



Ozonlu Su Uygulamasının Kapyta Biberinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi

Yasin Şimşek¹, Mehmet Ali Koyuncu^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

*Sorumlu yazar: koyuncu.ma@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 13/05/2024

Kabul tarihi: 03/06/2024

Anahtar Kelimeler: *Capsicum annuum*,
Depolama süresi, Duyusal kalite, MAP, O₃

DOI: 10.55979/tjse.1483101

ÖZET

Bu çalışmada, 'Kaptan' kapyta biber (*Capsicum annuum*) çeşidinde ozonlu su (1 ppm) uygulamasının depolama boyunca meyve kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum aşamada derilen biberler hemen laboratuvara nakledilmiştir. Çeşit özelliklerini yansıtan üniform ve kaliteli biberler seçilerek ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Ön soğutmadan sonra meyveler uygulamalar için 2 gruba ayrılmıştır. Birinci grup meyveler 15 dakika boyunca 1 ppm ozon içeren soğuk suya (5-6 °C), ikinci grup (kontrol) meyveler de aynı süreyle distile suya (5-6 °C) daldırılmıştır. Daldırma işleminden sonra biberler fazla suyunun uzaklaştırılması için 30 dakika oda koşullarında bekletilmiş ve modifiye atmosfer poşetlerine (MAP) yerleştirilmiştir. Uygulama yapılan meyveler 8±1 °C ve % 90±5 oransal nemde 25 gün ve her 5 günün sonunda artı 1 gün oda koşullarında (20±1 °C ve % 60±5 oransal nem) depolanmıştır. Biberlerde ağırlık kaybı, meyve sertliği, suda çözünabilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, solunum hızı, meyve kabuk rengi ve duyusal kalite özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, ozon uygulamasının biberlerde ağırlık kaybı ile solunum hızını azaltmada ve meyve sertliği ile duyusal kaliteyi korumada kontrol grubuna göre daha etkili olmuştur. Ozon uygulanmış Kaptan' kapyta biber çeşidinin, MAP içerisinde belirtilen koşullarda 21 gün depolanabileceği belirlenmiştir.

Effect of Ozonated Water on Fruit Quality of Capia Pepper During Storage

ARTICLE INFO

Received: 13/05/2024

Accepted: 03/06/2024

Keywords: *Capsicum annuum*, Storage life,
Sensory quality, MAP, O₃

DOI: 10.55979/tjse.1483101

ABSTRACT

The effect of ozonated water (1 ppm) on quality of capia pepper cv. 'Kaptan' (*Capsicum annuum*) during storage was investigated. The peppers, harvested at the optimum stage, were transported to the laboratory immediately. The uniform and quality fruit, reflecting the characteristics of variety, were selected and pre-cooled. After pre-cooling, the fruits were divided into 2 groups. The first group was immersed in cold water (5-6 °C) containing 1 ppm ozone for 15 minutes. The second group (control) was immersed in distilled water (5-6 °C) for 15 minutes. After dipping, peppers were kept in room conditions for 30 minutes to remove excess water and placed in modified atmosphere bags (MAP). Treated fruits were stored at 8±1 °C and 90±5% relative humidity for 25 days and plus 1 day at room conditions. Weight loss, fruit firmness, TSS, TA, respiration rate, fruit skin color, and sensory quality of peppers were determined at 6-day intervals during storage. As a result, ozone treatment was more effective in reducing the weight loss and respiration rate, and preserving fruit firmness and sensory quality of peppers. The capia pepper treated with 1 ppm ozonated water could be stored for 21 days in MAP under these conditions.

1. Giriş

Türkiye; Çin, Hindistan ve Amerika'dan sonra dünyanın en çok sebze üreten ülkesi konumundadır (FAO, 2024). Son yıllarda 31 milyon tonu aşkın (31 090 ton) sebze üretimi yapan Türkiye'nin, biber üretimi 3 018 775 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin toplam biber üretiminin %49'luk kısmını kapyta tipi biberler oluşturmaktadır (TÜİK, 2024). Her geçen gün Türkiye'den ihraç edilen ürünler arasında Kapyta tipi biberlerin oranı artmakta olup, bu durum üreticiyi de teşvik etmektedir (Bozkurt, 2019).

Meyveleri koyu kırmızı renkli, uzun konik şekilli ve tatlı olan Kapyta tipi biberler (*Capsicum annuum* L. cv. Kapyta), ülkemizde daha çok salçalık ve yağlık biber olarak değerlendirilmektedir. Taze tüketim dışında

kurularak, konserve, salça ve sos yapılarak tüketilmektedir (Özdikmenli & Zorba, 2015). Değerlendirme şekillerindeki çeşitlilik, Kapyta tipi biberlere olan ilgiyi ve üretim miktarını arttırmaktadır. Üretim miktarındaki artışa bu biberlerin besin içeriği zenginliğinin de etki ettiği söylenebilir. Keza düzenli olarak tavsiye edilen oranlarda tüketilen kapyta biberinin, bazı kanser türleri ve kardiyovasküler nedenli rahatsızlıklara karşı olumlu sonuçlar verdiği ileri sürülmektedir. Bunda bileşiminde bulunan karetonoitlerin, askorbik asitin ve antioksidan maddelerin etkili olduğu bildirilmektedir (Ghasemzad vd., 2011). Taze olarak 100 gram kapyta tipi biber, 250-300 gr portakala eş değer (yaklaşık 130 mg) askorbik asit içermektedir (Cerit, 2015).

Tüm bu özellikleriyle biber meyvesi, Türkiye ve dünyada pek çok ülke mutfağının vazgeçilmez ürünlerinden birisidir. Sağlıklı bir yaşam için beslenmeye atfedilen önem son derece dikkat çekicidir. Bu nedenle günümüzde bilinçli tüketicilerin besin içeriği zengin, kaliteli ürünlere karşı ilgisi her geçen gün artmaktadır. Bu durum derim sonrası yaşam potansiyeli nispeten kısa olan biber ve benzeri ürünlerin depolanma olanaklarının iyileştirilmesinin önemini akla getirmektedir. Pazar değeri yüksek ancak depolanma süresi kısa olan biberde, derim ve muhafaza sırasındaki özensizlikten dolayı ciddi oranda ürün ve kalite kayıplarının yaşandığı bilinmektedir.

