

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DOZ OZON GAZI UYGULAMALARININ HASAT SONRASI
SOĞUKTA SAKLAMA SIRASINDA BROKOLİ, SALATALIK VE DOMATES
KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gönül ÇAVUŞOĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DOZ OZON GAZI UYGULAMALARININ HASAT SONRASI
SOĞUKTA SAKLAMA SIRASINDA BROKOLİ, SALATALIK VE DOMATES
KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gönül ÇAVUŞOĞLU
(506111512)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ebru FIRATLIGİL DURMUŞ

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506111512 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gönül ÇAVUŞOĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**FARKLI DOZ OZON GAZI UYGULAMALARININ HASAT SONRASI SOĞUKTA SAKLAMA SIRASINDA BROKOLİ, SALATALIK VE DOMATES KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Ebru FIRATLIGİL DURMUŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Derya KAHVECİ
Yeditepe Üniversitesi

Teslim Tarihi : **Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **Ocak 2014**

ÖNSÖZ

“Farklı Doz Ozon Gazı Uygulamalarının Hasat Sonrası Soğukta Saklama Sırasında Brokoli, Salatalık ve Domates Kalitesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli görüş ve önerileri ile çalışmamı şekillendiren danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Ebru FIRATLIGİL DURMUŞ’a teşekkürü borç bilirim.

Arçelik A.Ş. laboratuvarlarında gerçekleştirilen çalışmalar için tüm teknik olanakların sunulmasını sağlayan ve tecrübeleri ile desteklerini esirgemeyen Sn. Dr. Faruk BAYRAKTAR, Sn. Dr. Mustafa SEZER, Sn. Dr. Alper SOYSAL ve Sn. Dr. Levent AKDAĞ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar ve tez yazım aşamasındaki büyük yardımlarından dolayı Sn. Aylin MET’e, fikir paylaşımları ile farklı bir bakış açısı kazanmamı sağlayan Sn. Dr. Serdar KOCATÜRK’e ve laboratuvar çalışmalarını sırasında yorumları ile tezime katkıda bulunan sayın Burcu YAKARTAŞ’a çok teşekkür ederim.

Sn. Sabahattin HOCAOĞLU, Sn. Zülbiye EKİZKUYU, Sn. Yasin İĞİT, Sn. Faruk KOCABIYIK, Sn. Pervin SAYGIN, Sn. Emine Fusun DUMAN, Sn. Gizemnur YILDIZ, Sn. Yasemin KARAOSMAN ve Sn. Esen KUVVET’e laboratuvar çalışmalarım boyunca verdikleri desteklerden dolayı çok teşekkür ederim.

Karşılaştığım tüm zorluklarda yanımda olan, her koşulda bana inanan aileme ve tezimin her aşamasında manevi desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Işıl USLU ve Emre KAPLAN’a sevgilerimi sunarım.

Aralık 2013

Gönül ÇAVUŞOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Meyve-Sebzelerin Soğukta Depolanması.....	3
2.2 Ozon	6
2.2.1 Ozonun genel özellikleri.....	7
2.2.2 Ozonun üretilmesi.....	9
2.2.2.1 Elektriksel akım metodu.....	9
2.2.2.2 Elektrokimyasal metot.....	10
2.2.2.3 Ultraviyole (UV) metodu	10
2.2.3 Ozonun etki mekanizması.....	10
2.2.3.1 Ozonun antimikrobiyal etkisi	11
2.2.3.2 Ozonun pestisitlere etkisi	15
2.2.3.3 Ozonun etilene etkisi	15
2.2.4 Ozon etkinliğinin bağlı olduğu faktörler	15
2.2.5 Ozon güvenlik limitleri.....	18
2.2.6 Gıda endüstrisinde ozon kullanımı	18
2.2.7 Sebze-meyveler üzerinde yapılan çalışmalar.....	21
2.3 Patent Araştırması	23
3. MATERYAL-METOT	29
3.1 Materyal.....	29
3.1.1 Ürünlerin temini.....	29
3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar	29
3.1.3 Ozon uygulaması	29
3.2 Method.....	30
3.2.1 Brokoli, salatalık ve domateslerin ozon altında depolanması	30
3.2.2 Analizler	31
3.2.2.1 C vitamini	31
3.2.2.2 Klorofil	31
3.2.2.3 Ağırlık kaybı.....	32
3.2.2.4 Elektrolit sızıntısı	32

3.2.2.5 Renk.....	32
3.2.2.6 Tekstür.....	33
3.2.2.7 Likopen.....	33
3.2.2.8 Tirasyon asitliği.....	33
3.2.2.9 Mikrobiyolojik analizler.....	34
3.2.2.10 Görsel değerlendirme.....	34
3.2.2.11 İstatistiksel analiz.....	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1 Brokoli.....	37
4.1.1 C vitamini iğeriği.....	37
4.1.2 Klorofil iğeriği.....	39
4.1.3 Ağırlık kaybı.....	41
4.1.4 Mikrobiyolojik analizler.....	43
4.1.5 Görsel değerlendirme.....	47
4.2 Salatalık.....	49
4.2.1 Klorofil iğeriği.....	49
4.2.2 Elektrolit sızıntısı.....	51
4.2.3 Ağırlık kaybı.....	53
4.2.4 Sertlik.....	55
4.2.5 Renk.....	56
4.2.6 Mikrobiyolojik analizler.....	59
4.2.7 Görsel değerlendirme.....	62
4.3 Domates.....	64
4.3.1 Likopen iğeriği.....	64
4.3.2 C vitamini iğeriği.....	66
4.3.3 Sertlik.....	68
4.3.4 Tirasyon asitliği.....	70
4.3.5 Ağırlık kaybı.....	71
4.3.6 Renk.....	73
4.3.7 Görsel değerlendirme.....	76
5. SONUÇ.....	79
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis of Variance
FDA	: Food and Drug Administration
GRAS	: Generally Recognized as Safe
kob	: Koloni oluşturan birim
log	: Logaritma
NIOSH	: The National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
UV	: Ultraviyole

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1:	Yıllara göre ozon uygulamasında meydana gelişmeler	7
Çizelge 2.2:	Ozonun genel özellikleri.....	8
Çizelge 2.3:	Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında bakteri hücrelerinde meydana gelen değişimler	13
Çizelge 2.4:	Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında fungi hücrelerinde meydana gelen değişimler	14
Çizelge 2.5:	Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında protozoa hücrelerinde meydana gelen değişimle	14
Çizelge 2.6:	Ozon etkinliğinin bağlı olduğu faktörler	16
Çizelge 2.7:	Ozonun sıcaklık ve bağıl nem değerlerine göre yarılanma ömrü değerleri.....	17
Çizelge 2.8:	Ozon uygulamasına yönelik patent araştırması sonuçları	25
Çizelge 4.1:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait C vitamini miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	38
Çizelge 4.2:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait klorofil miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	40
Çizelge 4.3:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	42
Çizelge 4.4:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait toplam canlı sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	44
Çizelge 4.5:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait küf-maya ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	46
Çizelge 4.6:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	48
Çizelge 4.7:	Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait kararlık değerleri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	49
Çizelge 4.8:	Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait klorofil miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	51
Çizelge 4.9:	Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait elektrolit sızıntısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	52
Çizelge 4.10:	Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	54
Çizelge 4.11:	Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait sertlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	56
Çizelge 4.12:	Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait L değeri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları	57

Çizelge 4.13: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait Hue Açısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	59
Çizelge 4.14: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait toplam canlı sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	60
Çizelge 4.15: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait küf-maya sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	62
Çizelge 4.16: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	63
Çizelge 4.17: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait likopen ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	65
Çizelge 4.18: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait C vitamini ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	67
Çizelge 4.19: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait sertlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	69
Çizelge 4.20: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait asitlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	71
Çizelge 4.21: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	72
Çizelge 4.22: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait L değeri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	74
Çizelge 4.23: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait Hue Açısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	75
Çizelge 4.24: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları.....	77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Meyve türlerine göre solunum hızı değerleri.....	4
Şekil 2.2: Meyve türlerine göre etilen üretimi.....	4
Şekil 2.3: Sıcaklığa bağlı marul raf ömrü değişimi.....	5
Şekil 2.4: Ozon molekülünün yapısı	8
Şekil 2.5: Elektriksel akım metodu ile ozon üretimi	10
Şekil 2.6: Ozon uygulaması sonucu bakteri hücrelerinde meydana gelen morfolojik değişim	11
Şekil 2.7: <i>Salmonella enteritidis</i> (A ve B) ve <i>Bacillus subtilis</i> (C ve D) hücrelerinde, sırası ile ozon uygulaması öncesi ve sonrası elektron mikroskobu görüntüsü.....	12
Şekil 2.8: Ozon molekülü ve etilen reaksiyonu.....	15
Şekil 2.9: Ozonun hedef mikroorganizmaya erişilebilirliğinin şematik gösterimi..	18
Şekil 3.1: Çalışmada kullanılan buzdolaplarının sıcaklık ve nem profilleri.....	29
Şekil 3.2: Buzdolaplarının ozon gazı profilleri	30
Şekil 4.1: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre C vitamini içeriği değişimi	37
Şekil 4.2: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi	39
Şekil 4.3: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değişimi.....	41
Şekil 4.4: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre toplam canlı sayısı değişimi.....	43
Şekil 4.5: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre küf-maya sayısı değişimi.....	45
Şekil 4.6: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre görsel kalite değişimi	47
Şekil 4.7: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi.....	50
Şekil 4.8: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre elektrolit sızıntısı değişimi ...	52
Şekil 4.9: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi.....	53
Şekil 4.10: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre sertlik değişimi.....	55

Şekil 4.11: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre L değeri değışimi.....	57
Şekil 4.12: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre Hue Açısı değışimi.....	58
Şekil 4.13: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre toplam canlı sayısı değışimi	60
Şekil 4.14: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre küf-maya sayısı değışimi	61
Şekil 4.15: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre görsel kalite değışimi	63
Şekil 4.16: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre likopen miktarı değışimi	64
Şekil 4.17: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre C vitamini içeriği değışimi...	66
Şekil 4.18: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre sertlik değışimi	68
Şekil 4.19: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre asitlik değışimi	70
Şekil 4.20: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değışimi.....	72
Şekil 4.21: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre L değeri değışimi.....	73
Şekil 4.22: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre Hue Açısı değışimi.....	75
Şekil 4.23: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değışimi.....	76

FARKLI DOZ OZON GAZI UYGULAMALARININ HASAT SONRASI SOĞUKTA SAKLAMA SIRASINDA BROKOLİ, SALTALIK VE DOMATES KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Sebze ve meyveler için kalitenin sağlanmasındaki temel faktör düşük saklama sıcaklıklarının uygulanmasıdır. Her ürün grubu için optimum bir saklama sıcaklığı değeri mevcutken, genel olarak düşük sıcaklık değerlerinde solunum, etilen üretimi gibi metabolik aktivitelerin yavaşlamasına bağlı olarak, ürün kayıplarının en aza indirildiği bilinmektedir.

Bunun yanında, gelişen teknoloji ile birlikte soğukta saklamaya ek olarak alternatif koruma yöntemleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu teknolojilerin amacı, temel olarak gıda kalitesinin daha uzun süre korunması ile raf ömrü artışının sağlanması olarak özetlenebilmektedir. Soğukta saklama ile bu teknolojilerin birlikte kullanıldığı kombine yöntemler ile gıda kalitesinin daha iyi korunması ve buna bağlı olarak gıda atıklarının azaltılması efektif olarak sağlanabilmektedir.

Son yıllarda oldukça önem kazanmış alternatif koruma yöntemlerinden biri de ozon teknolojisidir. Karakteristik ve taze bir kokuya sahip olan ve atmosferde doğal olarak üretilen ozon gazı ile ilgili gerçekleştirilen yeni düzenlemeler ile birlikte, özellikle gıda endüstrisi için bu molekül, geleneksel yöntemlere karşı önemli bir alternatif durumuna gelmiştir.

Ozon gazı GRAS statüsündedir ve FDA'nın 2001 yılında aldığı "tüketiciler için gıdalarda kullanılacak ikincil gıda katkısıdır" yönündeki kararlar ile işletmelerde yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Farklı koruma yöntemlerine göre kolay uygulanabilir olması ve özellikle ozon gazının uygulanan ürün yüzeyinde kalıntı bırakmaması, bu yöntemi oldukça avantajlı kılmaktadır. Sahip olduğu özellikleri sayesinde, ozon uygulamasının ev tipi buzdolaplarının sebzelik bölmesinde saklanan gıda türleri için de kalitenin daha uzun süresi kullanılması için yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Bunun yanında ozon gazı yüksek konsantrasyon değerlerinde sağlık açısından riskli olabilmektedir. Uygulanan seviye ve maruziyet süresine bağlı olarak solunum rahatsızlıklarına sebep olabilen bu toksik gaz türü için limit değerler belirlenmiş olup, bu değerler üzerinde yapılan işlemler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmış olmasına dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada, sağlık açısından risk oluşturmayacak ve herhangi bir güvenlik önlemi almayı gerektirmeyecek ozon gazı konsantrasyonlarının brokoli, salatalık ve domates kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ev tipi buzdolaplarının sebzelik haznesinde saklanan örnekler depolama süresi boyunca 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilmiş ve bu seviyelerin gıda üzerindeki etkisi kimyasal, fiziksel, duyuşsal ve mikrobiyolojik parametreler değerlendirilerek ortaya konulmuştur.

Brokoli örnekleri C vitamini, klorofil, ağırlık kaybı, toplam canlı ve küf-maya sayısı ile görsel kalite parametreleri açısından değerlendirilirken, salatalık örnekleri için klorofil, elektrolit sızıntısı, ağırlık kaybı, sertlik, renk, toplam canlı ve küf-maya sayısı ile görsel kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Ozon gazının domates üzerindeki etkinliği ise likopen, C vitamini, sertlik, ağırlık kaybı, asitlik ve renk parametrelerinin değerlendirilmesi ile ortaya konulmuştur.

Buna göre ozon uygulamasının soğukta saklama sırasında özellikle brokoli için pozitif etkiler meydana getirebileceği görülmüştür. Ozon gazı altında saklanan brokoli örneklerinde daha yüksek klorofil ve C vitamini değeri elde edilirken, ağırlık kaybının da ozon uygulaması ile azaltılabileceği gözlenmiştir. Bunun yanında 0,05 ppm ozon gazı uygulanan örneklerde, kontrol grubuna oranla 7 günlük raf ömrü artışı sağlanırken, 0,03 ppm gazının, örneklerde meydana gelen bölgesel renk değişimlerine bağlı olarak görsel kalitenin olumsuz etkilenebileceği sonucuna varılmıştır.

Salatalık ozona en hassas ürünler arasında yer almaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ürün dokusunda geri dönüşü olmayan hasarlanmalar meydana gelmekte ve bu durum kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada test edilen 0,05 ppm ozon gazı seviyesinin, ürün kalitesinde olumsuz bir etki yaratmadığı görülürken; 0,3 ppm ozon uygulamasının elektrolit sızıntısı değerinde artışa neden olabileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda konsantrasyondan bağımsız olarak ozon uygulanan örneklerde daha yüksek klorofil içeriği elde edilmiştir.

Ozon gazı altında saklanan domates nunumelerinin C vitamini içerikleri, brokolide elde edilen sonuçlara benzer şekilde daha yüksek ölçülmüşken, diğer kalite parametrelerinin ozon işleminden etkilenmediği ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak ozon uygulamasının ürünlerin C vitamini, klorofil, ağırlık kaybı ve görsel kalite değerleri üzerinde olumlu etkisinin olabileceği saptanırken; sertlik, renk, toplam canlı ve küf-maya sayısı değerlerinin ozonlama işleminden etkilenmediği belirlenmiştir. Bunun yanında artan ozon konsantrasyonu seviyesinin, belirli kalite parametrelerini olumsuz etkileyebileceği görülmüştür.

INVESTIGATION OF DIFFERENT OZONE GAS DOSES TREATMENTS ON BROCCOLIES, CUCUMBERS AND TOMATOES POSTHARVEST QUALITY DURING COLD STORAGE

SUMMARY

At postharvest, the main factor for the fruit and vegetable quality protection is to apply low storage temperature. Each type of food products has an optimum storage temperature to keep quality effectively. But generally at low temperature, products losses are reduced at least because of the reducing metabolic activity, such as respiration, ethylene production etc.

On the other hand, by the developing technology, alternative protection techniques start to come into prominence in addition cold storage. These alternative protection techniques can be used for reducing microbial load and improving chemical and physical properties of foods. But in a summary, the purpose of these technologies is to preserve food quality for longer time and to provide increasing of shelf-life of foods. Combination of cold storage and new technologies provides better quality and also reducing waste food.

One of the alternative preserving technologies that have taken importance at recent years is ozone technology. Ozone is one of the reactive gas types that can be produced naturally at the atmosphere. With new regulations this molecule has become significant alternative for the traditional methods, especially for the food industry.

Because of the GRAS status and FDA's decision of ozone as "secondary direct food additives permitted in food for human consumption", ozone has been started to use in manufacturing intensively. Ozone can be produced from oxygen and it can be applied easily. Moreover ozone gas does not cause residue on the product surface because ozone decomposes to oxygen rapidly. So these advantages provide to ozone become more applicable in comparison with different protection application. On account of features that it has, it is thought that this method can be profitable for the foods, which is kept in the vegetable compartment in refrigerator, to preserve quality for a long time.

On the other hand, depending on the treatment level and exposure time, ozone gas can be hazardous for health. For this toxic gas type that can cause respiration problem depending on the treatment level and exposure time, limit values are determined. When ozone gas is applied in a system above these limits, it must be attended to take security precautions.

In this study, for the broccoli, cucumber and tomato quality, effect of different concentrations of ozone gas, that are not hazardous for health and do not require to take any security precaution were investigated. 0.05 ppm and 0.3 ppm ozone treatments were applied to samples that were kept in the vegetable compartment at refrigerator.

While broccoli samples were evaluated with regards to vitamin C, chlorophyll, weight loss, total viable and mold-yeast count and visual quality parameters, for cucumbers, chlorophyll, electrolyte leakage, weight loss, hardness, color, total viable and mold-yeast count and visual quality analysis were done. Effect of ozone gas on tomato was presented by evaluation by lycopene, vitamin C, weight loss, acidity and color parameters.

According to test results, it can be said that ozone has positive effects on broccoli. It is indicated that samples that were kept in the ozone gas treatment have higher chlorophyll and vitamin C content. Also weight loss is reduced by ozone treatment. Moreover, 0.05 ppm ozone gas provides increasing of shelf-life by 7 days whereas 0.03 ppm ozone gas affects visual quality negatively by local color change.

Cucumber is one of the most sensitive vegetable for ozone. At high level of ozone gas, reversible tissue injuries occur for cucumber and these injuries affect quality negatively. In this study, it is indicated that tested 0.05 ppm ozone level does not cause any negative effect whereas 0.3 ppm ozone gas level cause electrolyte leakage. Also, it is found that independent from concentration, ozone treatment provide protection of chlorophyll.

It is indicated that tomato samples that are kept in the ozone treatment have higher vitamin C content that control group. But other quality parameters do not be affected from ozone application.

As a result, ozone treatment has positive effects on vitamin C, chlorophyll, weight loss and visual quality during cold storage whereas hardness, color, total viable and

mold-yeast count values do not be affected by ozone application. At the same time, it is found that higher ozone concentration may affect some quality parameters negatively.

1. GİRİŞ

Değişen tüketici tercihleri ile birlikte, gıda endüstrisinde kullanılan teknolojik yöntemler de değişmeye başlamıştır. Son yıllarda daha taze, daha güvenli ve en az seviyede işleme tabi tutulmuş proses yöntemlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Özellikle mikrobiyal ajan olarak yoğun olarak kullanılan hipoklorit vb. bileşiklerin sağlık yönünden risk içermesi sebebi ile, bu ajanlara alternatif potansiyel antimikrobiyal özelliğe sahip ozon gazı uygulamaları önem kazanan konulardan biri olmaktadır (Kuşçu ve Pazır, 2004).

Aynı zamanda kendiliğinden oksijen gazına dönüşmesi ve bu dekompozisyonu sayesinde gıda üzerinde kalıntı bırakmaması, ozon gazını diğer mikrobiyal bileşenlere karşı önemli bir alternatif konumuna getirmektedir. Yapılan çalışmalarda, ozon gazının mikrobiyal özelliği yanında, gıda kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin bulunduğu ortaya konulmuştur. Bu multifonksiyonel özelliği, ozonun gıda prosesinde kullanım olanağını arttırmaktadır. Ozon; su uygulamalarında, ekipman dezenfeksiyonunda, kokuların giderilmesinde, meyve, sebze, et ve balık prosesinde tercih edilmektedir (O'Donnell ve ark., 2012).

Değişen tüketici tercihleri doğrultusunda, gıda endüstrisi ile benzer şekilde ev tipi buzdolaplarında da gıdaların uzun süre muhafaza edilebilmesi için yeni uygulamalar geliştirilmektedir. Tazeliğin uzun süre korunabilmesi için temel olarak düşük saklama sıcaklıkları sağlanırken, bu uygulamalara ek olarak endüstride kullanılan yeni teknolojilerden yararlanılabilmektedir. Buna göre, sahip olduğu özellikleri sayesinde, ozon uygulamasının ev tipi buzdolaplarının sebzelik bölmesinde saklanan gıda türlerinde, kalitenin daha uzun süre korunabilmesi için yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Farklı doz ozon gazı konsantrasyonlarının brokoli, salatalık ve domates kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada, ev tipi buzdolaplarının sebzelik haznesinde saklanan örnekler depolama süresi boyunca 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilmiştir. Brokoli örneklerinin ozon gazı altında kalite parametrelerinde meydana gelen değişimi tespit edebilmek amacıyla, C vitamini, klorofil, ağırlık kaybı, toplam canlı ve küf-maya sayısı ile görsel kalite analizleri

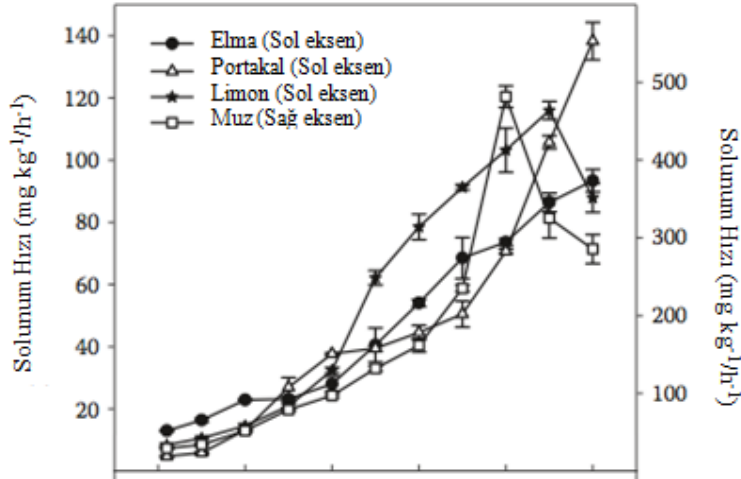
geçekleştirilmiştir. Salatalık rnekleri klorofil, elektrolit sızıntısı, ağırlık kaybı, sertlik, renk, toplam canlı sayısı ve küf-maya sayısı ile görsel kalite parametreleri açısından değerlendirilirken, ozon gazının domates üzerindeki etkinliği likopen, C vitamini, sertlik, ağırlık kaybı ve renk parametrelerinin değerlendirilmesi ile ortaya konulmuştur

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Meyve-Sebzelerin Soğukta Depolanması

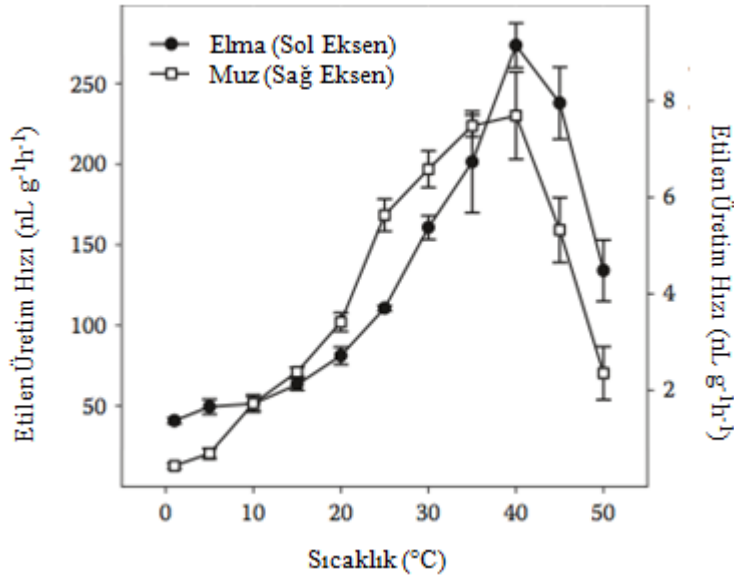
Özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde saklama sırasında ürünler için düşük sıcaklık değerlerinin sağlanamaması, %25 ile %50 arasında değişen hasat sonrası kayıplara neden olmaktadır. Örnek olarak yüksek miktarda soğan üretimi gerçekleştirilen Hindistan'da, iyi sıcaklık uygulamaları sağlanmadığından tarla ve tüketici arasında önemli ürün kayıpları meydana gelmektedir. Meyve ve sebze kalitesinin optimum olarak korunabilmesi, temel olarak hasat sonrasında ürünlerin optimum sıcaklık değerine getirilerek, bu sıcaklık değerinde muhafaza edilmesi ile mümkün olmaktadır (Nunes ve Emond, 2003).

Çabuk bozulan gıdalar sınıfında yer alan meyve ve sebzelerde kaliteye etki eden en önemli faktörlerden biri saklama sıcaklığı olarak bilinmektedir. Hasat sonrasında, kalite kayıplarını en aza indirmek ve tüketiciye güvenli ürünler sunabilmek amacıyla, hasat edilen ürünlerin en kısa sürede soğutulması ve saklama süresi boyunca düşük sıcaklıkların sağlanması oldukça önemli olmaktadır. Düşük sıcaklık uygulamalarının en önemli etkisi meyve-sebzelerde olgunlaşma ile meydana gelen bozulma mekanizmaları ve kalite kayıplarının azaltılmasıdır. Meyve ve sebzelerde metabolik aktiviteyi tanımlayan temel parametrelerden biri solunum hızı değeridir ve bu değer bozulma ile ilişkilendirilmektedir. Şekil 2.1'de gösterildiği üzere, meyve ve sebzeler için saklama sıcaklığı değerinin artması ile birlikte solunum hızı değeri artış göstermektedir (Valero ve Serrano, 2010).



Şekil 2.1 : Meyve türlerine göre solunum hızı değerleri (Valero ve Serrano, 2010).

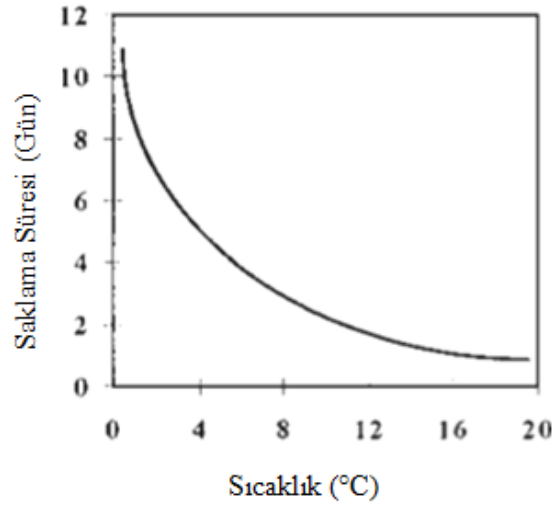
Soğukta saklamanın bir diğer avantajı, özellikle klimakterik ürünler için, etilen üretimi ve hassasiyetini azaltarak olgunlaşma evresini geciktirmesidir. Elma ve muz gibi klimakterik meyveler için maksimum etilen üretiminin meydana geldiği sıcaklık değeri yaklaşık 40°C'dir ve sıcaklık düştükçe etilen üretimi de yavaşlamaktadır. Bunun yanında her meyvenin farklı sıcaklık değerlerinde üretmiş olduğu etilen miktarı tür özeline göre farklılık göstermektedir (Valero ve Serrano, 2010). Şekil 2.2'de elma ve muzun farklı sıcaklık değerlerinde üretmiş oldukları etilen miktarları görülmektedir.



Şekil 2.2 : Meyve türlerine göre etilen üretimi (Valero ve Serrano, 2010).

Solunum hızı ve etilen üretimi gibi iki temel faktörün baskı altına alınması, meyve ve sebzeler için kalite göstergesi olan renk, asitlik ve tekstür gibi temel kalite parametrelerini de yakından etkilemektedir. Örnek olarak yüksek sıcaklıklarda saklama sırasında elma ve kayısı gibi ürünlerde renk ve asitlik değişimi daha hızlı gerçekleşirken, aynı zamanda tekstürdeki yumuşamanın da daha hızlı meydana geldiği görülmektedir (Valero ve Serrano, 2010).

Düşük sıcaklık değerleri, taze meyve ve sebzelerde ürün dokusunda meydana gelen fizyolojik aktiviteleri baskılamakla aynı zamanda bozulmaya neden olan mikrobiyal aktivitenin de yavaşlamasını sağlamaktadır. Bu durum ürün raf ömrü ile direkt olarak ilişkilendirilmektedir (Nunes ve Emond, 2003). Sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişen marul raf ömrü Şekil 2.3' te gösterilmiştir. Buna göre sıcaklık arttıkça raf ömrünün azaldığı görülmektedir.



