

Kadir İLHAN

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma  
Bölümü 16059, Bursa / Türkiye  
sorumlu yazar: kadirilhan@uludag.edu.tr

## Narın Hasat Sonrası Hastalıklarına Karşı Hava İle Ön Soğutma ve Ozon Uygulamalarının Etkisi

The Efficacy of Precooling with Air and Ozone Treatments Against Postharvest Diseases of Pomegranate

Alınış (Received): 04.05.2017

Kabul tarihi (Accepted): 28.11.2017

### Anahtar Sözcükler:

Nar, ozon, ön soğutma, çürüme, mikrobiyal popülasyon

### ÖZET

**B**u çalışmada, gaz halinde uygulanan ozonun ön soğutma yapılan ve yapılmayan "Hicaznar" nar çeşidi meyvelerinin hasat sonrası hastalıklarına karşı etkisi araştırılmıştır. Hasat edilen nar meyveleri 2 gruba ayrılarak yarısına 20 saat süre ile ön soğutma yapılmış (ÖS+), diğer yarısına ise ön soğutma yapılmamış (ÖS-)’tir. Hasattan 20 saat sonra ozon gazı uygulamaları yapılmıştır. Gaz halindeki ozon nar meyvelerine hava sızdırmaz polietilenden oluşturulan kapalı bir hacimde uygulanmıştır. Uygulama yapılan meyveler ticari modifiye atmosfer paketler içerisinde 6°C’de %90-95 oransal nemde, 60 ve 120 gün süre ile muhafaza edilmişlerdir. Birbirini tekrar eden iki nar sezonu içerisinde denemeler yürütülmüştür. Her iki denemenin 60 ve 120 gün süren muhafazalarında, ÖS+ ve ÖS- meyvelere ozon gazının 4200, 5000 ve 8100 CxT (konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) dozundaki uygulamaları genel olarak meyve çürüme yüzdesi (MÇY)’ni azaltmış ancak meyvelerde sırası ile zayıf (1), orta (2) ve şiddetli (3) şeklinde değişen fitotoksosite görülmüştür. Her iki denemenin 120 gün muhafaza edilen ÖS+ meyvelerinde, ozon gazının 3500 CxT uygulamasının fitotoksosite görülmeksizin MÇY’ni kontrole göre önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir. Her iki denemenin her iki muhafaza döneminde de ÖS+ meyvelerde, ÖS- meyvelere göre daha düşük ozon gazı dozlarının MÇY’ni kontrole göre önemli düzeyde azalttığı bulunmuştur. Bu sonuç ön soğutma yapılmasının uygulamaların etkinliğini artırdığını göstermiştir. Ayrıca genel olarak tüm ozon gazı dozlarının meyve kaliksi içinde bulunan mikroorganizma popülasyonunu önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir.

### Key Words:

Pomegranate, ozone, pre-cooling, decay, microbial population

### ABSTRACT

**T**he efficacy of gaseous ozone on postharvest diseases of precooled pomegranates cv. Hicaznar was investigated in this study. Harvested fruit were divided into two groups and a group was precooled (PR+) with air for 20 hours, while other group was not precooled (PR-). Fruit were treated with ozone in an airtight chamber made from a polyethylene bag. Fruit treated with ozone were stored in commercially available modified atmosphere bags at 6 C and 90 to 95 % relative humidity for 60 and 120 days. The experiments were repeated in two consecutive growing seasons (2015 and 2016 years). The data obtained from the evaluations performed on 60<sup>th</sup> and 120<sup>th</sup> days of the first experiment (2015) and 60<sup>th</sup> days evaluation of the second experiment (2016) showed that ozone treatments at doses of 4200, 5000 and 8100 C x T (concentration as ppm x time as sec.) reduced decay incidence of fruit although caused phytotoxicity on fruit at ranges classified as week (1), moderate (2) and severe (3), respectively. The ozone treatment at a dose of 3500 C x T on precooled fruit significantly reduced the decay incidence without any visible phytotoxicity in both growing seasons in 120<sup>th</sup> days. The data obtained from the fruit harvest in both growing seasons and evaluated in two storage periods (60 and 120 days) showed that lower ozone concentrations were able reduce the decay incidence significantly on precooled fruit compared to that of none-precooled fruit. These results showed us that precooling increased the efficacy of ozone treatments. All ozone treatments reduced the microorganism population significantly in fruit calyx.

## GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda nar yetiştiriciliği çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Hasat edilen narın miktarındaki artışa bağlı olarak meyvelerinin muhafazası da aynı oranda önem kazanmıştır. Resmi verilere göre 2016 yılında Türkiye'deki nar üretimi 465200 tondur (Bügem, 2016). Bu üretimin 179920 tonu ihraç edilmektedir (Aibgs, 2016). Türkiye'de farklı nar çeşitleri bulunmakla birlikte ihracatın tamamına yakını "Hicaznar" çeşidi narlardan yapılmakta ve bu çeşit yaygın olarak yetiştirilmektedir (Yaman ve ark., 2015).

Nar meyvesinin hasat sonrası ömrünün; çeşide, hasat öncesi ekolojik koşullara, bakım işlerine, hasat uygunluğuna, ön soğutmanın yapıp yapılmamasına, depolama koşullarına (sıcaklık ve oransal nem) ve hangi ambalaj materyalinin kullanıldığına bağlı olduğu bildirilmektedir (Gil et al., 2000; Heshi et al., 2001; Şen ve Eroğul, 2012).

Hasat sonrasında meyvenin sağlıklı ve uzun şekilde muhafaza edilmesi için pek çok uygulama yapılmaktadır. Ürünün bahçe sıcaklığının hızlı bir şekilde asıl depolama sıcaklığına düşürme olarak bilinen ön soğutma, meyve olgunlaşması ve yaşlanmasının geciktirilmesinde düşük sıcaklık uygulamalarına yardımcı olmakta ve meyvenin su kaybını azaltmaktadır (Kaynas and Sivritepe, 1995). Hızlı yapılan soğutma işleminin (ön soğutma) meyve üzerinde bulunan patojenlerin ürüne penetrasyonlarını ve dolayısı ile çürümeyi de geciktirdiği ve hatta patojenlere zarar verdiği bilinmekte ve hasat sonrası hastalıkları ile savaşım stratejileri içinde yer almaktadır. Ancak Türkiye'de nar muhafaza eden firmaların büyük bir kısmının diğer pek çok üründe olduğu gibi narda da ön soğutma (ÖS) yapmamaktadırlar. ÖS yapılamamasının nedenleri arasında nar sezonunun kısa olması, yüksek miktardaki ürünün bu kısa süre içinde işlenmesi zorunluluğu, soğuk hava depoları ve meyve işleme alanlarının teknik ve kapasite yetersizlikleri önemli rol oynamaktadır. Bunun dışında teknik bilgi eksikliği de ÖS yapılmamasında önemli bir faktördür.

Narın muhafazasını kısıtlayan en önemli faktörlerden biri de hasat sonrası dönemde ortaya çıkan hastalıklardır. Yurtdışında narın hasat sonrası hastalıkları ile savaşımında kimyasal mücadele yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde fludioxonil (Scholar) aktif maddeli bir fungusit 2005 yılında *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. ve narın diğer hasat sonrası hastalıklarına karşı kullanılmak üzere ruhsatlandırılmış ve kullanımında başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Tedford et al., 2005). Ancak kimyasalların insan, hayvan, doğal yaşam ve çevreye olumsuz etkileri nedeni ile kamuoyunda bunlara karşı ciddi endişelerin oluşmasına yol açmıştır. Bu sebeple hasat sonu hastalıklarının engellenmesinde kullanılabilecek yeni teknolojilerin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir.

Ozon gıda endüstrisinde özellikle antimikrobiyal özelliğinden dolayı kullanılmaktadır. Yüksek oksidasyon yeteneği sayesinde organik ve inorganik maddeleri okside edebilmekte ve mikroorganizmaları hızla inaktive edebilmektedir. Ayrıca ozon kendiliğinden ve çok kısa süre içinde oksijene geri dönüşmesi ve herhangi bir kalıntı bırakmaması sebebi ile yaygın olarak kullanılan dezenfektanlara alternatif olarak görülmektedir (Tetik ve ark., 2006; Tabakoğlu, 2016). Ozon uygulamaları bugüne kadar pek çok sebze ve meyvenin ozonlu su ile yıkaması, depo atmosferine yüksek dozda kısa süreli veya düşük dozda uzun süreli gaz halinde verilmesi şeklinde yapılmıştır (Palou et al., 2002; Nadas et al., 2003; Ozkan et al., 2011).

