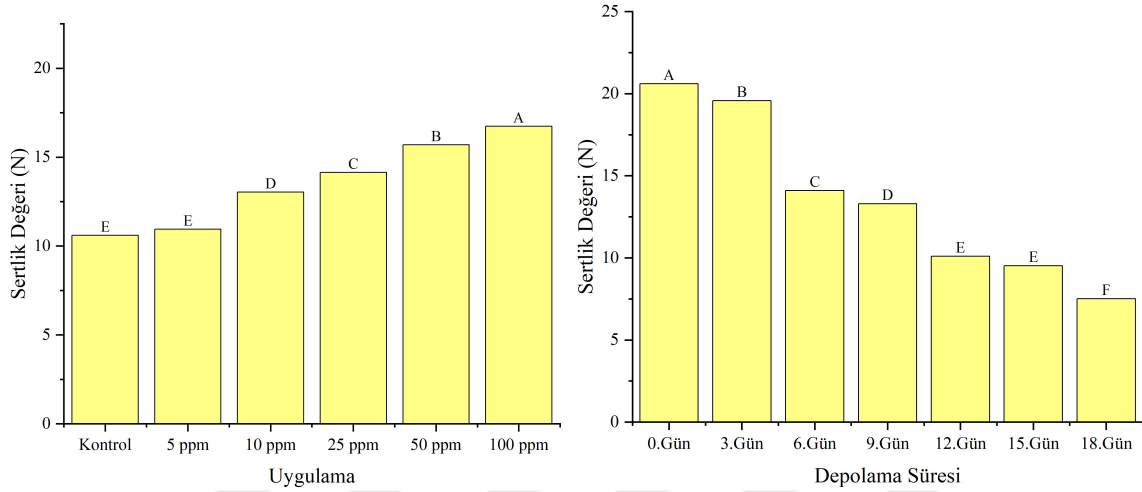
Yaptığımız çalışmada kontrol ve tüm uygulama gruplarında depolama süresince sertlik değerinin düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 13). Sertlik değerinde gözlemlenen bu azalma Belay vd., (2018), Bhatia vd., (2013), Kawhena vd., (2020) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumaktadır.



Şekil 13. Sertlik değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda sertlik değerlerinin en az kontrol ve 5 ppm uygulamalarında korunduğu en fazla ise 100 ppm konsantrasyonlarında ölçüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 14). ClO₂ uygulamasının, hasat sonrası depolama sırasında çilek (Aday ve Caner, 2011; Chen ve Zhu, 2011; Zhang vd., 2019) gibi birçok taze meyvenin sertliğini koruduğu bildirilmiştir. Ayrıca, ClO₂ gazının kontrollü salınımının, depolama sırasında aşılmanmış ve *E. coli*- ve *C. acutatum* ile aşılmanmış meyvelerin sertliğini düzenlediği bildirilmiştir

(Sun vd., 2014). ClO₂, solunum hızındaki ve etilen biyosentezindeki artışı geciktirerek olgunlaşmanın gecikmesine neden olarak meyve yumuşamasını daha da geciktirir (Chen ve Zhu, 2011; Guo vd., 2013, 2014). ClO₂ ayrıca hücre bileşenlerini oksitleyerek doku metabolizmasını değiştirebilir, böylece solunumda değişikliklere yol açarak meyve sertliğini koruyabilir (Gómez-López vd., 2008).



Şekil 14. Sertlik değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

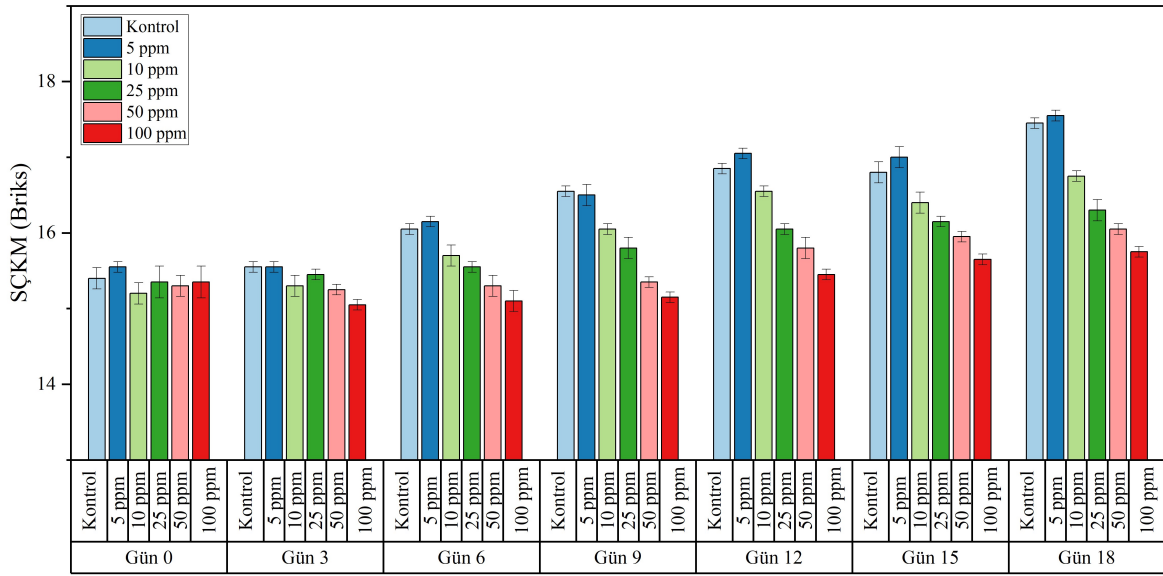
Ambalaj materyalinin tanelenmiş narların kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada depolama süresi boyunca sertlik değerlerinde azalma görülmüş ve sertlik değerinin ambalaj materyali, depolama süresi ve bunların interaksiyonunda önemli derecede etkilendiği belirtilmiştir (Bhatia vd., 2013). Hussein vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada, perfore ambalaj filmlerinin modifiye atmosfer ile birlikte kullanımının tanelenmiş nar kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise yine depolama süreci boyunca sertlik değerinin azaldığı, ambalaj materyalindeki perforasyon sayısının sertlik değerini etkilediği ve sertlik değerindeki düşüşün gözeneklere bağlı nem kaybı olabileceği belirtilmiştir. Caleb vd., (2013) ise tanelenmiş narların depolanmasında kullanılan kapların ambalaj içerisinde su buharı birikmesine katkı sağlayabileceğini ve bu nedenle nar tanelerinin membranlarının yumuşayarak sertlik değerinin düşebileceğini belirtmişlerdir. Tanelenmiş narların raf ömrü ve kalitesine modifiye atmosfer ambalajlamanın etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise yüksek oksijen oranı kullanılan modifiye atmosfer

ambalajlamada diğerkombinasyonlara göre sertlik değerinin önemli ölçüde yüksek kaldığı belirtilmiştir (Ayhan ve Eştürk, 2009). Meyvelerin hasat sonrası depolanması sırasında pektik maddelerin yıkılması nedeniyle hücre duvarı bütünlüğünü kaybedebilmekte ve bu nedenle meyvenin sertlik değerlerinde düşüş meydana gelebilmektedir (Moradinezhad ve Khayyat, 2014). Sertlik değerinde meydana gelen azalmalar mikrobiyal yükün artması, nem kaybı, hücre yaşlanması ve hücre membranının bozulması ile açıklanabilmektedir (Kawhena vd., 2020).

4.5. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Suda Çözünür Kuru Madde İçeriğine Etkisi

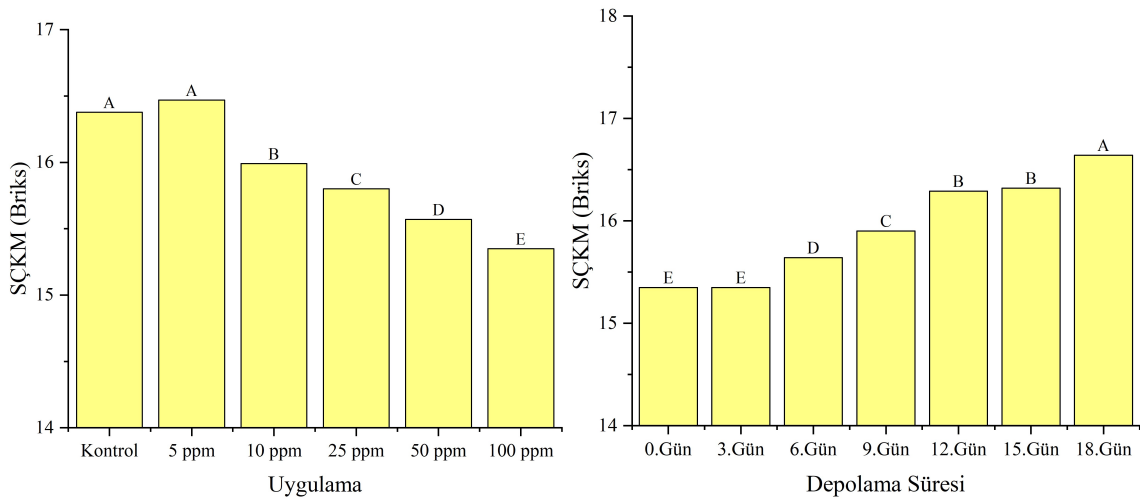
Ağırlık kaybı hasat edilen meyve ve sebzelerin katabolik proseslerinin doğal bir sonucudur. Meyvelerde suda çözünür kuru madde, şekerler ve organik asitler başta olmak üzere önemli bileşenleri içermektedir. Bu bileşenler tadı geliştirmekte ve dolayısıyla tüketicilerin ürünü kabul etmesini sağlamaktadır. Ayrıca suda çözünür kuru madde meyvelerin olgunluk ve depolama süresini de belirlemek için iyi bir göstergedir (Dong ve Wang, 2017).

Nar gibi klimakterik olmayan meyveler, genellikle çalışmamızdaki sonuçlara benzer olarak (Belay vd., 2018, Tayyari vd., 2017) depolama sırasında SÇKM içeriğinde bir artma sergilemektedir (Şekil 15). Barman vd., (2011) da depolama süresince SÇKM içeriğinin arttığını ve bunun nedeninin de su kaybından olduğunu belirtmiştir. Çünkü su kaybı arttıkça suda çözünür kuru maddenin derişimi nispi olarak artmakta olup, ayrıca çözünmez pektinin çözünürlüğü de değişmektedir (Belay vd., 2018). Bu sonuçların aksine Hasheminejad ve Khodaiyan (2020), Artés vd., (2000), Fawole ve Opara, (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda SÇKM içeriğinde azalış görülmektedir.



Şekil 15. Suda çözünen kuru maddenin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda artan klordioksit konsantrasyonlarının SÇKM içeriğini korumada etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 16). Klordioksitin meyvelerde SÇKM içeriğine etkilerinin değerlendirildiği çalışmada, litçi (Wu vd., 2011), çilek (Aday vd., 2013; Aday ve Caner, 2014) ve kirazda (Colgecen ve Aday, 2015) olumlu sonuçlar verdiği, yeşil dolma biberlerde (Jin-Hua vd., 2007) ise herhangi bir etkiye sahip olmadığı rapor edilmiştir.

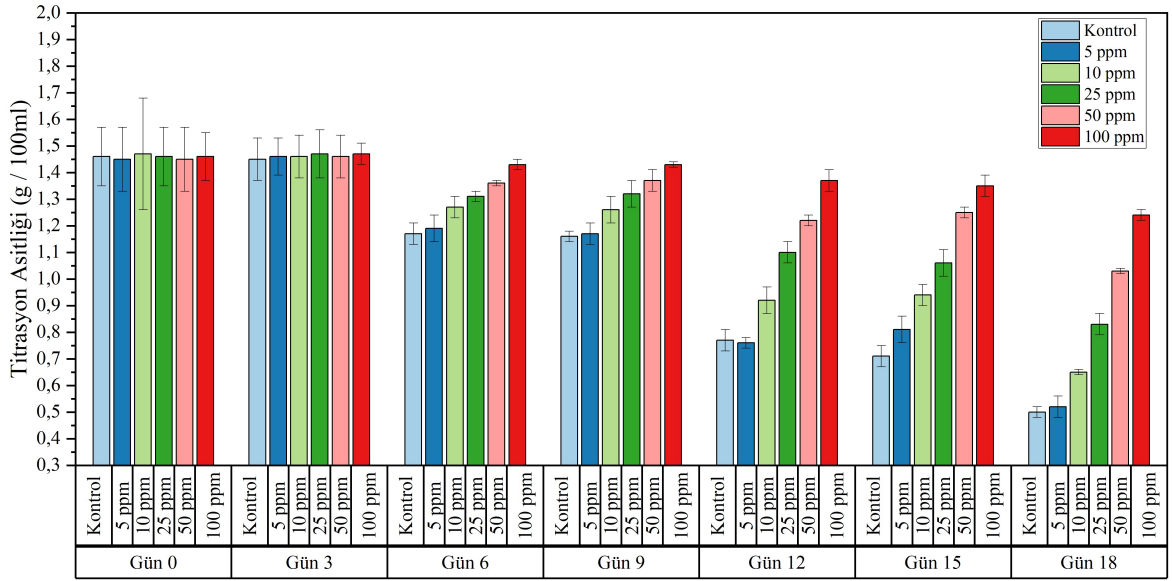


Şekil 16. Suda çözünen kuru maddenin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