Şekil 2.3 : Sıcaklığa bağlı marul raf ömrü değişimi (Nunes ve Emond, 2003)

Genel olarak kabul edilebilir limit değeri içerisinde sıcaklık ne kadar düşük olursa, raf ömrünün o kadar uzun olacağı bilinmektedir. Yapılan pek çok çalışmanın sonucu göstermektedir ki her ürün grubu için bozulmanın minimize edileceği bir saklama sıcaklık değeri bulunmaktadır (Nunes ve Emond, 2003).

Meyve ve sebzeler optimum sıcaklık değerinde saklanmadığı durumlarda olgunluğun temel indikatörü olan renkte istenmeyen değişimler meydana gelmektedir. Sıcaklığın renk değişimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Örnek olarak yüksek sıcaklık değerinde saklanan brokoli için klorofil degradasyonu sonucu sararma görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, 5 gün boyunca 25°C ve 1°C'de

saklanan brokoli örnekleri için 1°C'de klorofil kaybının önemli ölçüde azaldığı ortaya konulmuştur. (Nunes ve Emond, 2003).

Tüketici kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden bir diğeri ise domates, salatalık vb. ürünler için meydana gelen tekstürel değişimlerdir. Yaşayan bitki hücrelerinin dokusu temel olarak hücresel anatomi, hücre su ilişkisi ve hücre kompozisyonu ile ilgilidir. Sebze-meyvelerin tekstürel kalitesi sertlik ve sululuk değerlerinin azalması ile değişmektedir. Dokuda meydana gelen yumuşama, enzimatik degradasyon ve pektin materyallerinin çözünmesi sonucu meydana gelen yapısal değişimler ile oluşmaktadır (Szczesniak, 1998). Genel olarak düşük sıcaklık değerlerinin tekstürel değişimleri yavaşlattığı bilinmektedir. Fakat bunun yanında düşük sıcaklarda doku yapısında bozulmalar ve buna bağlı olarak aşırı yumuşama meydana gelen ürünler de bulunmaktadır. Örnek olarak salatalık yapısı 7°C'nin altındaki saklama sıcaklığı değerinde bozulabilmekte ve bunu takiben hücrenin zarar gören alanı mikrobiyal bozulmaya uğrayabilmektedir.

Meyve-sebzeler vitamin ve mineral gibi mikrobeyinler açısından oldukça zengin gıda gruplarıdır ve özellikle C vitamini ve B-karoten formundaki A vitamini için temel kaynak oluşturmaktadır. Bunun yanında sebze ve meyvelerin besin değeri, saklama sıcaklığı değerinden oldukça etkilenmektedir. Genel olarak hasat sonrasında hızlı bir şekilde gerçekleşen C vitamini degradasyonu saklama süresi ve sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Yapılan çalışmalarda çilek gibi C vitamini açısından zengin meyvelerin 1°C'de saklama sırasında %20 ile %30 arasında meydana gelen C vitamini kaybının, 20°C saklama sıcaklığında %55 ile %70 arasında değiştiğini göstermektedir (Nunes ve Emond, 2003).

2.2 Ozon

Sebze ve meyveler için kalitenin sağlanmasındaki en önemli faktör düşük saklama sıcaklıklarının uygulanması iken, gelişen teknoloji ile birlikte soğukta saklamaya ek olarak UV ışık, manyetik alan, farklı atmosfer uygulamaları vb. alternatif koruma yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Bu teknolojilerin amacı temel olarak mikrobiyal yükün azaltılması ve gıda kalitesinin daha uzun süre korunması ile raf ömrü artışının sağlanması olarak özetlenebilmektedir. Ozon gazı kaliteye olan olumlu etkisi sebebi ile son yıllarda oldukça önem kazanmış alternatif bir koruma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ozon karakteristik ve taze bir kokuya sahip olan ve atmosferde doğal olarak üretilen bir molekül türüdür. Ozon ile ilgili gerçekleştirilen yeni düzenlemeler ile birlikte, özellikle gıda endüstrisi için ozon, geleneksel yöntemlere karşı önemli bir alternatif durumuna gelmiştir. GRAS statüsünde olması ve FDA'nın 2001 yılında aldığı gıdalarla doğrudan temasında sakınca yoktur yönündeki kararlar işletmelerde yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda aldehit, keton ve karboksilik asit gibi organik bileşiklerin oksidasyonu sonucu oluşan ozon reaksiyon ürünlerinin sağlıkla ilgili risk oluşturmaması, klorin benzeri sanitize ajanlara alternatif oluşturmaktadır (Greene ve ark., 2012). Ozon ilk olarak 1839 yılında Schönbein tarafından keşfedilmiştir. 1903-1906 yılları arasında Amerika'da bitkiler için su arıtımı alanında kullanılan ozon, 1940'larda içme suyu arıtımında kullanılmaya başlanmıştır (Tiwari ve Rice, 2012). Çizelge 2.1'de, ozon uygulaması ve ozonla ilgili gerçekleştirilen düzenlemelerin tarihçesi kısaca özetlenmiştir.

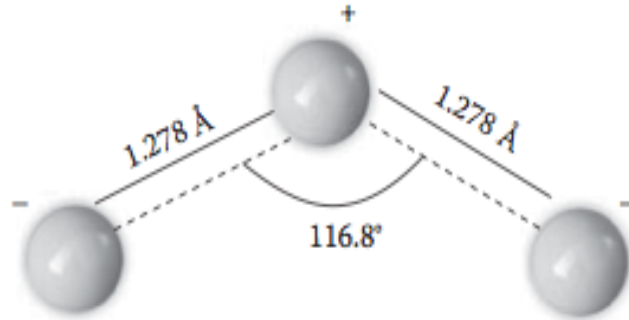
Çizelge 2.1 : Yıllara göre ozon uygulamasında meydana gelişmeler (Tiwari ve Rice, 2012)

Yıl	Olay
1839	Ozonun Schönbein tarafından keşfedilmesi.
1895	Ozonun formülünün Soret tarafından tanımlanması.
1886	Avrupa'da ozonun, su için dezenfektan olarak kullanılması.
1891	Ozonun bakterilere karşı etkili olduğunun kanıtlanması.
1893	Ozonun ilk kez Hollanda'da içme suyu uygulamasında tam ölçekli olarak kullanılması.
1909	Ozonun Almanya'da etin korunması için çalışılması.
1939	Meyvelerin saklanması sırasında, ozonun maya ve küf gelişimini engellediğinin bulunması.
1942	ABD'de ozonun yumurta ve peynir saklanma uygulamalarında kullanılması
1957	Ozonun Almanya'da içme sularında demir ve mangan oksidasyonu için kullanılması.
1995	FDA'in ozonu şişe suyun dezenfeksiyonu için GRAS olarak onaylaması.
2001	FDA'in ozonu mikrobiyal ajan olarak onaylaması.

2.2.1 Ozonun genel özellikleri

Ozon, oksijen atomlarının hızla birleşmesi sonucu meydana gelen oldukça kararsız

üç atomlu bir moleküldür. Şekil 2.4' te oksijen atomlarından oluşan ozon molekülünün yapısı yer almaktadır. Genel olarak kendine özgü bir kokuya sahip, renksiz, oldukça korozif ve de toksik olabilen bir gaz türü olan ozon, stratosferde fotokimyasal reaksiyonlar sonucu düşük miktarlarda (0,05 mg/L) oluşmaktadır. Troposfer atmosferik ozonun yaklaşık olarak %10'unu içermektedir. Düşük seviyelerdeki ozon gazının yeryüzünde doğal olarak oluşmasının yanında, yerleşim alanlarında atmosferik oksijenin kirlilik nedeniyle meydana gelen karbon monoksit, hidrokarbonlar vb. ile reaksiyonu sonucu ozon miktarının arttığı görülmektedir. (Muthukumarappan ve ark., 2010a; Vurma, 2009).



Şekil 2.4 : Ozon molekülünün yapısı (Muthukumarappan ve ark., 2010a)

Saf halde bulunan ozonun genel özellikleri Çizelge 2.2' de yer almaktadır. Bu özelliklere ek olarak, farklı koşullar altında ozon gazı patlayıcı özellik gösterebilmektedir. Sıvı ozon %20'den fazla oksijen-ozon karışımı olduğunda kolayca patlayabilmektedir. Ani sıcaklık ve basınç değişimleri patlamalara neden olabilmektedir. (Güzel-Seydim ve ark., 2004).

Çizelge 2.2: Ozonun genel özellikleri (Güzel-Seydim ve ark., 2004)

Formülü	O ₃
Molekül ağırlığı	48
Renk	Açık mavi
Koku	Kendine has
Sudaki çözünürlük (0°C)	0,64
Yoğunluk (g/l)	2,144
Kaynama noktası	-111,9±0,3°C
Erime noktası	-192,5±0,4°C

Ozon gaz formda, sıvı forma göre daha stabil durumdadır. Ozonun yarılanma ömrü kuru koşullarda ve oda sıcaklığında 12 saattir; fakat bu değer sıcaklık, ışık, organik

maddeler, konsantrasyon ve basınç gibi pek çok faktöre bağılı olmaktadır. Sıvı formda yarılanma ömrü, su kalitesi ve sıcaklığına bağılı olarak, saniye-saat mertebesinde değişiklik gösterebilmektedir. Örnek olarak saf suda yarılanma ömrü 20 °C’de 20-30 dakika iken, 25 °C’de 12 dakika olmaktadır (Vurma, 2009).

pH, sıvı formdaki ozonun stabilitesine etki eden önemli bir faktördür. Yapılan çalışmalarda, ozon stabilitesinin pH artışı ile azaldığı ortaya konulmuştur. Gıda endüstrisinde, sıvı formdaki ozonun stabilitesi su kaynağına oldukça bağılı olmaktadır ve bu nedenle ozon kullanımının gerçekleştirildiği üretim alanında organik ve inorganik madde içeren suyun kontrol edilmesi önem taşımaktadır (Vurma, 2009).

2.2.2 Ozonun üretilmesi

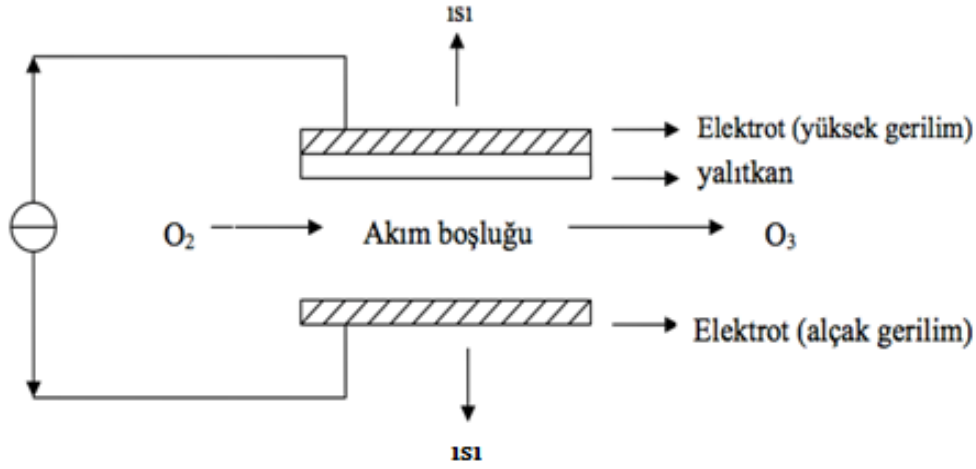
Ozon, yüksek enerji kaynağı ile oksijen molekülü ya da havadan kolayca üretilebilmektedir. Yüksek enerji kaynağı olarak kullanılabilen yüksek voltaj elektriksel akım ya da UV ışık oksijen moleküllerini ozon gazına dönüştürmektedir. Temel olarak ozon üretimi için elektriksel akım metodu, elektrokimyasal metot ve UV ışık metotları kullanılmaktadır. Elektriksel akım metodu yüksek verim (%20-30) sağlaması sebebiyle ticari olarak en çok kullanılan yöntemdir (Muthukumarappan ve ark., 2010b)

2.2.2.1 Elektriksel akım metodu

Korona akım yönteminde hava ya da O₂, dielektrik materyal ile ayrılmış yüksek ve alçak gerilimli elektrot arasından geçirilmektedir. Yeterli kinetik enerji olması durumunda öncelikle oksijen molekülü, oksijen atomlarına ayrışmakta, daha sonra ise oluşan oksijen atomlarından ozon molekülü meydana gelmektedir. Jeneratörden hava geçirilmesi durumunda %1-3, saf oksijen kullanılması durumunda ise %6 ozon gazı üretilebilmektedir. Oldukça reaktif bir molekül olan ozon gazı kendiliğinden oksijen atomlarına parçalanır ve bu nedenle depolanamamaktadır (Ekici ve ark., 2006).

Ozon üretimi için yüksek voltajda (5000 V) elektrik enerjisi gerekli olmaktadır. Yüksek elektrik enerjisi, ozon üretimi sırasında ısı enerjisine dönüşebilmektedir. Meydana gelen ısı enerjisi ozonun daha çabuk dekompoze olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle elektriksel akım metodu ile çalışan ozon jeneratörlerinde elektrotlar için soğutma ünitesi yer almaktadır (Muthukumarappan ve ark., 2010b).

Şekil 2.5' te ozon gazının elektriksel akım metoduna göre üretimi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Elektriksel akım metodu ile ozon üretimi (Ekici ve ark., 2006)

2.2.2.2 Elektrokimyasal metot

Elektrokimyasal metotta, ozon üretimi genellikle su ve yüksek elektronegatif anyon içeren elektrolitik solüsyon içinde yer alan anot ve katoda elektriksel akım uygulanması ile üretilmektedir. Anotta oksijen ve ozon karışımı oluşmaktadır. Bu yöntemde gaz beslemesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Aynı zamanda yüksek konsantrasyonda ozon üretimi gerçekleştirilmektedir. Fakat bu yöntem elektriksel akım metodu ile karşılaştırıldığında daha maliyetlidir (Muthukumarappan ve ark., 2010b).

2.2.2.3 Ultraviyole (UV) metodu

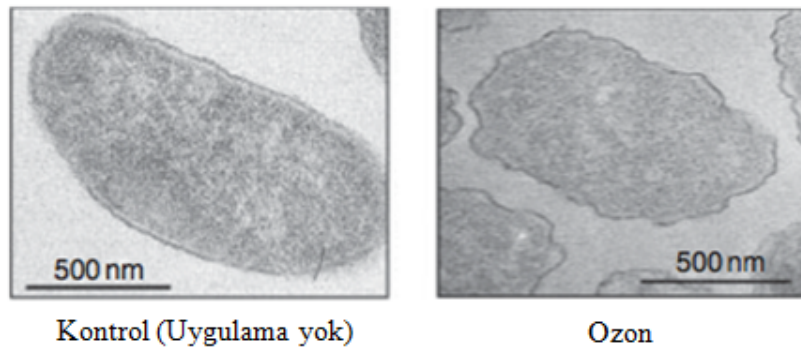
UV metodunda ozon üretimi, oksijen molekülünün 140-190 nm dalga boyunda UV ışığa maruz kalarak oksijen atomlarına ayrışması ve daha sonra bu atomların ozon molekülü oluşturması ile sağlanmaktadır. Bu yöntem düşük verimlilik sebebiyle sınırlı kullanım alanına sahiptir (Cullen ve Tiwari, 2012).

2.2.3 Ozonun etki mekanizması

Ozonun gıdalar üzerinde kullanımının temel sebebi mikrobiyal etkinliğinin yüksek olmasıdır. Aynı zamanda ozon, ortamdaki etilen ve pestisit miktarının azaltılması için de tercih edilmektedir. Her üç özellik için de, ozonun yüksek oksidatif özelliği önem taşımaktadır.

2.2.3.1 Ozonun antimikrobiyal etkisi

Ozonun antimikrobiyal etkinliği, moleküler ozon ve ozon dekompozisyonu sonucu oluşan serbest radikallerden (hidroksi, hidroperoksit ve süperoksit) ileri gelmektedir. Fakat moleküler ozon, mikrobiyal inaktivasyon için serbest radikallerden daha etkilidir. İnaktivasyon mekanizması canlı hücre bileşenlerine bağlı olan kompleks bir prosestir. Temel olarak ozon hücre membran geçirgenliğine etki etmektedir ve bu durum hücre içi bileşenlerinin reaksiyonuna ve sonuç olarak hücre ölümüne sebep olmaktadır. Şekil 2.6' da ozonlama işleminin sonucu bakteri hücrelerinde meydana gelen morfolojik değişim görülmektedir (Ölmez, 2012).

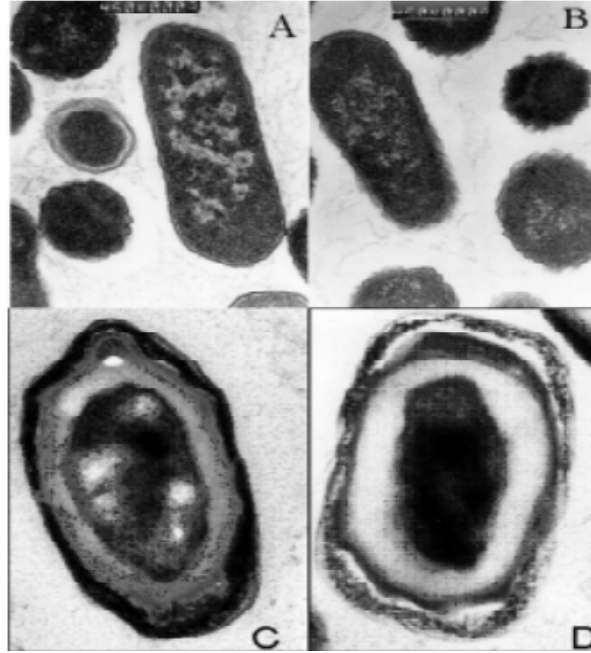


Şekil 2.6: Ozon uygulamasının sonucu bakteri hücrelerinde meydana gelen morfolojik değişim (Ölmez, 2012)

Hücre bakteriyel ya da fungal atakla stres altına girdiğinde, enerji seviyesi düşmekte ve elektropozitif hale gelmektedir. Ozon diğer materyallerin dengesiz yüklerine karşı elektriksel olarak denge sağlayan 3. atomun serbest radikal enerji yüküne sahiptir. Zarar görmüş hücreler, zararlı bakteriler ve diğer patojenler, yüke sahiptir ve ozona ve onun yan ürünlerine atak etmektedirler. Sağlıklı hücreler, dengeli elektriksel yükleri ve güçlü enzim sistemleri ile ozonla ve ozonun yan ürünleriyle reaksiyona girmemektedir (Muthukumarappan ve ark., 2010a).

Yüksek oksidasyon redüksüyon potansiyeli sebebiyle, mikroorganizma içine penetre olmadan ve doymamış lipid, enzim, protein ve nükleik asit gibi temel bileşenleri okside etmeden önce ozon, hücre duvarı elementlerine oksidant gibi davranmaktadır. Membran bariyerleri büyük ölçüde yıkıma uğradığında hücre içi bileşenlerin sızıntısı başlamakta ve hücrenin parçalanması gerçekleşmektedir. Pek çok patojenik mikroorganizma oksidasyon etkisine duyarlıdır (Muthukumarappan ve ark., 2010a). Yapılan çalışmalar Bacillus sporlarının ozonla hızlıca inaktive edildiğini

göstermektedir. Şekil 2.7' de *Salmonella enteritidis* ve *Bacillus subtilis* hücrelerinde ozon uygulaması sonrası gerçekleşen morfolojik değişim görülmektedir.



Şekil 2.7: *Salmonella enteritidis* (A ve B) ve *Bacillus subtilis* (C ve D) hücrelerinde, sırası ile ozon uygulaması öncesi ve sonrası elektron mikroskobu görüntüsü (Khadre, Yousef ve Kim, 2001)

Bakterilerin ozona olan dirençleri, bakterinin cins ve türüne göre değişmekle birlikte, bakteri sporları bakterilerin vejetatif formlarına göre ozona daha fazla direnç gösterirler (Vurma, 2009). Aşağıdaki çizelgelerde farklı ozon konsantrasyonu ve uygulama süresi değerlerinde bakteri, fungi ve protozoa sayılarında meydana gelen değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 2.3: Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında bakteri hücrelerinde meydana gelen değişimler (Vurma, 2009)

Bakteri	İnaktivasyon (log kob)	Zaman (dakika)	Konsantrasyon (mg/l)	Ortam/Gıda
<i>Escherichia coli</i>	4,0	1,67	0,23-0,26	Su
<i>E.coli O157:H7</i>	~3,7	3	21-25	Elma yüzeyi
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,7'den~7,0	0,5	0,2den 1,8	Su (pH 5,9)
<i>Shigella sonnei</i>	5,6	1	2,2	Su
<i>S.sonnei</i>	1,8	5	5	Doğranmış marul
<i>Yersinia enterocolitica</i>	4,6	1	1,4	Su
<i>Salmonella Enteritidis</i>	1,0	0,25	%8 (w/w)	Izgaralık piliç karkası
<i>Salmonella Enteritidis</i>	0,6'dan ~4,0	0,5	0,5'den 6,5	Su
<i>Salmonella Typhimurium</i>	4,3	1,67	0,23-0,26	Su
<i>Bacillus cereus</i>	>2,0	5	0,12	Su
<i>B.cereus (spor)</i>	>2,0	5	2,29	Su
<i>B.cereus</i>	6,1	1	11	Spor süspansiyonu
<i>B.stearothermophilus</i>	1,3	1	11	Sulu ozon karışımı
<i>Legionella pneumophila</i>	>4,5	20	0,32	Su

Çizelge 2.4: Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında fungi hücrelerinde meydana gelen değişimler (Vurma, 2009)

Fungi	İnaktivasyon (log kob)	Zaman (dakika)	Konsantrasyon (mg/L ya da g)	Ortam/Gıda
<i>Aspergillus flavus</i>	1,0	1,72	1,74	Tampon (pH 7,0)
<i>A.parasiticus</i>	1,0	1,54	1,74	Tampon (pH 5,5)
<i>A.niger</i> (sporlar)	<1.0	5	0,188	Su
<i>Candida parapsilosis</i>	2,7	1,67	0,23-0,26	Su
<i>C.tropicalis</i>	1,0	0,03-0,08	0,02-1,0	Su
<i>C.albancus</i>	>4,5	Anlık	0,188	Su
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	>4,5	Anlık	0,188	Su

Çizelge 2.5: Farklı ozon konsantrasyonu, uygulama süresi ve ortamında protozoa hücrelerinde meydana gelen değişimler (Vurma, 2009)

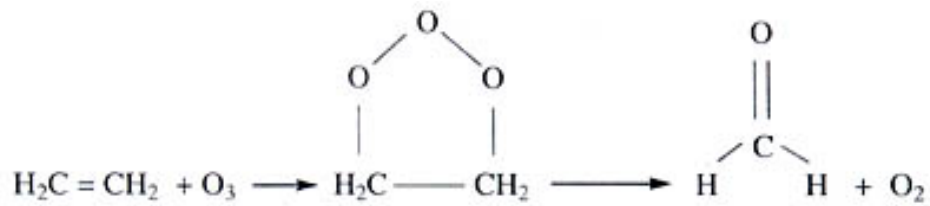
Protozoa	İnaktivasyon (log kob)	Zaman (dakika)	Konsatrasyon (mg/L)	Ortam/Gıda
<i>Giardia lamblia</i>	2,0	1,1	0,7	Su
<i>G.lambliia</i>	>3,0	1,0	1,5	Su
<i>G.lambliia</i>	>3,0	2,0	1,7	Tampon (pH 6,85)
<i>G.muris</i>	2,0	2,8	0,5	Su

2.2.3.2 Ozonun pestisitlere etkisi

Ozonun meyve-sebzeler üzerindeki pestisit kalıntıları için etkili olduğu bilinmektedir. Bir ürün üzerindeki pestisit degradasyonu, kimyasal (oksidasyon, redüksiyon, hidroliz, fotoliz) ya da biyolojik (mikrobiyal aktivite) olarak gerçekleşmektedir. Pestisit kalıntılarının etkili şekilde uzaklaştırılması için endüstride genellikle oksidasyon prosesi kullanılmaktadır. Pestisit kalıntılarının ozonla degradasyonu, kütle transferi ve çok çeşitli kimyasal reaksiyonlar içeren kompleks bir mekanizmaya sahiptir. Bu reaksiyonlar, hedef bileşikle ozonun direkt olarak reaksiyonu şeklinde olabileceği gibi hidroksil radikalleri ile organik bileşikler arasındaki reaksiyonlarla da gerçekleşebilmektedir (Chan ve Wu, 2012). Yapılan çalışmalarda, karnabaharın su içerisinde çözünen ozon ile muamelesi sonrası chlorfluazuron (1-[3,5-dichloro-4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea) ve chlorothalonil (tetrachloroisophthalonitrile) pestisit türleri için 15 dk'lık uygulama sonrası yaklaşık olarak %50 azalma sağlandığı gözlenmiştir (Chen, Lin ve Kuo, 2013).

2.2.3.3 Ozonun etilene etkisi

Ozon güçlü bir okside edici ajan olması sebebi ile etilen ile oksidasyon reaksiyonuna girerek, ortamdaki etilen miktarının azaltılmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda, elma depolarında yaklaşık 0,4 ppm ozon seviyesinin, etilen miktarını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Mantar, elma, brokoli ve salatalık düşük seviyedeki bu ozon konsantrasyonu seviyesini, kalitede herhangi bir değişim meydana gelmeden tolere edebilmektedir (Skog ve Chu, 2001). Ozonun, etilen ile girmiş olduğu reaksiyon Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : Ozon molekülü ve etilen reaksiyonu (Mudd, 1998)

2.2.4 Ozon etkinliğinin bağlı olduğu faktörler

Ozon etkinliğinin bağlı olduğu temel faktörler Çizelge 2.6' da gösterilmiştir. Buna göre ozonun tesir derecesine dış faktör olarak hava sıcaklığı, hava nemi ve ozon konsantrasyonu ile ozon süresi etki ederken, iç faktör olarak uygulama yapılan

gıdanın mikrobiyal yükü ile gıdanın türü önem taşımaktadır (Tiwari ve Muthukumarappan, 2012)

Temel etki faktörü olan sıcaklık ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, ozonun mikroorganizmalar üzerinde düşük sıcaklık değerlerinde (< 10°C) daha etkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Bunun yanında ozon etkinliğinin incelendiği bir başka çalışmada *E. Coli O157:H7* inoküle edilmiş elma örneklerinin ozonlu su ile 4, 22 ve 45°C sıcaklıklarda 3 dakika muamele edilmesi sonunda, 3 sıcaklık değeri arasında ozon etkinliği açısından önemli bir farklılık elde edilmemiştir. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın sebebi ozonun özelliğinin farklı sıcaklık değerlerinde değişiklik göstermesinden kaynaklanabilmektedir. Düşük sıcaklıklarda ozonun çözünürlüğü ve stabilitesi artarken, reaktivitesi yüksek sıcaklıklarda artış göstermektedir (Kim ve ark., 2003).

Çizelge 2.6 : Ozon etkinliğinin bağlı olduğu faktörler (Tiwari ve Muthukumarappan, 2012)

Parametre	Faktör
Dış Faktörler	
Hava kalitesi	Sıcaklık, bağıl nem
Ozon	Konsantrasyon, süre
İç faktörler	
Mikrobiyal yük	Mikrobiyal suşun karakteristiği, popülasyon büyüklüğü, doğal ya da yapay inokülasyon
Gıda türü	Meyve-sebzenin türü, ürünün yüzey karakteristiği, yüzey alanı

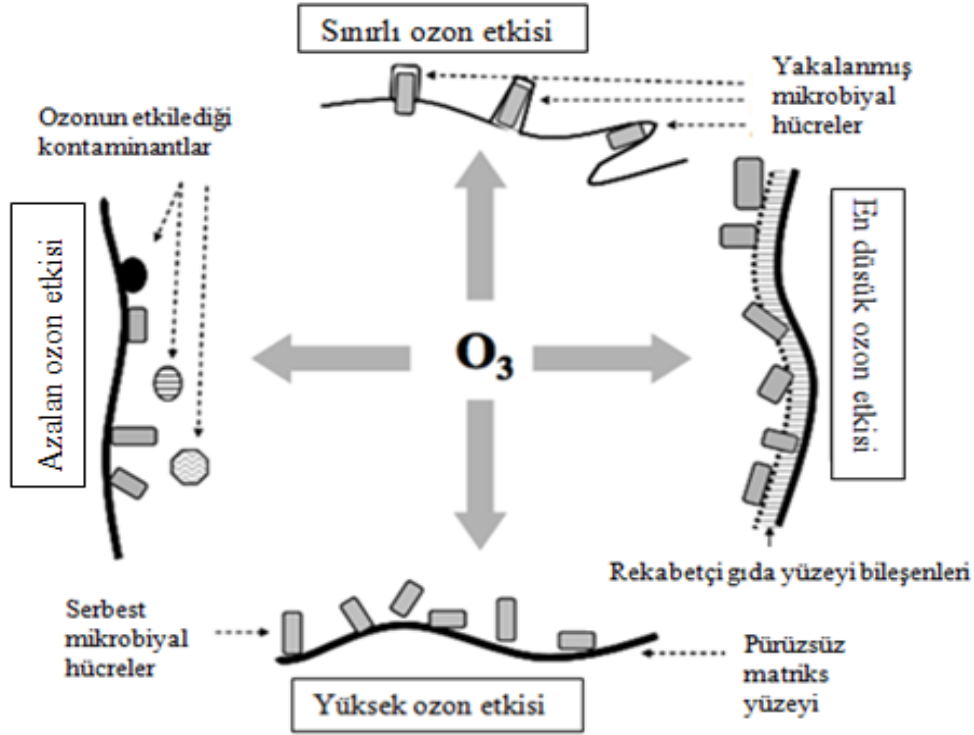
Nem ve ozonun etkisi arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. Mikroorganizmaların inaktivasyonu için yüksek bağıl nem gerekli olmaktadır. Kuru mikroorganizmaların nemli atmosfer içinde hidrasyonu, mikroorganizmaları ozona daha duyarlı hale getirmektedir. Gaz halindeki ozon gazının optimum mikrobiyal inaktivasyon sağlaması için bağıl nemin %90-95 olması gerekmektedir. Bunun yanında yüksek bağıl neme sahip ortamlarda ozon, daha hızlı dekompoze olmaktadır (Kim ve ark., 2003). Yarılanma ömrü, artan bağıl nem değeriyle azalan ozon gazı için farklı sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde elde edilen yarılanma ömrü değerleri Çizelge 2.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7: Ozonun sıcaklık ve bağıl nem değerlerine göre yarılanma ömrü değerleri (McClurkin ve Maier, 2010).

Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Yarılanma Ömrü (dk)
24	0	1524
24	45	704
24	87	451
4	0	2439
40	0	796
24	0	210
24	0	49

Su aktivitesi ile ozon etkinliği ilişkisinin incelendiği bir çalışmada, doğal olarak kontamine olmuş toz halindeki gıda katkı maddesine gerçekleştirilen ozon uygulamasında, gıda katkı maddesinin su aktivitesi 0,95 olduğu durumda 200 ppm'lik ozon uygulaması sonucu 10^2 - 10^5 kob/g inaktivasyon sağlanırken, su aktivitesinin 0,85 ve altında olduğu durumlarda herhangi bir inaktivasyon etkisi tespit edilemediği görülmüştür (Kuşçu ve Pazır, 2004).

Ozonun mikrobiyal aktivitesi, hedef mikroorganizmaya olan erişilebilirliği ile doğru orantılıdır. Bu etkileşim Şekil 2.9'de gösterilmiştir. Mikroorganizmalar, genellikle gıda üzerinde, saf suda olduğu gibi doğrudan erişilebilir konumda değildir. Gıda yüzeyinde biofilm gibi organize olmuş ya da gıda matriksi içine yerleşmiş mikroorganizmalar ozon uygulaması ile inaktive edilemeyebilmektedir. Ozonun etkin bir mikrobiyal inaktivasyon sağlayabilmesi, pürüzsüz gıda yüzeylerinde daha kolay sağlanmaktadır (Vurma, 2009).



Şekil 2.9: Ozonun hedef mikroorganizmaya erişilebilirliğinin şematik gösterimi (Vurma, 2009)

2.2.5 Ozon güvenlik limitleri

Etkili bir sanitizer olan ozonun, güçlü oksidasyon özelliği sebebiyle kullanımı için sınırlamalar bulunmaktadır. Uygulandığı gıda üzerinde istenmeyen renk ve aroma kayıplarına sebep olabilen ozon, aynı zamanda oksidasyon sonucu ürünün vitamin, aminoasit, enzim ve yağ asidi içeriğinde de değişimlere sebep olabilmektedir. Bunun yanında uygulama konsantrasyonu ve maruziyet süresine bağlı olarak, insan sağlığı açısından tehlikeli ve toksik bir gaz olabilmektedir. Yüksek konsantrasyon değerlerinde baş ağrısı ve solunum rahatsızlıklarına sebebiyet verebilen bu gaz türü, daha yüksek konsantrasyon seviyesi ve maruziyet süresinde ölümcül olabilmektedir (Vurma, 2009).

National Institute for Occupational Safety and Hazard (NIOSH) ve Occupational Safety and Health Administration (OSHA) tarafından, ozon gazının çalışma alanlarında zaman ağırlıklı ortalama maruziyet konsantrasyon seviyesi 0,1 ppm (0,2 mg/m³) olarak belirtilmiştir. Bunun yanında OSHA değerlerine göre, ozon gazına kısa süreli maruziyet konsantrasyon limiti 0,3 ppm (0,6 mg/m³)'dir. Bu değer günde dört kez 15 dakikalık maruziyet zamanlarından daha kısa süreler için geçerlidir.

Sağlık açısından ani tehlikelere sebebiyet verebilecek havadaki ozon gazı limit değeri ise NIOSH tarafından 5 ppm olarak belirlenmiştir.

Özellikle uygulama alanlarında, ozonun dekompoze olana kadar uygulama alanı ya da sisteminin kapalı kalması önem taşımaktadır. Oldukça kısa bir yarılanma ömrüne sahip olan ozon gazı, kısa sürede dekompoze olarak zararsız oksijen gazına dönüşmektedir. Limit değerlerinin üzerinde çalışıldığı durumlarda, mutlaka güvenlik önemlerinin alınmış olmasına dikkat edilmelidir. Çalışma alanlarındaki ozon seviyesi mutlaka takip edilmeli ve olası ozon gazı seviyesi artışları için gerekli dekompozisyon sistemleri oluşturulmalı ve ortamda çalışan personelin gaz maskesi kullanmasına özen gösterilmelidir (Vurma, 2009).

Ozonun; oksidasyon potansiyelinin yüksek olması ile düşük konsantrasyonlarda etkili olması, kendiliğinden oksijene dönüşebilmesi ve oluşan ürünün çevreye zararsız olması, yarılanma süresinin kısa olması, keskin bir kokuya sahip olduğundan düşük konsantrasyonlarda dahi hissedilmesi ve zararlı bir durum oluşmadan fark edilebilmesi, kanserojen ve mutajen olmaması, aynı zamanda yağ dokusunda birikmeyerek uzun süreli kronik etkilere yol açmaması gibi özellikleri sayesinde CO₂, N₂ ve O₂ gibi gazların kullanımından daha güvenli olduğu bildirilmektedir (Ekici ve ark., 2006).

2.2.6 Gıda endüstrisinde ozon kullanımı

Gıda endüstrisinde ozon, özellikle yüzey hijyeni ve gıda ekipmanlarının sanitasyonu için kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda özellikle polistren yüzeylerde ozon gazı uygulaması ile protein denatürasyonu ve çeşitli bakterilerin inaktive edildiği gözlenmiştir. Bunun yanında ozon, gıda kalitesi ve güvenliğinin artırılması için de tercih edilmektedir. Özellikle taze kesilmiş sebzelerde mikrobiyal popülasyonun azaltılması ve raf ömrünün artırılması için ozonlu su uygulaması gerçekleştirilmektedir. Ozon etkinliğinin incelendiği çalışmalarda maruldaki bakteri yükünün ozon uygulaması ile azaltıldığı ortaya konulmuştur (Patil, 2010).

Ozon uygulaması et ve et ürünlerinde mikrobiyal yükün azaltılması için de kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda 0,3-2,3 mg/l seviyesinde ozon uygulamasının aerobik bakterilerde 1,3 log kob/cm²'lik azalma sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda patojen bakteri sayısının azaltılması için ozonlu su uygulaması normal su ile yıkamaya oranla daha etkili olmaktadır. Diğer et türlerinin yanında ozon

uygulamaları balık eti için de tercih edilmektedir. Ozon heme pigmentlerinin yapısındaki porfirini parçalayarak balık etinde daha beyaz ve parlak bir renk oluşmasını sağlamaktadır (Kuşçu ve Pazır, 2004).

Ozon, kuru gıdalarda aflatoksin detoksifikasyonu için oldukça önemli olmaktadır. Gaz halindeki ozonun kuru gıdalar üzerindeki etkisi, ozon konsantrasyonu, ortamdaki bağıl nem, sıcaklık ve su aktivitesine oldukça bağlı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda ozonun mikrobiyal etkisi için tahıl ununda gereken uygulama konsantrasyonu ve süresi bütün tahıla oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Gaz halindeki ozon, buğdayın saklanması sırasında anti-fungal etkisinden dolayı oldukça önemli olmaktadır. Buğdayda bulunan fungal sporlar ozon uygulaması ile %97 oranında azaltılabilmektedir. Buğdayın su aktivitesi ve sıcaklık değerinin artması ile birlikte, ozonun fungusit etkisi de arttırılabilmektedir (Vurma, 2009). Kırmızı biberdeki oluşan aflatoksini gidermek için yapılan bir çalışmada değişik konsantrasyon ve sürelerde ozonlama yapılmıştır. Aflatoksin B1 miktarında ciddi bir azalma ve biberin renk kalitesinde herhangi bir değişme olmadığı saptanmıştır. Ancak araştırmacılar renk dışındaki parametrelerin de çalışılması gerektiğini ifade etmişlerdir (Akbaş ve Özdemir, 2008).

Ozonlamanın en çok uygulandığı ürün yelpazesi meyve ve sebzelerden oluşmaktadır. Ozon, meyve sebzelerin depolanması ve yıkanması esnasında kullanılabilir. Meyve ve sebzelerin depolanması sırasında meyvenin solunumu hızlanmakta ve bu nedenle çürüme de hızlanmaktadır. Çok hızlı çürüme olması durumunda, etilen gazının üretimi de artmakta ve bu durum saklama ortamında bulunan diğer meyveleri de etkileyerek bozulmayı hızlandırıcı yönde etki yapmaktadır. Ozonun oksidatif özelliği sayesinde, oluşan metabolik ürünleri oksitleyerek meyve-sebzelerin daha uzun süre taze kalmasını sağladığı bilinmektedir. Ozonun meyve-sebzeler için kullanılmasının bir diğer nedeni, sahip olduğu etkili antimikrobiyal özelliğidir. Ozon gaz halinde uygulandığı gibi, yıkama suyunun ozonlanması da meyve-sebzeler için tercih edilen bir yöntemdir. Gaz halinde ya da su ile birlikte gerçekleştirilen ozon uygulamalarında, sebze-meyve yüzeyindeki bozulmaya sebep olan ya da patojen mikroorganizmaların inaktive edilmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda yapılan çalışmalarda ozonun meyve-sebze yüzeyindeki pestisit kalıntıları için de etkili olduğu görülmektedir.

2.2.7 Sebze-meyveler üzerinde yapılan çalışmalar

Ozon uygulamasının hasat sonrası çilek kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, 3 gün boyunca 2°C’de 0,35 ppm ozon gazı altında saklan çilek meyvesi fungal gelişim, renk, şeker ve asit içeriği ve aroma gibi kalite parametreleri açısından test edilmiştir. Ozon uygulanan numunelerde şeker ve askorbik asit değişimi anlamlı bulunmuştur. Soğukta saklama sonunda C vitamini içeriği ozon uygulanan numunelerde kontrol grubuna göre 3 kat daha fazla elde edilmiştir. Bunun yanında ozon uygulanan numunelerde %40’lık aroma kaybı meydana geldiği görülmüştür (Perez ve ark., 1999)

Akbaş ve Özdemir’in (2006a) ozonun antep fıstığının fizikokimyasal özelliği ve aflatoksin degradasyonu üzerindeki etkinliğini incelemiş oldukları çalışmada, antep fıstığı numunleri 20°C sıcaklık ve %70 bağıl nem nem değerinde 140 ve 420 dk sürelerde 5,0; 7,0 ve 9,0 mg/l ozon gazı konsantrasyonu ile muamele edilmiştir. Buna göre, aflatoksin degradasyonunun artan süre ve ozon konsantrasyonu değeri ile doğru orantılı olduğu sonucu elde edilmiştir. Aynı zamanda ozon uygulaması sonrası ph, renk, nem ve serbest yağ asidi değerlerinde değişim gözlenmemiştir. Ozon uygulamasının çekirdekdeki aflatoksin degradasyonu için daha etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Antep fıstığı üzerinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada, ozonun *E. coli* ve *B. cereus* üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. *E. coli* ve *B. cereus* ile inoküle edilen antepfıstığı numuneleri 20°C’e ve %70 bağıl nemde farklı sürelerde (0-360 dk) 0,1; 0,5 ve 1,0 ppm ozon gazı ile muamele edilmiştir. Ozonun *E. coli* ve *B. cereus* üzerindeki etkinliğinin artan konsantrasyon ve uygulama süresi değeri ile doğru orantılı olduğu ortaya konulmuştur (Akbaş ve Özdemir, 2006b).

Achen ve Yousef (2001), *E. coli O157:H7* ile inoküle edilmiş elmalar üzerinde ozon uygulamasının etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, ozonlu su ile muamele işlemi sonrasında mikroorganizma sayısında 3,3 log kob/g’lık azalma elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

Ozonun soğutma sisteminin sınırlı olduğu durumlarda, soğutma işlemi için alternatif bir uygulama olup olamayacağının incelendiği bir çalışmada, farklı ozon uygulamalarının renk üzerindeki etkisi test edilmiştir. Buna göre renk değerlerine

bağlı olarak Hill eşitliği ile hesaplanan ozon uygulanmış domateslerin raf ömrü değeri 15°C’de 12 gün olarak elde edilmiştir (Zambre, Venkatesh ve Shah, 2010).

Karaca, Walse ve Smilanick ozonun pestisitler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Buna göre boscalid, iprodine, fenhexamid, cyprodinil ve pyrimethanil ile muamele edilmiş üzüm numunleri 2°C ve %95 bağıl nem altında ozon (0,3 ppm) ve hava olmak üzere iki farklı koşulda 36 gün saklanmıştır. Ozon gazı altında depolanmış örneklerde hava koşuluna göre 1,6; 2,8 ve 3,6 kat sırası ile fenhexamid, cyprodinil, ve pyrimethanil degradasyonu sağlandığı gözlenmiştir. Çalışma sonunda gaz halinde uygulanan ozon gazının üzüm meyvesinde önemli bir fungusit degradasyonu sağladığı elde edilmiştir (2012).

Ozonun kalite üzerindeki etkinliğinin incelendiği bir başka çalışmada, patojen inoküle edilmiş ve inokülasyon işlemi görmemiş havuç numunelerine, 0 (kontrol); 7,5; 15; 30 ve 60 µl·litre⁻¹ ozon gazı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama üç farklı sıcaklık değerinde (2, 8 ve 16°C) günde 8 saat olacak şekilde 28 gün devam etmiştir. Çalışma sonucunda fungi gelişme hızında günlük %50 azalma sağlandığı görülmüştür. Aynı zamanda havuç solunum hızı, elektrolit sızıntısı ve toplam renk değişiminin artan ozon konsantrasyonu ile artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ozon uygulanmış örneklerin kontrol gruplarına göre L değerleri daha yüksek bulunmuştur (Liew ve Prange, 1994).

Meyve kalitesinin ozon uygulaması ile değişiminin incelendiği bir başka çalışmada, 15°C ve %90 bağıl nem değerlerinde 30 gün boyunca 0,15 ppm değerinde saklanan hurma meyvelerinde, ozon uygulanmayan örneklere göre daha yüksek oranda ağırlık kaybı ve elektrolit sızıntısı değeri elde edilmiştir. Bunun yanında ozonun renk indeksi, etanol, toplam çözünür katı madde ve ph değerlerinde herhangi bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir. Aynı zamanda ozon uygulanmış örneklerde herhangi bir fititoksik zararlanmaya ratlanmamıştır (Salvador ve ark., 2006)

Akbaş ve Özdemir (2008) ‘Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers’ isimli çalışmalarında, ozonun kırmızı pul biber üzerindeki etkisini ortaya koymuşlardır. Buna göre *E. coli*, *B. cereus* ve *B. cereus* sporları inoküle edilen numunler 20°C’de ve 70% bağıl nem değerinde ozon uygulamasına tabi tutulmuştur. *E. coli* and *B. cereus* için 360 dk. uygulama süresinde 0,1; 0,5 and 1,0 ppm ozon konsantrasyonu değerleri kullanılırken, *B. cereus* sporları

için 360 dk uygulama süresinde 1,0; 5,0; 7,0 ve 9,0 ppm ozon konsantrasyonu değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 360 dk 1 ppm ozon uygulamasının *B. cereus* ve *E. coli* sayısını sırası ile 1,5 ve 2,0 log olarak azalttığı, *B. cereus* sporlarının ise 360 dk. 7 ppm ozon uygulamasında 1,5 log azalma gösterdiği gözlenmiştir. Buna göre, sporlu mikroorganizma sayısını azaltmak için daha yüksek ozon konsantrasyonu değerinin gerekli olduğu görülmüştür.

Ozon uygulamasının taze kesilmiş marul için optimize edildiği bir çalışmada, 0,5-4,5 ppm konsantrasyon değerleri ve 0,5-3,5 dk uygulama süreleri *Listeria monocytogenes* sayısı ve marul görsel kalitesi üzerinde farklı sıcaklık değerlerinde (10-26°C) test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 10°C'de 2 dk 2 ppm ozon uygulamasının marul kalitesi için optimum koşul olduğu gözlenmiştir (Ölmez ve Akbaş, 2009).

Taze yaban mersininde *E. coli O157:H7* sayısının azaltılması için farklı yöntemlerin etkisinin incelendiği bir çalışmada, 4000 mg/L ozon uygulamasının *E. coli O157:H7* sayısını yüzeyde 0,72 log kob/g olarak azalttığı görülmüştür. Bunun yanında ozon ve ardından UV işleminin uygulandığı kombine yöntemlerde tek başına uygulanan ozon işlemine göre 1-2 log daha yüksek azaldığı gözlenmiştir (Kim ve Hung, 2012).

Ozonun yer fıstığındaki toplam fungi ve aflatoksin miktarı üzerindeki etkinliğinin incelendiği bir başka çalışmada, yer fıstığı numuneleri 13 ve 21 mg/l konsantrasyonu değerleri ve 0, 24, 48, 72 ve 96 saat uygulama sürelerinde ozon gazı ile muamele edilmiştir. 21 mg/l konsantrasyon değerinde 96 saat uygulama süresinde yaklaşık 3 log'luk azalma sağlanırken, aynı koşulda toplam aflatoksin ve aflatoksin B1 konsantrasyonunda sırası ile %30 ve %25 azalma sağlanmıştır (Alencar ve ark., 2012).

2.3 Patent Araştırması

Gıdaların ozonlanması ile ilgili patent araştırması özellikle buzdolabında meyve ve sebzelerin ozonlanması üzerine yapılmıştır. Patent araştırması için <http://ep.espacenet.com> adresi kullanılmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler ise;

Ozone and refrigerat*

Ozone, food* and refrigerat*

Ozone and food; IPC kodu: F25

Freshness and ozone; şeklindedir.

Yapılan patent araştırması sonucunda, genellikle buzdolabı sebzeliklerine yönelik uygulamaların üzerinde durulduğu görülmüştür. Özellikle bu bölümlerde saklanan meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarını elimine etme, mikrobiyal yükü azaltma, etilen gazını parçalama ve meyve-sebzelerin olgunlaşma sürelerini geciktirmek sureti ile bu gıdaların raf ömrünü attırma yönünde çalışmalar yapılmıştır. Konu ile ilgili gerçekleştirilen patent araştırması sonuçlarından bazılarına Çizelge 2.8' de yer verilmiştir.

Çizelge 2.8 : Ozon uygulamasına yönelik patent araştırması sonuçları

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENT KONUSU
WO 2010004724 (A1)	2010	PANASONIC CORP [JP]	Food Storage Device and Refrigerator	Bu buluş; gıdaları saklamak için kullanılan depolama haznesi içinde ozon üreten ve pestisitleri parçalayan ozon jeneratörü ve aktivasyon ünitesi ile ilgilidir.
CN 201425398 (Y)	2010	HANGZHOU HUARI REFRIGERATOR CO LTD	Household refrigerator with high-voltage electrostatic fresh- keeping technology	Bu patentte; ozon yüksek voltajlı statik elektrik ile üretilmektedir. Etilen gazının soğuma odasında etkili bir şekilde çözünmesini sağlanarak meyve ve sebzelerin olgunlaşma hızını yavaşlatılmaktadır.
CN 101586899 (A)	2009	HANGZHOU HUARI FRIDGE CO LTD [CN]	Household electric refrigerator with high- voltage electrostatic preservation technology	Bu patentte; yüksek voltajlı elektrik üretim kontrolörü tarafından yüksek voltajlı statik elektrik üretilir. Bu sayede soğutma haznesinde, düşük sıcaklıkta meyve ve sebzelerin enzim ve proteaz aktiviteleri etkili bir şekilde inhibe edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca yüksek voltaj statik elektrik tarafından üretilen ozon ile de soğutma haznesinde etilen parçalanarak meyve ve sebzelerin olgunlaşma hızı yavaşlatılmaktadır.

Çizelge 2.8 (devamı) : Ozon uygulamasına yönelik patent araştırması sonuçları

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENT KONUSU
CN 201379037 (Y)	2010	QINGDAO BORUI EQUIPMENT MFG CO LTD	Novel vacuum cooling fresh-keeping equipment with ozone degradation pesticide residue	Bu buluş, gıdaların taze kalması için kullanılan vakumlu soğutma ve pestisitlerin parçalanmasını sağlayan ozon uygulama ekipmanları ile ilgilidir. Oluşturulan bu ekipman ile meyve ve sebzeler taze kalırken; mikroorganizmalar öldürülmekte ve bunların toksinleri ile pestisit kalıntıları etkili bir şekilde azaltılmaktadır.
JP 2010175129 (A)	2010	DOSHISHA; JOHNAN CORP; ITO YOSHIAKI	Refrigerator	Bu patent başvurusunda, basit ve kompakt konfigürasyona sahip, ucuza ve enerji tasarrufu sağlayarak ozon üreten cihazları da içeren buzdolabı üretilmeye çalışılmıştır
JP 2010159901 (A)	2010	PANASONIC CORP	Refrigerator	Bu patent başvurususu zirai ilaç kalıntıları için ozon jeneratörü içeren buzdolabı ile ilgilidir. Zirai ilaç kalıntılarının parçalanması için buzdolabının gıda saklama bölümüne; ozon jeneratörü ve 315-380 nm dalga boyunda aydınlatma yeteneğine sahip ışık entegre edilmiştir.

Çizelge 2.8 (devamı) : Ozon uygulamasına yönelik patent araştırması sonuçları

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENT KONUSU
KR 20100065459 (A)	2010	LG ELECTRONICS INC [KR]	Vegetable box in a refrigerator	Bu patent başvurusunda buzdolabında yer alan sebzeliklerdeki oksijen miktarını düşürmek için, bir ozon jeneratörü yardımı ile var olan oksijenin ozona dönüştürülmesi amaçlanmıştır.
JP 2010019435 (A)	2010	PANASONIC CORP	Refrigerator	Bu patent başvurusunda buzdolabında; zirai ilaç kalıntıları düşük konsantrasyonlarda ozon kullanılarak elimine edilmeye çalışılmıştır. Kullanılan konsantrasyonlar insan sağlığına zarar vermeyecek seviyededir.
WO 2008082452 (A1)	2008	PURFRESH INC [US]	Shipping container ozonation system	Bu patentte, çabuk bozulan gıdaları korumak amacı ile ozon içeren havanın sürekli olarak soğuk hava deposunda dolaşması sağlanmaktadır. Sensörler yardımı ile ozon konsantrasyonu sürekli kontrol edilmekte ve bu sayede gıdaların kalitesinin korunması amaçlanmaktadır.

Çizelge 2.8 (devamı) : Ozon uygulamasına yönelik patent araştırması sonuçları

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENT KONUSU
US 2013059047 (A1)	2013	ARRIGO VINCENT	Refrigerator Crisper Ozonation System and Related Method	Bu buluş, etilen seviyesinin kontrol edildiği, farklı sıcaklıklara set edilebilen ve ozon jeneratörü içeren sebzelik yapısı ile ilgilidir. Ozon jeneratörü ozonu UV ışık ile üretmektedir. Sebzelik içindeki ozon konsantrasyonu seviyesi 0.075-0.095 ppm arasında sağlanabilmektedir.
JP 2010159900 (A)	2010	PANASONIC CORP	REFRIGERATOR	Bu modelde saklama bölümüne ozon sağlayan ozon jeneratörü için oksijen zenginleştirme mekanizması eklenmiştir. Böylece oksijen ile zenginleştirilmiş ortamda ozon verimli bir şekilde üretilmektedir ve meyve ve sebzelerdeki zirai ilaç kalıntıları düşük konsantrasyonlardaki ozon ile ayrışmaktadır.
JP 2013015268 (A)	2013	SHARP KK	REFRIGERATOR	Bu buluş, ozon uygulaması ile deodarizasyon sağlayan buzdolabı ile ilgilidir. Buzdolabı haznesi içinde yer alan deodarizasyon ünitesi hava kanalına ozon ve iyon üreten jeneratör, ozonun parçalanması için bir ozon katalisti içermektedir

3. MATERYAL-METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Ürünlerin temini

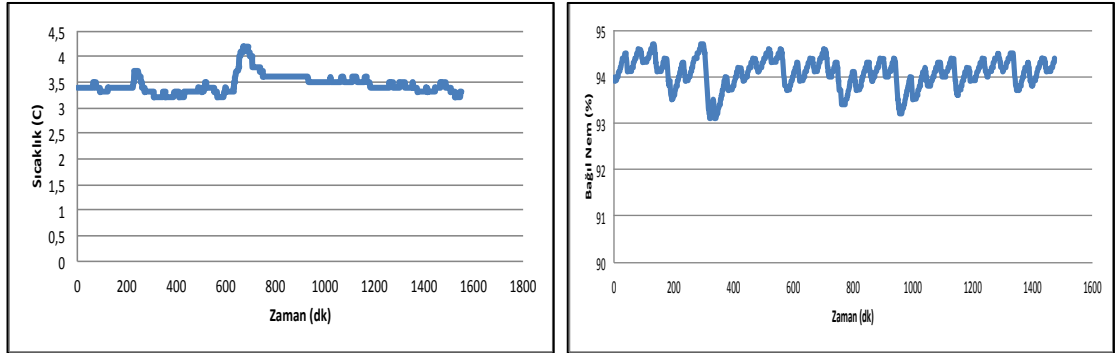
Çalışmada kullanılan brokoli, saltalık ve domates numuneleri yerel bir marketten temin edilmistir. Ürünler hasat sonrası bir gün içinde markete ulaştıktan sonra, aynı gün içinde araçla laboratuara getirilmiştir.

3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar

Analizlerde kullanılan kalsiyum karbonat (CaCO_3), aseton, eter, sodyum sülfat (Na_2SO_4), okzalik asit, 2,6 diklorofenol-indofenol, mannitol ve fizyolojik tuz çözeltisi Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir.

3.1.3 Ozon uygulaması

Çalışmada kullanılan Arçelik marka buzdolaplarının sebzelik bölmesindeki sıcaklık ve nem değerleri Ebro logger EBI TH ile sürekli olarak takip edilmiştir. Buzdolaplarının sıcaklık ve nem profilleri Şekil 3.1’te verildiği gibidir.

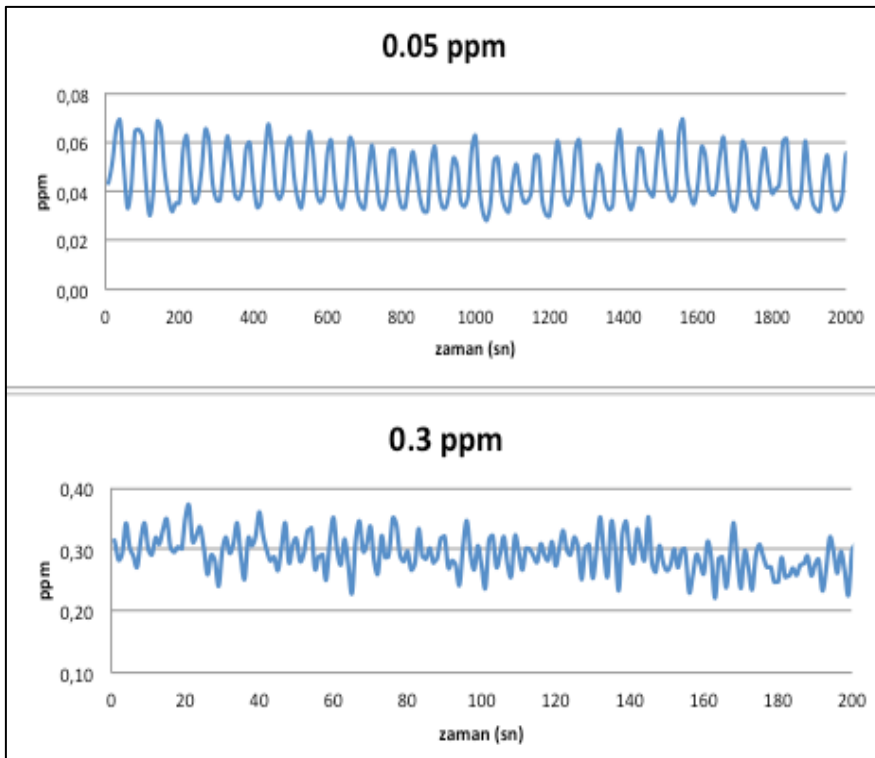


Şekil 3.1: Çalışmada kullanılan buzdolaplarının sıcaklık ve nem profilleri

Ozon uygulamasının daha kontrollü şekilde gerçekleştirilebilmesi için, sebzelik örtüsüne sahip buzdolapları tercih edilmiştir. Bu sayede normal buzdolaplarına oranla kısmen daha kapalı bir yapıya sahip olan bu sebzelik türünde, ozonun daha kontrollü muhafaza edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan üç adet buzdolabından bir tanesi kontrol grubu (ozon uygulaması yok) olarak seçilirken, diğer iki buzdolabına sırası ile 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması

gerçekleştirilmiştir. Ozon uygulaması Onnic firmasından temin edilen düşük kapasiteli ozon (7 mg/saat) jeneratörleri ile gerçekleştirilmiştir. Sebzelik içinde daha homojen bir ozon dağılımı sağlamak amacıyla jeneratörler sebzelik tavanına yerleştirilmiştir.

