

Atf İçin: Gülal B, Koyuncu M A, Kuleaşan, H, 2022. Suda Ozon Uygulanmış Taze Kesilmiş Pırasada Depolama Boyunca Mikrobiyolojik Yük ve Kalite Değişimi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3): 1201 - 1212.

To Cite: Gülal B, Koyuncu M A, Kuleaşan, H, 2022. The Change of Microbial Load and Quality in Fresh-Cut Leek Treated with Ozonated Water during Cold Storage. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(3): 1201 - 1212.

Suda Ozon Uygulanmış Taze Kesilmiş Pırasada Depolama Boyunca Mikrobiyolojik Yük ve Kalite Değişimi

Bekir GÜLAL¹, Mehmet Ali KOYUNCU¹, Hakan KULEAŞAN²

ÖZET: Çalışmada ozon uygulamasının soğukta depolama boyunca taze kesilmiş ‘Lincoln’ pırasa çeşidinin mikrobiyolojik yükü ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Derimi yapılan pırasalar hemen laboratuvara nakledilerek 3 gruba ayrılmıştır. Taze kesim işleminden sonra suda 1 ve 2 ppm ozon uygulanmış pırasa örnekleriyle kontrol grubu köpük kaselere yerleştirilerek streç filmle (16 µ) kaplanmıştır. Ambalajlanmış pırasalar 0±1 °C ve %90±5 oransal nemde 30 gün boyunca depolanmıştır. Depolama süresince 6 gün aralıklarla pırasalarda ağırlık kaybı (%), yalancı gövde sertliği (N), suda çözünebilir kuru madde (%), yalancı gövde rengi (L*,C* ve h°) solunum hızı (mLCO₂ kg⁻¹h⁻¹), titre edilebilir asitlik (TEA, g 100 mL⁻¹), mikrobiyolojik yük ve duyuşal özellikler belirlenmiştir. Ozon uygulamaları kontrole kıyasla ağırlık kayıplarını azaltmıştır. Çalışmada depolama boyunca tüm uygulamalarda sertlik değerleri azalmıştır. Her ne kadar TEA üzerine etkisi istatistik olarak önemli çıkmasa da, pırasalarda TEA miktarının korunması ve solunum hızının baskılanmasında en iyi sonuçlar 2 ppm O₃ uygulamasından elde edilmiştir. Soğukta depolama boyunca toplam maya küf ve bakteri sayısının azaltılması bakımından en etkili uygulamanın 2 ppm O₃ olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinin suda ozon (1-2 ppm) uygulaması yapılarak, 0±1 °C ve %90±5 oransal nemde 30 gün depolanabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Allium porrum*, depolama, kalite, mikrobiyolojik yük, ozon

The Change of Microbial Load and Quality in Fresh-Cut Leek Treated with Ozonated Water during Cold Storage

ABSTRACT: In the present research, the effect of ozone treatments on the quality and microbial load of fresh-cut leek cv. ‘Lincoln’ during cold storage were investigated. Harvested leek samples were immediately transferred to the laboratory and divided into 3 groups for treatments. After fresh-cut processes, ozone treated (1 and 2 ppm) and control samples were packaged in polystyrene foam tray covered with stretch film (16 µ) and stored for 30 days at 0 ± 1 °C and 90 ± 5% relative humidity (RH). Some quality analysis including weight loss (%), pseudo stem firmness (N) and colour (L*,C*and h°), total soluble solids (%), respiration rate (mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹), titratable acidity (g 100 mL⁻¹), microbial load and sensory evaluation were performed at 6 day intervals during storage. Ozone treatments decreased weight loss of fresh-cut leeks compared to control. In the present study, the pseudo stem firmness in all treatments decreased with increasing storage time. The 2 ppm ozone was the best treatment for suppressing respiration rate and maintaining TA of leek during cold storage, although the effect of treatments on TA was not statistically significant. 2 ppm ozone treated leeks had lower yeast, mold and bacteria counts compared to other treatments. As a result, it was determined that fresh-cut leek stems treated with ozonated water (1-2 ppm) could be stored for 30 days at 0 ± 1 °C and 90 ± 5% RH.

Keywords: *Allium porrum*, microbial load, storage, quality, ozone

¹ Bekir GÜLAL ([Orcid ID: 0000-0002-7126-2695](https://orcid.org/0000-0002-7126-2695)), Mehmet Ali KOYUNCU ([Orcid ID: 0000-0003-4449-6709](https://orcid.org/0000-0003-4449-6709)), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

² Hakan KULEAŞAN ([Orcid ID: 0000-0002-0893-0689](https://orcid.org/0000-0002-0893-0689)), Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali KOYUNCU, e-mail: koyuncu.ma@gmail.com

Bu çalışma Bekir GÜLAL’ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Pırasa ülkemizde kışlık sebze olarak kullanılan ve hemen hemen bütün bölgelerimizde üretilip tüketilen bir sebze türüdür. Özellikle karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgelerimizde kışlık sebze tüketiminin çok önemli bir bölümünü oluşturur ve beslenmede önemli bir yeri vardır (Vural ve ark., 2000). Sebzeler arasında üretimi ve fiyatı en istikrarlı türlerden biri olan pırasanın üretimine yıllar itibariyle bakıldığında bu özelliği kolayca tespit edilebilir. Lif açısından zengin olan pırasanın insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Son zamanlarda artan pırasa ihracatının bu türün üretiminin artmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir.

Doğal, taze ve sağlıklı hazır gıdalar için bilinçli tüketiciler tarafından artan talepler doğrultusunda son yıllarda dünyada taze kesilmiş meyve ve sebze pazarında gelişmeler oldukça hızlanmıştır (Shah ve Nath, 2006; Oms-Oliu ve ark., 2010). Ülkemizde de gelişmiş ülkeler kadar hızlı olmasa da taze kesilmiş bahçe ürünlerine karşı ilgi her geçen gün artmaktadır. Uluslararası Taze Kesilmiş Ürün Birliği (The International Fresh-cut Produce Association) taze kesilmiş ürünleri %100 kullanılabilir özelliğe sahip soyulmuş, kesilmiş veya dilimlenerek paketlenmiş, tazeliğini koruyan ve besin değeri yüksek meyve ve sebzeler olarak tanımlamaktadır. Bu ürünler için az işlenmiş (lightly processed), minimal işlenmiş (minimally processed), kısmen işlenmiş (partially processed) ve önceden hazırlanmış (pre-prepared) gibi farklı ifadeler kullanılsa da ürünün temel karakteristiklerini belirtmesi bakımından genellikle taze kesilmiş (fresh-cut) ürünler olarak adlandırılmıştır (Küçükbasmacı Sabır, 2017).