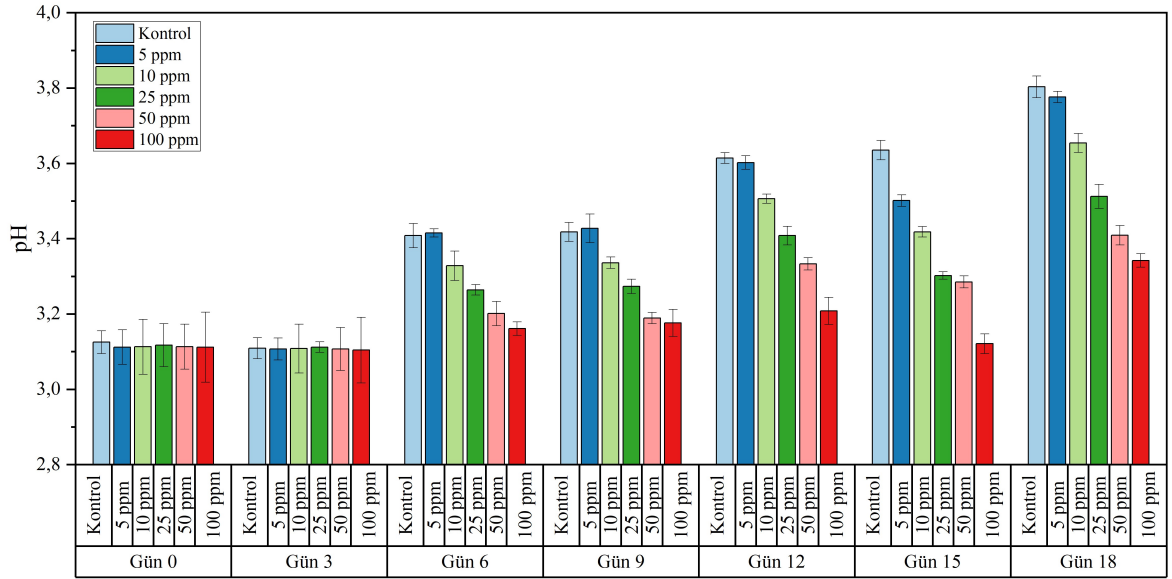
4.6. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın pH ve Titrasyon Asitliğine Etkisi

Titrasyon asitliği meyvenin tadı ile bağlantılıdır ve bu yüzden depolama sırasında asitlik değişiminin yavaşlatılması tüketici beklentilerinin karşılanmasında önem arz etmektedir (Hasheminejad ve Khodaiyan, 2020). Ayrıca, titrasyon asitliği (TA) ve suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) gibi parametrelerin oranından elde edilen SÇKM/TA gibi kimyasal özellikler ekşilik veya tatlılık anlamında tadı tanımlamak için kullanılabilir (O'Grady vd., 2014). Sitrik asit narda bulunan ana asittir (Yousuf ve Srivastava, 2017) ve nar suyunun tadına büyük ölçüde katkı sağlamaktadır (O'Grady vd., 2014). Yapılan çalışmalarda asitlikteki benzerlikler ve farklılıklar; hasat sonrası yapılan uygulamalar, cinse bağlı spesifik özellikler ve nar tanelerinin etrafını saran su moleküllerindeki bağlı çözünebilirliği nedeniyle karbondioksitin birikmesi gibi sebeplere bağlanabilmektedir (Banda vd., 2015).

Çalışmalarımız sırasında yaptığımız asitlik analizlerinde depolama süresi sonunda titrasyon asitliği değerlerinde azalma gözlemlenmiştir (Şekil 17). Buna karşın pH değerleri ise yükselmiştir (Şekil 18). Elde ettiğimiz sonuçlar ile benzer şekilde Hasheminejad ve Khodaiyan, (2020), Maghoumi vd., (2013, 2014) tarafından yapılan çalışmalarda da depolama süresince titrasyon asitliğinin azaldığı ve Hasheminejad ve Khodaiyan, (2020) tarafından yapılan çalışmada pH değerinin arttığı belirtilmiştir.



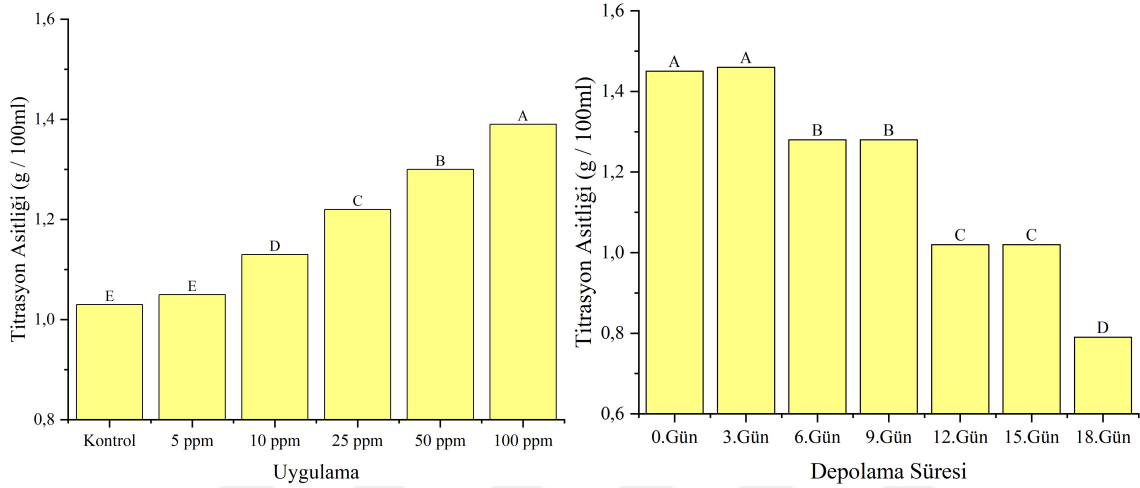
Şekil 17. Titrasyon asitliğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.



Şekil 18. pH değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda asitlik, en fazla 100 ppm konsantrasyonda korunurken en az ise 5 ppm ve kontrol grubunda korunmuştur (Şekil 19). Asitliğinin klordioksit uygulamasıyla birlikte yaban mersinlerinde (Wu ve Kim, 2011), litçide (Wu vd., 2011), çilekte (Aday vd.,

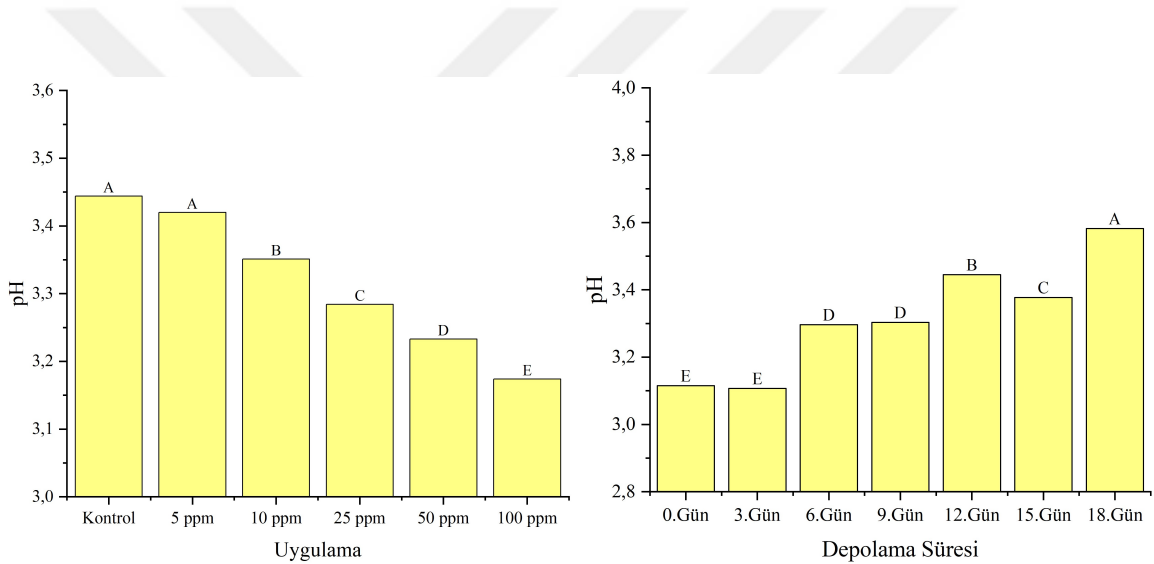
2013) ve kayısıda (Zhong vd., 2006) daha iyi korunduğu rapor edilmişken, bu sonuçların tersi olarak klordioksitin çilekte asitlikteki değişimi azaltmadığına yönelik çalışmalar (Jin-Hua vd., 2007; Shin vd., 2012) da bulunmaktadır. Klordioksitin solunum hızını azalttığı (Zhong vd., 2006) böylelikle organik asitlerin harcanmasını yavaşlatarak asitlik değişimini sınırladığı (Colgecen ve Aday, 2015) düşünülmektedir.



Şekil 19. Titrasyon asitliğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Modifiye atmosfer ile ambalajlama ve depolama sıcaklığının tanelenmiş narlara etkisinin araştırıldığı bir çalışmada depolama sıcaklığının değerlendirilen tüm kimyasal özelliklere önemli etkisinin olduğu, titrasyon asitliğinde depolamanın 3. gününde önemli bir düşüşün gözlemlendiği ve bu düşüşün tanelenmiş narların depolamaya karşı oluşturduğu ilk tepkiden ve metabolik aktivitelerine bağlı olarak gerçekleşmiş olabileceği belirtilmiştir (Caleb vd., 2013). Aynı şekilde depolamanın 3. gününde titrasyon asitliğinde düşüşlerin görüldüğü başka bir çalışmada bu durumun ambalajlar içerisindeki yüksek oksijen konsantrasyonu nedeniyle sitrik asitin substrat olarak kullanıldığı metabolik aktivitelerdeki artış kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Hussein vd., 2015). Depolama sürecinde tanelenmiş narların titrasyon asitliğinde meydana gelen azalmalar narlarda bulunan organik asitlerin solunum aktivitelerindeki temel substrat olmasından kaynaklanabilmektedir (Hasheminejad ve Khodaiyan, 2020; Maghoumi vd., 2013). Ayrıca organik asitler şeker transformasyonlarına da katılabilmekte ve solunum oranının artması

asitliğin azalmasını hızlandırabilmektedir (Belay vd., 2019). Titrasyon asitliği ve pH değerlerindeki değişkenlikler meyve cinsi farklılıklarından ve kullanılan ambalaj içerisindeki karbondioksit çözünübilirliğinin artmasından ileri gelebilmektedir (O'Grady vd., 2014). pH değerlerindeki değişiklikler yapılan uygulamaların meyvenin metabolik aktiviteleri ve solunum oranına etkilerinden ileri gelebilmektedir, örneğin yapılan uygulamalar ile solunum oranı düşürülebilmekte, bu da meyve yaşlanması ve hücre yıkımlarına yol açan metabolik aktiviteleri azaltarak pH değerinin artışını yavaşlatabilmektedir (Hasheminejad ve Khodaiyan, 2020). Bu nedenle çalışmamızda da 100 ppm uygulaması pH değerindeki değişimin en az olduğu uygulama olarak göze çarpmaktadır (Şekil 20).



Şekil 20. pH değerinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

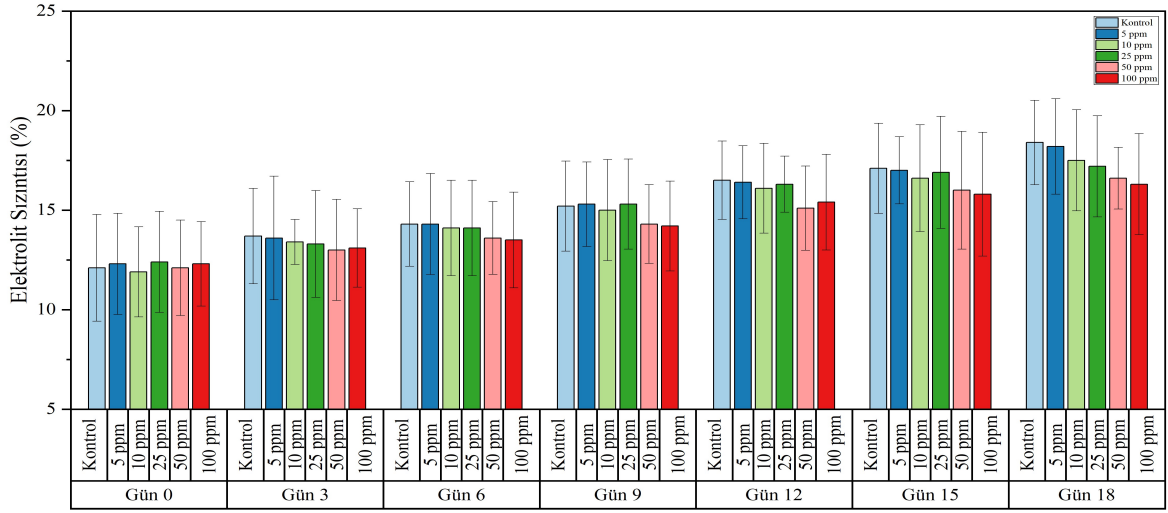
Bazı çalışmalarda ise bizim bulduğumuz sonuçlardan farklı olarak, tanelenmiş narlara kitosan ve askorbik asit kaplaması uygulandığında depolama periyodu sonrasında kontrol ve kaplama uygulanan örneklerde pH ve titrasyon asitliğinin değişmediği (Özdemir ve Gökmen, 2017), kitosan kaplamasının uygulandığı başka bir çalışmada ise kaplamanın titrasyon asitliğine önemli bir etkisi bulunmadığı ve titrasyon asitliğinin depolama süresince yükseldiği belirtilmiştir (Ghasemnezhad vd., 2013). Yousuf ve Srivastava, (2017) ve Oz ve Ulukanli, (2012) tarafından tanelenmiş narların raf ömürlerinin artırılmasında kaplama uygulaması yapılan çalışmalarda ise pH değerlerinin depolama sırasında azaldığı

belirtilmiştir. Banda vd., (2015) tarafından tanelenmiş narların modifiye atmosfer ile ambalajlanması konusunda yapılan bir çalışmada ise depolama sürecinde tanelenmiş narların pH değerlerinde düşüşler gözlemlenmiş ve bu durumun ambalaj içerisinde karbondioksit birikmesi ve karbondioksitin nar tanelerinin yüzeylerindeki çözünürlüğünün artması ile tanelerin dokularında karbonik asit formasyonunun meydana gelmesinden kaynaklanıyor olabileceği belirtilmiştir.