Ürünlerin sebzelik içinde saklanması sırasında ozon konsantrasyonu 2B Technologies Marka 106-L Model ozon analizörü ile sürekli olarak takip edilmiştir. Buna göre analizör kullanılarak her on saniyede bir kez sebzelik merkezinden ölçüm alınmıştır. Aynı zamanda ozon gazı değerinin 0,05 ve 0,3 ppm değerlerinde sabit kalabilmesi için jeneratörler saklama süresi boyunca timer ile belirli sürelerde ON ve OFF konumunda çalıştırılmıştır. Sebzelik içindeki ozon gazı profilleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Buzdolaplarının ozon gazı profilleri

3.2 Method

3.2.1 Brokoli, salatalık ve domateslerin ozon altında depolanması

Laboratuara getirilen brokoli, salatalık ve domates örnekleri ezik, çürük ve yaralı olanlar ayrıldıktan sonra, analize alınacaklar için kodlama yapılarak örnekler buzdolabı sebzeliklerine yerleştirilmiştir. Ozon uygulaması brokoli, salatalık ve domates yüklü sebzelikler buzdolabına girdikten hemen sonra başlamış ve ürünlerin

raf ömrü sonuna kadar ozonlama işlemine sürekli olarak devam edilmiştir. Genel olarak iki günde bir gerçekleştirilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik testler için, sebzelikten çıkarılan örnekler bekletilmeden analize alınmıştır.

3.2.2 Analizler

3.2.2.1 C vitamini

Brokoli ve domates örnekleri için yapılan C vitamini analizi spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Askorbik asitle reaksiyonu sonucu, asit ortamında pembe-mor renk alan indirgenmemiş, fazla 2,6-dikloroindofenol boyasının renginin 518 nm'de absorbansının ölçülmesi esasına dayanan bu metot, oda sıcaklığında (25°C+/-1) ve ışıksız oda koşulunda gerçekleştirilmiştir. Analiz edilecek örnekler beşer gram tartılmış ve tartılan örnekler 20 ml oksalik asit çözeltisi ile el blendırında homojenize edilmiştir. Çözeltinin hacmi oksalik asit ile 50 ml'ye tamamlanmış, 5 dk süreyle çalkalama cihazında çalkalanmış ve 10000 devir/dk'da 5 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen çözülden alınan 1 ml üst faz, 12 mg 2,6-dikloroindofenol sodyum dihidratın 1 litre saf suda çözünmesi ile elde edilen 9 ml boyar madde çözeltisi ile karıştırılmıştır. Çözelti absorbansı 1 ml örnek ve 9 ml saf su içeren tanık çözeltiye karşı okutulmuş bulunmuştur (Hışıl, 1993). Değerlendirmeler, tüm analizlerde her koşul için iki numune üzerinden yapılmıştır.

3.2.2.2 Klorofil

Klorofil ölçümü spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. 1 g numune ve 400 mg CaCO₃, 20 ml %85 aseton çözeltisi ile homojenize edildikten sonra siyah bant süzgeç kağıdı ile süzölmüş ve edilen süzüntü hacmi %85'lik aseton çözeltisi ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin 20 ml'si ayırma hunisine alınıp, üzerine 25 ml saf su ve 30 ml eter eklendikten sonra sulu faz uzaklaştırılmıştır. Eterli faz üzerine 50 ml saf su ve 10 ml eter ilave edilerek tekrar ayırma hunisinde çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çözeltideki asetonu uzaklaştırmak için aynı işlem iki kez tekrarlanmış ve sulu faz uzaklaştırılmıştır. Klorofil içeren eterli fazın hacmi, eterle birlikte 50 ml'ye tamamlanmış ve çözeltinin 20 ml kadarı alınıp susuz Na₂SO₄ ile kurutulmuştur. 660 ve 642,5 nm dalga boylarında absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Klorofil miktarı mg/L olarak aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (AOAC, 1990). Değerlendirmeler tüm analizlerde her koşul için iki numune üzerinden yapılmıştır.

$$\text{Toplam klorofil} = (7,12 \times A660) + (16,8 \times A642,5) \quad (3.1)$$

$$\text{Klorofil a} = (9,93 \times A660) - (0,777 \times A642,5) \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil b} = (17,6 \times A642,5) - (2,81 \times A660) \quad (3.3)$$

3.2.2.3 Ağrlık kaybı

Ağrlık kaybı değerlendirmesi için kontrol örnekleriyle, 0,05 ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen sebzeliğlerin her birine dört adet örnek kodlanarak yerleştirilmiştir. Her örneklemede kodlu örnekler tartılıp, tekrar sebzeliğlere yerleştirilmiştir. Numunelerin başlangıç ağrlıkları kaydedilip, her örneklemede ağrlıkları tekrar tartılarak, aradaki farktan % ağrlık kaybı belirlenmiştir.

3.2.2.4 Elektrolit sızıntısı

Membran geçirgenliğindeki değişimleri belirlemede kullanılan elektrolit sızıntısı değeri pH/konduktivite ölçüm cihazı (İnolab, level 3) ve konduktivite ölçüm hücresi (Tetracon 325, Standart, WTW, Almanya) kullanılarak test edilmiştir. Her bir koşuldaki alınan üç adet salatalığın her birinden üçer adet örnek hazırlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Yaklaşık 1,5 g örnek, 7 mm çapa sahip mantar delici ile çıkarılmış ve 4 mm kalınlıkta kesilmiştir. Örnekler 3 kere distile su ile yıkandıktan sonra, içinde 10 ml 0,4M mannitol bulunan 24°C'deki tüplere yerleştirilmiştir. Üç saat sonra solüsyonlarda konduktivite için probla ölçüm yapılmıştır (E₁). Daha sonra örnekler 120°C'ye ayarlanmış etüvde 20 dakika bekletilmiştir. Soğuduktan sonra tekrar elektrolit ölçümü yapılmıştır (E₂). Toplam elektrolit değeri iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanmıştır (Küşümler, 2011). Değerlendirmeler tüm analizlerde her koşul için 4 numune üzerinden yapılmıştır.

$$\% \text{ Toplam Elektrolit} = (E_1/E_2) \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.2.5 Renk

Salatalık ve domates numunelerinin renklerinin belirlenmesinde Minolta Chromameter CR-300 model renk ölçüm cihazı kullanılarak, Hunter L, a, b değerleri ölçülmüş ve hue angle (H°) hesaplanmıştır (3.5). Tüm örneklemede her bir üründen üçer okuma yapılmış ve her okumada üç ayrı noktadan ölçüm yapılarak, ortalama değer alınmıştır (Küşümler, 2011).

$$H^0 = \tan^{-1}(b/a) \quad (3.5)$$

3.2.2.6 Tekstür

Salatalık ve domates numunelerinin tekstürel özellikleri Texture Analyzer Model TA Plus, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) ve Nexygen™ (NexyGEN Plus, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) cihazı kullanılarak test edilmiştir. 5 mm çapında delme probu kullanılarak, 50 mm/dk hız değerinde çalışılmıştır. Ölçümlerde elde edilen maksimum güç değeri sertlik olarak değerlendirilmiştir. Her kontrol grubundan alınan beş adet salatalık numunesinden üçer adet ölçüm olarak değerlendirme yapılmıştır (Moalemiyan ve Ramaswamy, 2012).

3.2.2.7 Likopen

Domateslerin likopen içeriği spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bir miktar domates, aynı ağırlıkta saf su ile çok ince şekilde parçalanarak püre haline getirmiştir. 5 ml asetonunda hazırlanmış %0,05 (w/v) konsantrasyonda butillenmiş hidroksi toluen (BHT) içeren çözelti, 5 ml %95'lik etanol ve 10 ml hekzan olmak üzere 20 ml solvent ve toplam ağırlık 0,4-0,6 g olacak şekilde örnek numunesi ile vial içinde karıştırılmıştır. Vialler sıkıca kapatılarak, içinde buz olan bir kap içine konmuş ve yaklaşık 10 dakika çalkalanmıştır. Bu işlem sonrasında her vialde 3 ml deiyonize su eklenmiş ve 5 dk daha karıştırma gerçekleştirilmiştir. Çalkalama sonrası, faz ayrımı gerçekleşmesi için, vialler 5 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Üst katmanda yer alan ve likopen içeren fazın absorban değeri 503 nm'de okunmuştur (Cemeroğlu, 2010). Değerlendirmeler tüm analizlerde her koşul için iki numune üzerinden yapılmıştır.

3.2.2.8 Tirasyon asitliği

Domates örneklerinin asitlik içeriği titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Püre halinde getirilen örneklerden 10 gr tartılarak üzerine 50 ml saf su konulmuştur. Blendır ile homojenize edilen karışıma 2-3 damla fenolftalein damlatılmıştır ve karışım 0,1 N NaOH ile titre edilmiştir. Domatesin titrasyon asitliği sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010). Değerlendirmeler tüm analizlerde her koşul için iki numune üzerinden yapılmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği} = (\% = V \times f \times E \times 100) / m \quad (3.6)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (mL)

f: faktör (1)

E: 1 mL 0,1 N NaOH 'in eşdeğeri asit miktarı miktarı, g

m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, mL veya g.

3.2.2.9 Mikrobiyolojik analizler

Salatalık ve domates örnekleri için gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizlerde swap yöntemi kullanılmıştır. Buna göre örnek swap ile alındıktan sonra, swap uygun dilüsyon çözeltisine yerleştirilmiş ve bu çözelti üzerinden dilüsyon yapılması sonrasında uygun besiyerlerine ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Brokoli örnekleri içinse aseptik olarak tartılan (25 g) örnekler 225 ml fizyolojik tuz çözeltisi içinde bir dakika süreyle “stomacher”da (IUL, S.A., Barcelona, Spain) homojenize edildikten sonra ileri seyreltimler yapılmış ve uygun besiyerine ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki örnek için TMAB ve küf-maya sayımları yapılmıştır. Ekimi yapılan petriler, TMAB sayımda 37°C'de 48 saat, küf-maya sayımında ise 28-30°C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası gerçekleştirilen koloni sayımları log kob/ml birimine çevrilerek yorumlanmıştır. Değerlendirmeler tüm analizlerde her koşul için iki numune üzerinden yapılmıştır.

3.2.2.10 Görsel değerlendirme

Brokoli, salatalık ve domates örneklerinin görsel değerlendirme testleri Arçelik A.Ş çalışanlarından oluşan 6 kişilik eğitimli panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Görsel kalite analizleri, ISO 8589 standardına (ISO, 1988) uygun özellikteki Arçelik A.Ş. duyuşal laboratuvarında yapılmıştır.

Sebzelikten çıkarılan brokoli, salatalık ve domatesler hemen analize alınmıştır. Her koşulda 3'er adet numune için değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Örnek kaliteleri 5'lik skala üzerinden değerlendirmeye alınmıştır (5: görsel kalite (tüketilebilirlik) çok iyi; 4: görsel kalite (tüketilebilirlik) iyi; 3: sınırlı koşullarda tüketilebilir; 2; görsel kalite (tüketilebilirlik kötü); 1: tüketilemez).

3.2.2.11 İstatistiksel analiz

Tüm istatistiksel değerlendirmeler Minitab (Minitab 16 Statistical Software for Windows®, Minitab Inc., Pennsylvania, USA) yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı ozon konsantrasyonlarının farklı ürünlerin kalite parametreleri üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalarda, etkinin önemli olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla analiz sonuçları varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucu ortaya çıkan farklılıkların hangi düzeyler

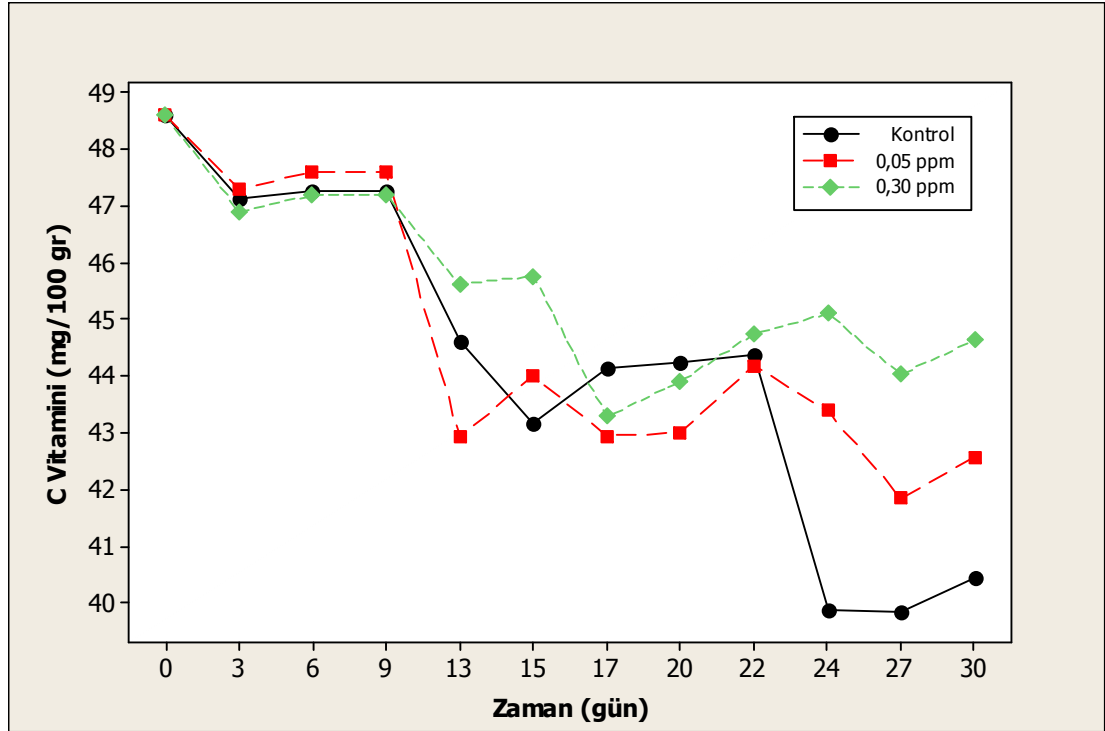
arasında önemli olduğunu tespit etmek içinse Tukey testi ile %95, p (0,05), güven düzeyinde çoklu karşılaştırma yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Brokoli

4.1.1 C vitamini içeriği

Brokoli örneklerinin C vitamini içeriğinin saklama süresince azalma eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Başlangıçtaki C vitamini içeriği 48,6 mg/100 gr olan 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulanan ve herhangi bir işlem görmemiş kontrol grubu örneklerinin saklama sonundaki C vitamini içeriği değerleri sırası ile 42,6 mg /100 gr, 44,6 mg/100 gr ve 40,5 mg/100 gr olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Buna göre muhafaza süresi boyunca en fazla değişimin kontrol grubu örneklerinde olduğu gözlenirken, en az değişim 0,3 ppm ozon gazı uygulamasında meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 4.1: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre C vitamini içeriği değişimi

Tukey testine göre, her üç grup için saklama boyunca meydana gelen C vitamini değişimi anlamlı bulunurken ($p < 0,05$); aynı zamanda gruplar arasında da C vitamini

değeri açısından farklılık elde edilmiştir ($p<0,05$). Saklama sırasındaki C vitamini içeriği, 24. günden itibaren gruplar arasında farklılaşmaya başlamış ve saklama süresinin son günü olan 30. gün, en yüksek C vitamini değeri 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonu altında saklanan brokoli numunelerinde elde edilmiştir

Çizelge 4.1: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait C vitamini miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>C Vitamini (mg/100 gr)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	48,6±0,3 ^a _a	48,6±0,3 ^a _a	48,6±0,3 ^a _a
3	47,3±0,1 ^a _a	46,9±0,7 ^{bc} _a	47,1±0,4 ^a _a
6	47,6±0,1 ^a _a	47,2±0,3 ^{ab} _b	47,3±0,0 ^a _{ab}
9	47,6±0,1 ^a _a	47,2±0,3 ^{ab} _b	47,3±0,0 ^a _{ab}
13	42,9±1,6 ^b _b	45,6±0,1 ^{cd} _a	44,7±0,1 ^b _{ab}
15	44,0±0,3 ^b _b	45,8±0,0 ^{bcd} _a	43,2±0,6 ^b _c
17	42,9±2,4 ^b _a	43,3±0,1 ^f _a	44,2±0,3 ^b _a
20	43,0±2,0 ^b _a	43,9±0,4 ^{ef} _a	44,2±1,2 ^b _a
22	44,2±0,8 ^b _a	44,8±0,2 ^{def} _a	44,4±0,7 ^b _a
24	43,4±0,2 ^b _a	45,1±0,2 ^{de} _a	39,9±2,4 ^c _b
27	41,8±0,0 ^b _b	44,0±1,6 ^{ef} _a	39,8±0,2 ^c _c
30	42,6±0,4 ^b _b	44,6±0,8 ^{def} _a	40,5±0,6 ^c _c

*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

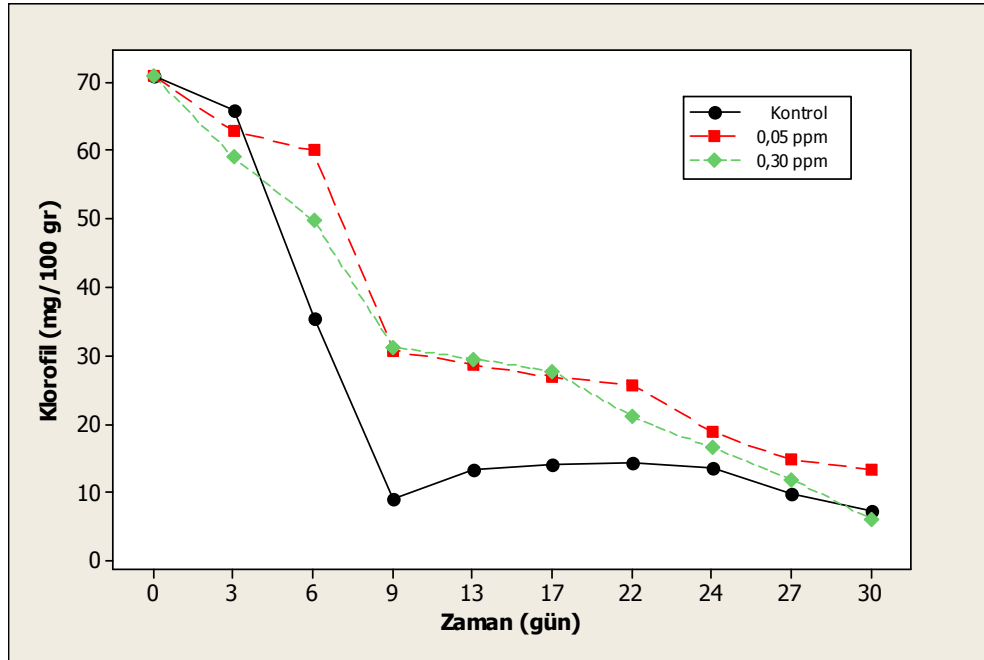
Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

C vitamini beslenmede oldukça önemli bir yeri olan besin ögesidir ve gıdalardaki konsantrasyonu sıcaklık, atmosfer bileşimi vb. saklama koşullarından çabuk etkilenebilmektedir. Brokoli C vitamini içeriği açısından en zengin sebze türlerindedir ve vitamin içeriği saklama süresince azalma göstermektedir. Yapılan önceki çalışmalarda, başlangıç C vitamini içeriği 52,34 mg/100 gr olan brokoli örneklerinin 28 gün modifiye atmosfer koşulları altında saklanması sırasında C vitamini içeriğinin 50,18 mg/100 gr olarak elde edilirken, herhangi bir işlem görmemiş örneklerde 11,95 mg/100 gr değerine düştüğü gözlenmiştir (Sabir, 2012). 1-methylcyclopropene uygulamasının brokoli kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, 20°C’de 5 gün saklanan brokoli örneklerinin C vitamini içeriğinin 1-methylcyclopropene uygulanan örneklerde %30, herhangi bir

uygulama gerçekleştirilmeyen kontrol grubu örneklerinde ise %50 oranında kayba uğradığı ortaya konulmuştur (Yuan ve ark., 2010). Ozon uygulamasının hasat sonrası çilek kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada ise, 3 gün boyunca 2°C’de 0,35 ppm ozon gazı altında saklanan çilek meyvesinde askorbik asit değişimi anlamlı bulunmuştur. Soğukta saklama sonunda C vitamini içeriği, ozon uygulanan çilek numunelerinde kontrol grubuna göre 3 kat daha fazla elde edilmiştir. Ozon yüksek oksidatif kapasitesi nedeniyle fitotoksik ajan olarak davranabilmektedir. Ozon ve ozon türevi oksiradikaller, askorbik asit gibi düşük molekül ağırlığındaki antioksidanlar tarafından tutulabilmektedir. C vitamini içeriğinin ozon uygulaması ile artış göstermesi meyvedeki karbonhidrat rezervlerinden C vitamini biosentezi sağlayan antioksidatif sistemle ilişkili olabilmektedir (Perez ve ark., 1999).

4.1.2 Klorofil içeriği

Saklama süresi boyunca brokoli örneklerinin klorofil değerinde azalma meydana geldiği gözlenmektedir (Şekil 4.2). Başlangıç değer olarak 70,8 mg/100 gr klorofil içeriğine sahip 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinin klorofil içeriği saklama sonunda sırası ile 35,5; 32,8 ve 26,3 mg/100gr olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Her üç grup için klorofil içeriğinde günlere göre meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$)



Şekil 4.2: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi

Gruplar arasındaki klorofil degradasyonu değerlendirildiğinde, saklama süresi boyunca klorofil seviyesindeki en fazla değişimin kontrol grubu örneklerinde meydana geldi görülmektedir. 9. gün sonunda kontrol grubu örneklerinin klorofil değerinde önemli bir azalma gözlenirken, ozon uygulanmış örneklerde, klorofil degradasyonun daha yavaş gerçekleştiği elde edilmiştir. Ozon uygulanmış brokoli örneklerinin klorofil içeriği, ozon uygulanmayan kontrol grubu örneklerine göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.2: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait klorofil miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Klorofil (mg/100 gr)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	70,8±3,3 ^a _a	70,8±3,3 ^a _a	70,8±3,3 ^a _a
3	62,8±3,4 ^b _{ab}	59,0±1,3 ^b _b	66,0±0,6 ^a _a
6	60,0±2,5 ^b _a	49,8±0,1 ^c _b	35,4±1,5 ^b _c
9	30,8±2,7 ^c _a	31,2±3,7 ^d _a	9,0±2,5 ^{cd} _b
13	28,6±2,3 ^c _a	29,5±2,7 ^{de} _a	13,2±3,0 ^{cd} _b
17	26,9±4,9 ^{ca} _a	27,7±5,4 ^{de} _a	14,0±2,0 ^c _b
22	25,0±3,5 ^{cd} _a	21,1±5,4 ^{ef} _{ab}	14,2±3,2 ^c _b
24	18,8±3,5 ^{de} _a	16,5±3,8 ^{fg} _a	13,6±1,7 ^c _a
27	14,8±1,5 ^e _a	11,9±0,8 ^{gh} _b	9,8±1,1 ^{cd} _c
30	13,2±0,4 ^e _a	6,1±0,4 ^h _b	7,4±1,9 ^d _b

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

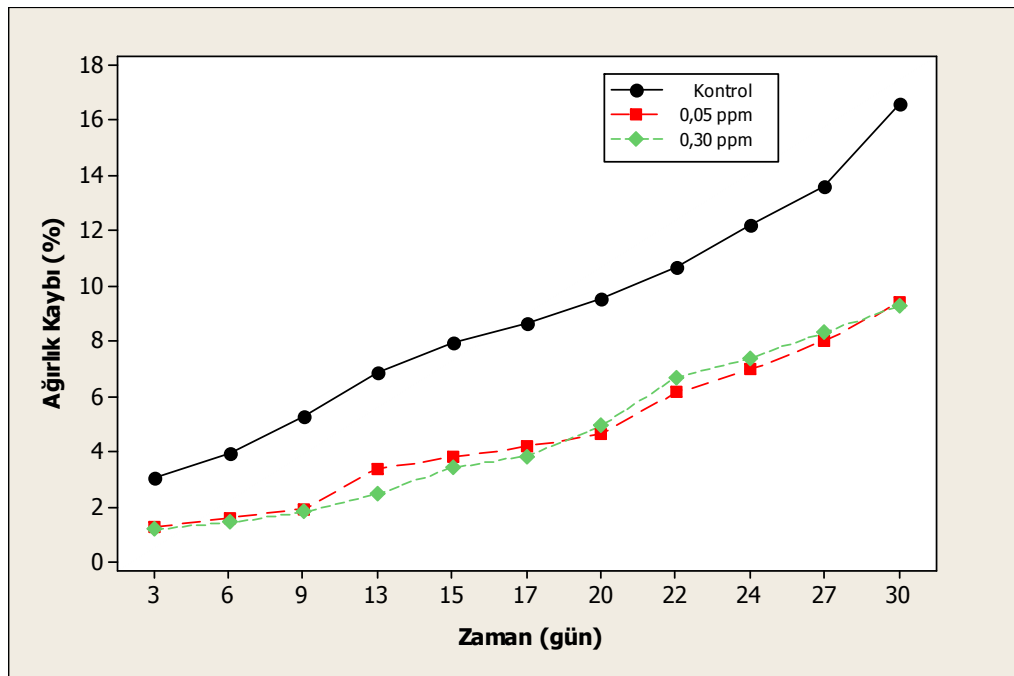
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Önceki çalışmalarda hem oda sıcaklığında hem de soğukta saklama sırasında, enzim aktivitesine bağlı olarak brokolinin başlangıç klorofil içeriğinin zamanla azalacağı ortaya konulmuştur (Aiamla-or ve ark, 2009; Nath ve ark., 2011). Forney ve ark.; 0,2 ppm ve 0,7 ppm ozon gazı konsantrasyonunun brokoli klorofil içeriği üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, brokolide meydana gelen sararmanın etilen kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir (2003). Bu durumda ozon uygulanmış brokoli örneklerinin sarılık derecelerinin daha düşük olmasını, klorofil degradasyonuna eden olan enzimlerin ozon gazı ile inaktive edilmesi ve/veya klorofilin korunmasını sağlayan antioksidan indüksiyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Aynı çalışmada klorofil

degradasyonunun lipid peroksidasyonu kaynaklı olabileceği, ozonun brokolide klorofil kaybını engelleyecek antioksidan kimyasallar ve enzimlerin artışı sağladığı vurgulanmıştır. Ozonun maydanoz kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, 950 µl/l ozon konsantrasyonunun maydanoz klorofil içeriğinde herhangi bir değişim meydana getirmediği ortaya konulmuştur (Karaca ve Veliöğlu, 2014). Ozonun pazının klorofil miktarına olan etkisinin incelendiği başka bir çalışmada ise, ozon dozunun artırılması ile klorofil a ve klorofil b miktarlarında meydana gelen azalmaların da artış gösterdiği elde edilmiştir. Klorofil a ve klorofil b miktarında meydana gelen azalma üzerinde 20 g/saat ozon uygulamasının, klor ve hidrojen peroksit gibi dezenfektan uygulamalarına kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir (Sevilgen, 2009)

4.1.3 Ağırlık kaybı

Saklama süresi boyunca nem kaybına bağlı olarak ürünlerin ağırlık değerinde azalma meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.3). Saklama süresi boyunca 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinin ağırlık değerlerinde meydana gelen % değişim sırası ile 9,4; 9,3 ve 16,6 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.3: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değişimi

Her grup için günlere göre anlamlı olan bu değişim ($p < 0,05$), ozon uygulanmış ve uygulanmamış örnekler arasında da istatistiksel olarak farklılık göstermektedir. %

ağırlık kaybı değerinin 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması koşullarında benzer, fakat kontrol grubu örneklerinde ozon gruplarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%) *</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
3	1,3±0,0 ^f _b	1,2±0,1 ^e _b	3,1±0,3 ⁱ _a
6	1,6±0,0 ^f _b	1,4±0,2 ^{de} _b	3,9±0,1 ^{hi} _a
9	1,9±0,2 ^{ef} _b	1,8±0,1 ^{de} _b	5,3±0,4 ^{gh} _a
13	8,3±0,8 ^{def} _b	9,6±0,2 ^{cde} _b	9,8±0,9 ^{fg} _a
15	3,8±0,9 ^{de} _b	3,4±0,6 ^{bcd} _b	8,0±0,8 ^{ef} _a
17	4,2±0,8 ^{cd} _b	3,8±0,7 ^{bcd} _b	8,7±0,6 ^{def} _a
20	4,7±0,8 ^{cd} _b	5,0±0,9 ^{abcde} _b	9,6±0,1 ^{de} _a
22	6,2±0,4 ^{bc} _b	6,7±1,6 ^{abcd} _b	10,7±0,3 ^{cd} _a
24	7,0±0,5 ^b _b	7,4±1,9 ^{abc} _{ab}	12,2±0,5 ^{bc} _a
27	8,0±0,3 ^{ab} _a	8,3±1,3 ^{ab} _a	13,6±0,8 ^b _a
30	9,4±0,1 ^a _b	9,3±1,5 ^a _b	16,6±0,2 ^a _a

*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

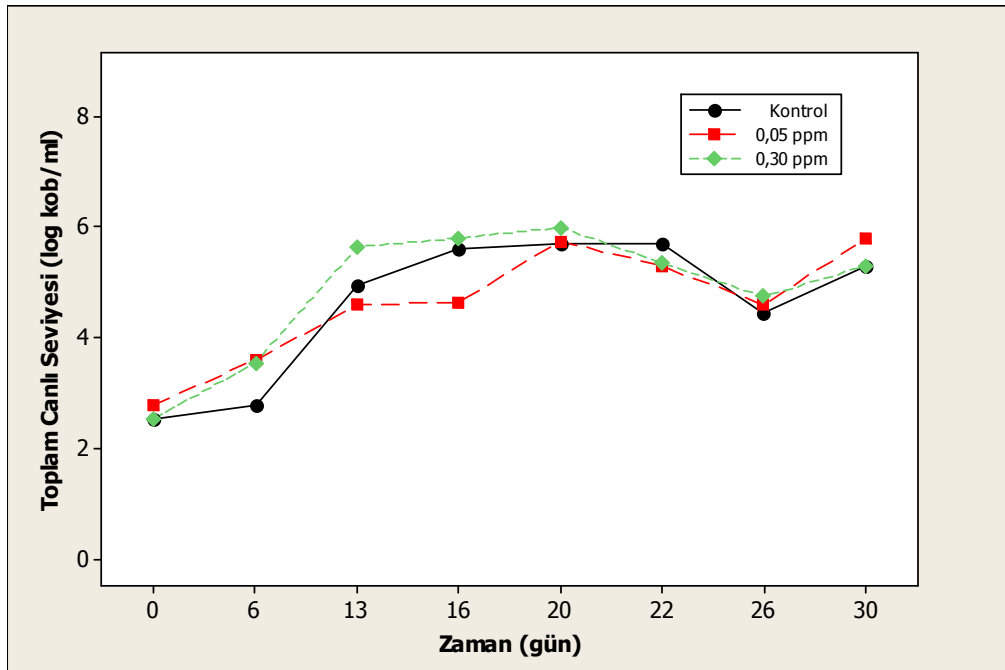
Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Önceki çalışmalarda, 0,7 ppm ozon gazı uygulamasının brokolide ağırlık kaybını arttırdığı ortaya konulmuştur. Buna göre 0,7 ppm ozon uygulanan numunelerde başlangıca göre %24 ağırlık kaybı meydana gelirken, 0,2 ppm ozon gazı uygulanan ve herhangi bir işlem görmeyen kontrol grubu örnekleri birbirleri ile benzer ağırlık kaybı değerlerine sahip olmaktadır. Yüksek doz (0,7 ppm) uygulamada meydana gelen bu farklılık ozonun dokuda meydana getirdiği hasarla ilişkilendirilmiştir. Ozon kaynaklı membran hasarlanmaları, su kaybında artışına sebep olabilmektedir (Forney ve ark., 1999). Bunun yanında 2003 yılında gerçekleştirilen bir başka çalışmada, 1,5 ppm ozon uygulanan çileklerde, 2°C saklama sırasında herhangi bir uygulama gerçekleştirilmeyen kontrol grubuna göre daha düşük oranda ağırlık kaybı elde edilmiştir. Bu durum ozonun terlemeyi etkileyerek, su kaybını azaltması ile

ilişkilendirilmektedir (Nadas ve ark.). 0,3 ppm ozon içeren su ile muamele edilmiş üzüm örneklerinde ise, işlem görmüş örneklerdeki ağırlık kaybı kontrol grubu örneklerine göre % 0,06 oranında daha az ölçülmüştür. Aynı çalışmada, yüksek konsantrasyonda kullanılan ozonun dokuda meydana gelebilecek zararlanmalardan dolayı ağırlık kaybını arttırabileceği belirtilmiştir (Geransayeh ve ark., 2012) .