Taze kesilmiş ürün alanındaki gelişmeler; dezenfeksiyondan paketlemeye, soğukta taşımadan pazarlamaya kadar derim sonrası her aşamada alternatif uygulamalara yönelmeyi hızlandırmıştır. Bunlardan birisi de uzun yıllardır değişik alanlarda kullanılan, ancak taze meyve ve sebze muhafazasında son yıllarda ön plana çıkmaya başlayan ozondur. Ozon (O₃) bilindiği gibi yapısında üç adet oksijen atomu bulunduran, normal atmosfer koşullarında gaz formunda olan bir moleküldür. Kendine has bir kokusu olup, bu sayede bulunduğu ortamda rahatlıkla fark edilebilir. Bu nedenle belirli bir orandan sonra insan sağlığı için risk oluşturan ozona karşı kullanıcı kokuyu hemen fark ederek tedbir alabilmektedir. Aslında insanoğlunun ozonu içme sularında etkili bir dezenfektan olarak kullanımını 1860'lara kadar geriye gitmektedir. Pratikte ozonun bu yüksek oksitleme özelliğinden günümüzde otuzdan fazla değişik sektör faydalanmaktadır (Graham, 1997; Bolel ve ark., 2019). Çünkü yaygın olarak kullanılan klor ve benzeri kimyasal maddelere kıyasla değişik mikroorganizmalarla mücadelede daha iyi sonuçlar vermektedir (Sharma ve ark., 2003). Ozon uygulamaları yaygın olarak, havaya ozon gazı vermek ve ozon gazını su içinde eritmek şeklinde yapılmaktadır (Palou ve ark., 2007). Derim sonrası dönemde meyve ve sebzelerde ozon uygulamaları; ozonlanmış su ile ön yıkama, ozon atmosferinde depolama ve belirli bir süre ozon gazı ile muamele etme şeklinde yapılmaktadır. Ozon taze meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek ve muhafaza süresini uzatmak, kuru meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek, pestisit ve mikotoksinleri indirgemek, ortamdaki etileni parçalamak ve enzim aktivitelerini azaltmak gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Perkins, 1997; Xu, 1999).

Taze meyve ve sebzelerde derimden tüketilene kadar geçen zamanda besin kalitesi ile su içeriğinde azalma ve mikrobiyolojik bozulma gibi olaylar meydana gelebilmektedir. Bu ürünlerde kalite özelliklerinin tüketilene kadar mümkün olduğunca muhafaza edilmesi ve israfın sınırlandırılması önemlidir. Taze kesme işlemi dahil olmak üzere derimden tüketici sofrasına kadar soğuk zincirin tüm aşamalarında gösterilen özen bu kayıpları azaltacaktır. Taze kesilmiş bahçe ürünlerinin soğuk zincirinde depolama aşaması önemli bir yer kaplamakta olup, bu aşamadaki kayıpları azaltmak son derece kıymetlidir. Bunun için soğukta depolama sırasında taze kesilmiş ürünlerde metabolik

faaliyetleri yavaşlatmaya ve mikrobiyolojik yükünü düşürmeye yönelik uygulamalar seçilmelidir. Bu nedenle başta ambalajlama işlemi olmak üzere kullanılan dezenfektan maddeler önemlidir. Bütün bu bilgiler doğrultusunda mevcut çalışmada, suda ozon uygulamasıyla taze kesilmiş ‘Lincoln’ pırasa çeşidinde soğukta muhafaza boyunca kalite kayıplarının azaltılması ve depolama süresinin uzatılması hedeflenmiştir.

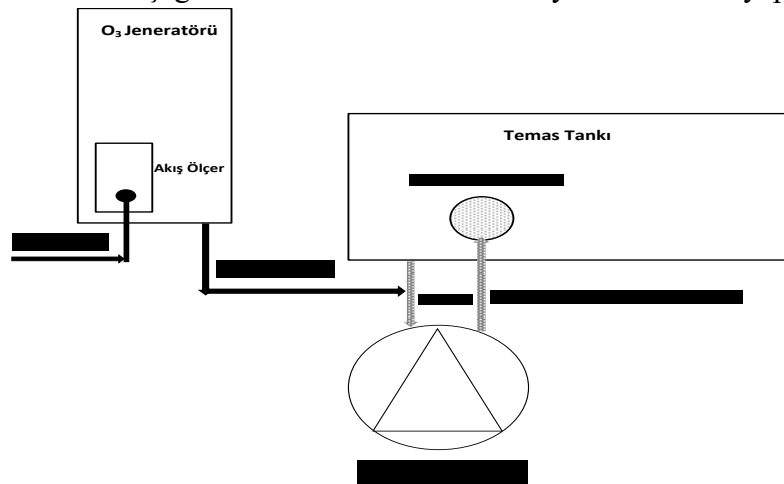
MATERYAL ve METOT

Bitkisel Materyal, Uygulamalar ve Soğukta Depolama

Denemede materyal olarak Lincoln pırasa (*Allium porrum*) çeşidi kullanılmıştır. Pırasalar Burdur ilinin Bucak ilçesinden, ticari olarak yetiştiricilik yapan bir üreticinin bahçesinden temin edilmiştir.