Bu çalışma, Türkiye'de giderek artan nar muhafazasında ortaya çıkan meyve çürümmesine karşı, hasat sonrası hastalıklar ile savaşım yöntemlerinden olan ön soğutma ve ozon gazının kombine kullanılmasının meyve çürümeleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Meyve materyali ve ön soğutma

Her iki deneme de Finike/Antalya bölgesinden temin edilen 'Hicaznar' nar çeşidinde 2015 (1.deneme) ve 2016 (2.deneme) yılı nar sezonunda yapılmıştır. Her deneme için meyveler aynı bahçeden hasat edilmişlerdir. Her iki denemede de aynı uygulamalar yapılmıştır. Hasattan hemen sonra bahçede yaralı ve çürük meyveler ayrılarak kalan sağlam meyveler, ÖS uygulanacaklar ve ÖS uygulanmayacaklar olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. ÖS yapılacak olan meyveler hızla soğutmalı araca yüklenerek ÖS işlemine alınmışlardır. ÖS işlemi meyvelerin nakliyesi sırasında da araçta devam etmiş ve hava ile soğutma yöntemi kullanılmıştır. ÖS yapılmayacak meyvelerde soğutma tertibatı olmayan bir başka araca yüklenmiştir. Her iki araçtaki meyveler 14 saat süren yolculuk sonrasında denemenin yapılacağı birime getirilmişlerdir. ÖS yapılarak soğutmalı araç ile getirilen meyveler hızla 6°C'deki soğuk hava deposuna konulmuş, ÖS yapılmadan uygulama yapılacak meyveler ise ortam sıcaklığında bekletilmişlerdir. Hasattan 20 saat sonra uygulamalara başlanmıştır. Bunun sebebi, nar muhafazası ve ihracatını ticari olarak gerçekleştiren firmaların meyveleri işleyerek uzun süreli muhafaza amacı ile soğuk havaya konulmaları için geçen sürenin yaklaşık 12-30 saat arasında değişmesidir. Uygulamadan hemen önce yapılan sıcaklık ölçümlerinde, ÖS uygulanmayan ve uygulanan meyvelerin meyve eti sıcaklığı sırası ile 1. denemede 22°C ve 7°C, 2.denemede ise 19°C ve 7°C olarak ölçülmüştür.

### Ozon gazı uygulaması

Ozon uygulaması 30 x 50 x 17 cm (en x boy x yükseklik) boyutlarındaki 8 adet meyve kasası üst üste konulduğunda onu çevreleyecek büyüklükteki (102x170

cm) bir polietilen paket içerisine meyvelerin bulunduğu kasalar konarak yapılmıştır. Ozon gazının bu kapalı hacim içinde sirkülasyonu için en üst ve en alt kasa boş bırakılmış, meyve konulmamıştır. Meyveler 2., 3., 4., 5., 6., ve 7. kasalarda olmak üzere her bir kasaya 5 kg meyve konulmuştur. Ayrıca ozon gazının uygulama sırasında tüm hacim içinde eşit dağılması için en alt kasaya bir sirkülasyon fanı (20 watt-220 volt-12 cm çap) konularak, uygulama sırasında çalıştırılmıştır. Paketin tamamı dışarıdan hava girişini engelleyecek şekilde izole edilmiştir. Pakette sadece 0.5 cm çapında bir tahliye deliği bırakılmıştır. Pakette bir tahliye deliği bulunmaması durumunda, uygulama yapılan ortama ozon gazı verildiğinde kapalı ortamda ilave basınç oluşmakta ve uygulama yapılan ozon gazının ortama girişi içeride fazladan oluşan gaz basıncı sebebi ile azalabilmektedir. Bu fazladan oluşan gaz basıncının önlenmesi için pakette tahliye deliği açılması zorunludur. Ozon gazı uygulamaları belirli konsantrasyonlarda ve belirli sürelerde yapılmıştır. Bu uygulamalar, CxT (konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) olarak ifade

edilmiştir. Ozon gazı 20 g/dk veriminde çalışan bir ozon jeneratöründen (OGN-20, Opalsu, Türkiye) elde edilmiştir. Paket içindeki ozon gazı konsantrasyonu ozon analizörü (Model M405, Teledyne, A.B.D.) ile uygulama boyunca sürekli olarak ölçülmüştür.