Biberlerde depolama ve taşıma süreçlerinde oluşan su kaybı, meyve eti yumuşaması ve üşüme zararı gibi fizyolojik bozukluklar kalite kayıplarına neden olmaktadır (Maalekuu vd., 2006; Sakaldaş, 2012). Bunların dışında *Botrytis cinerea* ve *Alternaria alternata* depolama sırasında önemli ekonomik kayıplara sebep olan çürüklük etmenleridir (Rodov vd., 1995; Fallik vd., 1999). Bu kayıpların azaltılması için değişik uygulamalara ihtiyaç vardır. Biberlerde modifiye atmosfer paketleme (MAP) uygulamalarıyla meyvede su kaybının ve doku yumuşamasının azaltıldığı bilinmektedir (Kader vd., 2002; Aharoni vd., 2008). Ayrıca değişik MAP teknikleri kullanarak depolama sırasında biberlerde çürüme ve üşüme zararının azaltıldığı rapor edilmiştir (Rodov vd., 1995; Ulukapı vd., 2008).

Gelişmekte olan ülkelerde bahçe ürünlerinin derim, depolama ve taşınması aşamalarında oluşan kayıpların ciddi boyutlarda olduğu ve bunlar içerisinde mikrobiyolojik bozulmalar ve çürümelerin önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir (Singh & Sharma, 2018). Bu nedenle derim sonrası süreçte ve özellikle depolama sırasında yaygın olarak fungusit kullanılmaktadır (Sharma vd., 2009). Artan fungusit kullanımı hem patojenlerin bu ajanlara karşı direnç geliştirmesine neden olmakta, hem de ihraç edilen ürünlere kalıntı problemi doğurmaktadır (Öz & Süfer, 2012). Günümüzde bilinçlenen tüketicilerin yetiştiricilik ve derim sonrası aşamalarda kullanılan kimyasal uygulamalara karşı ciddi tepkileri oluşmuştur. Bu durum ilgili sektör ve araştırmacıları çevre dostu alternatif uygulamalar bulma arayışı içine sokmaktadır. Ozon 1997 yılında, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından bazı alanlarda kullanımı güvenli kabul edilen ajanlar grubuna alınmıştır. Aynı kurumun 2001 yılında belirli oranlarda kullanıldığında “gıdalarla doğrudan temasında sakınca yoktur” kararıyla, ozon birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bütün bu gelişmelere bağlı olarak, son yıllarda derimden tüketici sofrasına kadar olan tüm süreçlerde, meyve ve sebzelerde kullanım şekli çeşitlenen ozon özel ilgi odağı olmuştur.

Ozon (O₃) yapısında üç oksijen atomu bulduran, oda koşullarına renksiz ve kendine has bir kokusu olan gaz formunda bir moleküldür. Bahçe ürünlerinde derim sonrası çalışmalarda, ozon uygulamaları ya depo atmosferine ozonu gaz halinde vermek ya da su içine enjekte etmek yoluyla yapılmaktadır (Palou vd., 2007). Meyve ve sebzelerde ozon uygulamaları değişik amaçlarla yapılmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın olanları; taze ve kurutulmuş ürünlerde mikrobiyolojik

yükü düşürerek depolanma süresini uzatmak, meyvelerde pestisit ve mikotoksinleri indirgemek ve olgunlaşma ile yaşanmada rol alan enzimlerin aktivitelerini azaltmaktır (Perkins, 1997; Xu, 1999).

Bu bilgiler ışığında mevcut çalışmada, ‘Kaptan’ kopya biber çeşidinde, derim sonrası suda ozon uygulamasının depolama boyunca meyvelerin kalite değişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Meyve materyali

Araştırmada materyal olarak, araştırma bölgesinde yetiştiriciliği yaygın olan ‘Kaptan’ kopya biber çeşidi kullanılmıştır. Kopya biber meyveleri Evciler (Afyonkarahisar) yöresinde ticari olarak yetiştiricilik yapan bir üretici bahçesinden temin edilmiştir.

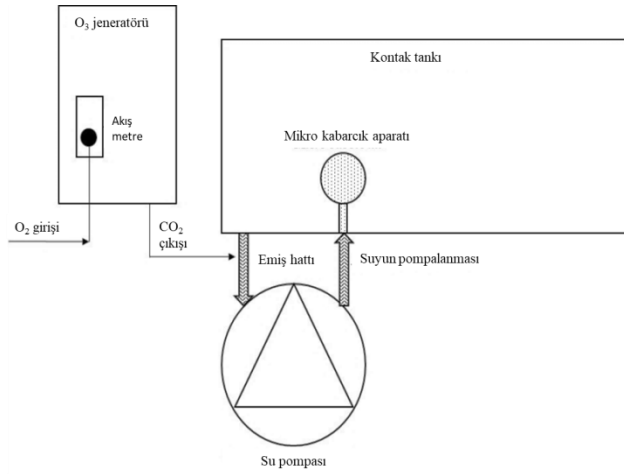
2.2. Derim, ozon uygulaması ve depolama koşulları

İrilik, şekil ve renk kriterleri dikkate alınarak optimum dönemde el ile derimi yapılan meyveler soğutmalı araçla (5 °C) hemen laboratuvara getirilmiştir. Zorlanmış hava ile ön soğutma tekniği kullanılarak, ürün iç sıcaklığı 5-6 °C’ye düşene kadar (yaklaşık 6 saat) biberler soğutulmuştur. Yaralı-bereli olanlar seçildikten sonra sağlam meyveler uygulamalar için 2 gruba (her birinde 45 kg biber olacak şekilde) ayrılmıştır.

İlk grup biberler 1 ppm ozon içeren soğuk suya (5-6 °C) 15 dk daldırılmıştır. İkinci grup (kontrol) biber meyveleri aynı sıcaklıktaki suya 15 dk daldırılmıştır. Uygulama şekli ve doz önceki yıllarda yürütülen çalışmalarımıza (Üner & Koyuncu, 2021; Özen vd., 2021) dayanılarak seçilmiştir. Uygulamalardan sonra biber meyveleri üzerlerindeki fazla suyu uzaklaştırmak için 30 dk. oda koşullarında fan altında bekletilmiştir. Daha sonra biberler, belirli oranda su buharı ve gaz geçirgenliğine sahip 5 kg’lık modifiye atmosfer poşetlerine (MAP) yerleştirilmiştir. Bütün meyveleri 8±1 °C ve % 90±5 oransal nem koşullarında 25 gün muhafaza edilmiştir. Başlangıçta ve 5 gün aralıklarla soğuk depodan çıkartılan biberler 1 gün oda koşullarında (20±1 °C ve % 60±5) manav koşullarını simüle etmek için bekletildikten sonra analiz edilmiştir. Deneme 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuş ve her tekerrürde 1.5 - 2 kg biber meyvesi kullanılmıştır. Aşağıda belirtilen fiziksel ve kimyasal analizler başlangıçta ve depolama boyunca 5+1 gün aralıklarla yapılmıştır.