Optimum derim zamanında (irilik, yalancı gövde uzunluğu ve renk özelliklerine bakılarak) usulüne uygun olarak derilen pırasalar Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Derim Sonrası Fizyolojisi laboratuvarına getirilmiştir (5-6 °C sıcaklığa sahip soğutmalı araçla). Pırasalar zorlanmış hava ile (2°C) ön soğutma işlemine (yaklaşık 5-6 saat, gövde iç sıcaklığı 5°C’ye düşene kadar) tabii tutulmuştur. Ön soğutma işleminden sonra pırasalar serin ve steril koşullar altında 5-6 °C sıcaklıktaki çeşme suyuna birkaç kez daldırarak bahçe kaynaklı toz vb. kalıntılar uzaklaştırılmıştır. Yıkama işlemi tamamlanan pırasalar 3 gruba ayrılarak taze kesim işlemi yapılmıştır. Taze kesim işlemleri steril ve serin koşullarda ürünlerin ısınmasına izin vermeyecek sürelerde tamamlanmıştır. Taze kesim işlemi keskin bıçak kullanılarak her bir pırasa örneği 15-20 cm uzunluğunda olacak şekilde elle yapılmıştır. Denemede kullanılan ozon gazı bu uygulamalar için özel olarak geliştirilen 20 g saat⁻¹ kapasiteli jeneratör (Ozonoks System- Model: CFY20, Antalya, Türkiye) tarafından elde edilmiştir. Ozon gazı şekil 1’de şematize edildiği gibi soğuk su içerisinde çözülmüştür. Sudaki ozon jeneratör üzerine entegre edilen sensör (OZ7MA5, Almanya) ile otomatik olarak ölçülmüştür. Bütün bu uygulamalar 5±1°C sıcaklığa sahip ozon uygulama kabini içerisinde yapılmıştır.

Taze kesim işleminden sonra ilk iki grup pırasa örneği 1 ve 2 ppm ozon içeren 5-6 °C sıcaklığa sahip saf suya 15 dk boyunca daldırılmıştır. Üçüncü grup örnekler sadece 5-6 °C sıcaklığa sahip saf suya aynı süreyle daldırılarak kontrol olarak denemeye dahil edilmiştir. Uygulamalardan sonra pırasalar aynı sıcaklığa sahip soğuk odada (5±1°C) üzerindeki su damlacıkları uzaklaştırılmaya kadar fan altında bekletilmiştir. Kuruyan ürünler yine serin ve steril koşullarda hızlı bir şekilde köpük kaselere (500 gr kapasiteli) yerleştirilerek üzeri streç filmle (16 µ) kaplanmıştır. Ambalajlanan pırasalar 0±1 °C ve %90±5 oransal nemde 30 gün boyunca depolanmıştır. 6 gün aralıklarla depodan çıkarılan pırasa örneklerine aşağıda belirtilen fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.



Şekil 1. Ozonun soğuk su içerisinde çözümü

Fiziksel ve kimyasal analizler

Ağırlık kaybı:

Çalışmada depolama öncesi tartılıp streç filmle kaplı kaseler içerisinde depoya yerleştirilen pırasa (450-500 g) örnekleri her altı günlük dönemde soğuk odadan çıkartılarak hassas terazi (0.01 g duyarlılık, Scaltec) ile tartılmış ve başlangıç değerine göre ağırlık kayıp oranları (%) hesaplanmıştır.

Yalancı gövde sertliği:

Ölçümler deneme başlangıcında ve her analiz döneminde depodan çıkartılan pırasaların gövdesi üzerinde, tamamen beyaz ve yeşilimsi kısımlarda olacak şekilde iki ayrı yerinden yapılmıştır. Her tekerrürde 8 adet pırasa örneği kullanılmıştır. Sertlik ölçümlerinde Lloyd-LF model tekstür cihazı kullanılmıştır. Cihaza bağlı bilgisayarda bulunan bir program aracılığıyla 50 N kapasiteli load celle bağlı 5 mm çapındaki prob 100 mm dk⁻¹ sabit hızla pırasa gövdesine batırılmış (6 mm) ve bu süreçte saptanan en yüksek kuvvet Newton (N) cinsinden sertlik değeri olarak değerlendirilmiştir.

Yalancı gövde rengi:

Depolama süresince deneme örneklerinde (her tekerrürde 8 adet pırasa örneğinde) renk değişimi Minolta marka (Model: CR-300) renk cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Sonuçlar L^* , a^* , b^* , değerleri cinsinden belirlenmiş ve buna göre kroma (C^*) ve hue (h°) değerleri hesaplanmıştır (Koyuncu ve ark., 2019).

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı:

Her dönem 5 adet (her tekerrürde) pırasa örneğinin katı meyve sıkacağı yardımıyla suyu çıkartılarak SÇKM miktarı (%) dijital refraktometre (Atago Pocket PAL-1) ile belirlenmiştir. Aynı örnekten 10 mL pırasa suyu alınarak pH değeri 8.1'e gelinceye kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiş ve harcanan NaOH miktarı üzerinden TEA miktarı (g 100 mL⁻¹) belirlenmiştir.

Solunum hızı:

Her dönem 100-150 g pırasa örneği 0.5 L hacmindeki tamamen gaz sızdırmaz plastik kavanozlara tartılarak oda sıcaklığında 2-3 saat bekletilmiştir. Bir enjektör ile kavanozlardan alınan gaz örneği gaz kromatografisine (GC) verilerek ortamdaki CO₂ miktarı belirlenmiştir. Elde edilen CO₂ miktarı üzerinden solunum hızı (mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹) hesaplanmıştır (Erbaş ve Koyuncu, 2016).

Mikrobiyolojik analizler:

Toplam bakteri sayımı için her kaptan rastgele seçilen ve örnekleme yoluyla 25 g pırasa örneği alınarak 225 mL % 0.85'lik steril fizyolojik tuzlu su (FTS) içerisinde 5 dk çalkalanarak bekletilmiştir. İşlem sonrasında toplam mezofil aerobik bakteri sayısının belirlenmesi amacıyla hazırlanacak olan 10⁻¹ dilüsyondan 10⁻⁵ dilüsyona kadar yayma kültür yöntemi ile steril plate count agar (PCA) plakalarına aseptik koşullarda ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 30°C sıcaklıkta 48 saat inkübe edilip bakteri sayımları yapılmıştır (Karahana ve ark., 2002). Toplam maya-küf sayımı için her kaptan rastgele seçilen 25 g örnek alınarak 225 mL % 0.85'lik FTS içerisinde 5 dk çalkalanarak bekletilmiştir. İşlem sonrasında toplam maya ve küf sayısının belirlenmesi amacıyla hazırlanan 10⁻¹ dilüsyondan 10⁻⁵ dilüsyona kadar yayma kültür yöntemi ile steril potato dekstroz agar (PDA) plakalarına aseptik koşullarda ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 30°C sıcaklıkta 72 saat inkübe edilerek maya-küf sayımları yapılmıştır (Karahana ve ark., 2002).