Uygulama sonunda meyveler nar için ticari olarak kullanılan modifiye atmosfer paketler (Trendlife®, Deka Plastik, İstanbul) içerisine konarak, 60 ve 120 gün süre ile 6°C'de, %90-95 oransal nemde muhafaza edilmişlerdir (Onur ve ark., 1992; Karaçalı, 2009). Her bir pakete 5 kg meyve konulmuştur. Her iki muhafaza süresi sonunda (60 ve 120 gün) meyvelerdeki çürük meyve yüzdesi ve fitotoksosite şiddetleri belirlenmiştir. Deneme her kasa bir tekerrür olmak üzere her bir uygulama altı tekerrürlü olarak tekrar edilmiştir. Elde edilen verilere ANOVA varyans analizi uygulanmış ve LSD ( $P \leq 0.05$ ) testi ile ortalamalar gruplandırılmıştır.

Ozon gazı uygulamaları sonrasında meyvelerde oluşan fitotoksosite şiddetinin belirlenmesi amacı ile bir skala (0-3) oluşturulmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Ozon gazı uygulamalarının skala değerlerinin nar meyvesinde oluşturduğu fitotoksosite şiddeti

**Table 1.** Phytotoxicity level of ozone treatments on pomegranate fruit according scale value

| Fitotoksosite Şiddeti | Skala Değeri | Fitotoksosite belirtileri  |
|-----------------------|--------------|--|
| Yok                   | 0            | -  |
| Zayıf                 | 1            | - Meyve yüzeyinin %5'ini geçmeyen kabuktaki küçük çöküntülerdir (<1 mm çap ve <1 mm derinlik - pitting).<br>- Çöküntülerin içi kahverengi değildir.<br>- Çöküntüler ancak dikkatli bir son tüketicinin anlayabileceği kabuk deformasyonlarıdır.<br>- Meyve kabuğunda kahverengileşme yoktur.<br>- Fitotoksosite meyvenin ticari değerinde küçüğe olsa bir kayıp meydana getirebilecek görselliktedirler. Meyveler rahatlıkla hala taze ürün olarak pazarlanabilirler.                    |
| Orta                  | 2            | - Meyve toplam yüzeyinin % 5-15'i arasında kabukta görülen küçük kabuk çöküntüleridir (1-2 mm çap ve 1-2 mm derinlik).<br>- Çöküntülerin içi kahverengidir.<br>- Çöküntüler tüm son tüketicilerin anlayabileceği kabuk deformasyonlarıdır.<br>- Meyve kabuğunda kahverengileşme yoktur.<br>- Fitotoksosite meyvenin ticari değerinde mutlaka bir kayıp meydana getirecek görselliktedirler. Meyvelerin ticari değerinde azalma olsa da meyveler hala taze ürün olarak pazarlanabilirler. |
| Şiddetli              | 3            | - Meyve toplam yüzeyinin % 15'inden daha büyük bir kabuk alanında görülen çöküntülerdir (>2 mm çap ve >2 mm derinlik).<br>- Çöküntüler derin ve içi kahverengidir.<br>- Çöküntüleri tüm son tüketiciler rahatlıkla tanırlar.<br>- Meyve kabuğunda kahverengi bölgeler bulunmaktadır.<br>- Fitotoksosite sonucu meyve taze ürün olarak ticari değerini kaybetmiştir ancak meyve suyu için kullanılabilir.   |

### Ozon gazının meyvedeki mikrobiyal yük üzerine etkisinin belirlenmesi

Ozon gazı uygulamasının nar meyvesindeki mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacı ile nar meyvelerinde yoğun olarak çürümenin başladığı yer olan kaliks bölgesi incelenmiştir. Nar meyvesinin soğuk havada depolanması sırasında kaliks bölgesinde bulunan pistiller üzerinde yoğun fungal gelişim görülmektedir. Pistillerde gelişen fungal mikroorganizmaların bazı meyvelerde kaliks bölgesinden

başlayan çürümelere neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ozon uygulamaları yapıldıktan hemen sonra her kasadan tesadüfen 2 adet meyve seçilmiş ve meyvelerin kaliks bölgesi içine 1 ml steril saf su pipetlenerek 20 saniye süresince seri pipetleme yapılmıştır.