Denemede kullanılan ozon, laboratuvar ölçekli (20 g s⁻¹ kapasiteli) bir ozon jeneratörü (korona deşarjı, Ozonoks Sistemi-Model: CFY20, Antalya, Türkiye) kullanılarak oksijen gazından (%99.9 saflıkta) üretilmiştir. Jeneratörden elde edilen ozon gazı, aşağıda şematize edildiği gibi su pompası, mikro kabarcık aparatı ve kontak tankından oluşan bir sistem kullanılarak soğuk suya enjekte edilmiştir (Şekil 1). Sudaki çözünmüş ozon konsantrasyonu, ozon jeneratörü üzerine monte edilen bir sensör (Ozon sensörü, OZ7MA5, Almanya) tarafından otomatik olarak ölçülmüştür. Uygulama sırasında gaz akışı ozon jeneratörünün kontrol ünitesi (JUMO-AQUIS

500-Almanya) tarafından otomatik olarak kontrol edilmiştir.



Şekil 1. Ozon jeneratörü ve ozon enjeksiyon sistemi kullanılarak soğuk suyun ozonlanması
Figure 1. Ozonation of cold water using ozone generator and ozone injection system

2.3. Meyve kalite analizleri

2.3.1. Ağırlık kayıpları

Deneme başlangıcında tartılarak depoya yerleştirilen biber örnekleri, depolama boyunca analizlerin yapıldığı dönemlerde depodan çıkartılarak 0.01 g hassasiyetindeki terazi (Scaltec SBA51) ile tartılmıştır. Başlangıç ağırlığı dikkate alınarak % ağırlık kayıpları hesaplanmıştır.

2.3.2. Meyve sertliği

Biberlerde meyve sertliği Lloyd marka (LF Plus) tekstür cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Cihazda 50 N'luk Load Cell ve Nexygen yazılım programı kullanılmıştır. 100 mm dk⁻¹'lık sabit bir hızla, 5.1 mm'lik uç meyveye batırılmıştır (10 mm, orta kısmına). Batırma sürecinde uygulanan en yüksek kuvvet, meyve sertliği olarak (Newton-N) kullanılmıştır.

2.3.3. Suda çözünebilir kuru madde miktarı

Depolama sürecinde meyve suyundaki yüzde suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı Atago marka (Pocket PAL-1, digital) refraktometre kullanılarak ölçülmüştür.

2.3.4. Titre edilebilir asit miktarı

Depolama boyunca bir pH metre (WTW Inolab) ve dijital büret kullanarak 10 mL meyve usaresine pH değeri 8.1'e ulaşmaya kadar NaOH çözeltisi (0.1 N) damlatılmıştır. Meyve suyunun titre edilebilir asitlik (TEA) değeri, harcanan NaOH çözeltisi dikkate alınarak sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

2.3.5. Meyve kabuk rengi

Depolama sürecinde biberlerde kabuk rengi Minolta marka (CR-300) renk cihazı ile ölçülmüştür. Renk değişimi L*, a* ve b* değerleri baz alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen a* ve b* değerleri kullanılarak aşağıda verilen Denklem (1)'e göre Chroma (C*) ve hue (h°) açısı değerleri hesaplanmıştır (Koyuncu vd., 2019).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (1)$$

2.3.6. Solunum hızı ölçümleri

Biber örnekleri 250-300 gr. olacak şekilde 3 L'lik gaz sızdırmaz kavanozlara tartılmış ve oda koşullarında (20±1 °C) 2-3 saat bekletilmiştir. Daha sonra bir enjektör (10 ml'lik) ile plastik kavanozlardan alınan gaz örnekleri, kromatografi cihazına 1-2 ml enjekte edilerek CO₂ miktarı ölçülmüştür. Elde edilen CO₂ değerleri kullanılarak biberlerin solunum hızı (mL.CO₂.kg⁻¹.s⁻¹) hesaplanmıştır (Erbaş, 2023).

2.3.7. Duyusal değerlendirmeler

Depolama boyunca biber örneklerinde duyu kalite (dış görünüş ve tat/aroma) değerlendirilmesi tecrübeli (bahçe ürünlerinin derim sonrası fizyolojisi alanında eğitim almış) 5 panelist ile yürütülmüştür. Değerlendirme 3 tekerrürlü olarak floresan ışık altında, koku ve gürültünün olmadığı panel odasında yapılmıştır.

Panelistler dış görünüş puanlaması için 1-9 skalasını (Koyuncu vd., 2005) kullanmıştır. Bu skalada; 1-4 puan arası: ürün pazarlanamaz, 5 puan: ürün pazarlanabilir, 7 puan: ürün iyi durumda, 9 puan: ürün çok iyi durumda şeklinde değerlendirilmiştir.

Tat/aroma değerlendirmesinde ise 1-5 skalası (Erbaş ve Koyuncu, 2016) kullanılmıştır. Bu skalada panelistler biberlere 1 ile 5 arasında değişen puanlar vermişlerdir. 1 puan: çok kötü, 2 puan: kötü, 3 puan: orta, 4 puan: iyi, 5 puan: çok iyi olarak değerlendirilmiştir.

2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme, 3 tekerrürlü olarak "Faktöriyel Düzende Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre kurulmuştur. Her tekrür için 1.5-2 kg biber meyvesi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler JMP7 paket programı aracılığıyla varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi (P<0.05) kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ağırlık kaybı

Bahçe ürünlerinde depolama sırasında oluşan ağırlık kaybı, doğrudan o ürünün ağırlığında azalmayı ifade ettiği için çok önemlidir. Biberlerde depolama boyunca ortaya çıkan ağırlık kaybı üzerine uygulamaların, muhafaza süresinin ve MS × U interaksyonunun etkisi (P<0.05) önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama süresinin uzamasına paralel olarak hem ozon uygulanmış hem de