Duyusal analizler:

Pırasa dilimlerinde dış görünüş (görsel kalite) değerlendirmesinde 1-9 skalası kullanılmıştır. Buna göre; 1-4 puan alan pırasalar: pazarlanamaz, 5 ve üzeri değer alanlar: pazarlanabilir, 7-8 puan

verilen örnekler: iyi ve 9 puan ile değerlendirilenler çok iyi olarak kabul edilmiştir. Duyusal değerlendirmede 5 kişilik deneyimli bir panelist grubu yer almıştır. Panelistlere örnekler usulüne uygun olarak 3 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 5 dilim pırasa olacak şekilde sunulmuştur (Erbaş ve Koyuncu, 2016).

İstatistik analizler:

Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve verilerin istatistik analizleri JMP 7 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Grup ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı

Bahçe ürünlerinde ağırlık kaybı hem doğrudan ürün miktarında azalmaya, hem de belirli bir orandan sonra görsel kalite kaybına neden olduğu için oldukça önemlidir. Bu çalışmada, taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinde soğukta depolama boyunca ölçülen ağırlık kaybı (%) değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Pırasalarda, muhafaza süresinin ve ozon uygulamasının etkisi istatistik olarak önemli bulunurken ($P<0.05$), depolama süresi (DS) \times uygulama (U) etkisi önemsiz olmuştur. Beklendiği gibi depolama süresine paralel olarak tüm uygulamalarda ağırlık kayıpları artmış, ancak ozon uygulanan pırasalarda kayıplar daha az olmuştur. Depolama sonunda kontrol grubunda ağırlık kaybı % 2.44 olurken, bu değer 1 ppm ve 2 ppm O_3 uygulanan örneklerde sırasıyla % 1.95 ve 2.05 olarak saptanmıştır. Görüldüğü gibi 1 ve 2 ppm’lik doz ağırlık kaybı bakımında istatistik olarak aynı grupta bulunurken, uygulamalar ile kontrol farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 1.). Glowacz ve ark. (2015) biberlerde ozonun depolama sırasında ağırlık kaybı üzerine etkisinin önemli olmadığını ancak hıyar ve kabaklarda bariz olduğunu rapor etmişlerdir. Sürekli $0.1 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ozon uygulaması hıyar ve kabakta %40 oranında ağırlık kaybını azaltmıştır. Bu durum denemede kullanılan ürünlerin kabuk yapısı ve buna bağlı olarak ozonun etkinliğindeki farklılıkla açıklanmıştır. Öte yandan Fang-chun ve Qun, (2003) brokolide ozon uygulamalarının ağırlık kaybını arttırdığını belirlemişlerdir. Bunu uygulanan yüksek dozun brokolide yüzeyde deformasyonlar yaparak su buharı kaybını hızlandırmış olabileceği ile açıklayabiliriz. Çalışmamızı destekler nitelikte farklı tür ve çeşitlerde derim sonrası ozon uygulamasının ağırlık kaybını azalttığı belirtilmiştir (Ali ve ark., 2014; Bolel, 2017; Bayar Aydınoglu ve ark., 2017). Ozonun depolama boyunca ağırlık kayıplarını azaltmadaki etkinliği onun ürünlerin solunum hızını baskılama özelliği ile de ilişkilendirilebilir.

Yalancı gövde sertliği

Taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinde soğukta depolama boyunca gövde sertliği (N) üzerine sadece depolama süresinin etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 1). Bütün uygulamalarda muhafaza süresinin artmasına bağlı olarak pırasa dilimlerinde gövde eti sertliği azalmıştır. Başlangıçta 49.34 N olan gövde sertliği, 30 günlük depolama sonunda ortalama 38.32 N’ye kadar düşmüştür. Denemeler sonunda her ne kadar istatistik olarak fark bulunmasa da 1 ppm O_3 uygulanan pırasalar en sert (44.82 N) bulunurken, 2 ppm O_3 uygulaması buna yakın bir değer vermiştir (44.06 N). Rodoni ve ark. (2010) derim sonrası kısa süreli ozon gazı uygulamasının meyvelerin yumuşamasını geciktirdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, kivi ve kavunda ozon uygulamalarının meyve eti sertliğini korumada etkili olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2019; Chen ve ark., 2020). Benzer şekilde dut meyvelerinde 2 ppm ozon ve ön soğutma uygulamaları da meyve eti sertliğini korumuştur (Han ve ark., 2017). Önceki yıllarda yürütülen çalışma bulgularına ve istatistik olarak önemli olmasa da bu çalışmada 1 ve 2 ppm

ozon uygulamalarından elde edilen sonuçlara dayanarak, ozonun ürünlerde hem metabolizmayı hem de su kaybını yavaşlatarak sertlik üzerine olumlu sonuçlar ürettiği söylenebilir.

Suda çözünür kuru madde miktarı

Taze kesilmiş pırasalarda SÇKM miktarı üzerine depolama süresi, uygulama ve depolama süresi \times uygulama interaksyonunun etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 1). Depolama başında % 6.50 olan SÇKM değeri 30. günün sonunda % 6.03 (1 ppm O₃) ile % 7.20 (kontrol) arasında değişmiştir. Depolama boyunca değişkenlik gösteren SÇKM değerleri 1 ppm O₃ uygulaması hariç başlangıç değerine kıyasla artmıştır. Bu artış kontrol örneklerinde daha bariz olmuştur. Sonuçlarımıza benzer şekilde De Souza ve ark. (2018) ozon uygulamasının havuçlarda depolama sırasında SÇKM artışını yavaşlatarak derim sonrası kaliteye katkı sağladığını rapor etmişlerdir. Diğer taraftan dut meyvelerinde 2 ppm ozon ve ön soğutma kombinasyonunun SÇKM miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Han ve ark., 2017). Farklı çalışmalardan farklı sonuç alınması, denemelerde kullanılan tür ve çeşitlerin ozon uygulamalarına karşı değişik düzeyde tepki vermesiyle açıklanabilir. Öte yandan ürünlerin klimakterik olması ya da olmaması da ozon uygulamasının etki seviyesini değiştirecektir. Klimakterik meyvelerde derim sonrası dönemde ozon uygulamasının solunum hızı ve olgunlaşma metabolizması üzerinden daha fazla ekili olabileceği beklenebilir. Nitekim taze kesilmiş kavunlarda ozon uygulamasının kontrol örneklerine kıyasla bariz şekilde SÇKM artışını engellediği bildirilmiştir (Dilmaçunal ve ark., 2014).