Toplam mikroorganizma yükünün belirlenmesi için Patates Dekstroz Agar (PDA), toplam maya ve fungal populasyonun belirlenmesinde  $100 \text{ mgL}^{-1}$  streptomycin sülfat (Merck, Almanya) içeren PDA ve bakteriyel populasyonun belirlenmesinde  $200 \text{ mgL}^{-1}$  cycloheximide

(Actidione, Sigma-Aldric, ABD) içeren Tryptic Soy Agar (TSA) kullanılmıştır. Yukarıda belirtildiği üzere meyve kaliksinde pipetleme yapıldıktan sonra buradan alınan 100 µl örnek, içinde 900 µl steril fizyolojik saf su (%0.85 NaCl) bulunan steril eppendorf tüplere karıştırılmış ve aynı şekilde seri desimal (10 kat) seyreltmeler yapılmıştır. Her seyreltmeden ilgili petri kaplarına 100 µl örnek alınmış ve besi ortamı üzerinde dağılması sağlanmıştır. Daha sonra petri kapları 24°C'de bakteri ve maya gelişimi için 2-3 gün, fungus gelişimi için 3-5 gün inkube edilip, gelişen koloniler sayılarak, meyve kaliksinde bulunan mikroorganizma yükü tespit edilmiştir. Her meyve bir tekerrür kabul edilmiş ve tekerrürde ilgili

mikroorganizma grubu için 5 petri kabı kullanılmıştır. Elde edilen verilere ANOVA testi uygulanmış ve LSD ( $P \leq 0.05$ ) testi ile ortalamalar ayrılmıştır. Analizden önce değerlere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Kaliks içinde bulunan mikroorganizma sayıları mililitre başına koloni oluşturan birim (cfu) olarak tanımlanmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Her iki denemede de nar meyveleri, 60 ve 120 gün süre ile 6°C'de, %90-95 oransal nemde muhafaza edilmişlerdir. İlk denemede meyve çürümeye ait sonuçlar Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin ozon uygulamaları sonrası 60 gün 6°C'de muhafaza edilmesi sonucunda görülen meyve çürüme yüzdeleri ve fitotoksosite şiddetleri (1.deneme)

**Table 2.** Efficacy of ozone treatment on decay incidence and phytotoxicity level of precooled and none precooled fruit after 60 days of storage at 6°C (1<sup>st</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Çürüme (%)    |       |              |      | Fitotoksosite |              |
|--|---------------|-------|--------------|------|---------------|--------------|
|  | Ön soğutmasız |       | Ön soğutmalı |      | Ön soğutmasız | Ön soğutmalı |
| Kontrol  | 8.4*          | A/a*  | 5.6          | A/a  | 0             | 0            |
| 950<br>(1000 ppm-57 sn)                              | 9.2           | A/a   | 5.0          | A/a  | 0             | 0            |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 7.6           | AB/a  | 4.6          | AB/a | 0             | 0            |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 6.4           | AB/a  | 4.2          | AB/a | 0             | 0            |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 6.2           | AB/ab | 3.8          | AB/b | 1             | 1            |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 5.2           | AB/ab | 2.6          | BC/b | 2             | 2            |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 3.8           | B/bc  | 1.0          | C/c  | 3             | 3            |

<sup>†</sup>LSD Test: ( $P < 0.05$ ) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

\*İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında tesadüf parselleri deneme desenine göre değerlendirilerek büyük harfler ile, her bir satır ise faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilerek küçük harfler ile gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin ozon uygulamaları sonrası 120 gün 6°C'de muhafaza edilmesi sonucunda görülen meyve çürüme yüzdeleri ve fitotoksosite şiddetleri (1.deneme)

**Table 3.** Efficacy of ozone treatment on decay incidence and phytotoxicity level of precooled and none precooled fruit after 120 days of storage at 6°C (1<sup>st</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Çürüme (%)    |       |              |       | Fitotoksosite |              |
|--|---------------|-------|--------------|-------|---------------|--------------|
|  | Ön soğutmasız |       | Ön soğutmalı |       | Ön soğutmasız | Ön soğutmalı |
| Kontrol  | 28.6*         | A/a*  | 23.8         | A/a   | 0             | 0            |
| 950<br>(1000 ppm-57sn)                               | 27.2          | A/a   | 21.6         | AB/a  | 0             | 0            |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 25.8          | AB/a  | 20.2         | ABC/a | 0             | 0            |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 21.2          | AB/a  | 17.4         | BCD/a | 0             | 0            |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 20.4          | AB/ab | 15.8         | CD/b  | 1             | 1            |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 18.2          | AB/ab | 13.2         | DE/b  | 2             | 2            |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 14.8          | B/bc  | 10.6         | E/c   | 3             | 3            |