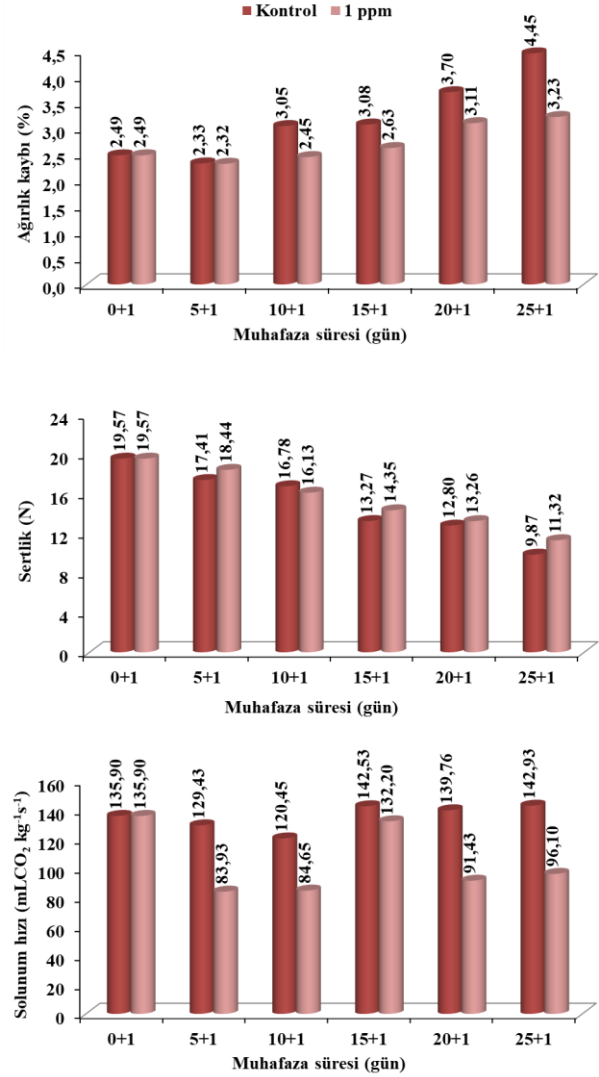
kontrol örneklerinde ağırlık kayıplarında artışlar saptanmıştır. Depolamanın son gününde kontrol uygulamasında ağırlık kaybı % 4.45 olurken, ozon uygulamasında bu değer % 3.23 bulunmuştur (Şekil 2). Ozon uygulanmış biberlerde kontrole göre % 27 daha az ağırlık kaybının olması ticari açıdan kıymetli bulunmuştur. Büyük ölçekli biber depolamalarında bu fark önem arz edecektir. Ozonlanmış biberlerde ağırlık kaybının daha az olması, ozonun hem solunum hızını daha iyi baskılaması (Şekil 2) hem de biberin kabuğunda hücresel bütünlüğü daha iyi koruyarak su buharı geçirgenliğini kısmen yavaşlatmasıyla açıklanabilir.

Nitekim Han vd. (2017), uygun doz seçildiğinde ozonun meyve kabuğundaki stomanın yapı ve şeklini koruyarak su kaybını azalttığını bildirmişlerdir. Yine bulgularımızı destekler şekilde, meyvelerde derim sonrası ozon uygulamalarıyla solunum hızı ve ağırlık kaybının azaltılabileceği rapor edilmiştir (Keutgen & Pawelzik, 2008). Diğer taraftan Özen vd. (2021), bahçe ürünlerinde ozon uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine uygulama dozu, zamanı ve şekli ile depolama koşullarına bağlı olarak farklı etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Her ne kadar depolama sonunda % 4.45'lik ağırlık kaybı olsa da 25 gün soğukta ve 1 gün oda koşullarında muhafazadan sonra bu değer yüksek bulunmamıştır. Bu durum 25 günlük soğukta depolama boyunca MAP uygulamasının üründen su kaybını sınırlandırmasıyla ilgilidir. Keza Khan & Singh (2008), MAP koşullarında depolandığında meyvelerde kalite ve su kaybının azaltılabileceğini ve bunlara bağlı olarak ağırlık kayıplarının sınırlı olacağını ifade etmişlerdir.

3.2. Meyve sertliği

Çalışmada depolama süresince meyve sertliği üzerine muhafaza süresinin etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 2). Biberlerde muhafaza süresinin artmasına bağlı olarak meyve sertliği düzenli olarak azalmış, ancak ozon uygulaması kontrole göre meyve sertliği kaybını önemli ölçüde geciktirmiştir. Depolama sonunda kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde meyve sertliği sırasıyla 9.87 N ve 11.32 N olarak saptanmıştır (Şekil 2). Bulgularımızı destekler nitelikte Glowacz & Rees (2016), biberlerde depolama boyunca meyve sertliğinin bütün uygulamalarda azaldığını, fakat ozon uygulanmış olanlarda kontrol grubuna göre sertlik azalmasının daha sınırlı kaldığını rapor etmişlerdir. Chittravathi vd. (2015) ise, ozonlu suya daldırılmış biber meyvelerinde klorlu su uygulamasına kıyasla, depolama boyunca başta meyve sertliği olmak üzere kalite kayıplarının daha yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Ozonun mevcut çalışmada, pektin esteraz enziminin etkisini yavaşlatarak ve doku bütünlüğünü koruyarak biberlerde meyve sertlik kaybını geciktirdiği düşünülmektedir. Nitekim ozon uygulamalarının meyve doku bütünlüğünü koruyarak (Han vd., 2017) ve olgunlaşma süreçlerini (Zhang vd., 2005) yavaşlatarak depolama boyunca sertliği daha iyi koruduğu rapor edilmiştir. Ancak doz seçiminin önemli olduğu, yüksek dozların kabuk dokularını oksitleyerek zararlanmalara yol açacağı ve meyve sertliğini azaltabileceği göz ardı edilmemelidir. Nitekim, Alwi & Ali (2015), 7-9 ppm'lik yüksek doz ozon uygulamalarının

biberlerde kabuğu oksitleyerek membran geçirgenliğini artırdığını ve buna bağlı olarak meyve sertliğini azalttığını rapor etmişlerdir.



Şekil 2. Suda ozon uygulamasının 'Kaptan' kapyta biber çeşidinde depolama boyunca ağırlık kaybı, meyve sertliği ve solunum hızı üzerine etkileri
Figure 2. Effects of ozonated water on weight loss, fruit firmness and respiration rate of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage

3.3. Solunum hızı

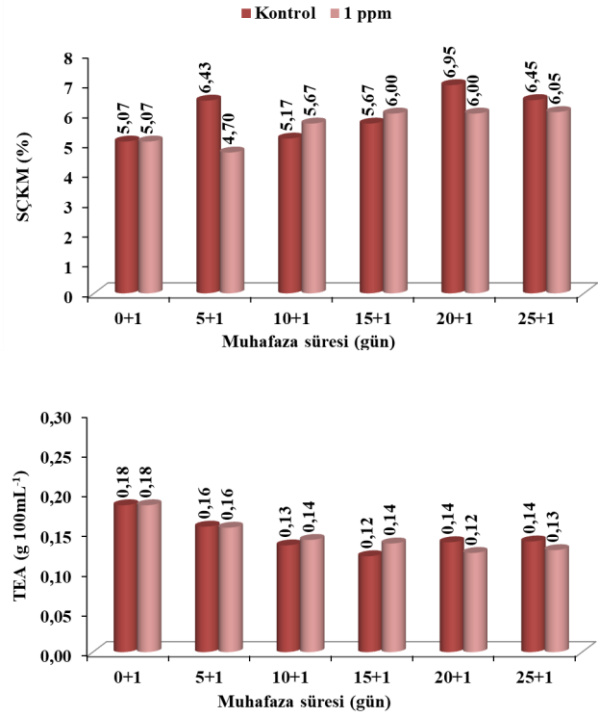
Meyvelerde solunum bazı spesifik enzimlerin görev aldığı bir dizi oksidasyon reaksiyonlarını içermekte olup metabolik aktivasyonun en belirgin göstergesidir. Solunum hızını yavaşlatan uygulamalar, bahçe ürünlerinde derim sonrası kayıpları geciktirerek depolama ömrünü uzatır. Araştırmamızda ozon uygulaması biberlerin solunum hızını ($\text{mL} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) kontrol örneklerine göre önemli derecede ($P<0.05$) azaltmıştır (Şekil 1; Çizelge 2). Genel olarak muhafaza boyunca ozon uygulanmış biberlerin solunum hızlarında dalgalanmalar olsa da temel eğilim azalış yönünde olmuştur. Her analiz döneminde kontrole göre ozon uygulaması solunumu hızını baskılamış ve bu etki