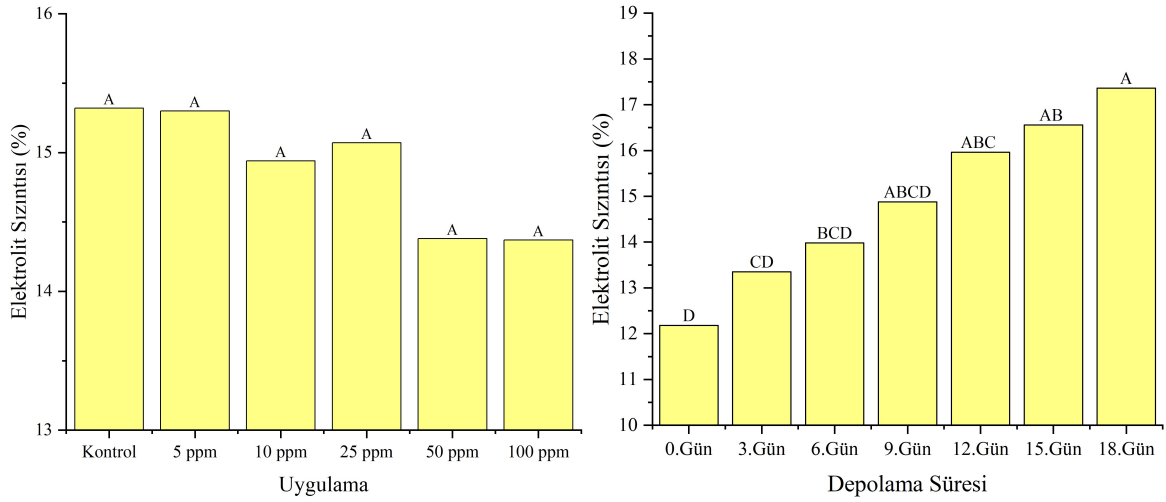
4.7. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Elektrolit Sızıntısına Etkisi

Ürünlerde kalitenin değerlendirilmesinde kullanılan bir özellik olan membran geçirgenliği, hassas dokuların yaşlanmasıyla bağlantılı olarak artan iyon sızıntısı olarak ifade edilmektedir. Hücre bütünlüğü ve geçirgenliğindeki değişimler de elektroliz sızıntısını etkilemektedir. Ayrıca elektrolit sızıntısı, düşük sıcaklık stresinden kaynaklanan plazmalemmanın fiziksel hasarını belirtmek için sıklıkla kullanılan bir parametredir (Antunes ve Sfakiotakis, 2008; Nyanjage vd., 2015).

Çalışmamızda; kontrol ve uygulama yapılan örnek gruplarının hepsinde depolama süresi arttıkça elektrolit sızıntısı değerinin de arttığı, fakat varyasyondaki genişlik nedeniyle istatistiksel farklılığın oluşmadığı görülmüştür (Şekil 21 ve Şekil 22). Elde edilen sonuçlar Kaveh ve Vatandoost, (2020) tarafından narlar üzerine yapılan çalışma ve Nazoori vd., (2020) tarafından bütün narlar üzerine yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 21. Elektrolit sızıntısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.



Şekil 22. Elektrolit sızıntısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Kaveh ve Vatandoost, (2020) etilen baskılayıcıların solunum oranlarını düşürerek elektrolit sızıntısını azaltabildiğini ve yapılan diğer çalışmalardan yola çıkarak modifiye atmosfer ambalajlama yöntemlerinin taze kesim ambalajlanmış meyve ve sebze ürünlerinde ve bütün narların uzun süreli depolanmasında elektrolit sızıntısının azaltılmasında etkili olabildiğini belirtmiştir. Benzer şekilde depolama süresi arttıkça elektrolit sızıntısının da arttığı görülen Nazoori vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada,

uygulaması yapılan bir film kaplamanın iyon sızıntısını yavaşlattığı; meyvelerdeki soğuk stresinin hücre membranının geçirgenliğini olumsuz etkileyerek hücre içi çözeltilerinin dışarı sızmasına yol açtığı, iyon sızıntısının hücre membranı hasarının şiddetinin bir göstergesi olduğu ve oksijen ile tepkimeye giren türlerin oluşumunu arttırdığı belirtilmiştir.

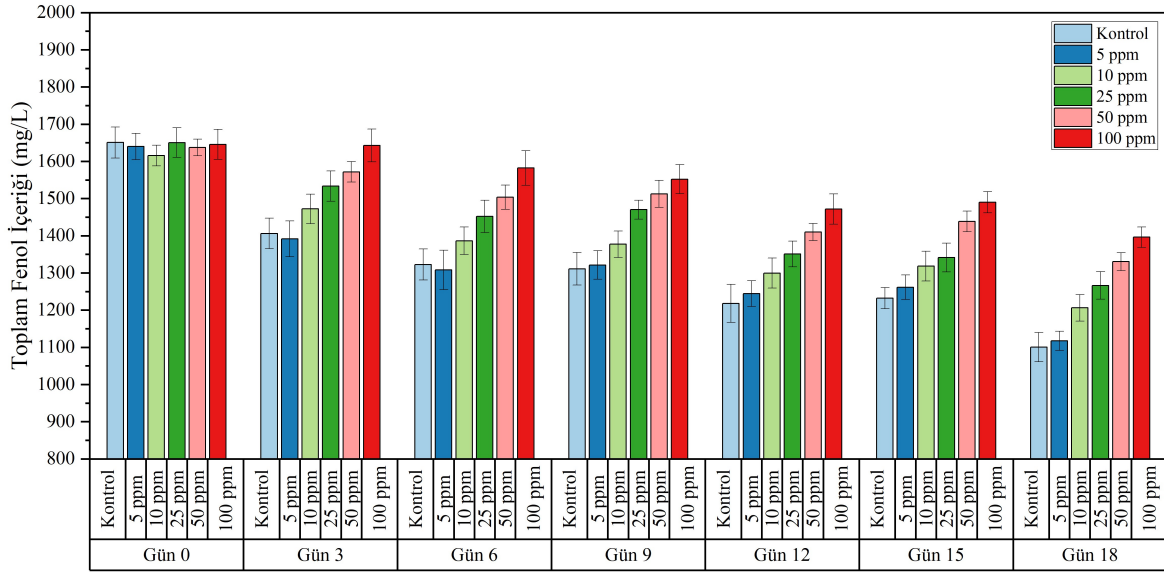
Chomkitichai vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada ClO₂ uygulanan longan meyvesinde kontrol grubuna göre daha düşük elektrolit sızıntı değerlerine ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kirazlara optimal düzeyde uygulanan ClO₂ uygulamasının da elektrolit sızıntı değerlerini kontrol grubuna göre daha iyi muhafaza ettiği belirlenmiştir (Colgecen ve Aday, 2015). Aynı şekilde üzümlere uygulanan ClO₂ nin de elektrolit sızıntı değerlerini kontrole göre daha düşük seviyede tuttuğu rapor edilmiştir (Chen vd., 2018).

4.8. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Toplam Fenol İçeriğine Etkisi

Narda punikalaginler, punikalinler, proantosiyandinler, antosiyininler, kateşinler ve fenolik asitler gibi fenolik bileşenler bakımından diğer meyvelere kıyasla oldukça fazla bulunmaktadır ve bu kapsamda Maghoumi vd., (2013) tarafından yapılan çalışmada donmuş tanelenmiş narlarda gallik asit, prokateşik asit, kateşin, klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit, kumarik asitler ve kuarsetin fenolik bileşikleri tespit edilmiştir. Genetik, meyvedeki fenolik bileşen sentezinde çok önemli bir rol oynamakta ve farklı nar genotipleri arasındaki fenolik bileşen dağılımı önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir (Ghasemnezhad vd., 2015).

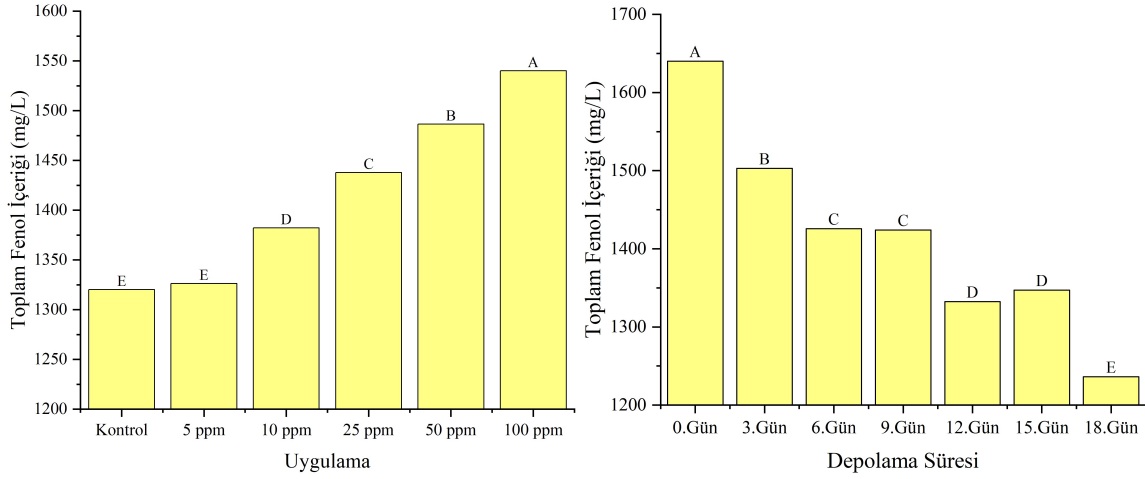
Depolama sürecinde periyodik olarak yapılan toplam fenolik bileşen içeriği analizlerinde kontrol grubu ve klordioksit uygulaması yapılan tüm örnek gruplarında depolama süresi sonunda toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 23). Dokhanieh vd., (2016), Ghasemnezhad vd., (2015), Hasheminejad ve Khodaiyan, (2020), Koushesh Saba ve Amini, (2017) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çünkü; fenolik bileşenler oksidasyon enzimleri için bir substrat olarak kullanılmakta ve bu yüzden bu enzimlerin aktivitelerinden etkilenebilmektedirler

(Maghoubi vd., 2013). Polifenol oksidaz ve peroksidaz oksidasyonları narların hasat sonrası soğukta depolanması sırasında meydana gelen toplam fenolik bileşen kayıplarının temel sebepleri arasında yer almaktadır (Kawhena vd., 2020).



Şekil 23. Toplam fenol içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Çalışmamızda 10 ppm ve üzerindeki klordioksit konsantrasyonlarında toplam fenol içeriğinin daha iyi korunduğu tespit edilmiştir (Şekil 24). Longan meyvesinde yapılan çalışmada klordioksit uygulamasının kontrol grubuna göre toplam fenolik içeriği daha fazla koruduğu tespit edilmiştir. Elmalarda yapılan bir çalışmada ise klordioksitin askorbik asitle beraber kombinasyonu şeklinde uygulanmasının, tek başına klordioksit uygulamasına göre toplam fenol içeriğini daha yükselttiği tespit edilmiştir (Remorini vd., 2015). Longan meyvesinde de depolama süresince toplam fenol içeriği azalmış, fakat ClO₂ uygulaması kontrol grubuna göre daha yüksek seviyede toplam fenol miktarını korumuştur (Chomkitichai vd., 2014). Kivilerde de ClO₂ uygulamasının kontrol grubuna göre daha yüksek toplam fenol içeriğine sahip olduğu bulunmuştur (Park vd., 2019).



Şekil 24. Toplam fenol içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Yapılan başka bir çalışmada ise ambalaj materyali, depolama süresi ve bunların interaksiyonunun tanelenmiş narların toplam fenol içeriğini önemli derecede etkilediği; ambalaj materyalinden bağımsız olarak toplam fenol içeriğinin depolamanın 12. gününden sonra azaldığı, azalmanın; nem kaybı ve asitlik ve suda çözünür toplam kuru madde içeriğindeki değişiklikler nedeniyle meydana gelmiş olabileceği belirtilmiştir (Bhatia vd., 2015).