<sup>†</sup>LSD Test: ( $P < 0.05$ ) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

\*İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında tesadüf parselleri deneme desenine göre değerlendirilerek büyük harfler ile, her bir satır ise faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilerek küçük harfler ile gösterilmiştir.

İlk denemede 60 ve 120 gün süre ile muhafaza edilen nar meyvelerine uygulanan ozon gazının CxT dozu arttıkça hem ÖS yapılmayan ve hem de ÖS yapılan uygulamaların meyve çürüme yüzdeleri (MÇY)'nin azaldığı görülmüştür. ÖS yapılmayan meyvelerde her iki muhafaza süresinde de 8100 CxT ozon gazı uygulaması, ÖS yapılan meyvelerde de 60 gün muhafaza süresinde 5000 ve 8100 CxT ozon gazı uygulamaları, 120 gün muhafaza süresinde 3500, 4200, 5000 ve 8100 CxT ozon gazı uygulamalarının MÇY'lerinin kontrolden istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Kontrol grubu meyvelerde ÖS yapılmasının, ÖS yapılmayan meyvelere göre MÇY'ni önemli düzeyde azaltmadığı görülmüştür. Bunun yanında ÖS yapılan meyvelerde, ÖS yapılmayan meyvelere göre daha düşük ozon gazı dozlarında, MÇY'nin kontrole göre önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan ozon dozlarının 950, 2000 ve 3500 CxT değerlerinde meyvede fitotoksisite görülmemiştir. Ancak daha yüksek CxT uygulamalarında (4200, 500 ve 8100) sırası ile zayıf, orta ve şiddetli fitotoksisiteye rastlanmıştır. Fitotoksisite şiddeti açısından 60. ve 120. günlerde farklılık bulunmamıştır. Birinci denemede ön soğutma yapılan meyvelerin 120 gün süre ile yapılan muhafazasında, fitotoksisite görülmeyen en yüksek ozon gazı uygulaması olan 3500 CxT uygulaması, meyve çürümesini kontrole göre önemli düzeyde azaltmıştır. Aynı uygulamanın daha yüksek CxT dozlarında ise

fitotoksisite görülmüştür. Çalışmada ozon gazı yüksek konsantrasyon ve kısa süreli uygulama şeklinde yapılmıştır. Yüksek konsantrasyonda ozon gazının kullanımındaki amaç hasat sezonunun yoğunluğu içerisinde hızlı şekilde meyvelere uygulamaların yapılarak çürümelerin azaltılmasıdır. Benzer şekilde Gabler et al. (2010) üzümde yaptıkları çalışmada 2500 ppm ozon gazı konsantrasyonunu 120 dakika uyguladıkları meyvelerde meyve çürümesi kontrole göre önemli düzeyde azalmış ve üzüm salkımlarının sap kısımlarında fitotoksisite görmemişlerdir. Ancak aynı denemede benzer CxT uygulaması olan 5000 ppm ozon gazı konsantrasyonunun 1 saat süren uygulamasında meyve çürümesi kontrole göre önemli düzeyde azaltılmasına rağmen üzüm salkımlarının sap kısımlarında koyu renkli lekelerin oluştuğunu bildirmişlerdir.

İlk denemeye ait ozon gazı uygulamalarının meyve kaliksleri içerisindeki mikroorganizma sayıları üzerindeki etkileri Çizelge 4'de verilmiştir. ÖS yapılmayan ve yapılan meyvelerin kontrol uygulamalarındaki mikroorganizma sayıları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Genel olarak en düşük doz olan 950 CxT ozon gazı uygulaması dışındaki tüm ozon gazı uygulamaları mikroorganizma sayısını kontrole göre önemli seviyede azaltmışlardır. Uygulanan ozon gazı CxT değeri arttıkça, bazı uygulamaların arasındaki mikroorganizma sayıları da önemli derecede azalmıştır.