Titre edilebilir asit miktarı

TEA miktarı üzerine sadece depolama süresinin etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 1). TEA miktarlarında muhafaza süresince artış azalış şeklinde dalgalanmalar olsa da depolama sonunda başlangıç değerine göre azalış gözlemlenmiştir. Başlangıçta 0.096 g 100 mL⁻¹ olan TEA miktarı, depolama sonunda 0.082 g 100 mL⁻¹ (%1 ppm O₃ ve kontrol) ile 0.089 g 100 mL⁻¹ (2 ppm O₃) arasında değişmiştir. Elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olması literatür sonuçlarıyla uyumludur. Muhafaza sonundaki azalışları çalışmada elde edilen solunum verileri ile ilişkilendirmek mümkündür (Çizelge 3). Solunumla ürünlerde organik asitlerin kullanıldığı bilinmektedir. Ortalama solunum hızı değerinin en düşük (66.88 mLCO₂ kg⁻¹h⁻¹, Çizelge 3.) olduğu 2 ppm O₃ uygulamasında, kısmen de olsa TEA değerinin yüksek (0.091 g 100 mL⁻¹) bulunması anlamlıdır. Bulgularımızı destekler şekilde, Glowacz ve ark. (2015) ozon uygulamasının kırmızı dolmalık biberlerde, Buluc ve Koyuncu (2021) ise narlarda meyve asitliğini daha iyi koruduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde kavunlarda ozon uygulaması indirgen şeker ve titre edilebilir asitlik miktarını yüksek düzeyde korumuştur (Chen ve ark, 2020). Araştırmamızda elde edilen TEA miktarları ve izlenen değişimlerin literatür bulguları ile genel olarak uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Yalancı gövde rengi

Depolama süresince gövde rengi L^* , C^* ve hue (h°) değerleri üzerine sadece muhafaza süresinin etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 2). Muhafaza sonunda en düşük L^* değeri 2 ppm O₃ (68.83) uygulamasında saptanırken, bunu sırasıyla 1 ppm O₃ (69.87) ve kontrol (71.59) uygulamaları takip etmiştir. Başlangıç değerleriyle kıyaslandığında depolama sonunda, tüm uygulamalarda L^* değerleri azalırken, h° değerlerinde artışlar saptanmıştır. İstatistik olarak önemli bulunmasa da C^* değerlerinde uygulamalara göre farklılıklar gözlenmiş ve sadece 1 ppm O₃ uygulamasında artış saptanmıştır. Aslında doğrudan bir rengi ifade etmeyen C^* değeri, ölçülen rengin canlılığı hakkında bilgi verir. Dolayısıyla C^* değeri rakamsal olarak arttıkça ilgili ürünün rengindeki canlılığın (doygunluğun) da arttığı söylenebilir (Erbaş ve Koyuncu, 2016). Çalışmamızda 1 ppm O₃ uygulamasının C^* değerini kısmen arttırdığı belirlenmiştir. Taze kesilmiş yeşil renkli ürünlerde kesme işlemi klorofil kaybına yol

açarak renkte sararmaya neden olurken, havuç gibi ürünlerde ise beyazlaşma ve renk değişimi olabilmektedir. Ozonun oksitleme özelliğine bağlı olarak bahçe ürünlerinde, doz ve süreye göre değişmekle beraber kabuk ve doku renklerinde açılmalar olduğu bildirilmiştir (Bolel, 2017). Biberlere 10 dk süreyle ozonlu su (2 ppm) uygulaması depolama süresince biberlerin yeşil rengini korumuştur (Özen ve ark., 2020). Benzer şekilde ozon gazının depolama sürecinde hıyarlarda meyvenin yeşil rengini koruduğu bildirilmiştir (Sao-Dam ve ark., 2021). Bizim çalışmamızda ozon uygulamalarının rengin korunmasındaki etkisi literatür bulguları kadar bariz olmamıştır. Bunda pırasa gövdelerinin ağırlıklı olarak beyaz renge sahip olmaları etkili olmuş olabilir. Diğer taraftan, Tümay (2019) bazı yeşil yapraklı sebzelerde ozon uygulamasının yeşil renk değişimi üzerine etkisini önemsiz bulmuştur. Görüldüğü gibi tür ve çeşide, uygulama şekil ve dozlarına göre ozon uygulamalarının depolama boyunca ürün rengi üzerine etkileri farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 1. Taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinde ozon uygulamasının depolama boyunca ağırlık kaybı (%), gövde sertliği (N), SÇKM (%) ve TEA ($g\ 100\ mL^{-1}$) miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Başlangıç	Depolama Süresi					Ort.
		6. gün	12. gün	18. gün	24. gün	30. gün	
Ağırlık Kaybı							
Kontrol	-	0.57	0.85	1.39	2.02	2.44	1.46a
1 ppm O ₃	-	0.45	0.85	1.22	1.60	1.95	1.21b
2 ppm O ₃	-	0.49	0.94	1.32	1.63	2.05	1.28b
<i>Ortalama</i>		0.50e	0.88d	1.31c	1.75b	2.15a	
Gövde Sertliği							
Kontrol	49.34	44.87	44.40	42.23	41.88	37.16	43.31 ^{öd}
1 ppm O ₃	49.34	48.72	47.16	44.87	41.68	37.14	44.82
2 ppm O ₃	49.34	44.62	43.91	43.37	42.42	40.67	44.06
<i>Ortalama</i>	49.34a	46.07ab	45.15ab	43.49b	41.99bc	38.32c	
SÇKM							
Kontrol	6.50c-e	9.87a	7.03b-e	8.40b	6.47de	7.20b-e	7.58a
1 ppm O ₃	6.50c-e	9.83a	7.07b-e	7.20b-e	6.60c-e	6.03e	7.21ab
2 ppm O ₃	6.50c-e	7.90bc	7.37b-e	6.17e	7.77b-d	6.63c-e	7.06b
<i>Ortalama</i>	6.50c	7.20a	7.16bc	7.26b	6.94bc	6.62bc	
TEA							
Kontrol	0,096	0.093	0.070	0.085	0.103	0.082	0.088 ^{öd}
1 ppm O ₃	0,096	0.089	0.075	0.098	0.082	0.082	0.087
2 ppm O ₃	0,096	0.090	0.094	0.081	0.092	0.089	0.091
<i>Ortalama</i>	0.096a	0.090ab	0.079b	0.088ab	0.092ab	0.084b	
Önemlilik dereceleri							
<i>Depolama Süresi (DS)</i>		<i>Uygulama (U)</i>				<i>DS × U</i>	
Ağırlık kaybı	**					**	
Gövde Sertliği	**					ÖD	
SÇKM	**					**	
TEA	*					ÖD	