depolama sonunda da görülmüştür. Depolamanın son gününde ozon uygulaması ($96.10 \text{ mL.CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-1}$) kontrol grubuna göre ($142.93 \text{ mL.CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-1}$) solunum hızını % 33 azaltmıştır (Şekil 2). Ozon uygulamasının başta solunum enzimleri olmak üzere biberlerde antioksidan maddelerin sentezinde ve olgunlaşmada görev alan enzimlerin aktivitelerini etkileyerek solunum hızını azalttığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer şekilde, Chen vd. (2016), ozon uygulamasının biberlerde soğukta depolama boyunca kontrol örneklerine göre solunum hızını önemli derecede baskıladığını belirtmiştir. Araştırmacılar ozonun POD, SOD ve PAL aktivitelerini artırarak ve PPO aktivitesini inhibe ederek biberlerde antioksidan savunma sisteminin etkinliğini artırdığını ve böylece solunum hızını baskıladığını bildirmişlerdir. Ayrıca ürün ile ortam arasında gaz (O_2 ve CO_2) geçirgenliğini sınırlandıran faktörlerin solunum hızını yavaşlattığı bilinmektedir. Çalışmamızda ozon uygulamasının gaz geçirgenliğini etkileyecek ölçüde biberlerin kabuklarında doku bütünlüğünü koruyarak, solunum hızının baskılanmasına ilave katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Han vd. (2017), uygun doz seçildiğinde ozonun dokulardaki bozulmayı yavaşlatarak ürünlerin kabuk morfolojik yapısını koruduğunu bildirmişlerdir. Yüksek dozlarda ozonun baskılamak yerine solunum hızını artırdığına dair araştırma sonuçları bulunmaktadır. Alwi & Ali (2015), ozon uygulama dozu arttıkça biberlerde solunum hızının arttığını, bu sonucun ozon kaynaklı oksidatif stres ve bunun neden olduğu serbest radikallere yanıt olarak gerçekleşebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca yüksek dozlarda ozon uygulamalarının biberlerde membran geçirgenliği ve olgunlaşmayı artırdığını, buna bağlı olarak solunum hızının da arttığını rapor etmişlerdir. Bu nedenle ürün tür ve çeşidine göre ozon uygulama dozu ve yöntemleri titizlikle belirlenmelidir.

3.4. Suda çözünür kuru madde miktarı

Muhafaza süresi ve uygulamaların biberlerin SÇKM değerlerine üzerine etkileri istatistik olarak önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 2). Depolama süresince olgunlaşmanın ve suda çözünen şekerlerin bir göstergesi olan SÇKM değerlerinde dalgalanmalar görülmüş, ancak muhafaza sonunda (25+1. günde) başlangıç değerlerine (% 5.07) göre hem kontrol hem de ozon uygulanmış meyvelerde artışlar olmuştur. Depolama sonunda kontrol örneklerinde SÇKM miktarı % 6.45 olarak saptanırken, ozon uygulanmış biberlerde bu değer % 6.05 olmuştur (Şekil 3). Ozon uygulanmış örneklerde daha sınırlı artış olması, bu uygulamanın kontrole göre su kaybını ve olgunlaşma sürecini yavaşlatmasıyla ilişkilendirilebilir. Öte yandan kontrol örnekleriyle ozon uygulanmış biberlerde SÇKM oranlarının çok fazla farklılaşmaması, ozonun solunumu daha iyi baskılayarak (Şekil 2) şekerlerin solunum yoluyla kullanımının yavaşlatılmasıyla açıklanabilir. Diğer bir deyişle ozon uygulamasının bir yandan olgunlaşma ve su kaybını yavaşlatarak SÇKM'nin oransal olarak artışını sınırlandırırken, öbür yandan solunumu baskılayarak suda çözünür şekerlerin kullanımını azaltmaktadır. Benzer şekilde Kaynaş & Özelkök (2018), Kandil biber çeşidinde

MA koşullarında muhafaza boyunca SÇKM miktarlarının arttığını belirtmişlerdir. Ozon uygulaması kontrol uygulamalarına göre, SÇKM miktarındaki artışı istatistik olarak önemli olacak şekilde baskılamıştır. Nitekim Glowacz vd. (2015), ve Özen vd. (2021), biberlerde depolama sırasında SÇKM'nin arttığını, ancak ozon uygulamasının olgunlaşma süreçlerini yavaşlatarak suda çözünür şeker birikimini yavaşlatabileceğini belirtmişlerdir. Bu bulgu bizim çalışmamızda ozon uygulamasıyla elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içerisindedir. Ancak Alwi & Ali (2015), ozon uygulamasının depolama boyunca biberlerde şeker sentezine etki etmediğini, dolayısıyla SÇKM miktarı üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. SÇKM ile ilgili literatür bulgularının farklılık göstermesi, kullanılan biber çeşitlerinin farklı olması ile uygulama doz, şekil ve sürelerinin olgunlaşma süreçlerini farklı seviyelerde etkilemesiyle açıklanabilir.



Şekil 3. Suda ozon uygulamasının 'Kaptan' kapa biber çeşidinde depolama boyunca suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asit (TEA) miktarı üzerine etkileri

Figure 3. Effects of ozonated water on soluble solids content (SSC) and titratable acidity (TA) of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage.