4.1.4 Mikrobiyolojik analizler

Saklama süresi boyunca brokoli numunelerindeki toplam canlı sayısında meydana gelen değişim Şekil 4.4' te verilmiştir. Buna göre toplam canlı sayısının başlangıca göre artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.4: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre toplam canlı sayısı değişimi

Buna göre 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu örneklerinde sırasıyla 2,8; 2,6 ve 2,6 log kob/ml olan başlangıç toplam canlı sayısı 30. gün sonunda 5,8; 5,3 ve 5,3 log kob/ml olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Gruplar arasında toplam canlı sayısı değeri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.4: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait toplam canlı sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Toplam Canlı Sayısı (log kob/ml)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	2,8±0,4 ^c _a	2,6±2,1 ^c _a	2,6±0,1 ^b _a
6	3,6±0,4 ^{bc} _a	3,6±0,8 ^{bc} _a	2,8±0,3 ^b _a
13	4,6±0,4 ^{abc} _a	5,7±0,5 ^a _a	5,0±0,2 ^a _a
16	4,7±0,4 ^{abc} _a	5,8±0,1 ^a _a	5,6±1,0 ^a _a
20	5,8±0,6 ^a _a	6±0,1 ^a _a	5,7±0,3 ^a _a
22	5,3±0,4 ^{ab} _a	5,4±0,6 ^a _a	5,8±0,6 ^a _a
26	4,6±0,9 ^{abc} _a	4,8±0,2 ^{ab} _a	4,5±0,6 ^{ab} _a
30	5,8±0,3 ^a _a	5,3±0,4 ^a _a	5,3±0,3 ^a _a

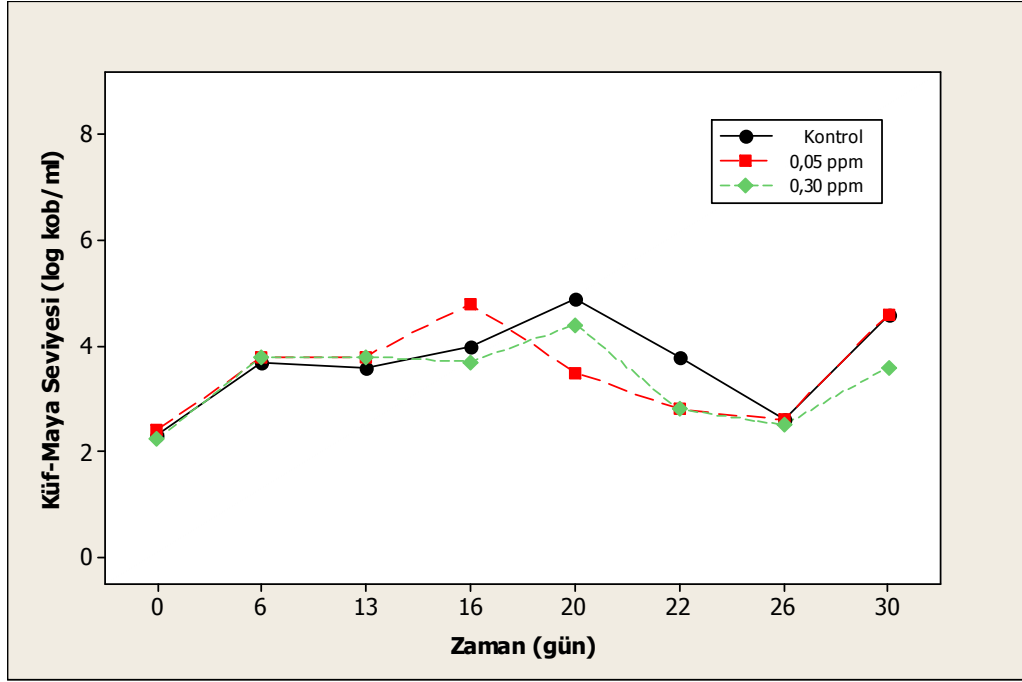
*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Ozon antimikrobiyal etkiye sahip bir bileşiktir. Moleküler ozon mikroorganizma hücrelerinin membran geçirgenliğine etki etmektedir ve bu durum hücre içi bileşenlerinin reaksiyonuna ve sonuç olarak hücre ölümüne sebep olmaktadır (Ölmez, 2012). Hurma meyvesindeki mikrobiyal yükün ozon uygulaması ile azaltılması üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, ozon gazının etkinliği 1, 3 ve 5 ppm konsantrasyonlarda ve 15, 30, 45 ve 60 dk uygulama sürelerinde test edilmiştir. Buna göre toplam mezofilik mikroorganizma sayısının 1, 3 ve 5 ppm konsantrasyonlarının 1 saatlik uygulaması sonucu başlangıç değer olan 4,06 kob/gr değerinden sırası ile 3,8; 3,6 ve 3,5 log kob/gr değerine düştüğü gözlenmiştir. Gruplar arası elde edilen bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Aynı çalışmada uygulama süresinin arttırılması ile (3 ya da 5 saat) daha yüksek oranda mikrobiyal azalma sağlanabileceği belirtilmiştir (Najafi ve Khodaparast, 2009). Ozon gazının kuru incirdeki mikrofloraya etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise, 13,8 mg/l ozon uygulanan kuru incir örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısının 7,5; 15 ve 30 dakikalık uygulama sonrası sırası ile 0,81; 1,0 ve 1,42 log kob/gr azaltıldığı görülmüştür. Bu deneysel çalışmada test edilen 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonlarının brokolideki toplam canlı sayısının azaltılmasında yeterli

olmadığı görülmüştür. Etkili bir mikrobiyal azalma sağlanabilmesi için daha yüksek konsantrasyonların denenmesi gerekmektedir.

30 günlük saklama periyodu boyunca salatalık örneklerinin küf-maya sayısında meydana gelen değişim Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Günlere göre küf-maya sayısında önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.5: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre küf-maya sayısı değişimi

0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu örnekleri için sırasıyla 2,4; 2,3 ve 2,3 log kob/ml olan başlangıç küf-maya sayısı, 30. gün sonunda 4,6; 3,6 ve 4,6 log kob/ml olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Gruplar arasında küf-maya sayısı değeri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.5: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait küf-maya ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Küf-Maya (log kob/ml)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	2,4±0,1 ^d _a	2,3±0,2 ^b _a	2,3±0,1 ^b _a
6	3,8±0,1 ^{ab}	3,8±0,0 ^{ab}	3,7±0,4 ^{ab}
13	3,8±0,1 ^{ab} _a	3,8±0,6 ^{ab} _a	3,6±0,6 ^{ab} _a
16	4,8±0,3 ^a _a	3,7±0,3 ^{ab} _a	4,0±0,7 ^{ab} _a
20	3,5±0,3 ^{bc} _a	4,4±1,0 ^a _a	4,9±0,3 ^a _a
22	2,8±0,3 ^{bcd} _a	2,8±0,3 ^{ab} _a	3,8±0,3 ^{ab} _a
26	2,6±0,3 ^{cd} _a	2,5±0,3 ^b _a	2,6±0,6 ^b _a
30	4,6±0,4 ^a _a	3,6±0,3 ^{ab} _a	4,6±0,6 ^a _a

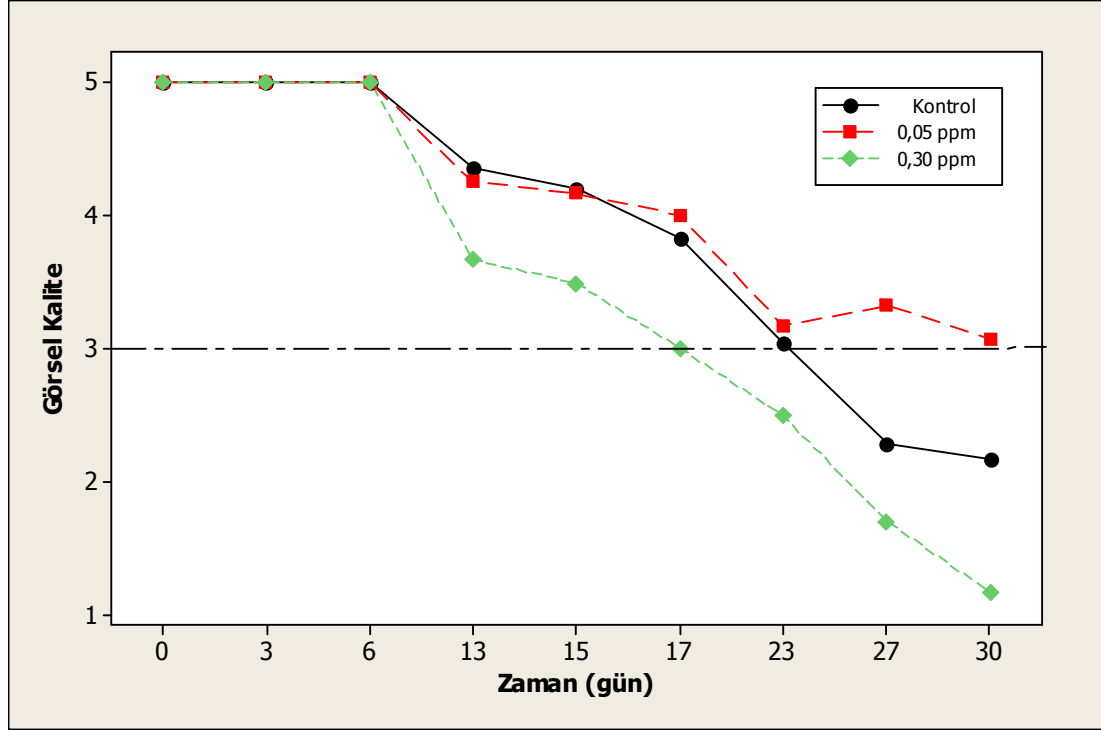
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Toplam canlı sayısına benzer şekilde, ozonun küf-maya sayısının azaltılmasında etkili bir dezenfektan olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, hurma meyvesinin 3,9 log kob/gr olarak bulunan başlangıç küf-maya sayısının ozon uygulaması ile birlikte azalma gösterdiği elde edilmiştir. 1, 3 ve 5 ppm konsantrasyonlarında 1 saatlik ozon uygulaması sonucu küf-maya sayısı sırası ile 3,8; 3,6 ve 3,5 log kob/gr olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada küf/maya aktivitesinin azaltılması için düşük konsantrasyonlarda daha uzun süre ya da daha yüksek konsantrasyonlarda daha kısa süre uygulama yapılması gerektiği belirtilmiştir (Najafi ve Khodaparast, 2009). Farklı uygulama koşulları için ozon gazının fungal bozulmalarda etkili olduğu literatürde yer almaktadır. Buna göre 0,35 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen çileklerde, işlem görmemiş ürünlere oranla %15 daha az fungal bozulmaya rastlanmıştır. Ozon konsantrasyonunun artırılması ile daha yüksek oranda fungal azalma sağlanacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada uygulanan 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonlarının, brokolideki küf-maya seviyesinde azalma sağlayacak düzeyde olmadığı görülmektedir.

4.1.5 Görsel değerlendirme

Her üç gruba ait brokoli örneklerinde görsel kalite, saklama süresi boyunca azalmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu brokoli örneklerinde zamana göre görsel kalite değişimi

0. gün; 0,05 ppm ile 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan ve kontrol grubu örnekleri için 5 (5: görsel kalite (tüketilebilirlik) çok iyi) olan görsel kalite değeri; 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan örneklerde, 17. günden sonra sınır değer olarak kabul edilen 3 (3: sınırlı koşullarda tüketilebilir) değerinin altına düşmektedir. Kontrol grubu örnekleri 23. gün sonunda "3" sınır değerinin altına düşerken; 0,05 ppm ozon gazı altında saklanan örneklerin 30. gün sonunda hala sınır değerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Görsel Kalite*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
3	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
6	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
13	4,3±0,1 ^b _a	3,7±0,2 ^{ab} _b	4,3±0,2 ^{ab} _a
15	4,2±0,2 ^b _a	3,5±0,3 ^{abc} _b	4,2±0,1 ^b _a
17	4,0±0,2 ^b _a	3,0±1,0 ^{bc} _b	3,8±0,1 ^b _a
23	3,3±0,2 ^c _a	2,1±0,8 ^{cd} _b	3,1±0,1 ^c _{ab}
27	3,3±0,2 ^c _a	1,7±0,4 ^d _b	2,3±0,7 ^d _{ab}
30	3,1±0,4 ^c _a	1,2±0,3 ^d _c	2,2±0,3 ^d _b

*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Brokoli kalitesinin incelediği önceki çalışmalarda, 1-2°C sıcaklığa sahip buzdolabı koşullarında saklanan örneklerin, bu deneysel çalışmada kontrol grubu için elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, 20. gün sonunda tüketilemez duruma geldikleri gözlenmiştir (Fernandez-Leon, 2013). Diğer taraftan gruplar arasında oluşan farklılığın temel sebepleri 0,3 ppm ozon konsantrasyonunun brokoli örnekleri üzerinde kararmalara/rengi değişimlerine sebep olması ve kontrol grubu örneklerinde ağırlık kaybına bağlı olarak yumuşama, büzüşme benzeri tekstürel değişimlerin meydana gelmesidir.

Duyusal değerlendirme testleri sırasında yüksek ozon konsantrasyonunun örnek üzerinde kararmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Buna göre kararma parametresi açısından değerlendirilen örneklerin (5: Kararma yok; 3: Orta seviyede kararma; 1: Şiddetli kararma) Tukey testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Saklama boyunca 0,3 ppm ozon örneklerinde görsel olarak daha yüksek oranda kararma meydana geldiği gözlenirken, istatistiksel olarak bu fark 27. günden itibaren önemli olmaktadır.

Çizelge 4.7: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait kararına değerleri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Kararına*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
3	4,7±0,3 ^a _{ab}	4,2±0,3 ^{ab} _b	5,0±0,0 ^a _a
6	4,7±0,3 ^a _a	3,9±0,4 ^{abc} _a	4,7±0,3 ^{ab} _a
13	4,7±0,3 ^a _a	3,9±0,4 ^{abc} _a	4,7±0,3 ^{ab} _a
15	4,4±0,6 ^{ab} _a	3,7±0,8 ^{abcd} _a	4,6±0,3 ^{ab} _a
17	4,0±0,4 ^{abc} _a	3,1±1,0 ^{bcd} _a	4,0±0,2 ^b _a
23	3,4±0,4 ^{bc} _a	2,3±0,9 ^{cd} _a	3,2±0,3 ^c _a
27	3,4±0,3 ^{bc} _a	2,1±0,5 ^d _b	3,1±0,1 ^c _a
30	3,1±0,3 ^c _a	2,0±0,5 ^d _a	3,1±0,3 ^c _b

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

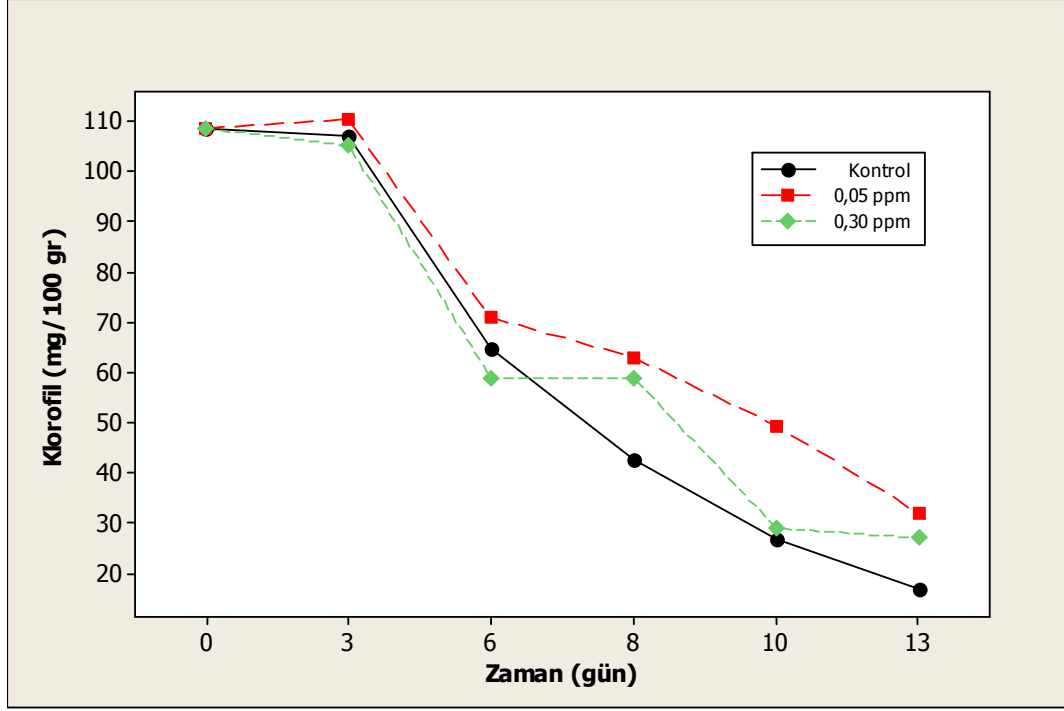
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Bu deney çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde, ozon gazının ürünlerde renk değişimi/kararmaya sebep olabileceği literatürde yer almaktadır. Ozon gazının, hücre duvarı ve plazma membranında dekompoze olması membran geçirgenliğini arttırmaktadır. Bu durum hücresel bileşenlerin kaybı ile oksidatif enzimlerin aktivitesinin artmasına neden olmaktadır (Skug ve Chu, 2001).

4.2 Salatalık

4.2.1 Klorofil içeriği

Her üç grup salatalık örneğinin klorofil içeriğinde saklama süresi boyunca azalma meydana geldiği görülmektedir ($p < 0,05$) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi

Buna göre salatalıktaki başlangıç değeri 108,8 mg/100 gr olan klorofil içeriği, saklama süresi sonunda 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinde sırası ile 37,1; 27,1 ve 17,0 mg/100 gr olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

6. günden itibaren gruplar arasında klorofil içeriği farklılaşmaya başlamış, saklama periyodunun son günü olan 13. gün ise en yüksek klorofil içeriği 0,05 ppm ozon gazı uygulanan örneklerde elde edilmiştir. Buna göre klorofil miktarındaki en fazla değişim kontrol grubu örneklerinde elde edilirken; 0,05 ppm ozon gazı uygulamasında klorofil değişiminin daha düşük seviyelerde gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.8: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait klorofil miktarı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Klorofil (mg/100 gr)*</i>		
	0,05 ppm	0,3 ppm	Kontrol
0	108,8±5,2 ^a _a	108,8±5,2 ^a _a	108,8±5,2 ^a _a
3	110,5±0,5 ^a _a	105,3±2,0 ^a _b	107,3±0,9 ^a _b
6	70,9±4,9 ^b _a	59,0±1,1 ^b _b	64,9±4,0 ^b _{ab}
8	63,1±1,7 ^b _a	59,0±2,1 ^b _a	42,6±4,4 ^c _b
10	49,5±2,5 ^c _a	29,1±4,5 ^c _b	26,7±1,2 ^d _b
13	37,1±2,5 ^d _a	27,1±2,3 ^c _b	17,0±0,5 ^e _c

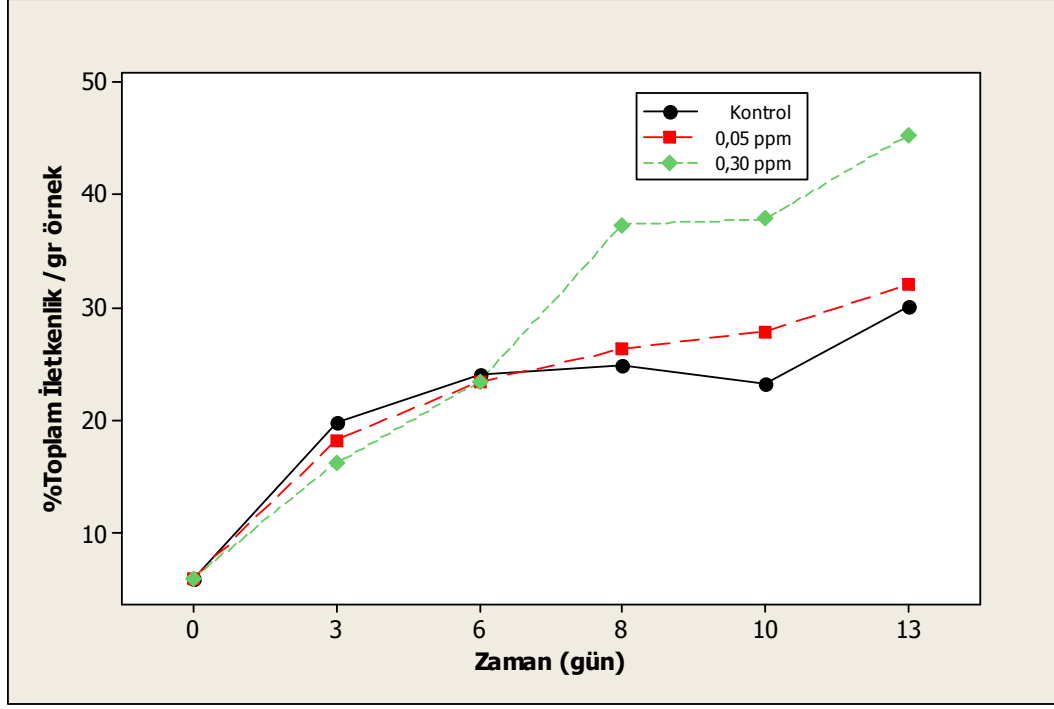
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Moalemiyan ve Ramaswamy (2012) tarafından salatalığın 12°C'de 13 günlük saklama periyodu sonrasında başlangıca göre klorofil içeriğinin yaklaşık %35 azalma gösterdiği ortaya konulmuştur. Ozon gazının salatalık klorofil içeriği üzerindeki etkisi incelendiğinde, brokoli numunelerinde elde edilen verilerle benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. 0,05 ppm ozon konsantrasyonu altında daha yüksek klorofil içeriğinin elde edilmesi, 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonunun salatalık örnekleri için klorofil degradasyonuna sebep olması ile açıklanabilmektedir (Sevilgen, 2009).

4.2.2 Elektrolit sızıntısı

Elektrolit sızıntısı dokuda meydana gelen hasarlanmaya bağlı olarak, saklama süresince başlangıç değerine göre artış göstermektedir (p<0,05) (Şekil 4.8). Başlangıç elektrolit sızıntısı değeri % 6,1 olan salatalık numunelerinin, saklama sonrasında 0,05 ppm, 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerindeki elektrolit sızıntısı değeri, sırası ile % 32,0; 45,3 ve 30,1 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9). Her üç koşul altında saklanan salatalık numunelerinin 8. güne kadar benzer olan elektrolit sızıntısı değerleri, özellikle 8. günden itibaren gruplar arasında farklılık göstermeye başlamıştır (p<0,05).