Çalışmamızdaki sonuçların aksine Belay vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada ise düşük oksijen atmosferi ile ambalajlanmış tanelenmiş narların toplam fenol içeriğinin depolama sırasında arttığı bu artışın düşük oksijen nedeniyle oluşan stres sonucu phenylpropanoid path way aktivitesinin artması nedeniyle meydana gelmiş olabileceği belirtilmiştir.

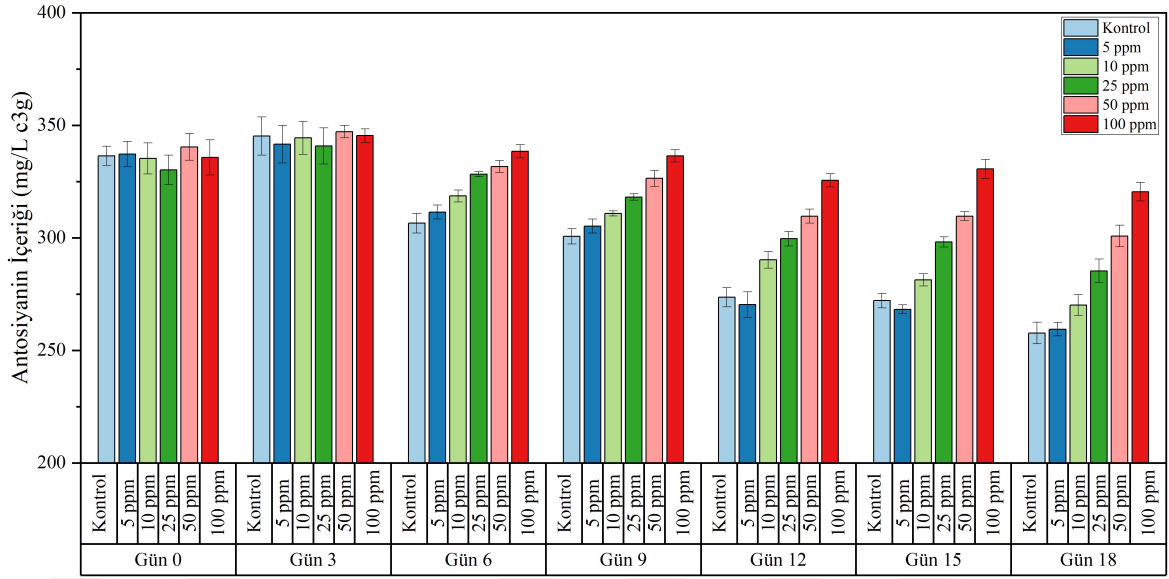
Toplam fenolik bileşen içeriğindeki azalmalar depolama sırasındaki aşırı olgunlaşma nedeniyle hücre yapılarında oluşan bozulmalar sonucu meydana gelebilmekte ve bunun derecesi genotipe göre değişiklik gösterebilmektedir. Toplam fenol içeriğindeki bu azalmalara fenolik bileşiklerin oksidasyonunu hızlandıran polifenol oksidaz ve peroksidaz enzimlerinin aktiviteleri de etki edebilmektedir (Ghasemnezhad vd., 2015). Fenolik bileşikler enzimatik esmerleşmenin substratları oldukları için bu bileşiklerde

meydana gelen azalmanın enzimatik esmerleşme olasılığını azaltabileceği de belirtilmiştir (Belay vd., 2017).

4.9. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Antosiyanin İçeriğine Etkisi

Narda bulunan temel fenolik bileşik gruplarında biri de antosiyaninlerdir ve suda çözünebilir polifenolik bileşikler olan antosiyaninler özellikle kabuk ve taneler olmak üzere nara özgül kırmızı rengi oluşturan en önemli faktörlerdir (Banda vd., 2015; Palma vd., 2015). Sianidin, palargonidin ve definidin nar suyunda bulunan temel antosiyaninlerdir ve meyvenin rengine ve insan sağlığına katkı sağlamaktadır (Koushesh Saba ve Amini, 2017). Özdemir ve Gökmen, (2017) tarafından yapılan çalışmada narda bulunan en baskın antosiyanin siyanidin 3 glukozit olarak belirlenmiş; Palma vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada ise en baskın antosiyaninin siyanidin 3,5 diglukozit olarak tespit edildiği belirtilmiştir.

Çalışma sırasında yapılan analizlerde toplam antosiyanin içeriğinin tüm örnek gruplarında depolama sonunda azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 25). Elde edilen sonuçlar Amiri vd., (2021), Bhatia vd., (2015), Hasheminejad ve Khodaiyan, (2020), Koushesh Saba ve Amini, (2017) tarafından tanelenmiş nar üzerine yapılan çalışmalardaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

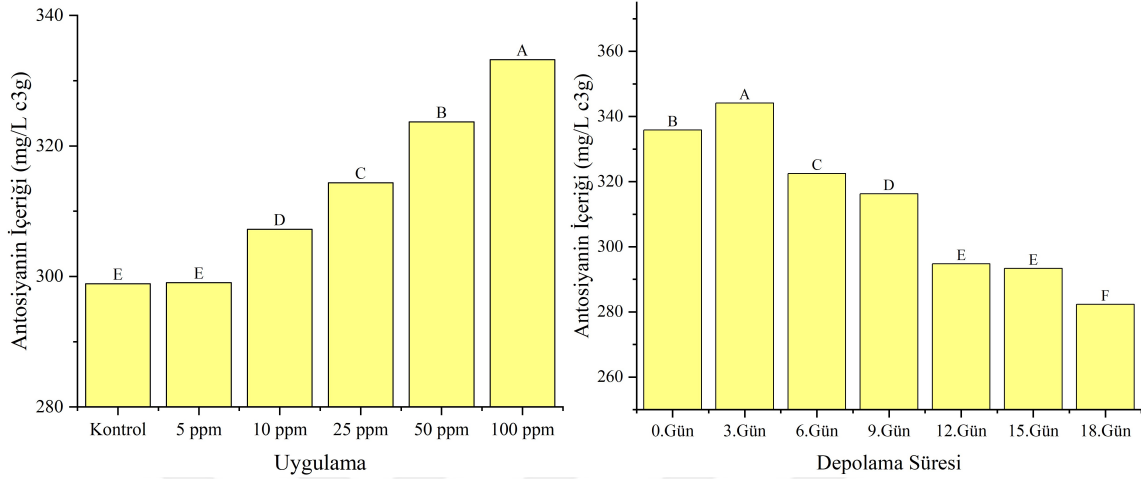


Şekil 25. Antosiyanin içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Narların soğukta depolanması sırasında ortaya çıkabilen hücre içi yıkımları, tane kahverengileşmesi ya da pigment bozulmaları antosiyaninler antioksidan bileşikler olduğundan ve narın rengini oluşturan temel maddeler olduğundan depolama sırasındaki en önemli problemlerdendir (Hasheminejad ve Khodaiyan, 2020). Antosiyaninler stabil bileşikler değildir ve meyvelerin işlenmesi ve depolanması sırasında bozulmaya oldukça yatkındır. İşleme sıcaklıkları, depolama koşulları, hasat sonrası yapılan uygulamalar, antosiyaninlerin kimyasal yapıları, pH, şekerler ve metaller ve ışığa maruz kalma antosiyaninlerin stabilitelelerini etkileyebilmektedir (Banda vd., 2015). Ayrıca tanelenmiş narların depolanmasında kullanılan ambalajlar içerisindeki gaz kompozisyonu ve polifenol oksidaz enzimini baskılayan uygulamalar da antosiyaninlerin dayanımlarını etkileyebilmektedir (Palma vd., 2015).

Çalışmamızda klordioksit uygulamaları antosiyanin içeriğini korumuş olup, kontrol uygulamalarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 26). Xu vd., (2016) tarafından yapılan çalışmalarda, yabanmersinine uygulanan ClO₂ uygulamasının depolama sonunda toplam antosiyanin içeriğini kontrol grubuna göre daha iyi koruduğu tespit edilmiştir. Kirazlar üzerinde de yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş ve optimal ClO₂ konsantrasyonlarının antosiyanin bileşenlerini daha iyi koruduğu vurgulanmıştır (Colgecen

ve Aday, 2015). Bu sonuçların aksine, Maghenzani vd., (2017) ise yaptığı çalışmada, ClO₂'nin yabanmersininde antosiyanin içeriğine etkisinin olmadığını tespit etmiştir.



Şekil 26. Antosiyanin içeriğinin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Toplam antosiyanin içeriğinin ambalaj özellikleri ve depolama koşullarından etkilendiğinin belirtildiği bir çalışmada toplam antosiyanin içeriğinin depolama boyunca azaldığı ancak kullanılan ambalaj materyaline göre farklı seviyelerde düşüş yaşandığı, bu durumun nedeninin ambalaj içerisindeki oksijen miktarının düşüp karbondioksit miktarının artmasıyla antosiyanin biyosentezinin azalmasına bağlanabileceği belirtilmiştir (Belay vd., 2018). Narların tanelenmeden önce bütün haldeyken soğukta depolanma süresinin tanelenmiş narların kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise meyvelerin bütün halde depolama süreleri (3 ay veya 6 ay) sonrasında toplam antosiyanin içeriğinde önemli bir değişikliğin görülmediği ancak tanelendikten sonra geçen 10 günlük raf ömrü sonrasında işleme öncesi 6 ay bütün halde depolanan narlardan elde edilen tanelenmiş narlarda antosiyanin içeriğinin 3 ay depolananlara göre daha fazla azaldığı belirtilmiştir (Palma vd., 2015).

Antosiyanin degradasyonu, narların soyulmaları sırasında nar tanelerinin hasar görmeleri ve meyve suyunun tanelerden dışarı çıkması nedeniyle, meyve yaşlanması ile meydana gelen oksidatif prosesler ile, peroksidaz enzimi aktivitesi gibi nedenlerle

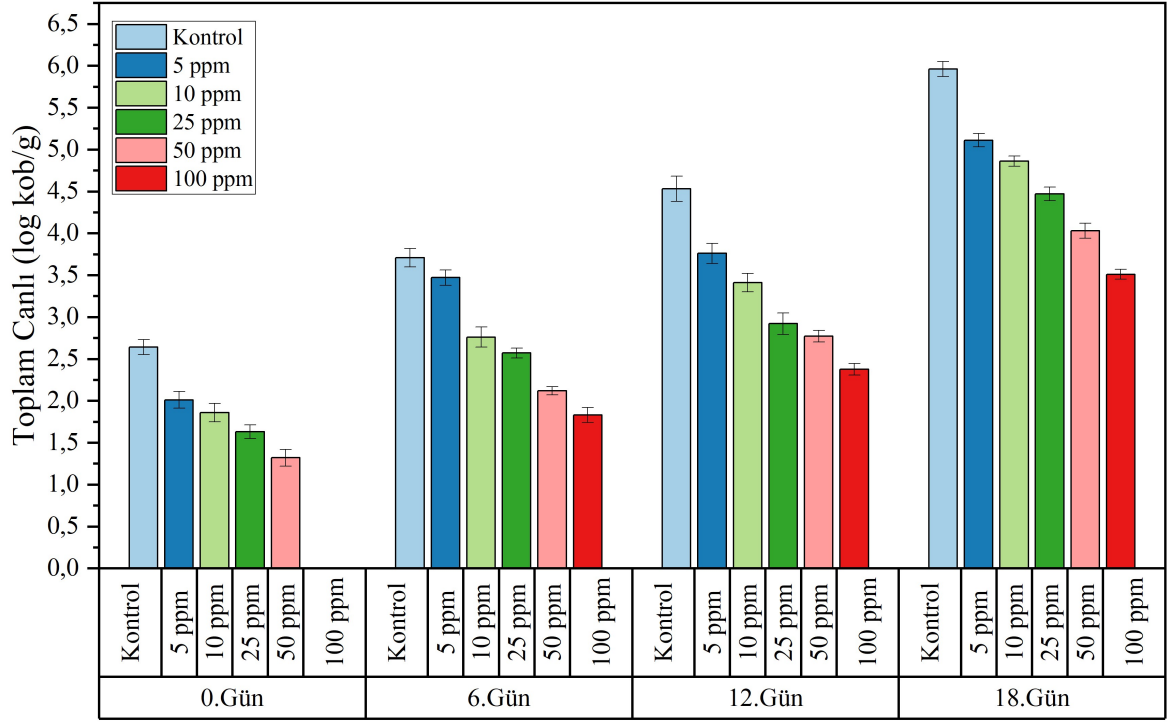
meydana gelebilmektedir (Ghasemnezhad vd., 2015). Koushesh Saba ve Amini, (2017) ise antosiyanin içeriğinde meydana gelen azalmanın oksijen varlığında maruz kalınan yüksek sıcaklıklar nedeniyle de meydana gelebileceğini, ortamda oksijenin az olması durumunda ise sıcaklığa karşı stabil olduklarını belirtmiştir.