3.5. Titre edilebilir asitlik miktarı

Depolama boyunca biberlerin TEA miktarı üzerine sadece muhafaza süresinin etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama sonunda hem kontrol hem de ozon uygulanmış biberlerde başlangıç değerine göre TEA miktarları azalmıştır. Asitlik azalması büyük ölçüde ilk 11 günde gerçekleşmiş, geri kalan sürede TEA miktarları aynı seviyede kalmıştır. Başlangıçta $0.18 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ olan TEA miktarı, depolama sonunda kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde sırasıyla

0.14 ve 0.13 g 100 mL⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Kaynaş & Özelskök (2018), Kandil biber çeşidinde muhafaza sırasında TEA miktarının depolamanın ilk dönemlerinde arttığını ve daha sonra azaldığını belirtmişlerdir. Bahçe ürünlerinde muhafaza boyunca asitliğin azalmasının solunum olayının bir sonucu olduğu ve solunum hızını düşürücü uygulamaların asitlik kaybını da yavaşlattığı bilinmektedir (Akbudak, 2008). Keza Alwi & Ali (2015), 1-3 ppm ozon uygulamalarının biberlerde titre edilebilir asitlik üzerine bir etkisini bulmazken, yüksek dozların (7-9 ppm) solunum hızını yükselterek daha fazla organik asitlerin bu süreçte kullanılmasına sebep olduğunu kaydetmişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da ozon uygulamasının asitlik değişimi üzerine bariz bir etkisi olmamıştır. Aslında solunum hızını istatistik olarak önemli olacak şekilde baskılayan (Şekil 2) ozon uygulamasının bu ölçüde meyve asitliğini koruması beklenirdi. Bu durum non-klimakterik bir tür olan biberde, klimakterik meyvelerdeki kadar solunum hızı ile asitlik arasında sıkı bir ilişkinin olmamasıyla, ya da 1 ppm lik ozonun biberde kalıcı bir oksidatif stres yaratmamış olabileceği ile açıklanabilir. Alwi & Ali, (2015), 1-3 ppm lik uygulamaların biberlerde ozonun oksidatif etkisini nötralize edecek düzeyde defans sistemini aktive edebileceği belirtilmiştir.

3.6. Meyve kabuk rengi

Biberlerin h° değeri üzerine hem muhafaza süresi hem de uygulamaların etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) olurken, L* ve C* değerleri üzerine muhafaza süresi ve MS × U interaksiyonun etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 2). L* değerleri raf ömrü boyunca dalgalanmalar gösterse de başlangıç değerlerine göre çok fazla değişiklik göstermemiştir. C* değeri ise ilk 11 günde yükselmiş ve geri kalan süresinde artış göstermemiştir. Başlangıçta 34.72 olan C* değeri depolama sonunda kontrol örneklerinde 39.95 ve ozon uygulanmış biberlerde 36.82 olarak ölçülmüştür. C* değerindeki artışın aksine, h° açı değerinde ilk 6 günde hızlı bir azalış olmuş ve depolama sonuna kadar dikkate değer bir değişim görülmemiştir. Depolama başlangıcında 36.26° olan h° değeri, 6 gün sonra kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde sırasıyla 31.65 ve 31.83 olarak saptanmıştır. Depolama sonunda bu değerler biraz farklılaşarak kontrol örneklerinde 31.85 ve ozonlanmış biberlerde 30.00 olmuştur (Çizelge 1).

Taze meyve ve sebzelerde ürünlerin pazar değerini etkileyen meyve kabuk rengi, en önemli kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilir. Hangi renk olduğundan bağımsız bir şekilde ölçülen L* değeri, rengin

açıklığını ya da koyuluğunu ifade etmektedir. L* nin 0-100 arasında değerler aldığı, değer yükseldikçe rengin açıldığı ve değer düştükçe rengin koyulaştığı (parlaklığın azaldığı) bilinmektedir. Mevcut çalışmada, depolama sonunda ölçülen ortalama L* değerlerinin (36.00) başlangıç değeriyle (36.83) aynı grupta yer alması, rengin parlaklığında önemli bir farklılaşma olmadığını göstermektedir. Nitekim Horvitz & Cantalejo (2012), ozon uygulamalarının biberlerde L* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Özen vd. (2021), ozon uygulanmış ve uygulanmamış biber örneklerinin L* değerlerinde depolama boyunca önemli bir varyasyon saptamamışlardır.

C* değeri, rengin canlılığını ya da donukluğunu ifade etmektedir. C* değeri arttıkça renklerin daha canlı ve doygun görüldüğü bildirilmektedir (Erbaş & Koyuncu, 2016). Çalışmamızda C* değerinin depolamanın başlarında yükselip geri kalan sürede büyük bir değişim göstermemesi, biberlerde belirli bir süre renk veren maddelerin sentezinin devam etmesiyle ilişkilendirilebilir. Keza klimakterik olmayan bahçe ürünlerinde de derim sonrası dönemde gerçek bir olgunlaşma olmasa da renk değişiminin devam edebildiği bilinmektedir. İstatistik olarak aynı grupta yer alsa da, depolama sonunda kontrol grubunda C* değerinin yüksek olması, bu örneklerde metabolik değişimlerin kısmen hızlı olmasıyla açıklanabilir. Diğer bir deyişle solunum hızı (Şekil 2) ve metabolik faaliyetleri baskılayan ozon uygulamasının, biberde renk değişimini de yavaşlatmış olabileceği akla gelmektedir. Bulgularımıza benzer şekilde, Özen vd. (2021), ozon uygulanmış biberlerde kontrole göre depolama sonunda C* değerini daha düşük seviyelerde bulmuşlardır.

Hue açısı bir renk dairesidir ve 0°-360°ler arasında değerler almaktadır. Bu dairede 0°den 90°ye doğru gidildikçe, renk kırmızıdan sarıya doğru dönüşüm göstermektedir (Dilmaçunal vd., 2014). Mevcut çalışmada depolama sonunda başlangıca göre h° değerlerinin azalması, kırmızı rengin artması ile açıklanabilir. Nitekim Erbaş & Koyuncu (2019), kırmızı ya da mor kabuk rengine sahip ürünlerde h° değerinin 0°ye yaklaşmasıyla renkte kırmızılığın arttığını belirtmişlerdir. Ozon uygulanmış biberlerde kontrole kıyasla h° değerinin daha düşük olması, bu grup örneklerde kırmızı renk hakimiyetinin kısmen daha iyi olmasıyla ilişkilendirilebilir. Öte yandan Alwi & Ali (2015), 1-3 ppm'lik ozon uygulamalarının biberlerde depolama boyunca renk değişimi üzerine etki etmediğini bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Suda ozon uygulamasının ‘Kaptan’ kapyra biber çeşidinde depolama boyunca meyve rengi L*, C* ve h° değerleri üzerine etkileri

Table 1. Effects of ozonated water on fruit color L*, C* and h° values of capia pepper cv. ‘Kaptan’ during storage