Şekil 4.8: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre elektrolit sızıntısı değişimi

Saklama süresinin sonuna kadar; 0,05 ppm ozon gazı altında saklanan salatalık numuneleri ile kontrol grubuna ait örneklerin ölçülen elektrolit sızıntısı değerleri benzerken; 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen örneklerin elektrolit sızıntısı değerinin bu iki gruptan daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait elektrolit sızıntısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

Günler	Elektrolit Sızıntısı (%)*		
	0,05 ppm	0,3 ppm	Kontrol
0	6,1±0,7 ^e _a	6,1±0,7 ^e _a	6,1±0,7 ^d _a
3	18,3±1,9 ^d _a	16,3±2,2 ^d _{ab}	19,9±1,7 ^c _b
6	23,4±2,0 ^c _a	23,4±3,3 ^c _a	24,1±3,3 ^b _a
8	26,4±3,7 ^{bc} _b	36,6±3,8 ^b _a	25,0±1,9 ^b _b
10	27,9±1,8 ^{ab} _b	40,0±6,8 ^b _a	23,3±3,4 ^{bc} _b
13	32,0±5,5 ^a _b	45,3±2,6 ^a _a	30,1±2,6 ^a _b

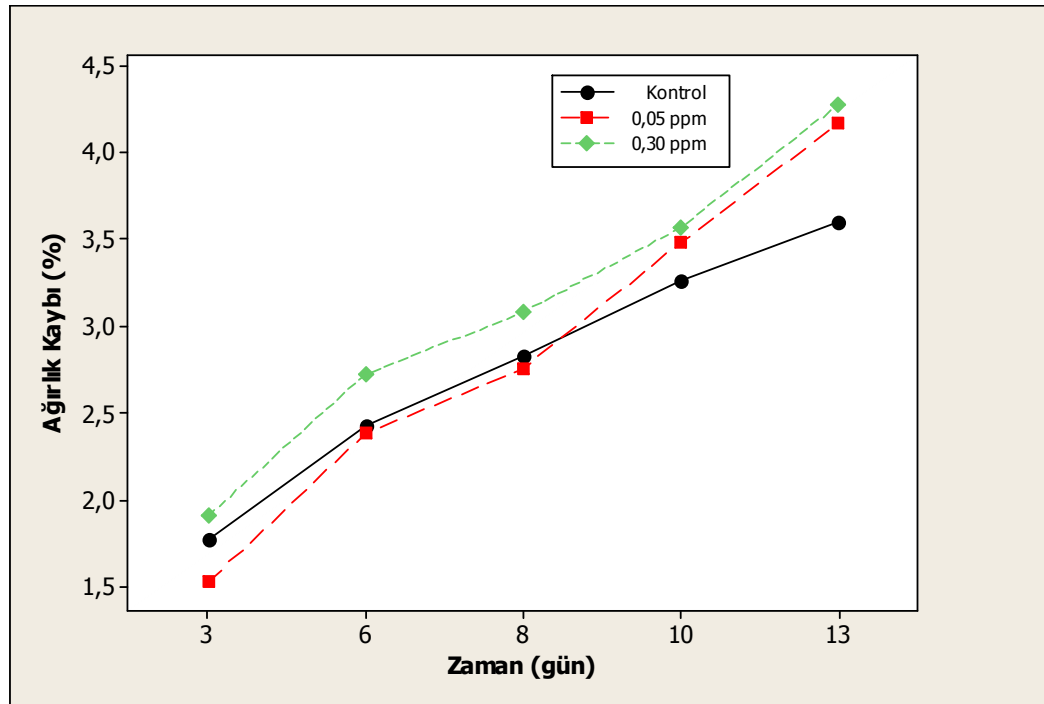
*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Yüksek konsantrasyonlarda uygulanan ozon gazı sebze ve meyvelerde fizyolojik zararlanmalara sebep olabilmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen meyve ve sebzelerde daha yüksek elektrolit sızıntısı elde edildiği ortaya konulmuştur. Aynı zamanda yüksek ozon gazının canlı hücrelerdeki, lipid peroksidasyonuna sebep olabileceği düşünülmektedir. Bu durumda zarar gören hücrelerde, daha yüksek oranda elektrolit sızıntısı değeri elde edilebilmektedir. Farklı ozon gazı konsantrasyonlarının havuç kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, 60 µl/l ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen havuç örneklerinde elektrolit sızıntısı değerinin %37,4 değerinden %48,8 değerine artış gösterdiği elde edilmiştir. Aynı zamanda 7,5; 15; 30 ve 60 µl/l ozon gazı seviyelerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada 2 ve 8°C saklanan havuç örneklerinin elektrolit sızıntısı değerinin artan ozon gazı konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğu ortaya konulmuştur (Liew ve Prange, 1994). Buna göre 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan ve kontrol grubu salatalık örneklerinde saklama süresi boyunca elde edilen elektrolit sızıntısı değişimi, önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

4.2.3 Ağırlık kaybı

Salatalık numunelerinin ağırlık değerlerinde, saklama boyunca nem kaybına bağlı olarak azalma meydana gelmektedir ($p < 0,05$) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre klorofil içeriği değişimi

13. gün sonunda 0,05 ppm, 0,3 ppm ve kontrol grubuna ait örneklerde meydana gelen ağırlık kaybı değerleri sırası ile %4,2; 4,3 ve 3,6 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Ozon uygulanan ve uygulanmayan örnekler arasında ağırlık değişimi açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, ozon işleminin salatalık örnekleri için, saklama boyunca gerçekleşen ağırlık kaybı değerine etkisinin bulunmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.10: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%) *</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
3	1,5±0,4 ^d _a	1,9±0,1 ^c _a	1,8±0,9 ^a _a
6	2,4±0,6 ^c _a	2,7±0,4 ^{bc} _a	2,4±0,9 ^a _a
8	2,8±0,7 ^{bc} _a	3,1±0,4 ^{bc} _a	2,8±0,9 ^a _a
10	3,5±0,8 ^{ab} _a	3,6±0,4 ^{ab} _a	3,3±0,8 ^a _a
13	4,2±0,4 ^a _a	4,3±0,4 ^b _a	3,6±0,9 ^a _a

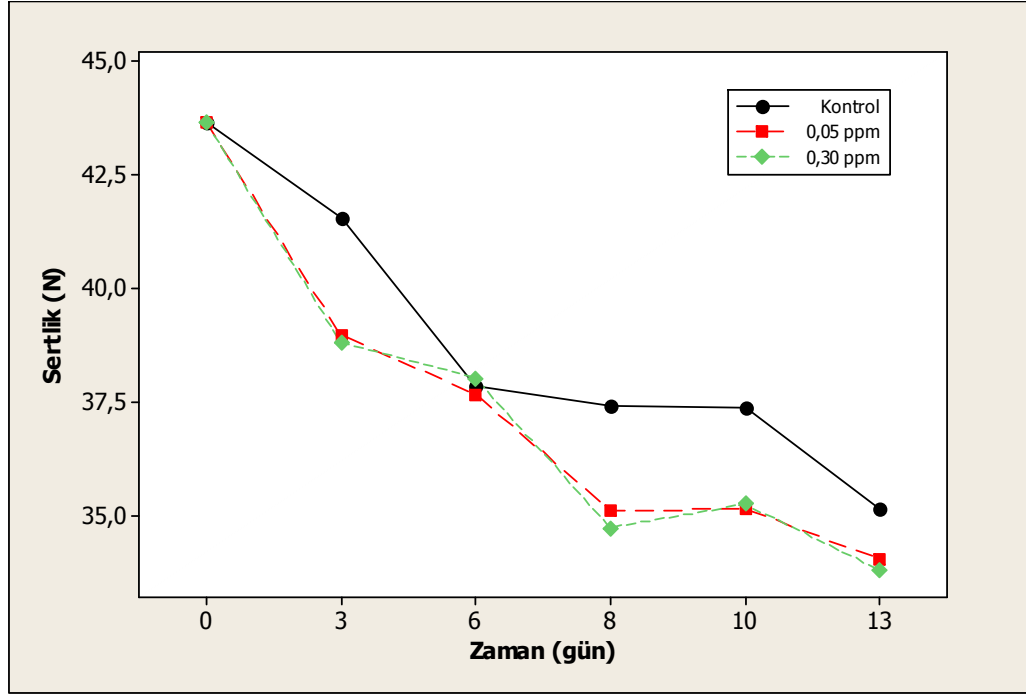
*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

Hildebrand ve ark. (2008); 0,05 ppm ozon konsantrasyonunun havuç kalitesi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, depolama boyunca sürekli ozon uygulaması gerçekleştirilen ve ozon gazı uygulanmayan havuç örnekleri arasında ağırlık kaybı açısından fark olmadığını ortaya koymuşlardır. Sürekli uygulanan 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonunun şeftali ve üzüm kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, 5 haftalık depolama süresi sonunda ozon uygulamasının şeftalideki ağırlık kaybında artışa sebep olurken, 4 haftalık depolama sonundaki üzüm ağırlık kaybını etkilemediği görülmüştür. Uzun depolama periyodunda sürekli olarak ozon gazına maruz kalan meyve kutikula ve/veya epidermal dokusunda hasarlanmalar meydana gelebilmekte, bu durum ağırlık kaybında artışa sebep olabilmektedir (Palou ve ark., 2002). Bu çalışmada gerçekleştirilen 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonları, ağırlık kaybı artışına sebep olacak doku zararlanmalarına sebep olmamıştır.

4.2.4 Sertlik

Saklama süresi boyunca dokuda meydana gelen yumuşamaya bağlı olarak, salatalık örneklerinin sertlik değerinin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre sertlik değişimi

0. gün 43,7 N olarak ölçülen sertlik değeri, saklama süresinin sonunda 0,05 ppm; 0,3 ppm ozon gazı uygulanan ve kontrol grubu örnekleri için sırası ile 34,0; 33,8 ve 35,2 N olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Her üç grup için sertlik değerinde meydana gelen bu değişim günlere göre istatistiksel olarak anlamlı iken ($p < 0,05$), 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Ozon uygulaması salatalık örneklerinin tekstürel özelliklerini etkilememektedir.

Çizelge 4.11: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait sertlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Sertlik (N)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	43,7±0,8 ^a _a	43,7±0,8 ^a _a	43,7±0,8 ^a _a
3	39,0±2,6 ^b _a	38,8 ±2,9 ^b _a	41,6±4,2 ^{ab} _a
6	37,7±2,3 ^b _a	38,0±0,3 ^{bc} _a	37,9±1,6 ^{bc} _a
8	35,1±1,1 ^b _a	34,8±1,9 ^{cd} _a	37,4 ±1,3 ^{bc} _a
10	35,2±1,2 ^b _a	35,3±0,5 ^{cd} _a	37,4±1,4 ^{bc} _a
13	34,0±1,7 ^b _a	33,8±1,1 ^c _a	35,2± 1,1 ^c _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

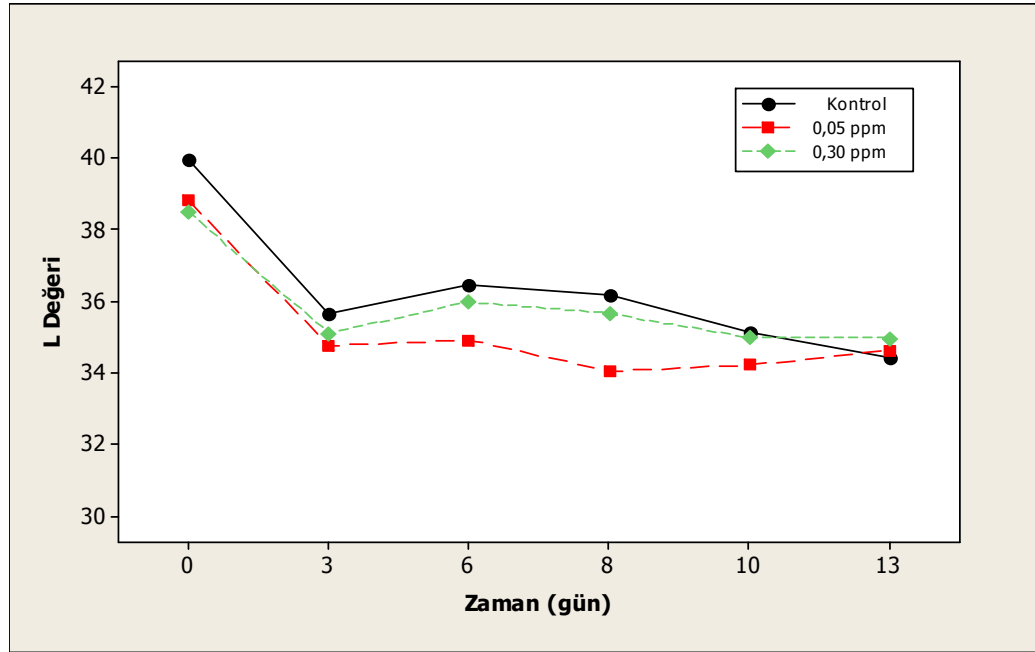
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Hasat sonrası saklama sırasında, pektin benzeri komponentlerin enzimatik degradasyonu sonucu salatalık yapısında tekstürel değişimler meydana gelmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda hem oda sıcaklığında hem de soğukta saklanan salatalık örneklerinde tekstürel bozulma ve bununla birlikte yumuşama meydana geldiği görülmüştür (Moalemiyan ve Ramaswamy, 2012). Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, kivi meyvesinin 0°C’ de depolanması sırasında kullanılan ozon gazının tekstürel özellikler üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, 7 aylık saklama periyodu sonunda hem kontrol grubu hem de ozon uygulanan örneklerde benzer tekstürel değişimlerin elde edildiği sonucu ortaya konulmuştur (Barboni ve ark, 2010). 1,5 µl/l ozon konsantrasyonu seviyesinin çilek sertliği üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise, ozon gazı uygulanmış çilek örneklerinin, ozon uygulaması yapılmayan kontrol grubuna göre daha sert olduğu görülmüştür. Bu durum ozon gazının terlemeyi yavaşlatarak nem kaybını azaltması ve azalan nem değeri ile çilek yapısının daha sert kalması ile ilişkilendirilmiştir (Nadas ve ark., 2003).

4.2.5 Renk

Tüm gruplar için saklama sonunda elde edilen L değerinin, 0. gün ölçülen değere göre daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı

uygulamaları ile kontrol grubuna ait salatalık örneklerinin sırası ile 38,5; 38,8 ve 40,0 olan başlangıç L değerleri, saklama sonunda 34,6; 35,0 ve 34,5 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.12).



Şekil 4.11: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre L değeri değişimi

L değerinde saklama süresi boyunca meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlıyken ($p < 0,05$), gruplar arası farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Buna göre ozon gazı uygulamasının, salatalık örneklerinin L değeri üzerinde etkisinin bulunmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.12: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait L değeri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

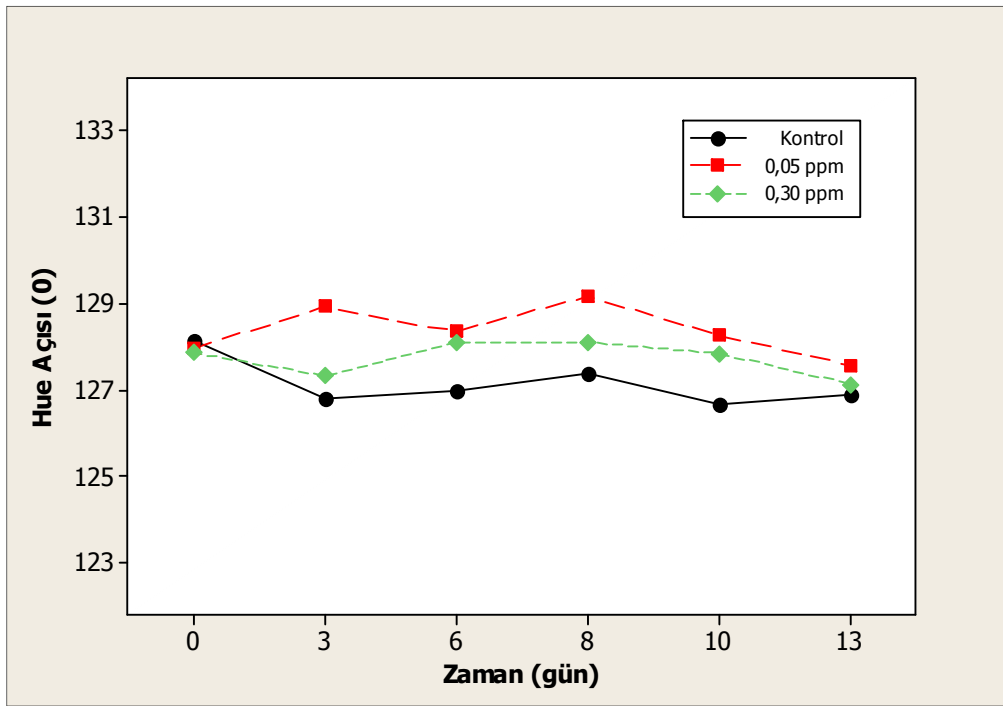
Günler	L Değeri*		
	0,05 ppm	0,3 ppm	Kontrol
0	38,5±1,5 ^a _a	38,8±1,0 ^a _a	40,0±1,1 ^a _a
3	34,8±4,1 ^a _a	35,1±1,3 ^b _a	35,7±1,3 ^b _a
6	34,9±1,9 ^a _a	36,0±1,9 ^{ab} _a	36,5 ±0,6 ^b _a
8	34,1±1,3 ^a _a	35,7±1,4 ^{ab} _a	36,2±0,6 ^b _a
10	34,2±2,1 ^a _a	34,9±1,8 ^b _a	34,2±1,3 ^b _a
13	34,6±2,7 ^a _a	35,0±1,5 ^b _a	34,5±1,3 ^b _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Küşümler (2011) tarafından, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer şekilde 4°C’de saklanan salatalık örneklerinin L değerinde saklama süresi boyunca önemli bir değişim olmadığı ortaya konulmuştur. Aynı zamanda salatalık kalitesinin incelendiği bir başka çalışmada, 12 günlük saklama süresi boyunca salatalık L değerinin günlere göre azalma gösterdiği ve 30,6-34,7 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir (Kasım ve Kasım, 2011). Skog ve Chu; 0,04 ppm ozon gazı konsantrasyonunun salatalık L değerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir (2001). Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

L değeri ile benzer şekilde, 13 günlük saklama periyodu boyunca Hue Açısı değerinde de önemli bir değişim meydana gelmediği görülmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre Hue Açısı değişimi

0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulamaları ile kontrol grubuna ait salatalık örneklerinin sırası ile 128,0; 127,9 ve 128,2 olan başlangıç Hue Açısı değerleri, saklama sonunda 127,6; 127,1 ve 126,9 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.13). Hue Açısında saklama sonunda elde edilen azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Buna göre L değerinde elde edilen sonuçlarla benzer şekilde ozon gazı uygulamasının, salatalık örneklerinin Hue Açısı değeri üzerinde etkisinin bulunmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.13: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait Hue Açısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Hue Açısı*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	128,0±1,1 ^a _a	127,9±0,8 ^a _a	128,2±0,5 ^a _a
3	128,9±1,6 ^a _a	127,3±0,7 ^a _{ab}	126,8±0,4 ^b _b
6	128,3±1,6 ^a _a	128,1±1,0 ^a _a	127,0±0,2 ^{ab} _a
8	129,1±1,0 ^a _a	128,1±0,6 ^a _{ab}	127,4±0,7 ^{ab} _b
10	128,3±1,6 ^a _a	127,8±1,2 ^a _a	126,7±0,6 ^b _a
13	127,6±1,7 ^a _a	127,1±0,9 ^a _a	126,9±0,7 ^b _a

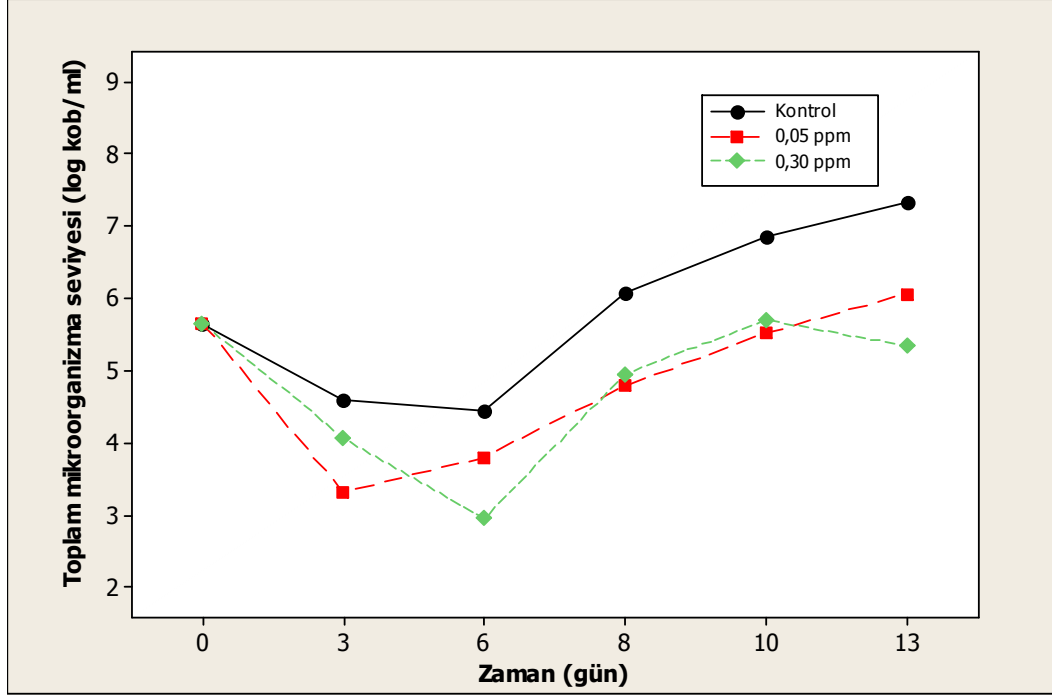
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Kasım ve Kasım tarafından, salatalığın 4°C'de ve %85-90 bağıl nem altında kalite parametrelerini inceledikleri çalışmalarında saklama süresi boyunca Hue Açısı'nın 124,0-126,3 değerleri arasında değişim gösterdiği ve saklama süresi boyunca Hue Açısı'nda meydana gelen bu değişimin çok önemli olmadığı vurgulanmıştır. Ozon gazının salatalık üzerindeki etkisinin incelendiği farklı bir çalışmada ise, 0,04 ppm ozon gazı konsantrasyonu altında saklanan ve herhangi bir uygulama gerçekleştirilmeyen kontrol grubu ile benzer Hue Açısı değerine sahip olduğu ortaya konulmuştur (Skog ve Chu, 2011).

4.2.6 Mikrobiyolojik analizler

Saklama süresi boyunca salatalık numunelerindeki toplam canlı sayısında meydana gelen değişim Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Buna göre 5,7 log kob/ml olan başlangıç toplam canlı sayısı 13. gün sonunda 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan numunelerde sırası ile 6,1 ve 5,3 log kob/ml olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.14).



Şekil 4.13: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre toplam canlı sayısı değişimi

Kontrol grubu örneklerinde ise tüm saklama periyodu süresince toplam canlı sayısı değerinin, ozon gazı uygulanan örneklere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 13. gün sonunda kontrol grubu örneklerinin toplam canlı sayısı değeri 7,3 log kob/ml olmaktadır. Gruplar arasında meydana gelen bu farklılık istatistiksel olarak yalnızca son gün için anlamlı iken ($p < 0,05$), diğer günler için önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Çizelge 4.14: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait toplam canlı sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

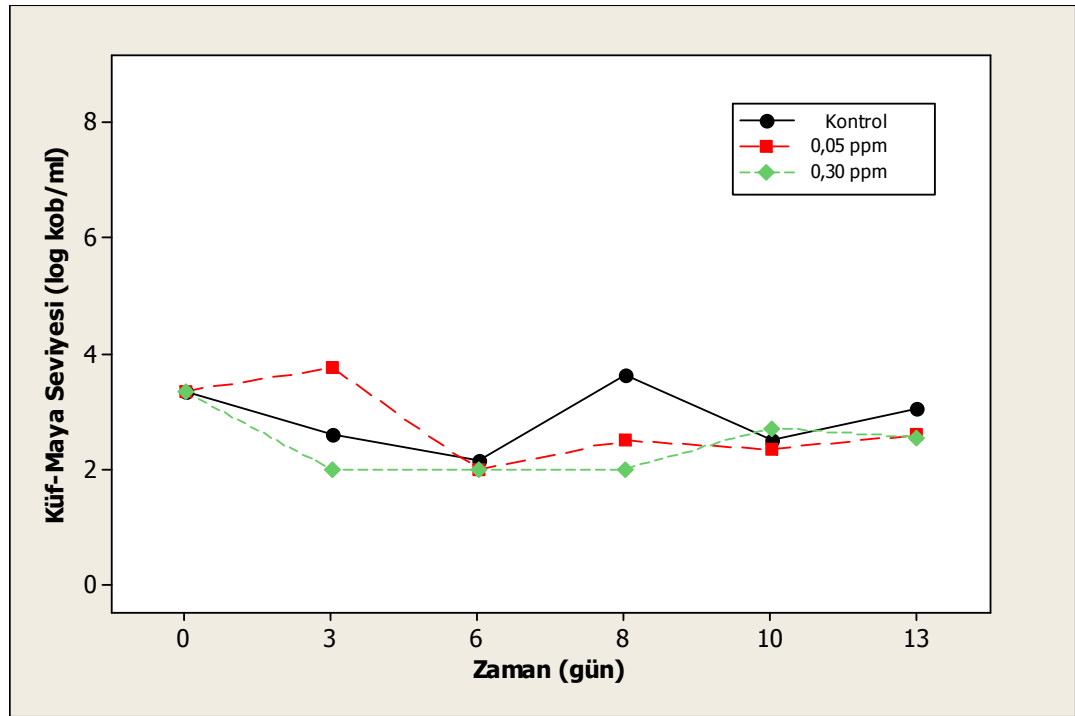
Günler	Toplam Canlı Sayısı (log kob/ml)*		
	0,05 ppm	0,3 ppm	Kontrol
0	5,7±0,3 ^{ab} _a	5,7±0,3 ^a _a	5,7±0,3 ^{bc} _a
3	3,3±0,8 ^b _a	4,1±0,9 ^{ab} _a	4,6±0,3 ^c _a
6	3,8±0,5 ^{ab} _a	3,0±0,1 ^b _a	4,5±0,5 ^c _a
8	4,8±0,4 ^{ab} _a	5,0±0,5 ^{ab} _a	6,1±0,4 ^{ab} _a
10	5,5±0,9 ^{ab} _a	5,7±0,9 ^a _a	6,9±0,3 ^{ab} _a
13	6,1±0,4 ^a _{ab}	5,3±0,7 ^{ab} _b	7,3±0,1 ^a _a

*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazının salatalık toplam canlı sayısı üzerindeki etkisi, brokoli örneklerinde elde edilen sonuçlarla benzer olmasına karşın, salatalık için bu mikrobiyal etkinin biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum salatalığın yüzeyi ile ilişkilendirilebilmektedir. Ozonun etki bir mikrobiyal inaktivasyon sağlayabilmesi pürüzsüz gıda yüzeylerinde daha kolay sağlanmaktadır (Vurma, 2009).

13. günlük saklama periyodu boyunca salatalık örneklerinin küf-maya seviyesinde meydana gelen değişim Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Brokoli örnekleri ile benzer şekilde günlere göre küf-maya sayısında önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.14: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre küf-maya sayısı değişimi

3,3 log kob/ml olan başlangıç küf-maya sayısı, 13. gün sonunda 2,6; 2,6 ve 3,1 log kob/ml olarak bulunmuştur (Çizelge 4.15). Aynı zamanda gruplar arasında meydana gelen fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.15: Farklı koşullarda saklanan brokoli örneklerine ait küf-maya sayısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Günler</i>	<i>Küf-Maya Sayısı (log kob/gr) *</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	3,3±0,0 ^{ab} _a	3,3±0,0 ^a _a	3,3±0,0 ^{ab} _a
3	3,8±0,4 ^a _a	2,0±0,1 ^b _b	2,6±0,4 ^{ab} _{ab}
6	2,0±0,0 ^b _a	2,0±0,2 ^b _a	2,0±0,2 ^b _a
8	2,5±0,7 ^{ab} _a	2,1±0,1 ^b _a	3,6±0,1 ^a _a
10	2,4±0,5 ^{ab} _a	2,7±0,3 ^{ab} _a	2,5±0,7 ^{ab} _a
13	2,6±0,1 ^{ab} _a	2,6±0,2 ^{ab} _a	3,1±0,1 ^{ab} _a

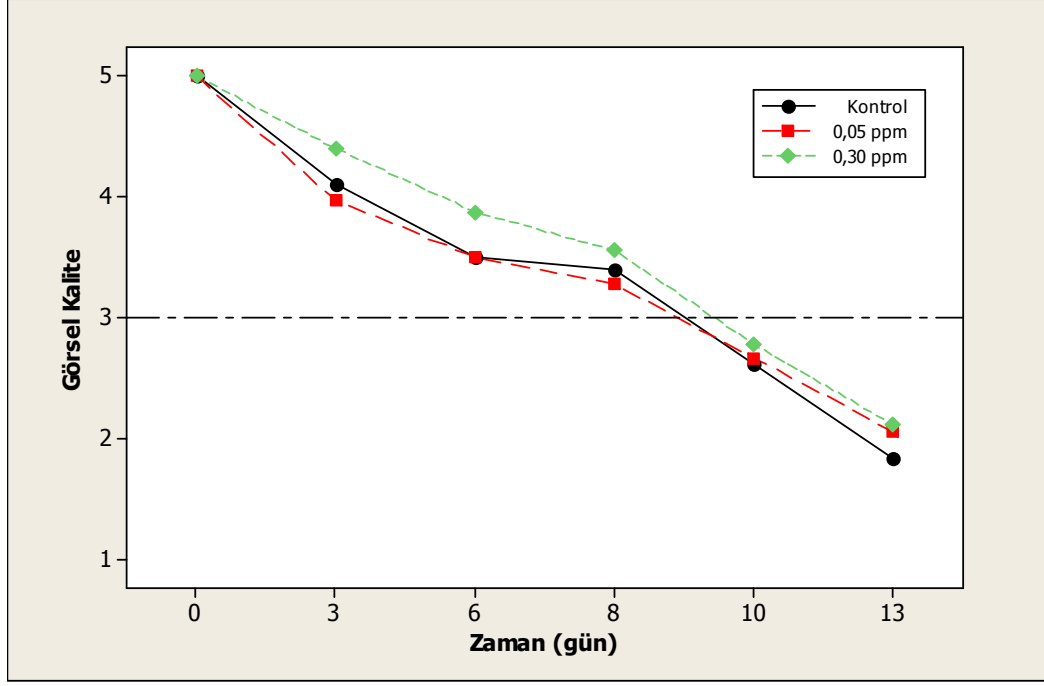
* Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazının salatalık küf-maya sayısı üzerindeki etkisi, brokoli örneklerinde elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu deneysel çalışmada uygulanan 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonlarının, salatalıkta küf-maya sayısında azalma sağlayacak düzeyde olmadığı görülmektedir.

4.2.7 Görsel değerlendirme

Her üç grup altında saklanan salatalık örneklerinin görsel kalitelerinin zamana bağlı olarak azalma gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.15). 0. gün; 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan ve kontrol grubu örnekleri için 5 (5: görsel kalite (tüketilebilirlik) çok iyi) olan görsel kalite değeri, 8. günden sonra sınır değer olarak kabul edilen 3 (3: sınırlı koşullarda tüketilebilir) değerinin altına düşmektedir (Çizelge 4.16).