Çalışma sonuçlarımızdan farklı olarak; Banda vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada aktif modifiye atmosfer kullanılarak depolanan tanelenmiş narların toplam antosiyanin içeriklerinin depolama sonunda arttığı belirtilmiştir. Tanelenmiş narlara farklı film kaplamaların uygulandığı bir çalışmada ise yapılan film kaplamaların soğuk depolama sırasında antosiyanin sentezinin devam etmesine katkı sağladığı, antosiyanin içeriklerindeki değişikliklerin antosiyanin biyosentetik pathway enzimlerinin aktivitelerine göre değiştiği belirtilmiştir (Kawhena vd., 2020).

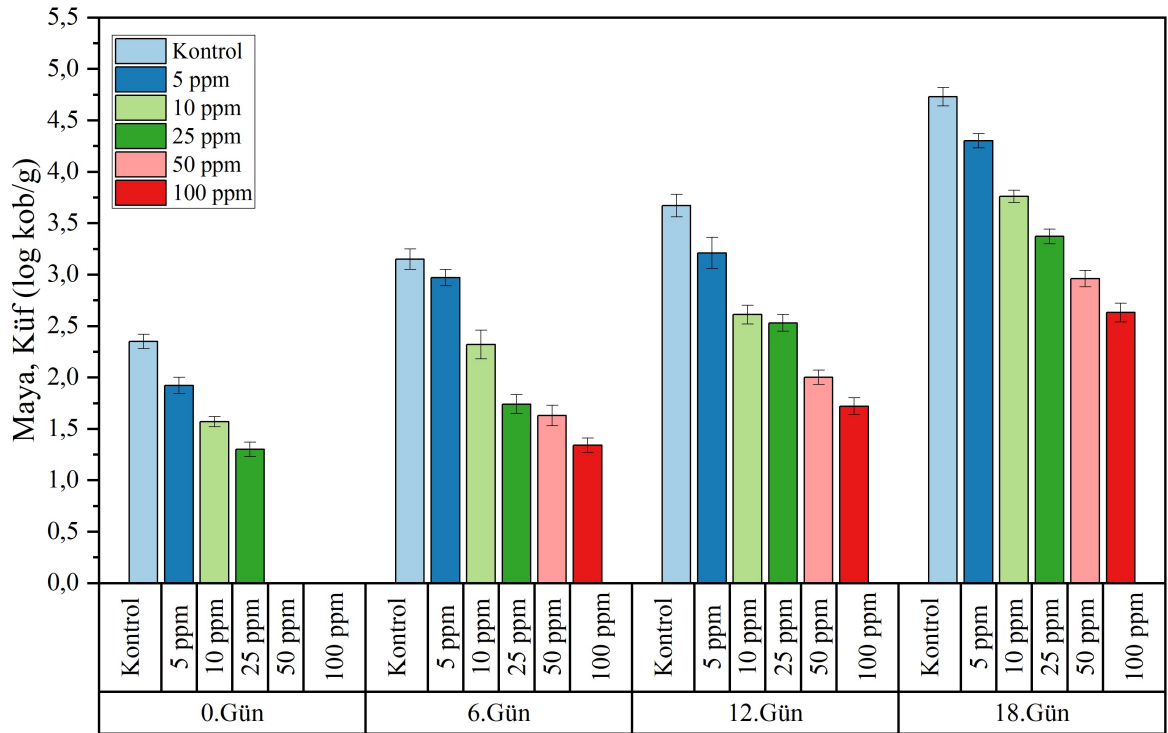
4.10. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Toplam Canlı ve Küf -Maya Sayılarına Etkisi

Nar taneleri bütün meyvelerden daha hızlı oranda fiziksel ve biyokimyasal değişimler yaşadığından raf ömürleri bütün meyveye göre daha kısadır. Bu süreyi uzatmak için; işleme, depolama ve nakliye sırasında düşük sıcaklık ve çeşitli muhafaza metotları kullanmak gereklidir. Böylelikle, biyokimyasal aktivite ve mikrobiyal çoğalma önemli ölçüde yavaşlamaktadır (Bhatia ve Asrey, 2019).

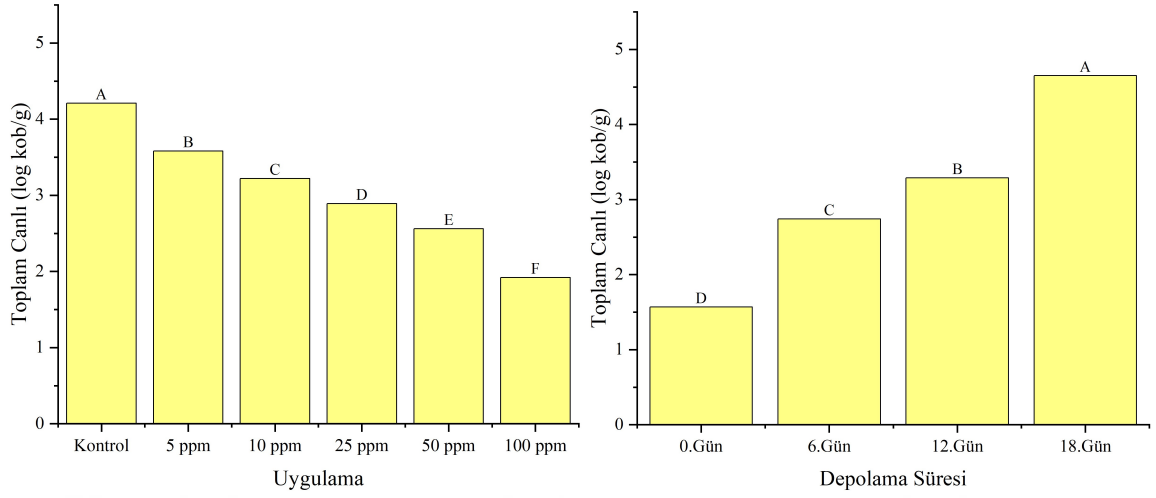
Çalışmamızda tüm gruplarda depolama süresinin artmasıyla birlikte, toplam canlı (Şekil 27) ve küf-maya sayısı artmış (Şekil 28) ve klordioksit konsantrasyonuna göre istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 29 ve Şekil 30). Ayhan ve Eştürk, (2009), López-Rubira vd., (2005), Özdemir ve Gökmen, (2017) tarafından narda gerçekleştirilen çalışmalarda da mikroorganizma sayısının depolama süresince arttığı tespit edilmiştir.



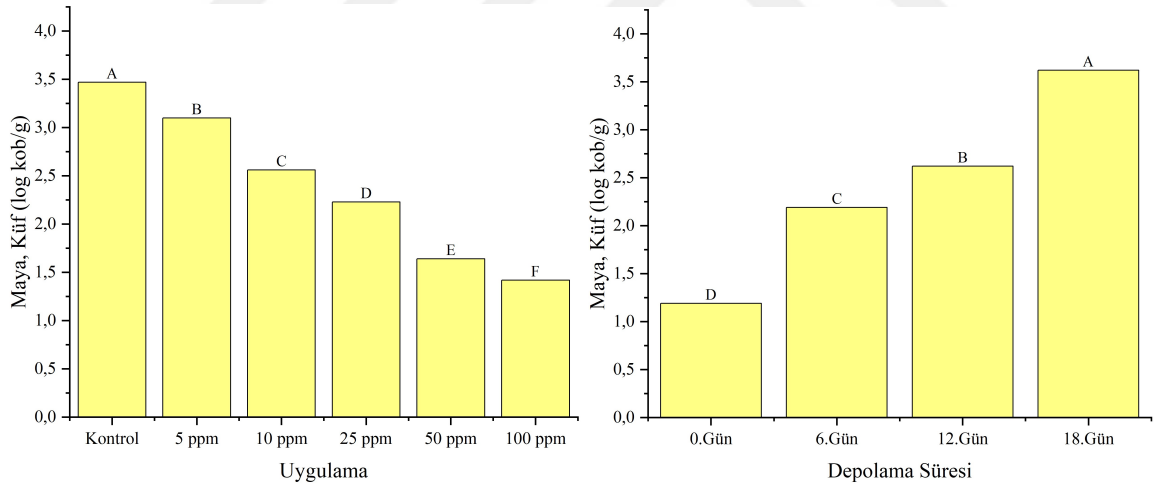
Şekil 27. Toplam canlı sayısının tanelenmiş, narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.



Şekil 28. Maya ve küf sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.



Şekil 29. Toplam canlı sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.



Şekil 30. Maya ve küf sayısının tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

Meyvelerin raf ömrünü artırmak için kullanılan klordioksit konsantrasyonu ve temas süresi, mikroorganizma tipine ve taze ürüne göre de değişebilen ClO_2 'nin etkinliğini belirlemede çok önemlidir. ClO_2 'nin önceden var olan veya yapay olarak aşılınmış mikroorganizmaların büyümesini engellemedeki kısa vadeli ve uzun vadeli etkinliği, çok

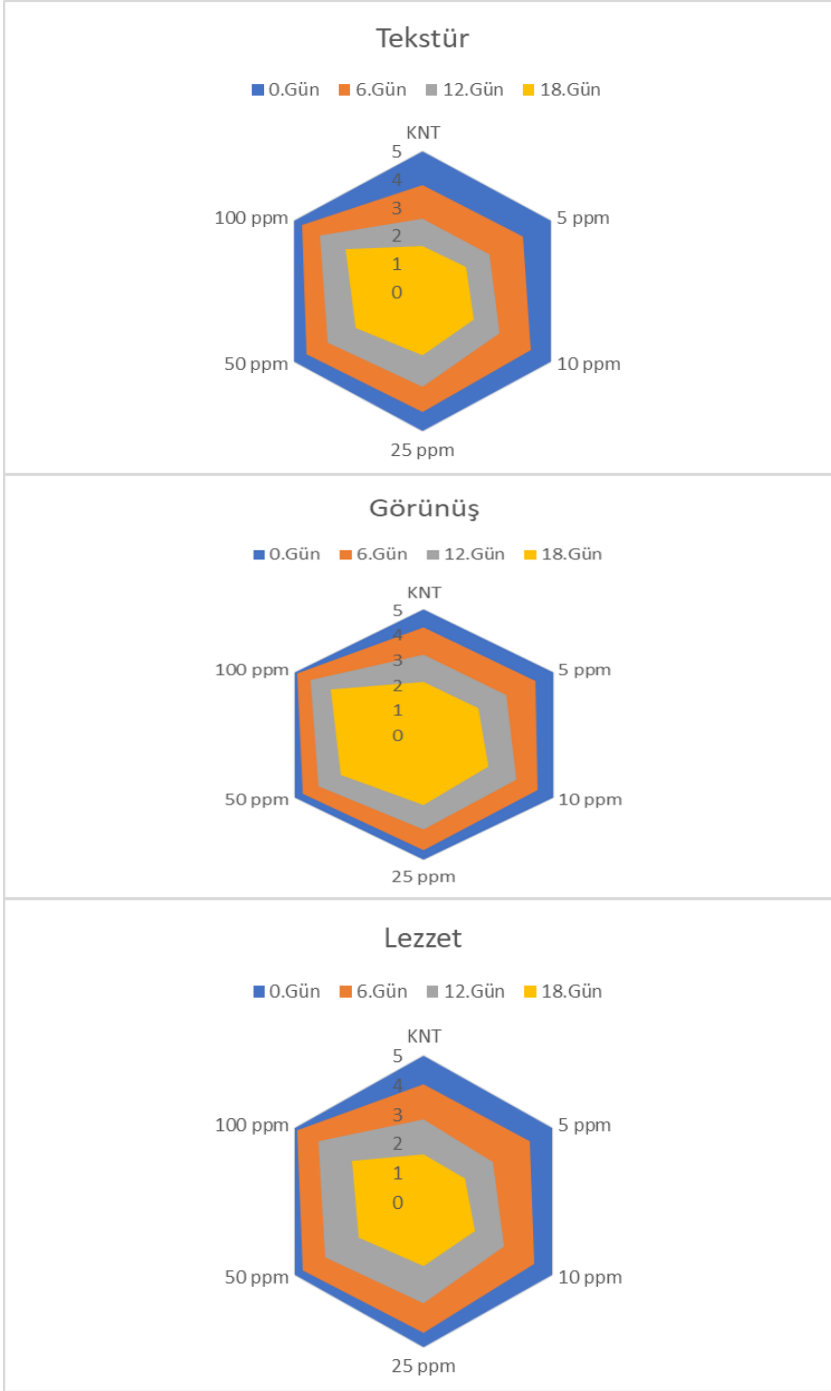
çeşitli taze ürünlerde gösterilmiştir. Bu kapsamda, klordioksitin ıspanak (Lee ve Baek, 2008), çilek (Jin-Hua vd., 2007) ve domates (Pao vd., 2007) gibi ürünlerde mikroorganizma sayısını azalttığı tespit edilmiştir.

ClO₂'nin antimikrobiyal aktivitesi, esas olarak hücre zarları üzerindeki kararsızlaştırıcı etkilerinden kaynaklanmaktadır. Ek olarak, ClO₂ hücre yüzeyi proteinlerini oksitler ayrıca patojen inaktivasyonu için başka bir etki şekli ClO₂'nin hücrelerdeki amino asitler üzerindeki etkisi ve protein sentezinin baskılanmasıdır (Praeger vd., 2018).