ÖD: Önemli değil, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, Satır ve sütunlarda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 2. Taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinde ozon uygulamasının depolama boyunca gövde rengi (L^* , C^* , h°) üzerine etkisi

Uygulamalar	Başlangıç	Depolama Süresi					Ort.
		6. gün	12. gün	18. gün	24. gün	30. gün	
L^*							
Kontrol	76.53	74.85	76.51	77.93	75.43	71.59	75.47 ^{öd}
1 ppm O ₃	76.53	75.30	73.33	75.25	76.85	69.87	74.52
2 ppm O ₃	76.53	76.47	75.57	73.01	75.36	68.83	74.29
<i>Ortalama</i>	76.53a	75.54a	75.14a	75.40a	75.88a	70.10b	
C^*							
Kontrol	26.56	28.24	24.53	17.95	29.98	24.34	25.27 ^{öd}
1 ppm O ₃	26.56	26.21	31.16	22.93	26.10	27.53	26.75
2 ppm O ₃	26.56	24.92	27.48	27.71	27.39	21.12	25.86
<i>Ortalama</i>	26.56ab	26.46ab	27.72a	22.86b	27.82a	24.33ab	

Çizelge 2 devamı

		h°					
Kontrol	62.16	62.86	64.48	69.28	60.65	64.83	64.04 ^{öd}
1 ppm O ₃	62.16	63.17	62.39	63.85	61.76	64.91	63.04
2 ppm O ₃	62.16	62.56	61.69	63.03	61.29	69.37	63.35
<i>Ortalama</i>	62.16bc	62.86bc	62.85bc	65.39ab	61.23c	66.37a	
		Önemlilik dereceleri					
<i>Depolama Süresi (DS)</i>				<i>Uygulama (U)</i>	<i>DS × U</i>		
L*	**				ÖD	ÖD	
C*	*				ÖD	ÖD	
h°	**				ÖD	ÖD	

ÖD: Önemli değil, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, Satır ve sütunlarda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Solunum hızı

Taze kesilmiş pırasaların solunum hızı ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) üzerine kontrole kıyasla ozon uygulamalarının ve depolama süresinin etkisi önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3). 12. günden sonra tüm uygulamalarda solunum hızında dikkate değer bir artış olmuştur. Ozon uygulamaları solunum hızını bariz bir şekilde baskılamış ve yüksek dozda (2 ppm) etki kısmen daha güçlü olmuştur. Kontrol örneklerinde ortalama solunum hızı $94.28 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ olurken, bu değer 1 ve 2 ppm ozon uygulamalarında sırasıyla 69.75 ve 66.88 $\text{mLCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Benzer şekilde suda çözülmüş ve gaz halinde ozon uygulanmış biberlerde depolama boyunca kontrol örneklerine göre solunum hızı daha düşük olmuştur (Özen ve ark., 2021). Buluç ve Koyuncu (2021) fasıllı ozon uygulamalarının narlarda soğukta depolama sürecinde solunum hızını baskıladığını rapor etmişlerdir. Derim sonrası metabolik aktivitedeki yavaşlamanın bir göstergesi olan baskılanmış solunum hızı, taze ürünlerdeki yaşlanma ve kalite kayıplarını geciktirmektedir. Dolayısıyla solunum hızını düşüren uygulamalar derim sonrası kalite kayıplarını yavaşlatarak ürünlerin depolanma süresini uzatmaktadır. Bolel ve ark. (2019) ozonun antioksidan bileşiklerin oranını yükselterek meyvelerin sistemik dirençlerini arttırdığını ve böylece hücredeki solunumla ilgili süreçleri yavaşlattığını bildirmişlerdir. Ayrıca ozon uygulamalarının, bir stres faktörü olarak hücrede solunumla ilgili enzimlerin faaliyetlerini yavaşlatarak da meyvelerde solunumu baskıladığı düşünülmektedir. Gerek uygulamaların pırasada depolama boyunca solunum hızını azaltması, gerekse solunum hızının belirli bir artıştan sonra azalma eğilimi göstermesi literatür bulgularıyla uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 3. Taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinde ozon uygulamasının depolama boyunca solunum hızı ($\text{mL.CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{s}^{-1}$), mikrobiyolojik yük ($\log \text{cfu g}^{-1}$) ve dış görünüş (puan) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama Süresi						
	Başlangıç	6. gün	12. gün	18. gün	24. gün	30. gün	Ort.
Solunum hızı							
Kontrol	34.97	18.60	76.97	167.45	164.99	102.73	94.28a
1 ppm O ₃	34.97	22.44	37.85	101.21	127.87	94.14	69.75ab
2 ppm O ₃	34.97	17.44	14.87	108.95	105.74	119.30	66.88b
<i>Ortalama</i>	34.97b	19.49b	43.23b	125.87a	132.86a	105.39a	
Toplam maya-küf sayısı							
Kontrol	4.73e	4.81de	4.93d	5.24c	5.42c	6.80a	5.32a
1 ppm O ₃	4.73e	3.76g	3.88g	4.21f	4.39f	5.63b	4.43b
2 ppm O ₃	4.73e	2.19k	2.54j	2.90i	3.28h	4.24f	3.31c
<i>Ortalama</i>	4.73b	3.58f	3.78e	4.11d	4.37c	5.56a	
Toplam bakteri sayısı							
Kontrol	5.38e	5.38de	5.53d	5.96c	6.41b	7.52a	6.03a
1 ppm O ₃	5.38e	4.31hi	4.53gh	4.80fg	5.08ef	5.21e	4.88b
2 ppm O ₃	5.38e	3.37k	3.73j	4.02ij	4.13i	4.26hi	4.15c
<i>Ortalama</i>	5.38b	4.35f	4.59e	4.93d	5.21c	5.66a	