Şekil 4.15: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu salatalık örneklerinde zamana göre görsel kalite değişimi

4°C saklama sıcaklığı, salatalık için soğuk zararlanmasına sebep olduğundan, üç gruba ait örneklerin duyusal kalitelerinde meydana gelen değişim düşük saklama sıcaklığı ile ilişkili olmaktadır. Aynı zamanda 0,3 ppm ozon gazı uygulamasında elde edilen yüksek elektrolit sızıntısı değerinin, salatalık dokusunda görsel bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.16: Farklı koşullarda saklanan salatalık örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Görsel Kalite*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
3	4,0±0,2 ^b _a	4,4±0,5 ^{ab} _a	4,1±0,5 ^{ab} _a
6	3,5±0,5 ^b _a	3,9±0,2 ^b _a	3,5±0,4 ^{bc} _a
8	3,3±0,3 ^{bc} _a	3,6±0,4 ^{bc} _a	3,4±0,5 ^{bc} _a
10	2,7±0,2 ^{cd} _a	2,8±0,2 ^{cd} _a	2,6±0,5 ^{cd} _a
13	2,1±0,3 ^d _a	2,1±0,2 ^d _a	1,8±0,3 ^d _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

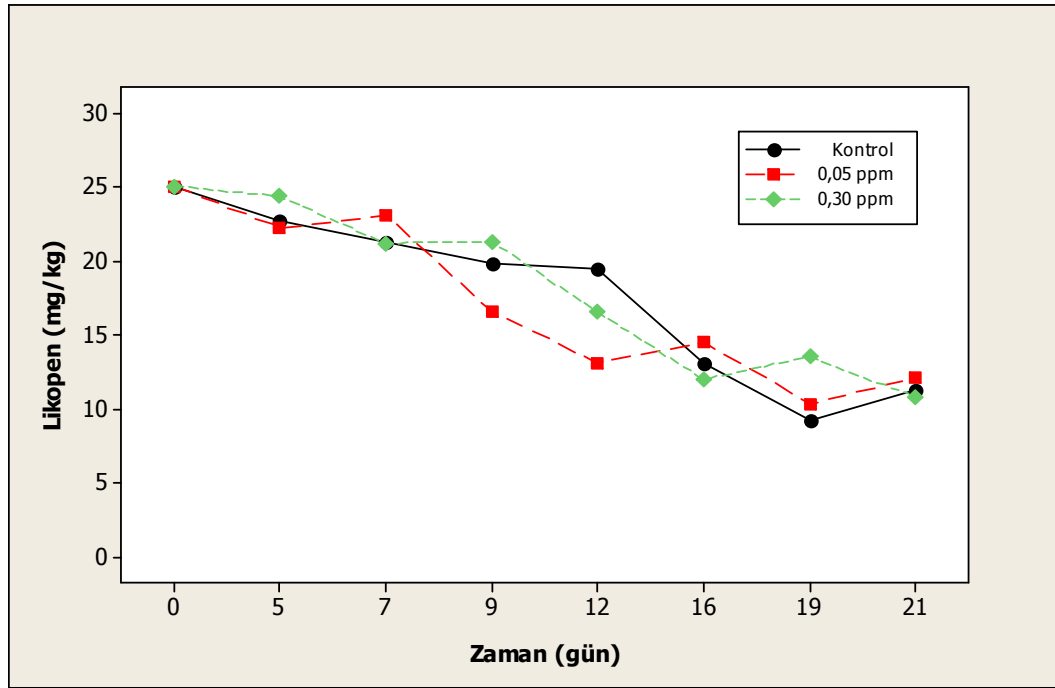
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Literatürde, elde edilen sonuçlara benzer veriler yer almaktadır. Buna göre 4°C'de saklanan salatalık örneklerinin 11. gün sonrasında tüketilemez duruma geldiği gözlenmiştir (Küşümler, 2011). Ozon gıdalarda hem katı (kutikular bileşenler vb.) hem de sıvı (lipid ve proteinlerle reaksiyonu) faza etki ettiğinden, bu kombine efekt dokuda su kaybına benzer bir görünümün oluşmasına sebep olabilmekte ve durum görsel kaliteyi olumsuz etkileyebilmektedir (Skog ve Chu, 2011). Bu çalışmada ozon uygulanan ve uygulanmayan gruplar arasında dokuda meydana gelen hasarlanma açısından bir fark gözlenmemiştir.

4.3 Domates

4.3.1 Likopen içeriği

Saklama süresi boyunca domates örneklerinin likopen değerinde azalma meydana geldiği gözlenmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre likopen miktarı değişimi

Her üç grup altında saklanan örneklerde 25,1 gr/kg olan başlangıç likopen değeri, 21. gün sonunda 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinde sırası 12,1; 10,8 ve 11,2 mg/kg olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.17). Buna göre ozon gazı uygulanan ve herhangi bir işlem görmeyen kontrol grubu örneklerinde günlere göre meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Çizelge 4.17'ye göre,

likopen değerinde gruplar arasında yalnızca belirli günlerde istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu durumun örnek farklılığından kaynaklandığı düşünölmekte ve genel saklama periyodu boyunca ozon uygulanmış ve herhangi bir uygulama görmemiş kontrol grubu örneklerinin likopen içeriğinin benzer olduğu ($p>0,05$) elde edilmiştir.

Çizelge 4.17: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait likopen ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Likopen (mg/kg)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	25,1±2,3 ^a _a	25,1±2,3 ^a _a	25,1±2,3 ^a _a
5	22,2±1,9 ^b _a	24,4±1,5 ^a _a	22,8±3,2 ^{ab} _a
7	23,1±2,2 ^{ab} _a	21,2±2,2 ^b _a	21,3±3,4 ^b _a
9	16,6±1,7 ^c _b	21,3±0,4 ^b _a	19,8±1,9 ^b _a
12	13,1±0,6 ^d _c	16,6±1,6 ^c _b	19,5±0,9 ^b _a
16	14,5±1,4 ^{cd} _a	12,0±1,2 ^{de} _b	13,0±1,5 ^c _{ab}
19	10,3±0,7 ^e _b	13,5±2,3 ^d _a	9,3±1,6 ^{cd} _b
21	12,1±1,0 ^{de} _a	10,8±1,0 ^e _a	11,2±1,7 ^d _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p< 0,05$).

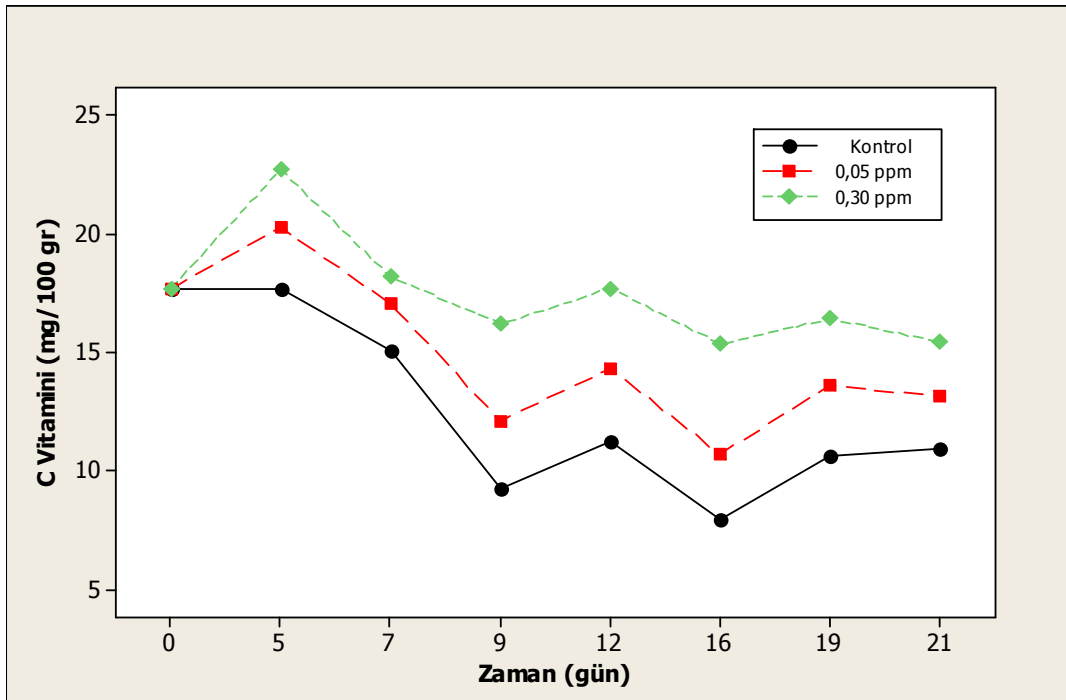
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p< 0,05$).

Yapılan önceki çalışmalarda, düşük sıcaklıklarda saklanan domateslerin likopen değerinin depolama süresi boyunca azalma eğiliminde olduğu görölmüştür. Düşük saklama sıcaklıklarında likopen fragmentasyonu meydana gelmektedir. Likopenin yüksek reaktif singlet oksijen ve peroksi radikalleri ile girdiğı etkileşimler sonucu, aseton, metil-heptanon ve gliksal benzeri ürünler oluşmaktadır. Saklama sırasında meydana gelen likopen degradasyonu, besin değerinin azalmasına neden olduğu gibi, aynı zamanda renk gibi görsel kalite parametrelerini de olumsuz değişimler meydana getirerek tüketici tercihini de etkilemektedir (Farnetia, Schoutena ve Wolteringa, 2012) . Tzortzakis ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 13°C-%95 bağıl nem koşullarında ve 1,0 µmol/mol ozon konsantrasyonu altında saklanan domates örneklerinin likopen içeriğinde, ilk 1. gün uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre önemli bir artış tespit edilmiş; fakat bu artış sürekli olmayıp, saklama periyodunun diğer günlerinde her iki grup arasında likopen değeri açısından önemli

fark olmadığı gözlenmiştir. Farklı çalışmalarda da ozon gazı uygulamasının domatesin likopen değerinde herhangi bir değişime neden olmadığı görülmüştür (Aguayo, Escalona ve Artes, 2006). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürle benzerlik göstermektedir.

4.3.2 C vitamini içeriği

Yapılan analizlere göre, brokoli örneklerinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, domatesin C vitamini içeriğinin saklama süresince başlangıç değerine göre azalmakta olduğu görülmektedir (Şekil 4.17). 17,7 mg/100 gr olan başlangıç C vitamini değeri; saklama sonunda 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulanan ve herhangi bir işlem görmemiş kontrol grubu örnekleri için sırası ile 13,1 mg /100 gr, 15,4 mg/100 gr ve 10,9 mg/100 gr olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Buna göre muhafaza süresi boyunca en yüksek C vitamini değeri 0,3 ppm ozon gazı uygulaması altında saklanan örneklerde elde edilirken, en düşük C vitamini içeriği kontrol grubu örneklerinde ölçülmüştür.



Şekil 4.17: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre C vitamini içeriği değişimi

Tukey testine göre 0,05 ppm ve kontrol grubu örneklerinin C vitamini değerinde günlere göre gelen değişim anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan örneklerin saklama sonundaki vitamin değerinin başlangıç değeri ile benzer olduğu elde edilmiştir ($p > 0,05$).

Çizelge 4.18: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait C vitamini ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>C Vitamini (mg/100 gr)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	17,7±2,0 ^{b_a}	17,7±2,0 ^{b_a}	17,7±2,0 ^{a_a}
5	20,3±0,3 ^{a_b}	22,7±0,3 ^{a_a}	17,7±1,4 ^{a_c}
7	17,1±1,4 ^{b_a}	18,2±1,2 ^{b_a}	15,1±0,2 ^{b_b}
9	12,1±1,5 ^{de_b}	16,2±1,7 ^{b_a}	9,2±2,0 ^{de_c}
12	14,3±1,6 ^{c_b}	17,7±1,6 ^{b_a}	11,3±1,0 ^{c_c}
16	10,7±1,1 ^{e_b}	15,4±3,2 ^{b_a}	7,9±0,6 ^{e_c}
19	13,6±0,5 ^{cd_b}	16,4±2,5 ^{b_a}	10,6±0,7 ^{cd_c}
21	13,1±1,8 ^{cd_b}	15,4±1,7 ^{b_a}	10,9±0,6 ^{c_b}

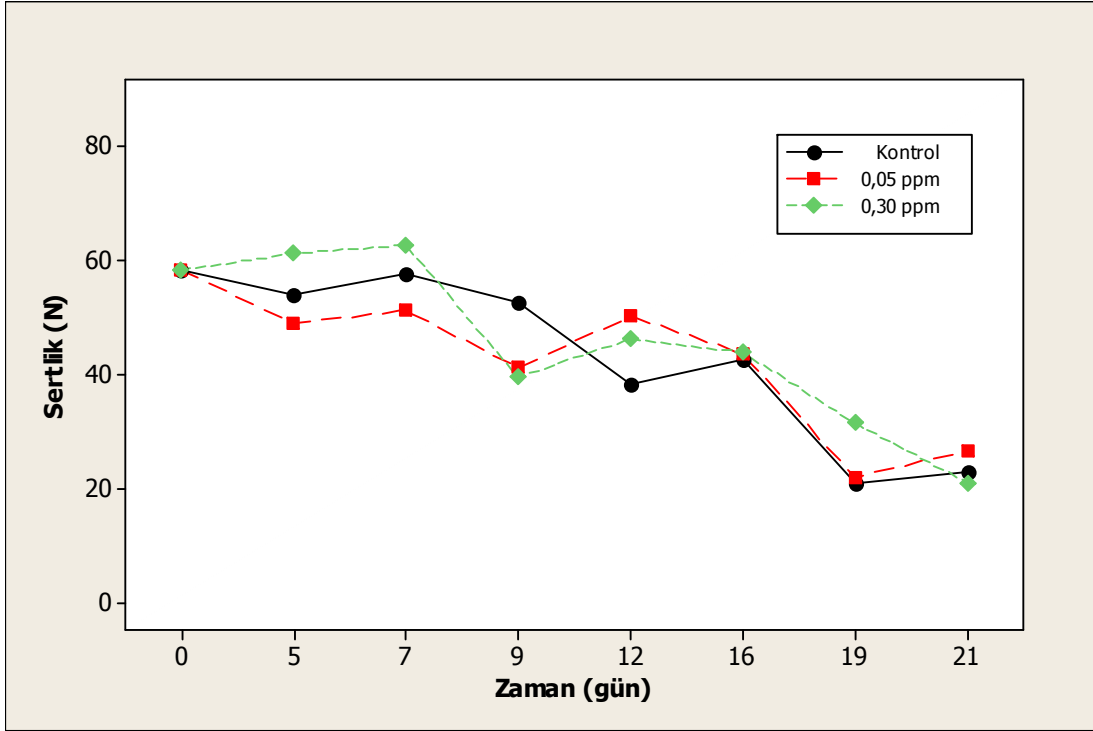
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Bunun yanında gruplar arasında C vitamini değeri açısından elde edilen farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Saklama sırasındaki C vitamini içeriği, 5. günden itibaren gruplar arasında farklılaşmaya başlamış ve muhafaza süresi boyunca en yüksek vitamin içeriği 0,3 ppm ozon uygulamasında ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçların brokoli örnekleri ile benzerlik göstermesinin yanında, brokolilerden farklı olarak ozon uygulanmış domates örneklerinin C vitamini değeri belirli bir günden sonra değil, saklama süresi boyunca kontrol gruplarına göre daha yüksek elde edilmiştir. Literatürde 1,0 µmol/mol ozon gazının domates kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, C vitamini değerinin ozon gazı uygulamasından etkilenmediği sonucu ortaya konulmuştur (Tzortzakis ve ark., 2007). Bunun yanında Aguayo, Escalona ve Artes tarafından yapılan bir başka çalışmada, 15 gün süresince, her 3 saatte 30 dk boyunca gerçekleştirilen 4 µl/l ozon gazı konsantrasyonunun dilimlenmiş ve bütün domates kalitesi üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur (2006). Elde edilen bulgulara göre ozon işlemi uygulanmış örneklerin askorbik asit değerleri, işlem görmemiş domates numunelerine göre daha yüksek elde edilmiştir.

4.3.3 Sertlik

Domeste meydana gelen tekstürel değişimler sonucu, sertlik değerinin her üç grup için muhafaza süresince azalmakta olduğu görölmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre sertlik değişimi

Başlangıç değeri 58,2 N olarak ölçülen sertlik parametresi, saklama süresinin sonu olan 21. gün 0,05 ppm; 0,3 ppm ozon gazı uygulanan ve kontrol grubu örnekleri için sırası ile 26,7; 21,0 ve 19,8 N olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.19). Her üç grup için sertlik değerinde meydana gelen bu değişim günlere göre istatistiksel olarak anlamlı iken ($p < 0,05$), 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinin aynı günlerde, sertlik değerlerinin genellikle benzer değerler aldığı sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$). Ozon uygulaması domates örneklerinin tekstürel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.

Çizelge 4.19: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait sertlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Sertlik (N)*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	58,2±5,7 ^a _a	58,2±5,7 ^{ab} _a	58,2±5,7 ^a _a
5	48,8±7,3 ^{ab} _b	61,1±5,7 ^a _a	53,8±4,5 ^{ab} _{ab}
7	51,1±6,4 ^{ab} _b	62,6±5,3 ^a _a	57,6±7,0 ^a _{ab}
9	41,1±4,5 ^b _b	39,5±5,5 ^{cd} _b	52,5±4,3 ^{ab} _a
12	50,2±7,5 ^{ab} _a	47,3±7,4 ^{bc} _{ab}	38,3±4,5 ^c _b
16	43,7±9,0 ^b _a	43,8±7,7 ^c _a	44,1±8,8 ^{bc} _a
19	22,0±3,4 ^c _b	31,4±7,5 ^{de} _a	20,9±5,1 ^d _b
21	26,7±2,1 ^c _a	21,0±4,3 ^e _a	19,8±7,5 ^d _a

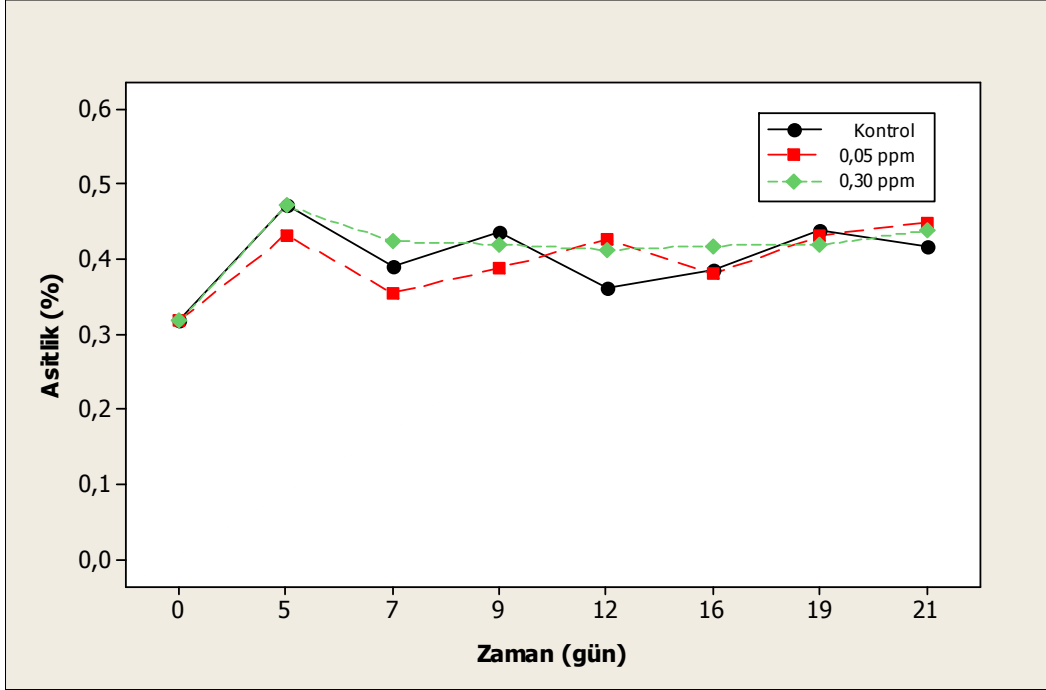
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Domates için tüketici beğenisini etkileyen en önemli faktörlerin başında tekstürel özellikler gelmektedir ve muhafaza sırasında üründe meydana gelen yumuşama, tüketici beğenisini de olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda, enzimatik aktivitelere bağlı olarak domatesteki sertlik değerinin, burada elde edilen sonuçlarla benzer şekilde zamanla azalamakta olduğu ortaya konulmuştur (Ahmed ve ark., 2013). Ozon uygulamasının domates kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalarda, 4 µl/l ozon gazı konsantrasyonunun domatesteki yumuşamayı azalttığı sonucu elde edilmiştir (Aguayo, Escalona ve Artes, 2006). Pektin gibi hücre duvarı matrisleri, olgunlaşma sırasında bozulmakta ve bu durum domates sertlik değerinin azalmasına neden olmaktadır. Ortamdaki etilen, pektinin parçalanmasını hızlandırıcı yönde etki yaptığından, etilen degradasyonu sertliğin daha yavaş azalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda, ozon-etilen reaksiyonu sonucu, ozon uygulanan örneklerin tekstürel özelliklerinin daha iyi olabileceği ortaya konulmuştur (Tzortzakakis ve ark., 2007). Bu çalışmada 0,05 ve 0,3 ppm ozon konsantrasyonu seviyelerinin, domatesin sertlik değerine olumlu etki yaratacak düzeyde olmadığı görülmüştür.

4.3.4 Titrasyon asitliği

Muhafaza süresi boyunca domates örneklerinin sitrik asit cinsinden hesaplanan %asitlik değerlerinde günlere göre meydana gelen değişim Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre asitlik değişimi

0. gün % 0,32 olarak ölçülen asitlik değeri, 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol grubu örneklerinde sırası ile %0,45; %0,44 ve %0,42 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.20). Her üç grup için asitlik değerinde meydana gelen bu değişim günlere göre istatistiksel olarak anlamlı iken ($p < 0,05$), 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinin aynı günlerdeki asitlik değerlerinin genellikle benzer olduğu sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$). Ozon uygulaması domates örneklerinin asitlik değerlerinde önemli bir değişim meydana getirmemektedir.

Çizelge 4.20: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait asitlik ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Asitlik (%)</i> *		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	0,32±0,02 ^d _a	0,32±0,02 ^b _a	0,32±0,02 ^d _a
5	0,43±0,05 ^{ab} _a	0,47±0,01 ^a _a	0,47±0,04 ^a _a
7	0,36±0,01 ^{cd} _b	0,42±0,04 ^a _a	0,39±0,02 ^{bcd} _{ab}
9	0,39±0,01 ^{abc} _a	0,42±0,02 ^a _{ab}	0,44±0,04 ^{ab} _b
12	0,43±0,02 ^{ab} _a	0,42±0,05 ^a _a	0,36±0,02 ^{cd} _a
16	0,38±0,04 ^{bcd} _a	0,41±0,03 ^a _a	0,39±0,04 ^{bcd} _a
19	0,43±0,02 ^{ab} _a	0,42±0,01 ^a _a	0,44±0,00 ^{ab} _a
21	0,45±0,02 ^a _a	0,44±0,05 ^a _a	0,42±0,04 ^{abc} _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

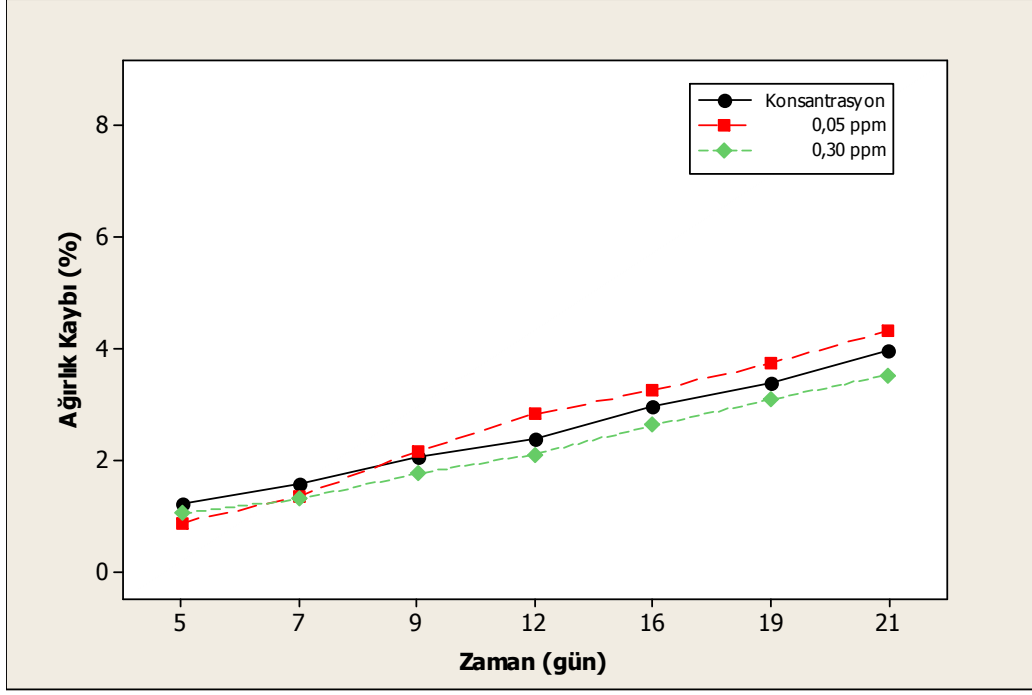
Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Literatürde yapılan çalışmalarda, olgunluk derecesinin asitlik miktarını etkilediği ortaya konulmuştur. Buna göre olgun domateslerin muhafazası sırasında, ilk günlerde titre edilebilir asit değeri artış göstermekte, saklama periyodunun ilerleyen zamanlarında ise azalış göstermektedir (Moneruzzaman ve ark., 2008). Majidi ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen ve soğukta saklama sırasında domates kalitesinde meydana gelen değişimin ortaya konulduğu çalışmada, domatesteki titre edilebilir asit değerinin yaklaşık 30. günden sonra %0,4 değerinin altına düştüğü gözlenmiştir.

Ozon gazının domates kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalarda ise, burada elde edilen sonuçlar ile benzer şekilde ozon gazı uygulamasının sitrik asit değeri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür (Tzortzakakis ve ark, 2007).

4.3.5 Ağırlık kaybı

Domates numunelerinin ağırlık değerlerinde, diğer ürünlerde yapılan test sonuçlarına benzer şekilde saklama boyunca nem kaybına bağlı olarak azalma meydana geldiği görülmektedir ($p < 0,05$) (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değişimi

21. gün sonunda 0,05 ppm, 0,3 ppm ve kontrol grubuna ait örneklerde meydana gelen ağırlık kaybı değerleri sırası ile %3,7; 3,1 ve 3,4 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.21). Ozon uygulanan ve uygulanmayan örnekler arasında aynı günlerde elde edilen ağırlık kaybı farkı, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Buna göre ozon işleminin salatalık örnekleri ile benzer şekilde domates için de, saklama boyunca gerçekleşen ağırlık kaybı değerine etkisinin bulunmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.21: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait ağırlık kaybı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

Gün	Ağırlık Kaybı (%)*		
	0,05 ppm	0,3 ppm	Kontrol
5	0,9±0,5 ^c _a	1,1±0,5 ^a _a	1,2±0,3 ^a _a
7	1,4±0,4 ^{bc} _a	1,3±0,5 ^a _a	1,6±0,5 ^a _a
9	2,2±0,3 ^{abc} _a	1,8±0,7 ^a _a	2,0±0,7 ^a _a
12	2,8±1,0 ^{abc} _a	2,1±1,0 ^a _a	2,4±0,9 ^a _a
16	3,3±0,9 ^{ab} _a	2,6±1,4 ^a _a	3,0±1,2 ^a _a
19	3,7±0,9 ^a _a	3,1±1,7 ^a _a	3,4±1,4 ^a _a
21	4,3±1,0 ^a _a	3,5±2,0 ^a _a	4,0±1,5 ^a _a

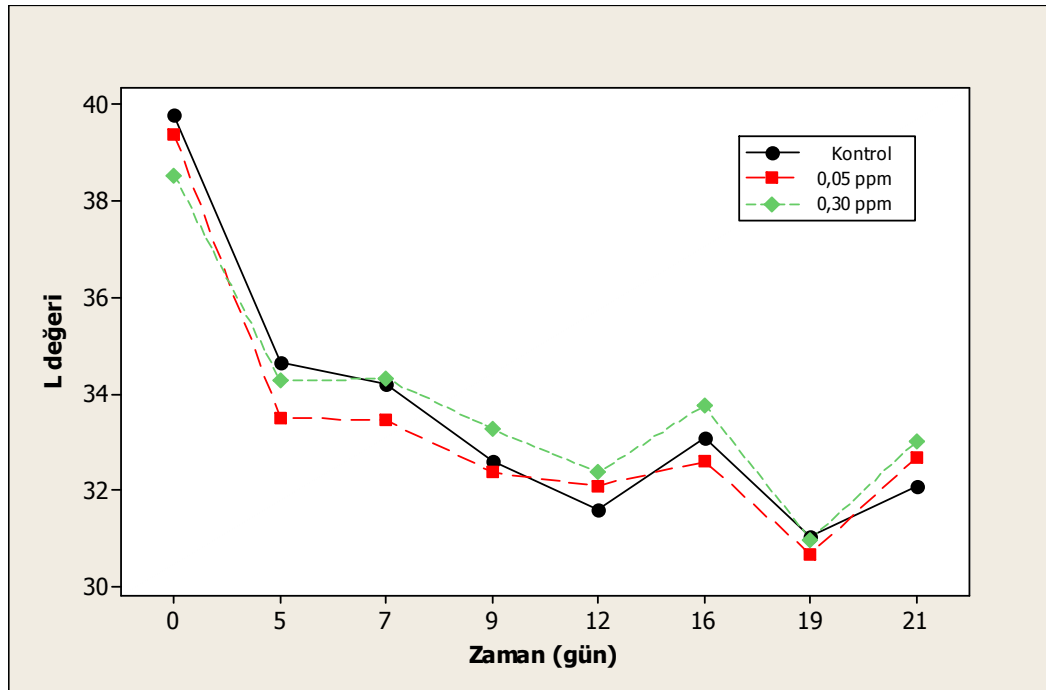
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

21 günlük saklama periyodu boyunca meydana gelen nem kaybının, istatistiksel olarak önemli olmadığı elde edilmiştir. Burada elde edilen sonuçlara benzer şekilde yapılan önceki çalışmalarda, düşük sıcaklıklarda saklanan domatesler için, yavaşlayan solunum hızına bağlı olarak, ağırlık kaybı değerinin önemli bir şekilde artış göstermediği ortaya konulmuştur (Javanmardi ve Kuboto, 2006). Aynı zamanda ozon gazı etkinliğinin incelendiği çalışmalarda, 1,0 µmol/mol ozon konsantrasyonunun domates ağırlık değeri üzerinde etkisinin bulunmadığı ortaya konulmuştur. Buna göre 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonunun, literatürle paralel şekilde ağırlık kaybı üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

4.3.6 Renk

Ozon uygulanmış ve herhangi bir işlem görmemiş kontrol grubu domates örneklerinin, parlaklık seviyesini gösteren L değerinin saklama boyunca, başlangıç gününe göre azaldığı görülmektedir (Şekil 4.21). 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulamaları ile kontrol grubuna ait salatalık örneklerinin sırası ile 39,54; 38,5 ve 39,8 olan başlangıç L değerleri, saklama sonunda 32,7; 33,0 ve 31,1 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.22).