4.11. Klordioksit Uygulamaları ve Depolama Süresinin Tanelenmiş Narın Duyusal Özelliklerine Etkisi

Tüketiciler genellikle taze ürünleri perakende mağazalarından veya geleneksel pazarlardan satın almakta olup, bu satış noktalarında, satın alma kararı vermeden önce ürünleri boyut ve renk için görme, sertlik için dokunma ve aroma için koku alma gibi tüm duyularını kullanarak değerlendirmektedir. Duyusal analizde, satın almaya yol açan en önemli kalitenin görünüm (görsel kalite) olduğu bilinmekte olup, renk, şekil ve boyut gibi taze ürünlerin görsel niteliklerinin hoş olması durumunda tüketicilerin satın almaya motive olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Park vd., 2021). Sertlik, tüketici kabulünü belirleyen diğer özelliklerden biridir ve et sertliği çabuk bozulan meyvelerin hasat sonrası olgunluk derecesinin yanı sıra hasat zamanını belirlemek için kullanılan parametredir. Şekerler, asitler ve fenolik bileşikler ürün tadına ve rengine katkıda bulunur, aynı zamanda esas olarak uçucu kimyasal bileşenlerin uygun dengesine bağlı olan lezzet özelliği de değişmektedir (Pereira vd., 2020).

Çalışmamızda tüketiciler duyusal olarak farklı uygulamaları test etmiş ve en yüksek skorları 100 ppm uygulamasına en düşük skorları ise kontrol ve 5 ppm uygulamasına vermiştir (Şekil 31).



Şekil 31. Duyusal parametrelerin tanelenmiş narda klordioksit uygulamaları ve depolama süresine göre değişimi.

Klordioksitin optimal koşullarda kullanılması neticesinde, ürünlerin görsel görünümünün olumsuz etkilenmediği; domates (Trinetta vd., 2010), ıspanak (Park ve Kang, 2015), portakal (Bhagat vd., 2011) ve havuçta (Singh vd., 2002) rapor edilmiştir. Ayrıca, klordioksitin greyfurtta ise duyusal kaliteyi artırdığına yönelik çalışma da

bulunmaktadır (Sun vd., 2017). Aynı zamanda, ClO₂ uygulanan eriklerin depolama sırasında yüksek duyusal kaliteyi koruduğu da rapor edilmiştir (Chen vd., 2011) .

Klordioksit uygulamalarının tekstürel değeri koruması ise, klordioksitin kısmen hücre duvarı protein sentezini inhibe etme yeteneğinden dolayı meyve yumuşamasını azaltmasından kaynaklanabilmektedir (Mahmoud ve Linton, 2008). Ayrıca klordioksitin, meyvelerde bulunan ve yaşlanma sırasında meydana gelen yumuşama sürecine dahil olduğu bilinen iki enzim olan peroksidaz ve PPO'ya karşı inhibitör olduğu gösterilmiştir (Sun vd., 2019). Görsel kalitenin klordioksitle korunması ise, PPO'nun aktif bölgesindeki disülfid bağlarının ve amino asitlerin ClO₂ işlemleri ile oksidasyonundan kaynaklanabilmektedir (Fu vd., 2007).

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Nar (*Punica granatum L.*), Orta Asya menşeli olmasına rağmen, çok çeşitli iklim koşullarına adaptasyonunun olması ile bilinen en eski yenilebilir meyve türlerinden biridir. Nar, besinsel değerinin yüksek olması ve tıbbi özellikleri nedeniyle endüstriyel bakımdan önemli bir yere sahiptir.

Son yıllarda nar meyvelerinin ve nar içeren ürünlerin sağlık yönünden faydaları nedeniyle artan tüketici talebi, narı değeri yüksek bir ürün haline getirmiştir. Nar meyvelerinin yenilebilir kısımları taze olarak tüketilmekte veya taze meyve suyu, konserve içecekler, jöle, reçel ve macun yapımında, ayrıca içecek ürünlerine aroma ve renk verici olarak da kullanılmaktadır. Nar, hasat sonrası düşük solunum ve etilen üretim oranları nedeniyle klimakterik olmayan bir meyve olarak sınıflandırılmasına rağmen, hasat sonrası işleme süreçleri nedeniyle ezilmeler, kabuk yanıkları, ağırlık kaybı ve çürüme ile sonuçlanan hem niteliksel hem de niceliksel kayıplara maruz kalmaktadır. Narların oda sıcaklığında saklanması, artan kuruma ve çürüme insidansı nedeniyle raf ömrünü azaltmakta olup, depolanabilirliği uzatmak için meyvelerin düşük sıcaklıklarda saklanması gerekir. Ancak meyveler 5 °C'nin altındaki sıcaklıklara maruz kaldıklarında ise soğuk hasarına karşı hassasiyetleri artmaktadır.

Narın biyoaktif bileşiklerinin yanı sıra muhafaza ve beslenme kalitesini korumak için modifiye atmosferde paketlenme (MAP), kontrollü atmosfer (CA), ısı uygulamaları, kaplama ve farklı kimyasal çözeltilerle yıkama gibi çeşitli hasat sonrası uygulamalar yapılmaktadır. Hasat sonrası kimyasal işlemler arasında ClO₂, taze meyve ve sebzelerde mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için kloro alternatif olarak kullanılmaktadır. Klorun aksine, toksik yan ürünler oluşturmamakta ve uygulamada sıvı veya gaz halinde kullanılabilir. Bu sebeplerden dolayı bu sanitize edici maddenin uygulanması, klor bazlı dezenfektanlara göre potansiyel avantajları nedeniyle son zamanlarda dikkat çekmiştir.

Çalışmamızda diğer uygulamalarla kıyaslandığında, kontrol ve 5 ppm ClO₂ muamelesi ambalaj içi gaz kompozisyonu bakımından daha hızlı O₂ tüketimi ve daha fazla CO₂ üretimine neden olmuştur. Ağırlık kaybı bakımından kontrol grubu da dahil olmak üzere tüm uygulamalarda seviye %1'in altında kalmış olup, bunun sebebi uygulanan pasif modifiye atmosfer ambalajlama yöntemiyle ilişkilidir. Renk bakımından değerlendirildiğinde kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, 10 ppm ve üzeri konsantrasyonlar narın parlaklığını korumada etkili bulunmuşken, kırmızılığın korunmasında ise 25 ppm ve üzeri konsantrasyonlar öne çıkmaktadır. Tekstür, SÇKM, pH ve titrasyon asitliği değerlendirildiğinde ise 100 ppm ClO₂ muamelesi en etkin uygulama olup, bu uygulamayı sırasıyla 50 ppm, 25 ppm ve 10 ppm uygulamaları takip etmektedir. Uygulamalar; biyoaktif bileşen bakımından antosiyanin ve toplam fenol içeriği yönünden karşılaştırıldığında ise kontrol ve 5 ppm uygulaması arasında fark bulunmamış olup, 10 ppm den itibaren artan klordioksit konsantrasyonları bu bileşenlerin korunmasında en iyi etkiyi göstererek sıralanmıştır. Mikrobiyolojik yönden (toplam canlı, maya ve küf) karşılaştırıldığında tüm klordioksit konsantrasyonlarının kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Duyusal bakımdan ise en yüksek skorları 100 ppm uygulaması alırken, en düşük skorların ise kontrol ve 5 ppm uygulamasına ait olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, uygulamalar arasında en etkili konsantrasyonun 100 ppm ClO₂ olduğu ve depolama sırasında nar tanelerinin fizikokimyasal özelliklerini koruyarak raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. Fakat bu kimyasalın başarılı bir şekilde kullanılmasında, etkili konsantrasyon, temas süresi, pH ve sıcaklık gibi bir dizi faktörün optimal biçimde seçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Acedo, A., Chanthasombath, T., Sanatem, K., Phomachan, C. ve Weinberger, K. (2009). "Effects of chlorine on fruit decay and shelf life of two tomato cultivars stored at ambient and evaporative cooling condition". *Acta Horticulturae*, 837, 229–236. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.837.30>.
- Aday, M. S., Buyukcan, M. B. ve Caner, C. (2013). "Maintaining the quality of strawberries by combined effect of aqueous chlorine dioxide with modified atmosphere packaging". *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (5), 568–581. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.2012.00697.X>.
- Aday, M. S. ve Caner, C. (2011). "The Applications of 'active packaging and chlorine dioxide' for extended shelf life of fresh strawberries". *Packaging Technology and Science*, 24 (3), 123–136. <https://doi.org/10.1002/PTS.918>.
- Aday, M. S. ve Caner, C. (2014). "Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life". *LWT - Food Science and Technology*, 57 (1), 344–351. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.01.006>.
- Adiletta, G., Petriccione, M., Liguori, L., Zampella, L., Mastrobuoni, F. ve Di Matteo, M. (2019). "Overall quality and antioxidant enzymes of ready-to-eat 'Purple Queen' pomegranate arils during cold storage". *Postharvest Biology and Technology*, 155, 20–28. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2019.05.008>.
- Akcaoz, H., Ozcatalbas, O. ve Kizilay, H. (2009). "Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey". *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7 (2), 475–480.
- AKİB. (2020). Akdeniz İhracatçı Birlikleri. *Nar İhracat Verileri*. <https://www.akib.org.tr/tr/bilgi-merkezi-sektor-degerlendirmeleri-yas-meyve-sebze-ihracatcilar-birligi-2007-2019.html>.
- Al-Haq, M. I., Sugiyama, J. ve Isobe, S. (2005). "Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries". *Food Science and Technology Research*, 11 (2), 135–150. <https://doi.org/10.3136/fstr.11.135>.

- Amiri, A., Ramezani, A., Mortazavi, S. M. H., Hosseini, S. M. H. ve Yahia, E. (2021). "Shelf-life extension of pomegranate arils using chitosan nanoparticles loaded with Satureja hortensis essential oil". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101 (9), 3778–3786. <https://doi.org/10.1002/JSFA.11010>.
- Antunes, M. D. C. ve Sfakiotakis, E. M. (2008). "Changes in fatty acid composition and electrolyte leakage of 'Hayward' kiwifruit during storage at different temperatures". *Food Chemistry*, 110 (4), 891–896. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.02.089>.
- AOAC. (2000). Microbiological methods, Vol. I, Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists: USA.
- Arbor, A. (2009). *Benefits and Risks of the Use of Chlorine-containing Disinfectants in Food Production and Food Processing Report of a Joint FAO/WHO Expert Meeting* (S. 7). <https://www.fao.org/3/i1357e/i1357e00.htm>.
- Arendse, E., Fawole, O. A., Magwaza, L. S., Nieuwoudt, H. ve Opara, U. L. (2018). "Evaluation of biochemical markers associated with the development of husk scald and the use of diffuse reflectance NIR spectroscopy to predict husk scald in pomegranate fruit". *Scientia Horticulturae*, 232, 240–249. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.01.022>.
- Artés, F., Tudela, J. A. ve Villaescusa, R. (2000). "Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life". *Postharvest Biology and Technology*, 18 (3), 245–251. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00066-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00066-1).
- Asgary, S., Javanmard, S. ve Zarfeshany, A. (2014). "Potent health effects of pomegranate". *Advanced biomedical research*, 3 (1), 100. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.129371>.
- Ayhan, Z. ve Eştürk, O. (2009). "Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged "ready-to-eat" pomegranate arils". *Journal of Food Science*, 74 (5), 399–405. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01184.X>.
- Banda, K., Caleb, O. J., Jacobs, K. ve Opara, U. L. (2015). "Effect of active-modified atmosphere packaging on the respiration rate and quality of pomegranate arils (cv. Wonderful)". *Postharvest Biology and Technology*, 109, 97–105.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.002>.