Çizelge 3 devamı

Depolama Süresi (DS)	Önemlilik dereceleri					
	Uygulama (U)		DS × U			
Solunum hızı	**	*	ÖD			
Toplam maya-küf sayısı	**	**	**			
Toplam bakteri sayısı	**	**	**			
Dış görünüş	**	**	*			

ÖD: Önemli değil, *: $P<0.05$, **: $P<0.01$, Satır ve sütunlarda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mikrobiyolojik yük

Taze kesilmiş pırasalarda toplam maya-küf miktarı üzerine depolama süresinin, uygulamaların ve bunlar arasındaki interaksiyonunun etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 3). Beklendiği gibi kontrol grubunda maya-küf düzeyinde başlangıçtan 30. güne kadar devamlı bir artış gözlenirken, ozonun maya-küf sayısı üzerine etkinliği depolamanın ilk günlerinden itibaren görülmeye başlanmıştır. Ancak depolama süresine bağlı olarak ozon uygulanmış pırasalarda da maya-küf sayısı kısmen artmıştır. Bu artış ozon dozu ile ters orantılı seyretmiştir. Nitekim denemenin sonunda maya-küf düzeyinde en yüksek artış $6.80 \log \text{ cfu g}^{-1}$ ile kontrol uygulaması olurken, bunu sırasıyla 1 ppm O_3 ($5.63 \log \text{ cfu g}^{-1}$) ve 2 ppm O_3 ($4.24 \log \text{ cfu g}^{-1}$) izlemiştir. Ozon uygulanmış örneklerde depolamanın ilk haftasında maya-küf sayısının en düşük seviyeye ulaşım zamana bağlı olarak tekrar artması, ozonun dezenfeksiyon karakteristiği ile uyumludur. Bilindiği üzere ozon ortam koşullarından da etkilenerek belirli bir süre sonra oksijene dönüşmektedir. Bu nedenle ortama sürekli düşük dozda ya da fasıllı olarak ozon uygulamanın mikrobiyolojik yükü sınırlandırdığı bildirilmiştir (Buluç ve Koyuncu, 2021).

Denemede toplam bakteri sayısı üzerine hem depolama süresi ve uygulamaların hem de süre×uygulama interaksiyonunun etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3). Depolama boyunca bakteri sayısındaki değişim maya-küf düzeyindeki artışa oldukça benzerlik göstermiştir. Depolama sonunda pırasaların bakteri düzeyine en iyi etki eden uygulama 2 ppm O_3 ($4.26 \log \text{ cfu g}^{-1}$) olurken, bunu sırasıyla 1 ppm O_3 ($5.21 \log \text{ cfu g}^{-1}$) ve kontrol ($7.52 \log \text{ cfu g}^{-1}$) uygulamaları izlemiştir. Dokular dilimleme, kesme veya soyma yoluyla yaralandığında buralardan dışarıya verilen besinler mikrobiyal büyümeyi (mezofilik bakteriler, maya ve küfler) uyarmakta ve arttırmaktadır. Kesme ve yaralama işleminden sonra mikrobiyal bulaşma riski, kesilmemiş meyve ve sebzelerinkinden yüksektir. Carletti ve ark. (2013) ozon uygulamalarının taze bahçe ürünlerinde toplam bakteri, maya ve küf gelişimini azalttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, ozon uygulamalarıyla kavunda mikroorganizma sayısının azaltıldığı ve meyvede çürüme oranının düşürüldüğü rapor edilmiştir (Chen ve ark., 2020). Değişik meyve ve sebze türlerinde doza, uygulama şekli ve süresine bağlı olarak ozon uygulamalarının mikrobiyolojik yükü düşürdüğü bulgusu (Song ve ark., 2003; Dilmaçunal ve ark., 2014; Glowacz ve ark., 2015; Sao-Dam ve ark., 2021) çalışmamızla uyumludur.

Duyusal değerlendirmeler

Ozon uygulamaları ve depolama süresi taze kesilmiş pırasaların dış görünüşlerini önemli düzeyde ($P<0.05$) etkilemiştir. Soğukta depolama boyunca pırasalarda dış görünüş puanları azalmış, ancak ozon uygulanmış örneklerde bu kayıplar daha sınırlı olmuştur. Kontrol grubundaki pırasalar dış görünüş puanları bakımından uygulama yapılan örneklerden depolamanın 12. gününden itibaren farklılaşmaya başlamıştır. Bu fark depolama sonunda daha bariz olmuş ve 30. günde ozon uygulanmış

pırasalar hala pazarlanabilir seviyede (5.00) ya da bu eşiğe çok yakın (4.94) puanlar alabilmiştir. Kontrol örnekleri depolamanın 24. gününden sonra dış görünüş bakımından pazarlanabilir özelliklerini kaybetmiş ve depolama sonunda 3.39 puan almıştır. Ozon uygulamalarının depolama boyunca pırasaların dış görünüşünü daha iyi koruması, hücresel düzeyde metabolik aktiviteleri baskılamasıyla açıklanabilir. Ayrıca uygulamaların ürünlerin mikrobiyolojik yüklerini düşürmesinin de dış görünüş üzerine olumlu yansıdığı düşünülmektedir. Nitekim ozonlu su uygulanan biberlerin duysal kalite puanları depolama süresince yüksek bulunmuştur (Özen ve ark., 2020). Aynı durum ozon uygulanarak kontrollü atmosferde depolanan Hicaznar nar meyvelerinde de görülmüştür (Bolel ve ark., 2019). Değişik türlede yürütülen benzer çalışmalarda da ozonun dış görünüş üzerinde olum sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (Çağatay, 2006; Ali ve ark., 2014; Dilmaçunal ve ark., 2014). Bu bakımdan çalışma bulgularımız literatür sonuçlarıyla büyük oranda benzerlik göstermektedir.