Şekil 4.21: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre L değeri değişimi

Çizelge 4.22’de yer aldığı gibi, muhafaza süresi boyunca, L değerinde meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlıyken ($p < 0,05$), gruplar arası farklılık

istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Buna göre ozon gazı uygulamasının, salatalık örneklerinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, domates numunelerinin L değeri üzerinde olumlu ya da olumsuz etkisinin bulunmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.22: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait L değeri ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

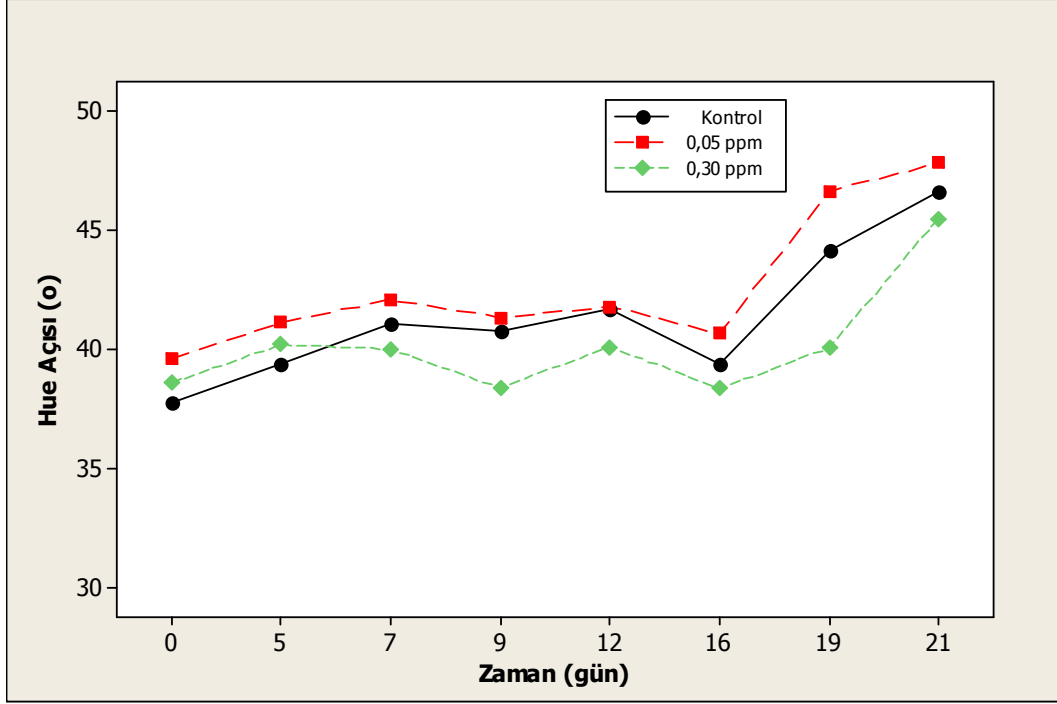
<i>Gün</i>	<i>L Değeri*</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	39,4±1,1 ^a _a	38,5±1,0 ^a _a	39,8±0,7 ^a _a
5	33,5±0,4 ^b _a	34,2±1,5 ^b _a	34,7±0,9 ^b _a
7	33,5±0,9 ^b _a	34,3±1,4 ^b _a	34,2±1,0 ^{bc} _a
9	32,4±0,6 ^{bc} _a	33,9±0,9 ^{bc} _a	32,6±1,4 ^{cde} _a
12	32,1±0,7 ^{bc} _a	32,4±1,0 ^{bc} _a	31,6±0,3 ^{de} _a
16	32,6±0,5 ^{bc} _a	33,8±1,0 ^b _a	33,1±0,8 ^{bcd} _a
19	30,7±1,0 ^c _a	31,0±0,8 ^c _a	31,1±0,3 ^e _a
21	32,7±1,3 ^{bc} _a	33,0±0,8 ^{bc} _a	31,1±0,3 ^{de} _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0,05$).

Yapılan önceki çalışmalarda, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, düşük saklama sıcaklıklarında muhafaza edilen domateslerin L değerinin zamana bağlı olarak azalmakta olduğu görülmüştür (Znidarcici ve Pozrl, 2006).

Domates rengi için önemli bir parametre olan Hue Açısı değişimi Şekil 4.22 ile verilmiştir. Buna göre özellikle 16. günden sonra her üç grup altında saklanan örneklerin Hue Açısı değerinde artış meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.22: 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre Hue Açısı değişimi

0. gün 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon uygulaması gerçekleştirilen ve herhangi bir işlem uygulanmayan kontrol grubu örneklerinin sırası ile 39,6; 38,6 ve 37,8 olan Hue Açısı değerleri 21.gün sonunda sırası ile 47,8;45,5 ve 46,6 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.23: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait Hue Açısı ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Hue Açısı</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	39,6±3,4 ^c _a	38,6±1,7 ^b _a	37,8±2,1 ^c _a
5	41,2±1,3 ^{bc} _a	40,2±1,9 ^b _a	39,4±1,6 ^{bc} _a
7	42,1±2,5 ^{bc} _a	40,0±1,9 ^b _a	41,1±1,4 ^{bc} _a
9	41,3±2,4 ^{bc} _a	38,4±1,1 ^b _a	40,7±1,6 ^{bc} _a
12	41,8±1,6 ^{bc} _a	40,1±2,5 ^b _a	41,7±1,8 ^{bc} _a
16	40,7±2,4 ^c _a	38,4±2,6 ^b _a	39,4±1,3 ^{bc} _a
19	46,6±2,6 ^{ab} _a	40,0±0,7 ^b _b	44,1±3,3 ^{ab} _{ab}
21	47,8±2,7 ^a _a	45,5±3,2 ^a _a	46,6±2,6 ^a _a

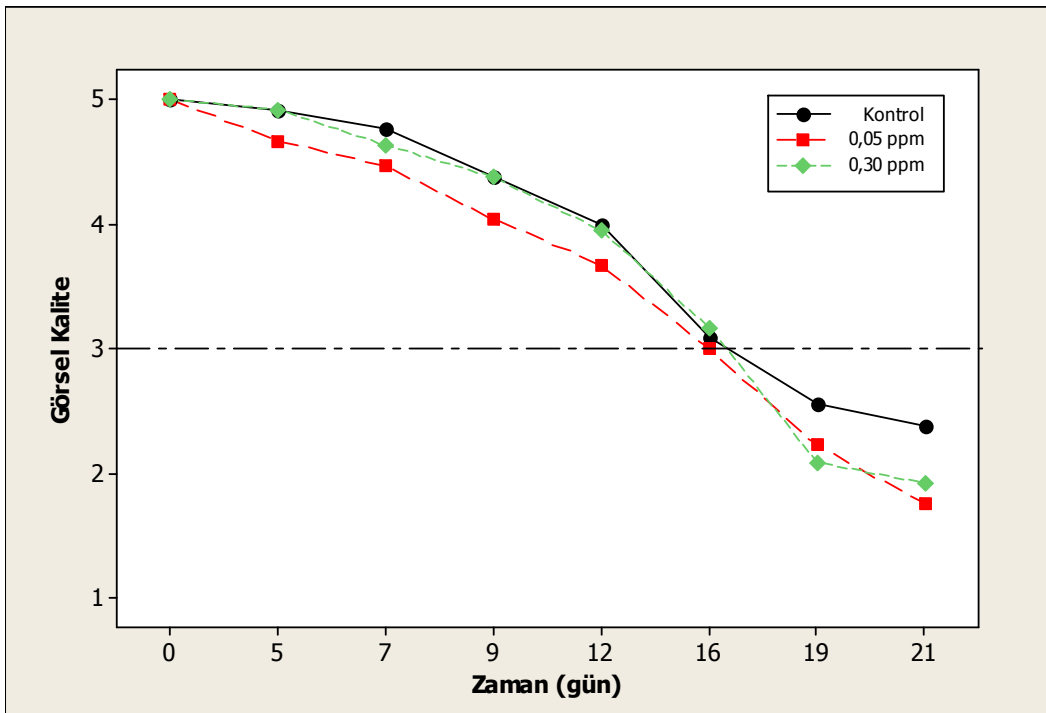
*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Aynı satırda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p< 0,05).

Yapılan önceki çalışmalarda, düşük saklama sıcaklıklarında saklanan domates örneklerinde likopen degradasyonuna bağlı olarak renk değişimleri meydana geldiği görülmüştür (Farnetia, Schoutena ve Wolteringa, 2012). Bu çalışmada Hue Açısında meydana gelen değişimin likoopen degradasyonu ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Fakat ozon uygulanan ve uygulanmayan kontrol grubu arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Buna göre 0,05 ve 0,3 ppm ozon uygulamasının, domatesin Hue Açısı değerine olumlu ya da olumsuz bir etkisi bulunmadığı ortaya konulmuştur.

4.3.7 Görsel değerlendirme

Görsel kalite, ürün yapısında meydana gelen olumsuz değişimlere bağlı olarak zamanla azalmaktadır (Şekil 4.21). Başlangıç değeri 5 (5: görsel kalite (tüketilebilirlik) çok iyi) olan görsel kalite değeri, 16. günden sonra tüm domates grupları için sınır değer olarak kabul edilen 3 (3: sınırlı koşullarda tüketilebilir) değerinin altına düşmektedir (Çizelge 4.22).



Şekil 4.23 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen ve kontrol grubu domates örneklerinde zamana göre ağırlık kaybı değişimi

Muhafaza süresi boyunca, özellikle ürün yapısında meydana gelen tekstürel değişimlere bağlı olarak, domates kalitesinde bozulmalar olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda düşük saklama sıcaklığı değeri ürün yüzeyinde çukurlanma ve su batması görünümüne sebep olmuştur. Bu durum her üç koşul altında saklanan numunelerde

benzer şekilde gerçekleşmiş olup, ozon gazı uygulamasının ürün görsel kalitesi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.24: Farklı koşullarda saklanan domates örneklerine ait görsel kalite ortalamalarının Tukey testi karşılaştırma sonuçları

<i>Gün</i>	<i>Görsel Kalite *</i>		
	<i>0,05 ppm</i>	<i>0,3 ppm</i>	<i>Kontrol</i>
0	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a	5,0±0,0 ^a _a
5	4,7±0,3 ^{ab} _a	4,9±0,1 ^a _a	4,9±0,1 ^a _a
7	4,5±0,1 ^{ab} _a	4,6±0,2 ^{ab} _a	4,8±0,1 ^a _a
9	4,0±0,1 ^{bc} _b	4,4±0,1 ^b _a	4,4±0,1 ^{ab} _a
12	3,7±0,2 ^{cd} _a	3,9±0,2 ^c _a	4,0±0,3 ^b _a
16	3,0±0,5 ^d _a	3,2±0,1 ^d _a	3,1±0,3 ^c _a
19	2,2±0,2 ^e _a	2,1±0,1 ^e _a	2,6±0,4 ^{cd} _a
21	1,8±0,3 ^e _b	1,9±0,1 ^e _{ab}	2,4±0,3 ^d _a

*Aynı sütunda aynı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Aynı satırda aynı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0,05$).

Literatürde ozon gazı uygulamalarının, domates raf ömrü artışı için potansiyel bir yöntem olabileceği yer almaktadır. Zambre, Venkatesh ve Shah tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, 15°C'de muhafaza edilen domates örneklerinin 12 günlük raf ömrü artışı sağlayabileceği belirtilmiştir. Bu durum, 20 ppm'den yüksek konsantrasyonlarda uygulanan ozon gazının mikroorganizma sayısında azalma sağlaması ile ilişkilendirilmiştir. Brokoli ve salatalık için gerçekleştirilen testlerde 0,3 ve 0,05 ppm ozon seviyesinin mikroorganizma sayısında azalma sağlayacak seviyelerde olmadığı görülmüştür. Bunun yanında mikrobiyolojik analizler domates örnekleri için de yapılmış olup, muhafaza süresi boyunca her üç grup altında saklanan örneklerde ürün yüzeyinde toplam canlı sayısı ve küf-maya sayısı gelişimi olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle sonuçlar paylaşılmamıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada farklı doz ozon konsantrasyonlarının hasat sonrası soğukta saklama sırasında brokoli, salatalık ve domates kalitesi üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

Buzdolabının sebzelik bölmesine sürekli olarak uygulanan 0,05 ve 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan brokoli örneklerindeki C vitamini kaybının, uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre daha düşük olduğu görülmüştür. Buna göre başlangıç C vitamini içeriği 48,6 mg/100 gr olan örneklerde, saklama periyodu sonundaki C vitamini değeri 0,05 ppm, 0,3 ppm ve kontrol grubu için sırası ile 42,6; 44,6 ve 40,5 mg/100 gr olarak belirlenmiştir. Bunun yanında ozonun klorofil degradasyonuna neden olan enzimleri inaktive etmesine bağlı olarak, ozon uygulanan örneklerde saklama süresi boyunca klorofil kaybı kontrol grubuna oranla daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Başlangıç değer olarak 70,8 mg/100 gr klorofil içeriğine sahip 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinin klorofil içeriği saklama sonunda sırası ile 35,5; 32,8 ve 26,3 mg/100gr olarak elde edilmiştir

Yapılan bu deneysel çalışmalarda, 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı konsantrasyonu altında depolanan brokoli örneklerinin ağırlık kaybı değerleri 30. gün sonunda sırası ile % 9,4 ve %9,3 olarak elde edilirken, kontrol grubu örneklerinde %16,6 ağırlık kaybı meydana geldiği gözlenmiştir. Buna göre ozonun ağırlık kaybını azaltıcı yönde etki yaptığı sonucu elde edilmiştir. Güçlü bir antimikrobiyal olan ozon gazının brokoli doğal mikroflora üzerindeki etkisinin değerlendirildiği testlerde ise 0,05 ppm ve 0,3 ppm uygulamaları ile kontrol grubu altında depolanan brokoli numunelerinin toplam canlı ve küf-maya seviyelerinin benzer olduğu ortaya konulmuştur.

Yapılan duyusal değerlendirmeler sonucunda, 30 günlük saklama periyodu boyunca azalan görsel kalitenin 0,3 ppm ozon gazı altında saklanan örneklerde, 17. günden sonra, kontrol grubu örneklerinde 23. gün sonunda "3" sınır değerinin altına düştüğü görülmüştür. 0,05 ppm ozon gazı altında saklanan örneklerin ise görsel kalite açısından 30. gün sonunda hala sınır değerinde olduğu belirlenmiştir.

0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı seviyelerinin salatalık kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği testler sonucunda, başlangıç değeri 108,8 mg/100 gr olan klorofil içeriği, saklama süresi sonunda 0,05 ppm; 0,3 ppm ve kontrol grubu örneklerinde sırası ile 37,1; 27,1 ve 17,0 mg/100 gr olarak elde edilmiştir. Klorofil miktarındaki en fazla değişim kontrol grubu örneklerinde elde edilirken; 0,05 ppm ozon gazı uygulamasında klorofil değişiminin daha düşük seviyelerde gerçekleştiği görülmektedir.

Dokuda meydana gelen hasarlanmaya bağlı olarak sürekli artış gösteren salatalık örneklerindeki elektrolit sızıntısı değeri, % 6,1 olan başlangıç değerinden; 0,05 ppm, 0,3 ppm ve kontrol grubu örnekleri için saklama sonunda sırası ile % 32,0; 45,3 ve 30,1 değerlerine artış göstermiştir. 0,3 ppm ozon gazı uygulaması gerçekleştirilen örneklerin elektrolit sızıntısı değerinin diğer iki gruptan daha yüksek olması, ozonun dokuda meydana getirdiği fizyolojik zararlanma ile ilişkilidir.

13. günlük saklama periyodu boyunca ölçülen ağırlık kaybı, sertlik ve renk değerinin ozon uygulaması gerçekleştirilen ve herhangi bir işlem uygulanmayan kontrol grubu örneklerinde benzer olduğu belirlenmiştir. Buna göre ozon uygulamasının salatalık örneklerinin ağırlık kaybı, sertlik ve renk değerlerine etkisinin bulunmadığı sonucu elde edilmiştir. Aynı zamanda gerçekleştirilen toplam canlı sayısı analizleri sonucunda, ozonun salatalık için, yüzey yapısı ile ilgili olarak brokoli örneklerinden daha etkili olduğu görülmüştür. Bunun yanında 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon konsantrasyonu değerleri salatalık küf-maya sayısında azalma sağlamamaktadır. Görsel kalite, her üç grup salatalık örneği için 9. gün sınır değer olarak kabul edilen 3 değerinin altına düşmektedir.

Sebzelik ortamına uygulanan ozon gazının etkinliği son olarak domates kalitesi üzerinde değerlendirilmiştir. Brokoli sonuçları ile benzer şekilde, ozon uygulaması gerçekleştirilen domates örneklerinin muhafaza süresi boyunca C vitamini içeriğinin, herhangi bir işlem uygulanmayan kontrol grubu örneklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna göre 17,7 mg/100 gr olan başlangıç C vitamini değeri; saklama sonunda 0,05 ppm ve 0,3 ppm ozon gazı uygulanan ve herhangi bir işlem görmemiş kontrol grubu örnekleri için sırası ile 13,1 mg /100 gr, 15,4 mg/100 gr ve 10,9 mg/100 gr olarak elde edilmiştir. Salatalık ve brokoli örneklerinden farklı olarak yapılan domates numunelerindeki likopen analizlerinde ise, saklama süresi boyunca azalan bu değer tüm gruplar için benzer olduğu sonucu elde edilmiştir. Aynı

zamanda çalışma sonuçlarına göre, domates için 21 günlük saklama periyodu boyunca değerlendirmeye alınan kalite parametrelerinden sertlik, titrasyon asitliği, ağırlık kaybı ve renk değerlerinin, ozon uygulamasından etkilenmediği elde edilmiştir. Yapılan duyusal değerlendirmelere göre ise, görsel kalite değerinin, her üç koşul altında saklanan domatesler için, 21. gün sonun "3" limit değerinin altına düştüğü görülmüştür.

Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmalar sonucunda, buzdolabı sebzeliği ortamına sürekli olarak uygulanan 0,05 ppm ozon gazı konsantrasyonun gıda kalitesini korumada potansiyel bir çözüm yolu olabileceği ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Achen, M. ve Yousef, A.E.** (2001). Efficacy of Ozone Against *Escherichia coli* O157:H7 on Apples. *Food Microbiology and Safety*. Vol. 66, No. 9
- Aiamla-or, S., Yamauchi, N., Takino, S., Shigyo, M.** (2009). Effect of UV-A and UVB irradiation on broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) floret yellowing during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 54, 177-179.
- Alencar, E.** (2012). Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. *J. Sci. Food Agri.*, 92:899–905.
- Ahmed, L. ve ark.** (2013). Effect of delactosed whey permeate treatment on physico-chemical, sensorial, nutritional and microbial properties of whole tomatoes during postharvest storage. *Food Science and Technology*, 51:367-374
- Akbas, M.Y. ve Ozdemir, M.** (2006a). Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:2099–2104
- Akbas, M.Y. ve Ozdemir, M.** (2006b). Effectiveness of ozone for inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* in pistachios. *International Journal of Food Science and Technology* 41, 513–519.
- Akbas, M.Y. ve Ozdemir, M.** (2008). Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1657–1662.
- Aguayo, E., Escalona, V.H. ve Artes, F.** (2006). Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39:169–177
- Barboni, T. ve ark.** (2010). Effect of cold storage and ozone treatment on mphysicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry* 121: 946–951.
- Cemeroğlu, B.** (2010). Gıda Analizleri, Genişletilmiş 2. baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara.
- Chan, G.Y.S ve Wu, J.G.** (2012). Efficacy of Ozone on Pesticide Residues. In *Ozone in Food Processing*, Edited by C. O'Donnell, B.K. Tiwari, P.J. Cullen, and R. G. Rice. pp 223-240. Blackwell Publishing Ltd.
- Chena, J.Y., Linb Y.J. ve Kuo, W.C** (2013). Pesticide residue removal from vegetables by ozonation. *Journal of Food Engineering* 114 : 404–411.

- Cullen, P. J. and Tiwari, B.K.** (2012). Applications of Ozone in Fruit Processing. In *Advances in Fruit Processing Technologies*, Edited by S. R. & F.A.N. Fernandes, pp 185-202. CRC Press.
- Ekici, L., Sağdıç, O. ve Kesmen, Z.** (2006). Gıda Endüstrisinde Alternatif Bir Dezenfektan: Ozon. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* ,1: 47-57.
- Farnetia, B., Schoutena, R.E. ve Wolteringa, E.J.** (2012). Low temperature-induced lycopene degradation in red ripe tomato evaluated by. *Postharvest Biology and Technology* 73: 22–27.
- Fernández-León, M.F. ve ark.** (2013). Different postharvest strategies to preserve broccoli quality during storage and shelf life: Controlled atmosphere and 1-MCP. *Food Chemistry* 138 (2013) 564–573
- Forney, C.F. ve ark.** (2003). Ozone and 1-Methylcyclopropene Alter the Postharvest Quality of Broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128(3): 403-408.
- Greene, A.K. ve ark.** (2012). Chemical and Physical Properties of Ozone. In *Ozone in Food Processing*, Edited by C. O'Donnell, B.K. Tiwari, P.J. Cullen, and R. G. Rice. pp 19-32. Blackwell Publishing Ltd.
- Güzey-Seydim, Z.B. ve ark.** (2004). Use of ozone in the food industry. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37:453–460.
- Hışıl, Y., 1993.** Enstrümental Gıda Analizleri Laboratuar Kılavuzu, EgeÜniversitesi , Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları. No:55, İzmir,(45)s.
- Hildebrand, P.D. ve ark.** (2008). Effect of a continuous low ozone exposure (50nL/L) on decay and quality of stored carrots. *Postharvest Biology and Technology* 49 : 397–402
- Javanmardi, J. ve Kubota, C.** (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 151–155
- Karaca, H., Spencer S. Walseb, S.S. ve Smilanick, J.L.** (2012). Effect of continuous 0.3 µL/L gaseous ozone exposure on fungicide residues on table grape berries. *Postharvest Biology and Technology* 64 : 154–159.
- Karaca, H. ve Veliöğlu, Y.S.** (2014). Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. *Postharvest Biology and Technology* 88 :46–53.
- Kasım M. U ve Kasım, R.** (2011). Vapor heat treatment increase quality and prevent chilling injury of cucumbers (*Cucumis melo* L. cv. Silor).*American-Eurasian J. Agric.& Environ Sci*, (2):269-274.

- Khasre, M.A., Yousef, A.E. ve Kim, J.G.** (2001). Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Concise Reviews in Food Science*. Vol. 66, No. 9.
- Kim, J.G. ve ark.** (2003). Ozone and its current and future application in the food industry. In *Advances In Food and Nutrition*, pp 167-217. Elsevier Science.
- Kim, C. ve Hung, Y.** (2012). Inactivation of E. coli O157:H7 on Blueberries by Electrolyzed Water, Ultraviolet Light, and Ozone. *Journal of Food Science*, Vol. 77, Nr. 4.
- Kuşçu, A. ve Pazır, F.** (2004). Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları. *Gıda* 29 (2): 123-129.
- Küşümler, A.S.** (2011). Ultraviyole (uv-c) ışını uygulamasının patlıcan ve salatalıklarda soğuk zararlanması üzerine etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Liew, C.L. ve Prange, R.K.** (1994). Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Daucus carota* L.). *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 119(3):563–567.
- McClurkin, J.D. ve Maier, D.E.** (2010). Half-life time of ozone as a function of air conditions and movement. 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Julius-Kühn-Archiv, 425.
- Moalemiyan, M. ve Ramaswamy, H.S.** (2012). Quality Retention and Shelf-life Extension in Mediterranean Cucumbers Coated with a Pectin-based Film. *Journal of Food Research*; Vol. 1, No. 3.
- Moneruzzaman, K.M. ve ark.** (2008). Effect of Stages of Maturity and Ripening Conditions on the Biochemical Characteristics of Tomato. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4 (4): 336-344.
- Majidi, H ve ark.** (2011). Total Soluble Solids, Titratable Acidity and Ripening Index of Tomato In Various Storage Condition, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12): 1723-1726.
- Mudd, J.B.** (1998). Biochemical Reactions of Ozone in Plants. USDA Forest Service Gen.Tech.Rep. PSW-GTR-166.
- Muthukumarappan, K. ve ark.,** (2010a). Ozone and CO₂ Processing: Rheological and Functional Properties of Food .In *Novel Food Processing Effects on Rheological and Functional Properties*, Edited by J. Ahmed, H.S. Ramaswamy, S. Kasapis , and J. I. Boye, pp 127-146. CRC Press.
- Muthukumarappan, K. ve ark.** (2010b). Ozone Processing. In *Mathematical Modeling of Food Processing*, Edited by M. M . Farid. pp 607-622. CRC Press.

- Nadas, A., Olmo, M., and Garcia, J. M.** (2003). Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *J. Food Sci.* 68:1798-1802.
- Nath, A. ve ark.** (2011). Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage. *Food Chem.* 127, 1510-1514.
- Najafi, M.B.H ve Khodaparast, M.H. H.**(2009). Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control* 20: 27–30
- Nunes, M. ve Emond, J.** (2003). Storage Temperature. In *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, Edited by J.A. Bartz. Chapter 8. USA: Marcel Dekker Inc.
- O'Donnell, C. ve ark.** (2012). Status and Trends of Ozone in Food Processing. In *Ozone in Food Processing*, Edited by C. O'Donnell, B.K. Tiwari, P.J. Cullen, and R. G. Rice. pp 55-80. Blackwell Publishing Ltd.
- Ölmez, H. ve Akbaş M.** (2008). Optimization of ozone treatment of fresh-cut green leaf lettuce. *Journal of Food Engineering* 90 : 487–494.
- Ölmez, H.** (2012). Ozone. In *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*, Edited by V.M. Gómez-López. pp 177-194. John Wiley & Sons, Inc.
- Palou, L. ve ark.** (2002). Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24 : 39–48
- Perez, A.G. ve ark.** (1999). Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *J. Agric. Food Chem.* 47, 1652–1656
- Patil, S.** (2010). Efficacy of Ozone and Ultrasound for Microbial Reduction in Fruit Juice. PhD Thesis, Dublin Institute of Technology
- Sabir, F.K.** (2012). Postharvest quality response of broccoli florets to combined application of 1-methylcyclopropene and modify atmosphere packing. *Agricultural and Food Science*, 21: 421-429.
- Sevilgen, Ö.** (2009). Ozon, klor ve hidrojen peroksit uygulamalarının pazıda klorofil miktarı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Salvador, A. ve ark.** (2006). Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*. Vol. 71, Nr. 6.
- Skog, L.J. ve Chu, C.L.** (2001). Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4): 773-778.

- Szczesniak, A.S.** (1998). Effect of storage on texture. In *Food Storage Stability*, Edited by I. A. Taub & R. P. Singh, Chapter 8. CRC Press.
- Tiwari, B.K. ve Muthukumarappan, K.** (2012). Ozone in Fruit and Vegetable Processing. In *Ozone in Food Processing*, Edited by C. O'Donnell, B.K. Tiwari, P.J. Cullen, and R. G. Rice. pp 55-80. Blackwell Publishing Ltd.
- Tiwari B.K., ve Rice, R.G.** (2012). Regulatory and Legislative Issues. In *Ozone in Food Processing*, Edited by C. O'Donnell, B.K. Tiwari, P.J. Cullen, and R. G. Rice. pp 7-17. Blackwell Publishing Ltd.
- Tzortzakis, N. ve ark. (2007).** Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 317–325
- Valero, D. ve Serrano, M.** (2010). Cold storage and fruit quality. In *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*, pp 69-89. London: CRC Press.
- Vurma, M.** (2009). Development Of Ozone-Based Processes For Decontamination Of Fresh Produce To Enhance Safety And Extend Shelflife. PhD Thesis, The Ohio State University
- Yuan, G. ve ark.** (2010) Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. *Food Chemistry* 118: 774-781.
- Zambre, S.S., Venkatesh, K.V. ve Shah, N.G.** (2010). Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. *Journal of Food Engineering* 96 : 463–468.
- Znidarcici, D. ve Pozrl, T.** (2006). Comparative study of quality changes in tomato cv. 'Malike' (*Lycopersicon esculentum* Mill.) whilst stored at different temperatures. *Acta agriculturae Slovenica*, 87:235 – 243.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Ad-Soyad: Gönül ÇAVUŞOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi: E.CUMA (Bulgaristan) / 01.03.1989
E-posta: cavusoglugo@gmail.com
Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi
Gıda Mühendisliği (2007-2011)
Lise: Kabataş Erkek Lisesi (2003-2007)

İş Tecrübesi

2012 - : Arçelik A.Ş.
Termodinamik Ailesi
Ar-Ge Mühendisi