**Çizelge 4.** Ozon gazı uygulamalarının ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin kaliksleri içindeki mikroorganizma sayıları (cfu/ml) üzerine etkisi (1. deneme).

**Table 4.** Efficacy of ozone treatments on the microorganism population in the calyx of precooled and none precooled pomegranate fruit (1<sup>st</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Ön soğutmasız                      |                       |                       | Ön soğutmalı          |                        |                       |
|--|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|  | Toplam mikroorganizma <sup>a</sup> | Fungus                | Bakteri               | Toplam mikroorganizma | Fungus                 | Bakteri               |
| Kontrol  | 3.4*10 <sup>5x</sup> A*            | 8.2*10 <sup>4</sup> A | 2.0*10 <sup>5</sup> A | 4.4*10 <sup>5</sup> A | 6.8*10 <sup>4</sup> A  | 3.4*10 <sup>5</sup> A |
| 950<br>(1000 ppm-57 sn)                              | 7.8*10 <sup>4</sup> B              | 5.4*10 <sup>4</sup> A | 7.8*10 <sup>4</sup> B | 4.0*10 <sup>5</sup> A | 5.2*10 <sup>4</sup> A  | 3.0*10 <sup>5</sup> A |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 2.2*10 <sup>4</sup> C              | 9.6*10 <sup>3</sup> B | 3.4*10 <sup>3</sup> C | 5.6*10 <sup>4</sup> B | 8.4*10 <sup>3</sup> B  | 5.8*10 <sup>3</sup> B |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 8.4*10 <sup>3</sup> CD             | 4.8*10 <sup>3</sup> B | 1.2*10 <sup>3</sup> C | 8.2*10 <sup>3</sup> B | 3.2*10 <sup>3</sup> BC | 2.0*10 <sup>3</sup> B |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 7.6*10 <sup>3</sup> DE             | 2.2*10 <sup>3</sup> B | 6.0*10 <sup>2</sup> C | 6.4*10 <sup>3</sup> C | 1.4*10 <sup>3</sup> BC | 9.0*10 <sup>2</sup> B |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 5.4*10 <sup>3</sup> DE             | 7.4*10 <sup>2</sup> B | 3.6*10 <sup>2</sup> C | 5.8*10 <sup>3</sup> C | 7.8*10 <sup>2</sup> C  | 4.0*10 <sup>2</sup> B |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 1.0*10 <sup>3</sup> E              | 2.6*10 <sup>2</sup> B | 1.4*10 <sup>2</sup> C | 2.2*10 <sup>3</sup> C | 2.6*10 <sup>2</sup> C  | 1.2*10 <sup>2</sup> B |

<sup>x</sup>LSD Test: (P<0.05) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

<sup>a</sup>İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında değerlendirilmiştir.

İkinci denemenin meyve çürümesi ve fitotoksisite değerlendirmelerine ait sonuçlar Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. İlk denemeye benzer şekilde ozon gazı uygulamalarının CxT dozu arttıkça hem ÖS yapılmayan ve hem de ÖS yapılan uygulamaların MÇY'nin azaldığı görülmüştür. İlk denemeden farklı olarak ÖS yapılmayan meyvelerde 8100 CxT uygulamasına ilave olarak 5000 CxT ozon gazı uygulamasının, ÖS yapılan meyvelerde de muhafaza dönemine göre farklılık göstermekle birlikte ilk denemeye benzer şekilde 3500, 4200 5000 ve 8100 CxT ozon gazı uygulamalarının da MÇY'ni kontrole göre önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir. İkinci

denemede kullanılan tüm ozon gazı dozlarının meyvelerde oluşturduğu fitotoksisite şiddetleri 1.deneme ile paralellik göstermiştir. ÖS yapılan meyvelerde, 1. denemedeki 120 günlük muhafaza süresindeki sonuca benzer şekilde ikinci denemenin 120 gün süre ile yapılan muhafaza süresinde de 3500 CxT ozon gazı uygulaması, meyve çürümesini fitotoksisite görülmeden kontrole göre önemli düzeyde azaltmıştır. Benzer şekilde İlhan ve ark. (2014) 100 gün süre ile 7°C'de muhafaza edilen nar meyvelerinde 3500 CxT ozon gazı uygulamasında fitotoksisite görülmediğini ve kontrole göre MÇY'nin önemli düzeyde azaldığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 5.** Ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin ozon uygulamaları sonrası 80 gün 6°C'de muhafaza edilmesi sonucunda görülen meyve çürüme yüzdeleri ve fitotoksisite şiddetleri (2.deneme)