SONUÇ

Çalışmada beklendiği gibi depolama süresinin uzamasına bağlı olarak tüm uygulamalarda sertlik değeri azalırken, ağırlık kaybı artmıştır. Ancak ozon uygulanmış pırasalarda bu kayıplar daha az olmuştur. Solunum hızı ile toplam maya-küf ve bakteri sayısını en iyi baskılayan uygulamanın 2 ppm O₃ olduğu belirlenmiştir. Çalışmada suda 1-2 ppm ozon uygulamalarıyla taze kesilmiş Lincoln pırasa çeşidinin, streç filmle kaplı köpük kaseler içinde 0±1 °C ve %90±5 oransal nemde 30 gün depolanabileceği belirlenmiştir. Kontrol örneklerinde bu sürenin yaklaşık bir hafta daha kısa olduğu ortaya konmuştur. Ancak farklı doz ve uygulama şekilleriyle bu konuda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ali A, Ong M K, Forney C F, 2014. Effect of Ozone Pre-Conditioning on Quality and Antioxidant Capacity of Papaya Fruit During Ambient Storage. *Food Chemistry*, 142, 19-26.
- Bayar-Aydinoğlu D, Koyuncu MA, Erbaş E, 2017. Cold Storage of Pomegranate Arils Treated with Ozone Gas. *Fruit Science* 4(2): 26-32.
- Bolel H, Koyuncu MA, Erbaş D, 2019. The Combined Effect of Controlled Atmosphere with Ozone and Prochloraz Treatment on Storage Life and Quality of Pomegranate cv. Hicaznar. *Academic J. Agri.* 8(2), 195-202.
- Bolel, 2017. Ozon Uygulanmış Narın Kontrollü ve Modifiye Atmosfer Koşullarında Depolanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Buluc O, Koyuncu MA, 2021. Effects of Intermittent Ozone Treatment on Postharvest Quality and Storage Life of Pomegranate. *Ozone: Science & Engineering*, 43 (5):427-435.
- Carletti L, Botondi R, Moschetti R, Stella E, Monarca D, Cecchini M, Massantini R, 2013. Use of Ozone in Sanitation and Storage of Fresh Fruits and Vegetables. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(3-4), 585-589.
- Chen C, Zhang H, Zhang X, Dong C, Xue W, Xu W, 2020. The Effect of Different Doses of Ozone Treatments on the Postharvest Quality and Biodiversity of Cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111-124.

- Çağatay Ö, 2006. Ozon Uygulamasının Kirazın Soğukta Depolanma Süresi Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- De Souza L P, Faroni LRDA, Heleno,FF, Cecon PR, Gonçaves TDC, da Silva GJ, Prates LHF, 2018. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Carrot Quality. *LWT-Food Science and Technology*, 90: 53-60.
- Dılmaçunal T, Erbaş D, Koyuncu MA, Onursal CE, 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.
- Erbaş D, Koyuncu MA, 2016. 1-Metilsiklopropen Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*,53(1), 43-50.
- Fang-chun L S M K, Qun W, 2003. Effects of Ozone on Quality of Fresh-Cut Broccoli. *Food Science and Technology*, 8, 1-8.
- 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.
- Graham DM, 1997. Use of Ozone for Food Processing, *Food Technology*, 51: 72–75.
- 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.
- Karahan AG, Cicioğlu BA, Çakmakçı ML, 2002. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Kılavuzu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 24, Isparta, Türkiye.
- Koyuncu MA, Erbaş D, Onursal CE, Seçmen T, Güneyle A, Üzümcü SS, 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.
- Küçükbasmacı Sabır F, 2017. Minimal İşlem Görmüş ve Diğer Bahçe Ürünlerinin Depolanması. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması, SOMTAD Yayınlar Ders Kitabı No: 1, 293-309, Antalya, Türkiye.
- Luo A, Bai J, Li R, Fang Y, Li L, Wang D, Kou L, 2019. Effects of Ozone Treatment on the Quality of Kiwifruit During Postharvest Storage Affected by *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. *Journal of Phytopathology*,167(7-8), 470-478.
- Oms-Oliu G, Rojas-Graü M, Gonzalez LA, Varela P, Soliva-Fortuny R, Hernando MIH, Martin-Belloso O, 2010. Recent Approaches Using Chemical Treatments to Preserve Quality of Fresh-Cut Fruit: A Review. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 139-148.
- 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.
- Palou L, Crisosto CH, Smilanick JL 2007. Exposure of Cold-Stored Fresh Fruit to Ozone Gas: Effect on the Development of Postharvest Diseases. IOA Conference and Exhibition, Valencia, Spain.
- Perkins M, 1997. Ozone in Food Processing Applications. Past Experience, Future Potential and Regulatory Issues. Presented at ConneCTECH'97, Atlanta, USA.
- Rodoni L, Casadei N, Concellon A, Chaves Alicia AR, Vicente AR, 2010. Effect of Short-Term Ozone Treatments on Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) Fruit Quality and Cell Wall Degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,58(1), 594-599.

- Sao Dam M, Nguyen VD, Zsom T, Nguyen LLP, Hitka G, 2021. Ozone Treatment on Cucumber and Tomato During Simulated Retail Storage. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17(S1), 45-52.
- Shah NS, Nath N, 2006. Minimally Processed Fruits and Vegetables-Freshness with Convenience. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 43(6), 561-570.
- Sharma RR, Demirci A, Beuchat LR, Fett WF, 2003. Application of Ozone for Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on Inoculated Alfalfa sprouts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27: 51–64.
- Song J, Fan L, Forney CF, Hildebrand PD, Jordan MA, Renderos W, McRae KB, 2003. Ozone and 1-MCP Treatments Affect the Quality and Storage Life of Fresh Carrots. *XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture* 628 (pp. 295-301).
- Tümay M, 2019. Ozonun, Bazı Yeşil Yapraklı Sebzelerde Antimikrobiyel Etkisinin Belirlenmesi. Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ, 2000. *Kültür Sebzeleri (Sebze yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova İzmir. 440 s.
- Xu L, 1999. Use of Ozone was Replace to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*,53(10), 58-63.