U	L*						Ort.
	MS (gün)						
	0+1	5+1	10+1	15+1	20+1	25+1	
Kontrol	36.83ab	34.20b	39.09a	35.27ab	37.98ab	37.65ab	36.83 ^{ÖD}
1 ppm O ₃	36.83ab	37.11ab	38.04ab	35.97ab	36.01ab	34.36b	36.38
Ort.	36.83ab	35.66b	38.57a	35.62b	37.0ab	36.00ab	
U	C*						Ort.
	MS (gün)						
	0+1	5+1	10+1	15+1	20+1	25+1	
Kontrol	34.72b	33.36b	42.25a	39.09ab	39.52ab	39.95ab	38.14 ^{ÖD}
1 ppm O ₃	34.72b	40.39ab	38.79ab	36.72ab	38.04ab	36.82ab	37.58
Ort.	34.72b	36.88ab	40.52a	37.91ab	38.78ab	38.39ab	
U	h°						Ort.
	MS (gün)						
	0+1	5+1	10+1	15+1	20+1	25+1	
Kontrol	36.26	31.65	33.77	31.45	31.80	31.85	32.79a
1 ppm O ₃	36.26	31.83	29.97	28.61	30.17	30.00	31.14b
Ort.	36.26a	31.74b	31.87b	30.03b	30.99b	30.93b	

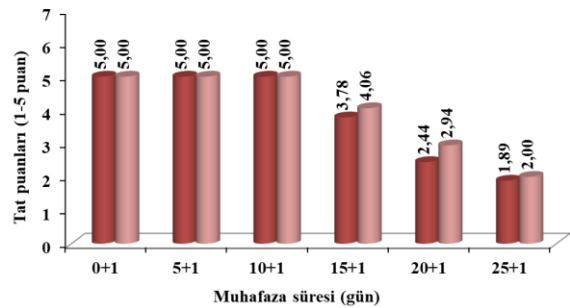
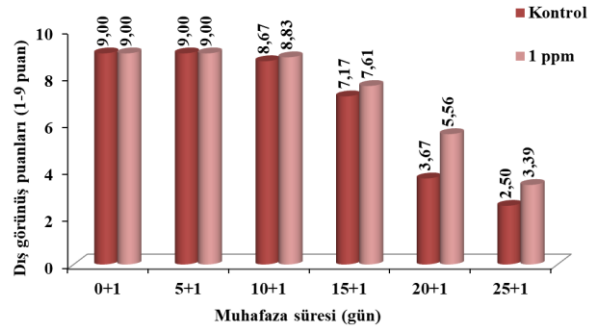
^{ÖD}: Önemli değil, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort: Ortalamalar, *: P<0.05, **: P<0.01. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

3.7. Duyusal özellikler

Bahçe ürünlerinin pazarlanması sırasında, tüketici tercihini etkileyen en önemli faktörlerden birisi ürünün dış görünüşüdür. Uzayan depolama süresine bağlı olarak, taze bahçe ürünlerinde duyusal kalite kayıplarının arttığı belirtilmektedir (Echeverria vd., 2008). Bu çalışmada da uzayan muhafaza süresine paralel olarak hem tat puanları hem de dış görünüş puanları azalmıştır. Ancak ozon uygulanmış örneklerde duyusal kalite kayıpları daha yavaş olmuştur. Dış görünüş bakımından, depolamanın 21. gününde kontrol örnekleri pazarlanabilir (≥ 5 puan) özelliğini (3.67 puan) yitirirken, ozon uygulanmış biberler hala pazarlanabilir (5.56 puan) seviyede bulunmuştur. Aynı şekilde tat bakımından uygulamalar arasında puan farklılıkları depolamanın 21. gününde daha bariz olmuş ve kontrol örnekleri 2.44 puanla orta seviyesinin (≥ 3 puan) altında kalırken, ozon uygulanmış örnekler bu sınıra oldukça yakın bir değer (2.94 puan) almıştır. Muhafazanın son gününde ise ozon uygulamasının etkisi kısmen azalarak tat bakımından kontrol örneklerine yakın puanlar elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki bu farklılıklar istatistik olarak da önemli (P<0.05) bulunmuştur (Çizelge 2).

Beklendiği gibi depolama boyunca zamana bağlı olarak hem tat puanları hem de dış görünüş puanları azalmıştır (Şekil 4). Benzer şekilde Kaynaş & Özelkök (2018), depolama sırasında biberlerde olgunlaşmanın ilerlemesi ve yaşlanmaya bağlı olarak tat ve lezzet kaybı olabileceğini belirtmişlerdir. Ozon uygulamasının duyusal kalite üzerine olan olumlu etkisini 1 ppm’lik dozun göre metabolizma hızı ve su kaybını nispeten yavaşlatmasıyla açıklayabiliriz. Nitekim ürünlerde metabolizma hızının bir göstergesi olan solunum hızının (Şekil 2) ve su kaybının (Şekil 2) ozon uygulamasında daha düşük olması bu durumu açıklamaktadır. Benzer şekilde Alwi & Ali (2015), biberlere uygun doz seçildiğinde (1-3 ppm) duyusal kalite kayıplarının yavaşladığını, 7-9 ppm’lik

yüksek dozların ise dış görünüşü ve tadı olumsuz olarak etkilediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca biberlerde, ozon uygulamasının POD, SOD, PAL enzimlerinin aktivasyonunu artırarak ve PPO nun aktiviyetisi yavaşlatarak antioksidant defans sisteminin etkinliğini iyileştirmek (Chen vd., 2016) yoluyla kalite kayıplarını yavaşlattığı düşünülmektedir. Bu görüşü destekler nitelikte, Özen vd. (2021), ozon uygulamalarının biberlerde metabolik aktivite ve su kayıp hızını yavaşlatarak, depolama boyunca duyusal kaliteyi daha iyi koruduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 4. Suda ozon uygulamasının ‘Kaptan’ kapyra biber çeşidinde depolama boyunca dış görünüş ve tat puanları üzerine etkileri

Figure 4. Effects of ozonated water on external appearance and taste scores of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage.

Çizelge 2. İncelenen kalite parametrelerine ait önemlilik dereceleri

Table 2. Significance levels of the quality parameters

Parametreler	DS	U	DS × U
Ağırlık kaybı (%)	**	**	**
Sertlik (N)	**	öd	öd
Solunum hızı (mL.CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	**	**	öd
SÇKM (%)	**	*	*
TEA (g 100mL ⁻¹)	**	öd	öd
Dış görünüş (1-9 puan)	**	**	**
Tat (1-5 puan)	**	*	öd
	L*	**	öd
Meyve rengi	C*	**	öd
	h°	**	öd