- Barman, K., Asrey, R. ve Pal, R. K. (2011). “Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage”. *Scientia Horticulturae*, 130 (4), 795–800. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2011.09.005>.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., Mahajan, P. V. ve Opara, U. L. (2018). “Design of active modified atmosphere and humidity packaging (mahp) for ‘wonderful’ pomegranate arils”. *Food and Bioprocess Technology*, 11 (8), 1478–1494. <https://doi.org/10.1007/S11947-018-2119-0>.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., Mahajan, P. V. ve Opara, U. L. (2019). “Response of pomegranate arils (cv. Wonderful) to low oxygen stress under active modified atmosphere condition”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (3), 1088–1097. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9276>.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J. ve Opara, U. L. (2017). “Impacts of low and super-atmospheric oxygen concentrations on quality attributes, phytonutrient content and volatile compounds of minimally processed pomegranate arils (cv. Wonderful)”. *Postharvest Biology and Technology*, 124, 119–127. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2016.10.007>.
- Bhagat, A., Mahmoud, B. S. M. ve Linton, R. H. (2011). “Effect of chlorine dioxide gas on *Salmonella enterica* inoculated on navel orange surfaces and its impact on the quality attributes of treated oranges”. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8 (1), 77-85. <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0622>
- Bhatia, K. ve Asrey, R. (2019). “Minimal processing of pomegranates (*Punica granatum* L.)—A review on processing, quality, and shelf life”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (12). <https://doi.org/10.1111/JFPP.14281>.
- Bhatia, K., Asrey, R., Jha, S. K., Singh, S. ve Kannaujia, P. K. (2013). “Influence of packaging material on quality characteristics of minimally processed Mridula pomegranate (*Punica granatum*) arils during cold storage”. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83 (8), 872–876.
- Bhatia, K., Asrey, R. ve Varghese, E. (2015). “Correct packaging retained phytochemical,

- antioxidant properties and increases shelf life of minimally processed pomegranate (*Punica granatum L.*) arils Cv. Mridula”. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 74 (3), 141–144.
- Børve, J. ve Stensvand, A. (2019). “Postharvest fungal fruit decay in sweet cherry graded in water with low chlorine content”. *European Journal of Horticultural Science*, 84 (5), 274–281. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.5.3>.
- Brodowska, A. J., Nowak, A. ve Śmigielski, K. (2018). “Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (13), 2176–2201. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1308313>.
- Cai, Z. (2005). “Chlorine dioxide”. P. Wexler (ed.). içinde: *Encyclopedia of Toxicology*. Academic Press: USA. (S.S. 555-556) <https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/00216-7>.
- Caleb, O. J., Opara, U. L., Mahajan, P. V., Manley, M., Mokwena, L. ve Tredoux, A. G. J. (2013). “Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (cvs. ‘Acco’ and ‘Herskawitz’)”. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.01.006>.
- Caleb, O. J., Opara, U. L. ve Witthuhn, C. R. (2012). “Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review”. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (1), 15–30. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0525-7>.
- Çalışkan, O., Beyazıt, S., Öktem, M. ve Ergül, A. (2017). Evaluation of the genetic diversity of pomegranate accessions from Turkey using new microsatellite markers. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 41 (2), 142–153. <https://doi.org/10.3906/tar-1606-124>.
- Candır, E., Ozdemir, A. E. ve Aksoy, M. C. (2018). “Effects of chitosan coating and modified atmosphere packaging on postharvest quality and bioactive compounds of pomegranate fruit cv. ‘Hicaznar’”. *Scientia Horticulturae*, 235, 235–243. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.03.017>.
- Charles, F., Guillaume, C. ve Gontard, N. (2008). “Effect of passive and active modified

- atmosphere packaging on quality changes of fresh endives”. *Postharvest Biology and Technology*, 48 (1), 22–29. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2007.09.026>.
- Chen, S., Wang, H., Wang, R., Fu, Q. ve Zhang, W. (2018). “Effect of gaseous chlorine dioxide (ClO₂) with different concentrations and numbers of treatments on controlling berry decay and rachis browning of table grape”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (7), e13662. <https://doi.org/10.1111/JFPP.13662>.
- Chen, Y., Xie, H., Tang, J., Lin, M., Hung, Y. C. ve Lin, H. (2020). “Effects of acidic electrolyzed water treatment on storability, quality attributes and nutritive properties of longan fruit during storage”. *Food Chemistry*, 320, 126641. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126641>.
- Chen, Z. ve Zhu, C. (2011). “Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina L.*)”. *Postharvest Biology and Technology*, 61 (2–3), 117–123. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2011.03.006>.
- Chen, Z., Zhu, C. ve Han, Z. (2011). “Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on nutritional components and shelf-life of mulberry fruit (*Morus alba L.*)”. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 111 (6), 675–681. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOOSC.2011.01.010>.
- Chen, Z., Zhu, C., Zhang, Y., Niu, D. ve Du, J. (2010). “Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa L.*)”. *Postharvest Biology and Technology*, 58 (3), 232–238. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2010.06.004>.
- Chomkitichai, W., Faiyue, B., Rachtanapun, P., Uthaibutra, J. ve Saengnil, K. (2014). “Enhancement of the antioxidant defense system of post-harvested ‘Daw’ longan fruit by chlorine dioxide fumigation”. *Scientia Horticulturae*, 178, 138–144. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.08.016>.
- Colgecen, I. ve Aday, M. S. (2015). “The efficacy of the combined use of chlorine dioxide and passive modified atmosphere packaging on sweet cherry quality”. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 10–19. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2015.05.016>.

- Costa, C., Lucera, A., Conte, A., Mastromatteo, M., Speranza, B., Antonacci, A. ve Del Nobile, M. A. (2011). "Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape". *Journal of Food Engineering*, 102 (2), 115–121. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2010.08.001>.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M. ve Khorassani, R. (2018). "Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum cv. Ardestani*)". *Scientia Horticulturae*, 230, 86–91. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.11.023>.
- Deshwal, B. R. ve Lee, H. K. (2005). "Manufacture of chlorine dioxide from sodium chlorate: State of the art". *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 11 (3), 330–346.
- Dhineshkumar, V., Ramasamy, D. ve Srivastav, P. (2015). "Modified atmosphere packaging of pomegranate arils: Review". *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 5 (3), 8–24.
- Dokhanieh, A. Y., Aghdam, M. S. ve Sarcheshmeh, M. A. A. (2016). "Impact of postharvest hot salicylic acid treatment on aril browning and nutritional quality in fresh-cut pomegranate". *Horticulture Environment and Biotechnology*, 57 (4), 378–384. <https://doi.org/10.1007/S13580-016-0087-8>.
- Dong, F. ve Wang, X. (2017). "Effects of carboxymethyl cellulose incorporated with garlic essential oil composite coatings for improving quality of strawberries". *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 821–826. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.06.091>.
- Du, J., Fu, Y. ve Wang, N. (2009). "Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root". *LWT - Food Science and Technology*, 42 (2), 654–659. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.007>.
- Du, J., Han, Y. ve Linton, R. H. (2002). "Inactivation by chlorine dioxide gas (ClO₂) of *Listeria monocytogenes* spotted onto different apple surfaces". *Food Microbiology*, 19 (5), 481–490. <https://doi.org/10.1006/fmic.2002.0501>.
- Du, J., Han, Y. ve Linton, R. H. (2003). "Efficacy of chlorine dioxide gas in reducing *Escherichia coli O157:H7* on apple surfaces". *Food Microbiology*, 20 (5), 583–591.

[https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00129-6).

- El-Orabi, S. G. E., Hassan, A. M. ve Mansour, A. H. A. (2020). “Estimation of post-harvest losses of Manfalouty pomegranate fruits”. *European Journal of Biological Research*, 10 (4), 336–342. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4051220>.
- Fadavi, A., Barzegar, M., Azizi, M. H. ve Bayat, M. (2005). “Note. physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (*Punica granatum L.*) grown in Iran”. *Food Science and Technology International*, 11 (2), 113–119. <https://doi.org/10.1177/1082013205052765>.
- Fawole, O. A. ve Opara, U. L. (2013). “Harvest discrimination of pomegranate fruit: postharvest quality changes and relationships between instrumental and sensory attributes during shelf life”. *Journal of Food Science*, 78 (8), 1264–1272. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12176>.
- Fu, Y., Zhang, K., Wang, N. ve Du, J. (2007). “Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on polyphenol oxidases from golden delicious apple”. *LWT - Food Science and Technology*, 40 (8), 1362–1368. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2006.11.001>.
- Fukayama, M. Y., Tan, H., Wheeler, W. B. ve Wei, C. I. (1986). “Reactions of aqueous chlorine and chlorine dioxide with model food compounds”. *Environmental Health Perspectives*, 69, 267–274. <https://doi.org/10.1289/ehp.8669267>.
- Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Shiri, M. A. ve Javdani, Z. (2013). “The arils characterization of five different pomegranate (*Punica granatum*) genotypes stored after minimal processing technology”. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (4), 2023–2032. <https://doi.org/10.1007/S13197-013-1213-6>.
- Giusti, M. M. ve Wrolstad, R. E. (2001). “Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy”. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>.
- Gómez-López, V. M., Devlieghere, F., Ragaert, P. ve Debevere, J. (2007). “Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide”. *International Journal of Food Microbiology*, 116 (2), 221–227. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2006.12.008>.

- Gómez-López, V. M., Ragaert, P., Jeyachandran, V., Debevere, J. ve Devlieghere, F. (2008). “Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine”. *International Journal of Food Microbiology*, 121 (1), 74–83. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2007.11.036>.
- Gómez-López, V. M., Rajkovic, A., Ragaert, P., Smigic, N. ve Devlieghere, F. (2009). “Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review”. *Trends in Food Science & Technology*, 20 (1), 17–26. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2008.09.005>.
- Gray, M. J., Wholey, W. Y. ve Jakob, U. (2013). “Bacterial responses to reactive chlorine species”. *Annual Review of Microbiology*, 67, 141–160. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-102912-142520>.
- Grundfos, Chlorine Dioxide. (2020, 1 Ocak). Erişim adresi: <https://www.grundfos.com/solutions/learn/research-and-insights/chlorine-dioxide>.
- Guo, Q., Lv, X., Xu, F., Zhang, Y., Wang, J., Lin, H. ve Wu, B. (2013). “Chlorine dioxide treatment decreases respiration and ethylene synthesis in fresh-cut ‘Hami’ melon fruit”. *International Journal of Food Science & Technology*, 48 (9), 1775–1782. <https://doi.org/10.1111/IJFS.12149>.
- Guo, Q., Wu, B., Peng, X., Wang, J., Li, Q., Jin, J. ve Ha, Y. (2014). “Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit”. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 9–14. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2014.01.013>.
- Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K. ve Seydim, A. C. (2004). “Use of ozone in the food industry”. *LWT - Food Science and Technology*, 37 (4), 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014>.
- Han, Y., Linton, R. H., Nielsen, S. S. ve Nelson, P. E. (2000). “Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on surface-uninjured and -injured green pepper (*Capsicum annuum* L.) by chlorine dioxide gas as demonstrated by confocal laser scanning microscopy”. *Food Microbiology*, 17 (6), 643–655. <https://doi.org/10.1006/fmic.2000.0357>.
- Hasheminejad, N. ve Khodaiyan, F. (2020). “The effect of clove essential oil loaded chitosan nanoparticles on the shelf life and quality of pomegranate arils”. *Food*

- Chemistry*, 309, 125520. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.125520>.
- Hassenberg, K., Herppich, W. B. ve Praeger, U. (2014). “Chlorine dioxide for the reduction of human pathogens in lettuce washing process”. *Landtechnik*, 69 (4), 185–189. <https://doi.org/10.1515/lt.2014.188>.
- Heseltine, P. (2002). “Disinfection, sterilization, and preservation”. *Infection Control Hospital Epidemiology*, 23 (2), 109–109. <https://doi.org/10.1017/s0195941700084289>.
- Ho, P. L., Tran, D. T., Hertog, M. L. A. T. M. ve Nicolai, B. M. (2020). “Modelling respiration rate of dragon fruit as a function of gas composition and temperature”. *Scientia Horticulturae*, 263, 109–138. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2019.109138>.
- Holland, D., Hatib, K. ve Bar-Ya’akov, I. (2009). “Pomegranate: Botany, horticulture, breeding”. J. Janick (ed.). içinde: *Horticultural Reviews*. ss. 127–191. John Wiley Sons, Ltd: USA. <https://doi.org/10.1002/9780470593776.ch2>.
- Howell, A. B. ve D’Souza, D. H. (2013). “The pomegranate: Effects on bacteria and viruses that influence human health”. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/606212>.
- Hricova, D., Stephan, R. ve Zweifel, C. (2008). “Electrolyzed water and its application in the food industry”. *Journal of Food Protection*, 71 (9), 1934–1947. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.9.1934>.
- Huang, Y. W. Y. R., Hung, Y. C., Hsu, S. Y., Huang, Y. W. Y. R. ve Hwang, D. F. (2008). “Application of electrolyzed water in the food industry”. *Food Control*, 19 (4), 329–345.
- Hussein, Z., Caleb, O. J., Jacobs, K., Manley, M. ve Opara, U. L. (2015). “Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging and storage duration on physicochemical properties and microbial quality of fresh minimally processed ‘Acco’ pomegranate arils”. *LWT - Food Science and Technology*, 64 (2), 911–918. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.06.040>.
- Jahani, M., Pira, M. ve Aminifard, M. H. (2020). “Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*)

- fruits”. *Scientia Horticulturae*, 264, 109188.
- Jin-Hua, D., Mao-Nun, F., Miao-Miao, L. ve Wei, X. (2007). “Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper (*capsicum frutescens l. var. longrum*)”. *Agricultural Sciences in China*, 6 (2), 214–219. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(07\)60037-6](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(07)60037-6).
- Joshi, K., Mahendran, R., Alagusundaram, K., Norton, T. ve Tiwari, B. K. (2013). “Novel disinfectants for fresh produce”. *Trends in Food Science & Technology*, 34 (1), 54–61. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.08.008>.
- Kapetanakou, A. E., Stragkas, I. G. ve Skandamis, P. N. (2015). “Developing an antimicrobial packaging of ready-to-eat pomegranate arils based on vapors of brandy or distillery ethanol”. *Food Research International*, 69 (1), 141–150. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.12.006>.
- Kaveh, H. ve Vatandoost, S. (2020). “Possible use of organic compounds on shelf life and quality properties of peeled pomegranate”. *Food Science & Nutrition*, 8 (1), 636–647. <https://doi.org/10.1002/FSN3.1351>.
- Kawhena, T. G., Tsige, A. A., Opara, U. L. ve Fawole, O. A. (2020). “Application of gum arabic and methyl cellulose coatings enriched with thyme oil to maintain quality and extend shelf life of “Acco” pomegranate arils”. *Plants*, 9 (12), 1690. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9121690>.
- Koide, S., Shitanda, D., Note, M. ve Cao, W. (2011). “Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot”. *Food Control*, 22 (3–4), 452–456. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2010.09.025>.
- Koushesh Saba, M. ve Amini, R. (2017). “Nano-ZnO/carboxymethyl cellulose-based active coating impact on ready-to-use pomegranate during cold storage”. *Food Chemistry*, 232, 721–726. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.04.076>.
- Langsrud, S., Sidhu, M. S., Heir, E. ve Holck, A. L. (2003). “Bacterial disinfectant resistance—a challenge for the food industry”. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 51 (4), 283–290. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(03\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(03)00039-8).
- Lee, S. Y. ve Baek, S. Y. (2008). “Effect of chemical sanitizer combined with modified