DS: Depolama süresi, U: Uygulamalar, *: P<0.05, **: P<0.01

4. Sonuç

Depolama boyunca ağırlık kaybı ile solunum hızını yavaşlatması, meyve sertliği ve duyu kaliteyi koruması bakımından ozon uygulaması kontrole kıyasla ümitvar sonuç vermiştir. Ancak ozonun titre edilebilir asitlik ve renk değerleri üzerine etkisi bu ölçüde belirgin olmamıştır. Sonuç olarak bu denemede, 1 ppm ozon uygulanmış biberlerin belirtilen koşullarda 21 gün başarılı bir şekilde muhafaza edilebileceği ortaya konmuştur. Bununla beraber ozon uygulamalarında farklı doz, süre ve uygulama şekillerinin denenerek daha etkin sonuçlar üretilebileceği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmaya katkılarında dolayı Doç. Dr. Derya ERBAŞ'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Aharoni, N., Rodov, V., Fallik, E., Porat, R., Pesis, E., & Lurie, S. (2008). Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae*, 804, 121-128. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.804.14>
- Akbudak, B. (2008). Effect of polypropylene and polyvinyl chloride plastic film packaging materials on the quality of 'Yalova Charleston' pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food Science and Technology Research*, 14(1), 5-11. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.5>
- Alwi, N. A., & Ali, A. (2015). Dose-dependent effect of ozone fumigation on physiological characteristics, ascorbic acid content and disease development on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 558-566. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1419-2>
- Bozkurt, S. B. (2019). *Kapya Tipi Biber (Capsicum annuum L. cv. Kapya) Yetiştiriciliğinde Kullanılan Organik Gübrelerin Bitki*

- Gelişimi ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Cerit, İ. (2015). *Kırmızı Biberin (Capsicum annuum L.) Fonksiyonel Ve Mikrobiyal Özellikleri Üzerine Modifiye Atmosferde Paketlemenin Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Chen, J., Hu, Y., Wang, J., Hu, H., & Cui, H. (2016). Combined effect of ozone treatment and modified atmosphere packaging on antioxidant defense system of fresh-cut green peppers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1145-1150. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12695>
- Chitravathi, K., Chauhan, O. P., & Raju, P. S. (2015). Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.02.001>
- Dilmaçunal, T., Erbaş, D., Koyuncu, M. A., Onursal, C. E., & Kuleaşan H. (2014). Efficacy of some antimicrobial treatments compared to sodium hypochlorite on physical, physiological and microbial quality of fresh-cut melons (*Cucumis melo* L. var. *inodorus*). *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1146-1151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.033>
- Echeverría, G., Graell, J., Lara, I., & Lopez, M. L. (2008). Physicochemical measurements in 'Mondial Gala®' apples stored at different atmospheres: Influence on consumer acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 50(2-3), 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.05.002>
- Erbaş, D. (2023). Effect of oxalic acid treatments and modified atmosphere packaging on the quality attributes of rocket leaves during different storage temperatures. *Horticulturae*, 9(6), 718-729. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060718>
- Erbaş, D., & Koyuncu, M. A. (2016). 1-metilsiklopropan uygulamasının Angeleno erik çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 43-50
- Erbaş, D., & Koyuncu, M. A. (2019). Farklı uygulamaların black diamond erik çeşidinde soğukta depolama boyunca üşüme zararı, iç kararması ve çürüme oranı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 212-222. <https://doi.org/10.24180/ijaws.572986>
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H., & Bar-Lev, E. (1999). A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 15(1), 25-32. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00066-0)
- FAO (2024). Food and Agricultural Organization.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., & Payvast, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*, 3(1), 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Glowacz, M., & Rees, D. (2016). Exposure to ozone reduces postharvest quality loss in red and green chilli peppers. *Food Chemistry*, 210, 305-310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.119>
- Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.015>
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X., & Wu, W. (2017). Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food Chemistry*, 221, 1947-1953. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.152>
- Horvitz, S., & Cantalejo, M. J. (2012). Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(9), 1935-1943. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03053.x>
- Kader, A. A., Sommer, N. F., & Arpaia, M. L. (2002). Modified atmospheres during transport and storage. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (pp. 135-144)
- Kaynaş, K., & Özelkök, İ. S. (2018). Kandil dolma biber çeşidinin modifiye ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanma olanağı. *Meyve Bilimi*, 5(2), 49-56
- Keutgen, A. J., & Pawelzik, E. (2008). Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.12.003>
- Khan, A. S., & Singh, Z. (2008). 1-Methylcyclopropane application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum during cold

- storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(2), 290-299. <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.2.290>
- Koyuncu, M. A., Erbaş, D., Onursal, C. E., Secmen, T., Guneyli, A., & Sevinc Uzumcu, S. (2019). Postharvest treatments of salicylic acid, oxalic acid and putrescine influences bioactive compounds and quality of pomegranate during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 350-359. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3495-1>
- Koyuncu, M. A., Savran, E., Dilmaçınal, T., Kepenek, K., Cangi, R., & Çağatay, Ö. (2005). Bazı Trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.
- Maalekuu, K., Elkind, Y., Leikin-Frenkel, A., Lurie, S., & Fallik, E. (2006). The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42(3), 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.06.012>
- Öz, A. T., & Süfer, Ö. (2012). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akdemik Gıda*, 10(1), 85-91.
- Özdikmenli, S., & Zorba, N. N. D. (2015). Közlenmiş kırmızı biber (kapyra) konservesi üretiminde gıda güvenliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55-64.
- Özen, T., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2021). Effect of ozone treatments on the removal of pesticide residues and postharvest quality in green pepper. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2186-2196. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04729-3>
- Palou, L., Crisosto, C. H., & Smilanick, J. L. (2007). Exposure of cold-stored fresh fruit to ozone gas: Effect on the development of postharvest diseases. *International Ozone Association Conference and Exhibiton*. October, Valencia-Spain, 29-31.
- Perkins, M. (1997). Ozone in Food Processing Application-Past Experience, Future Potential and Regulatory Issues. Presented at ConneC TECH'97. Atlanta, Ga.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Fierman, T., & Fang, D. (1995). Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortScience*, 30(2), 299-302. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.2.299>
- Sakaldaş, M. (2012). *Çanakkale Yöresinde Yetiştirilen California Biber Tipinde Farklı Hasat Sonrası Uygulamaların Kaliteye Etkileri*. (Doktora tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological Control*, 50(3), 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.001>
- Singh, D., & Sharma, R. R. (2018). Postharvest diseases of fruits and vegetables and their management. In *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*. (pp. 1-52).
- TUIK (2024). Tarımsal Ürünler İstatistiği. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Ulukapı, K., Erkan, M., Kardeşin, I., & Onus, A. N. (2008). Derim sonrası sıcak su uygulamalarının California Wonder tipi biber muhafazası üzerine etkileri. *Derim*, 25(2), 44-51
- Üner Öztürk, K., & Koyuncu, M. A. (2021). Effects of ozone and salicylic acid on post-harvest quality of parsley during storage. *Biological Agriculture & Horticulture*, 37(3), 183-196. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1937316>
- Xu, L. (1999). Use of ozone was replace to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53(10), 58-63.
- Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z., & Gao, X. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16(3), 279-283. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.007>