- atmosphere packaging on inhibiting *Escherichia coli* O157:H7 in commercial spinach”. *Food Microbiology*, 25 (4), 582–587. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2008.02.003>.
- López-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A. ve Artés, F. (2005). “Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C”. *Postharvest Biology and Technology*, 37 (2), 174–185. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2005.04.003>.
- Lufu, R., Ambaw, A. ve Opara, U. L. (2020). “Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors”. *Scientia Horticulturae*, 272, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109519>.
- Maghenzani, M., Chiabrando, V., Giuggioli, N., Peano, C. ve Giacalone, G. (2017). “Chlorine dioxide gas treatment on postharvest quality of raspberry”. *Italian Journal of Food Science*, 29 (3), 2017–2477. <https://doi.org/10.14674/IJFS-692>.
- Maghoumi, M., Gómez, P. A., Mostofi, Y., Zamani, Z., Artés-Hernández, F. ve Artés, F. (2013). “Combined effect of heat treatment, UV-C and superatmospheric oxygen packing on phenolics and browning related enzymes of fresh-cut pomegranate arils”. *LWT - Food Science and Technology*, 54 (2), 389–396. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.06.006>.
- Maghoumi, M., Mostofi, Y., Zamani, Z., Talaie, A., Boojar, M. ve Gómez, P. A. (2014). “Influence of hot-air treatment, superatmospheric O₂ and elevated CO₂ on bioactive compounds and storage properties of fresh-cut pomegranate arils”. *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (1), 153–159. <https://doi.org/10.1111/IJFS.12290>.
- Mahmoud, B. S. M. ve Linton, R. H. (2008). “Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on lettuce by chlorine dioxide gas”. *Food Microbiology*, 25 (2), 244–252. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2007.10.015>.
- Meireles, A., Giaouris, E. ve Simões, M. (2016). “Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry”. *Food Research International*, 82, 71–85. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.01.021>.
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M.,

- Zapata, P. J., Serrano, M. ve Valero, D. (2007). "Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: Role of polyamines". *Postharvest Biology and Technology*, 44 (1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2006.11.001>.
- Moghadam, E. H., Shaaban, M. ve Sepahvand, A. (2019). "Medicinal Properties of Pomegranate". *Herbal Medicines Journal (Herb Med J)*, 127-139.
- Moradinezhad, F. ve Khayyat, M. (2014). "Effects of intermittent warming and prestorage treatments (hot water, salicylic acid, calcium chloride) on postharvest life of pomegranate fruit cv. 'shishe-kab' during long-term cold storage". *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1 (1), 43–51. <https://doi.org/10.22059/IJHST.2014.50517>.
- Nazoori, F., ZamaniBahramabadi, E., Mirdehghan, S. H. ve Rafie, A. (2020). "Extending the shelf life of pomegranate (*Punica granatum L.*) by GABA coating application". *Journal of Food Measurement and Characterization* 2020 14:5, 14 (5), 2760–2772. <https://doi.org/10.1007/S11694-020-00521-1>.
- Nerya, O., Gizis, A., Tsvilling, A., Gemarasni, D., Sharabi-Nov, A. ve Ben-Arie, R. (2006). "Controlled atmosphere storage of pomegranate". *Acta Horticulturae*, 712 (2), 655–659. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2006.712.81>.
- Nyanjage, M. O., Wainwright, H. ve Bishop, C. F. H. (2015). "Effects of hot-water treatment and storage temperature on electrolyte leakage of mangoes (*Mangifera indica Linn.*)". *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74 (5), 566–572. <https://doi.org/10.1080/14620316.1999.11511154>.
- O'Grady, L., Sigge, G., Caleb, O. J. ve Opara, U. L. (2014). "Effects of storage temperature and duration on chemical properties, proximate composition and selected bioactive components of pomegranate (*Punica granatum L.*) arils". *LWT - Food Science and Technology*, 57 (2), 508–515. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.02.030>.
- Oz, A. T. ve Ulukanli, Z. (2012). "Application of edible starch-based coating including glycerol plus oleum nigella on arils from long-stored whole pomegranate fruits". *Journal of Food Processing and Preservation*, 36 (1), 81–95.

<https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.2011.00599.X>.

- Özdemir, K. S. ve Gökmen, V. (2017). “Extending the shelf-life of pomegranate arils with chitosan-ascorbic acid coating”. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 172–180. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.10.057>.
- Palma, A., Continella, A., Malfa, S. La, Gentile, A. ve D’Aquino, S. (2015). “Overall quality of ready-to-eat pomegranate arils processed from cold stored fruit”. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2015.06.001>.
- Pande, G. ve Akoh, C. C. (2015). “Pomegranate Cultivars (*Punica granatum L.*)”. M. S. J. Simmonds ve V. R. Preedy (ed.). içinde: *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. (ss. 667–689). Academic Press: USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00027-1>.
- Paniagua, A. C., East, A. R., Hindmarsh, J. P. ve Heyes, J. A. (2013). “Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry”. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 13–19. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2012.12.016>.
- Pao, S., Kelsey, D. F., Khalid, M. F. ve Ettinger, M. R. (2007). “Using aqueous chlorine dioxide to prevent contamination of tomatoes with salmonella enterica and erwinia carotovora during fruit washing”. *Journal of Food Protection*, 70 (3), 629–634. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.3.629>.
- Park, E., Luo, Y., Trouth, F. ve Fonseca, J. M. (2021). “Charting the future of e-grocery: an evaluation of the use of digital imagery as a sensory analysis tool for fresh fruits”. *Horticulturae*, 7 (9), 262. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE7090262>.
- Park, H., Han, N., Kim, C. W. ve Lee, U. (2019). “Chlorine dioxide gas treatment improves the quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) during storage”. *Forest Science and Technology*, 15 (3), 159–164. <https://doi.org/10.1080/21580103.2019.1636414>.
- Park, S. H. ve Kang, D. H. (2015). “Antimicrobial effect of chlorine dioxide gas against foodborne pathogens under differing conditions of relative humidity”. *LWT - Food Science and Technology*, 60 (1), 186–191.

<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.09.031>.

- Pereira, C., Martín, A., López-Corrales, M., de Guía Córdoba, M., Galván, A. I. ve Serradilla, M. J. (2020). “Evaluation of the physicochemical and sensory characteristics of different fig cultivars for the fresh fruit market”. *Foods*, 9 (5), 619. <https://doi.org/10.3390/foods9050619>.
- Praeger, U., Herppich, W. B. ve Hassenberg, K. (2018). “Aqueous chlorine dioxide treatment of horticultural produce: Effects on microbial safety and produce quality—A review”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (2), 318–333. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1169157>.
- Prasad, R. N., Chandra, R. ve Teixeira da Silva, J. A. (2010). “Postharvest handling and processing of pomegranate”. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 4 (2), 88–95.
- Pretel, M. T., Souty, M. ve Romojaro, F. (2000). “Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunus armeniaca*, L.)”. *European Food Research and Technology*, 211 (3), 191–198. <https://doi.org/10.1007/S002170050022>.
- Remorini, D., Landi, M., Tardelli, F., Lugani, A., Massai, R., Graziani, G., Fogliano, V. ve Guidi, L. (2015). “Effect of chlorine dioxide and ascorbic acid on enzymatic browning and shelf life of fresh-cut red delicious and granny smith apples”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 2925–2934. <https://doi.org/10.1111/JFPP.12544>.
- Saei, H., Sharifani, M. M., Dehghani, A., Seifi, E. ve Akbarpour, V. (2014). “Description of biomechanical forces and physiological parameters of fruit cracking in pomegranate”. *Scientia Horticulturae*, 178, 224–230. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.09.005>.
- Safizadeh, M. R. (2019). “The effect of various film packaging, wax coating and storage conditions on the shelf life and quality of pomegranate fruits”. *Journal of Horticultural Research*, 27 (2), 47–54. <https://doi.org/10.2478/johr-2019-0008>.
- Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. ve Martínez-Jávega, J. M. (2006). “Effect of ozone on postharvest quality of persimmon”. *Journal of Food Science*, 71 (6), 443–446.

<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00059.x>.

- Sharma, R. R., Datta, S. C. ve Varghese, E. (2018). “Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of ‘Kandhari’ pomegranates”. *Crop Protection*, 114, 18–22. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2018.08.009>.
- Shin, Y. J., Song, H. Y. ve Song, K. Bin. (2012). “Effect of a combined treatment of rice bran protein film packaging with aqueous chlorine dioxide washing and ultraviolet-C irradiation on the postharvest quality of ‘Goha’ strawberries”. *Journal of Food Engineering*, 113 (3), 374–379. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.07.001>.
- Singh, N., Singh, R. K., Bhunia, A. K. ve Strohshine, R. L. (2002). “Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing escherichia coli o157:h7 on lettuce and baby carrots”. *LWT*, 35 (8), 720–729. <https://doi.org/10.1006/FSTL.2002.0933>.
- Singleton, V. L. ve Rossi, J. A. (1965). “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents”. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144–158.
- Song, H. J., Choi, D. W. ve Song, K. Bin. (2011). “Effect of aqueous chlorine dioxide and UV-C treatment on the microbial reduction and color of cherry tomatoes”. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52 (5), 488–493. <https://doi.org/10.1007/S13580-011-0043-6>.
- Sun, X., Bai, J., Ference, C., Wang, Z., Zhang, Y., Narciso, J. ve Zhou, K. (2014). “Antimicrobial activity of controlled-release chlorine dioxide gas on fresh blueberries”. *Journal of Food Protection*, 77 (7), 1127–1132. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-554>.
- Sun, X., Baldwin, E. ve Bai, J. (2019). “Applications of gaseous chlorine dioxide on postharvest handling and storage of fruits and vegetables – A review”. *Food Control*, 95, 18–26. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.07.044>.
- Sun, X., Baldwin, E., Ference, C., Narciso, J., Plotto, A., Ritenour, M., Harrison, K., Gangemi, D. ve Bai, J. (2017). “The effect of controlled-release chlorine dioxide on the preservation of grapefruit”. *HortScience*, 52 (1), 122–126.

<https://doi.org/10.21273/HORTSCI11363-16>.

- Tayyari, F., Khazaei, J., Rajaei, P. ve Jouki, M. (2017). “Effects of modified atmosphere packaging systems, low temperature and storage time on the quality of fresh minimally processed pomegranate arils”. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 9 (1), 16–26.
- Thomidis, T. ve Filotheou, A. (2016). “Evaluation of five essential oils as bio-fungicides on the control of *Pilidiella granati* rot in pomegranate”. *Crop Protection*, 89, 66–71. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2016.07.002>.
- Trinetta, V., Morgan, M. T. ve Linton, R. H. (2010). “Use of high-concentration-short-time chlorine dioxide gas treatments for the inactivation of *Salmonella enterica* spp. inoculated onto Roma tomatoes”. *Food Microbiology*, 27 (8), 1009–1015. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2010.06.009>.
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. *Bitkisel Ürün Tabloları*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr>.
- Tzanavaras, P. D., Themelis, D. G. ve Kika, F. S. (2007). “Review of analytical methods for the determination of chlorine dioxide”. *Central European Journal of Chemistry*, 5 (1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/s11532-006-0054-9>.
- Tzortzakis, N., Borland, A., Singleton, I. ve Barnes, J. (2007). “Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit”. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (3), 317–325. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2007.03.004>.
- Viuda-Martos, M., Fernández-Lóaez, J. ve Pérez-Álvarez, J. A. (2010). “Pomegranate and its many functional components as related to human health: A review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (6), 635–654. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00131.x>.
- Wu, B., Li, X., Hu, H., Liu, A. ve Chen, W. (2011). “Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit”. *African Journal of Biotechnology*, 10 (32), 6030–6039. <https://doi.org/10.4314/ajb.v10i32>.
- Wu, V. C. H. ve Kim, B. (2007). “Effect of a simple chlorine dioxide method for controlling five foodborne pathogens, yeasts and molds on blueberries”. *Food*

Microbiology, 24 (7–8), 794–800. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2007.03.010>.

Xu, F., Wang, S., Xu, J., Liu, S. ve Li, G. (2016). “Effects of combined aqueous chlorine dioxide and UV-C on shelf-life quality of blueberries”. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 125–131. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2016.01.012>.

Yousuf, B. ve Srivastava, A. K. (2017). “Flaxseed gum in combination with lemongrass essential oil as an effective edible coating for ready-to-eat pomegranate arils”. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1030–1038. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.07.025>.

Zhang, B., Huang, C., Zhang, L., Wang, J., Huang, X., Zhao, Y., Liu, Y. ve Li, C. (2019). “Application of chlorine dioxide microcapsule sustained-release antibacterial films for preservation of mangos”. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (3), 1095–1103. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-03636-6>.

Zhong, M., Wu, B., Wang, J. De, Wu, J. M. ve Wei, L. H. (2006). “Effect of chlorine dioxide on ripening of ‘Xiaobai’ apricots”. *European Food Research and Technology*, 223 (6), 791–795. <https://doi.org/10.1007/S00217-006-0271-7>.