**Table 5.** Efficacy of ozone treatment on decay incidence and phytotoxicity level of precooled and none precooled fruit after 60 days of storage at 6°C (2<sup>nd</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Çürüme (%)    |        |              |      | Fitotoksisite |              |
|--|---------------|--------|--------------|------|---------------|--------------|
|  | Ön soğutmasız | A/a*   | Ön soğutmalı | A/a  | Ön soğutmasız | Ön soğutmalı |
| Kontrol  | 12.2*         | A/a*   | 8.8          | A/a  | 0             | 0            |
| 950<br>(1000 ppm-57 sn)                              | 11.4          | AB/a   | 8.6          | A/a  | 0             | 0            |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 10.8          | AB/ab  | 7.2          | AB/b | 0             | 0            |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 8.4           | ABC/ab | 6.4          | AB/b | 0             | 0            |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 8.0           | ABC/b  | 5.8          | BC/b | 1             | 1            |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 7.2           | BC/b   | 3.6          | CD/c | 2             | 2            |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 5.8           | C/b    | 1.2          | D/c  | 3             | 3            |

†LSD Test: (P<0.05) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

\*İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında tesadüf parselleri deneme desenine göre değerlendirilerek büyük harfler ile, her bir satır ise faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilerek küçük harfler ile gösterilmiştir.

**Çizelge 6.** Ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin ozon uygulamaları sonrası 120 gün 6°C'de muhafaza edilmesi sonucunda görülen meyve çürüme yüzdeleri ve fitotoksisite şiddetleri (2.deneme)

**Table 6.** Efficacy of ozone treatment on decay incidence and phytotoxicity level of precooled and none precooled fruit after 120 days of storage at 6°C (2<sup>nd</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Çürüme (%)    |        |              |      | Fitotoksisite |              |
|--|---------------|--------|--------------|------|---------------|--------------|
|  | Ön soğutmasız | A/a*   | Ön soğutmalı | A/a  | Ön soğutmasız | Ön soğutmalı |
| Kontrol  | 50.4*         | A/a*   | 43.4         | A/a  | 0             | 0            |
| 950<br>(1000 ppm-57 sn)                              | 48.6          | A/a    | 42.6         | A/a  | 0             | 0            |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 42.8          | AB/a   | 37.2         | AB/a | 0             | 0            |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 38.2          | AB/ab  | 31.4         | BC/b | 0             | 0            |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 36.8          | ABC/ab | 28.8         | BC/b | 1             | 1            |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 30.4          | BC/bc  | 23.4         | CD/c | 2             | 2            |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 23.6          | C/b    | 17.8         | D/b  | 3             | 3            |

†LSD Test: (P<0.05) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

\*İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında tesadüf parselleri deneme desenine göre değerlendirilerek büyük harfler ile, her bir satır ise faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilerek küçük harfler ile gösterilmiştir.

İlk denemeye benzer şekilde kontrol grubu meyvelerde ÖS yapılmasının, ÖS yapılmayan meyvelere göre MÇY'ni önemli düzeyde azaltmadığı görülmüştür.

İkinci denemede her iki muhafaza zamanında kontrol meyvelerindeki çürüme yüzdesinin, 1. denemede kontrol meyvelerinin çürüme yüzdesinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebeplerinden birisi 2. denemede meyvelerin yağmurdan sonra hasat edilmesidir. Yağış ve nemli hava ile birlikte patojen baskısı ve mikroorganizma yoğunluğunun artması her zaman beklenen bir durumdur. Bunun dışında, Karaçalı (2009) çürüklük gelişimi bakımından yıllar arasında fark olmasında, hasat öncesi ekolojik koşullar ve bakım işlerinin etkili olduğunu bildirmektedir. Bunun yanında hasat, hasat sonrası ve depolama süresince yapılan hataların kalite ve çürüklük kayıplarını arttırabileceği de dikkate alınmalı ve ürünün depolanmasında kaliteyi etkileyen tüm faktörler birlikte düşünülmelidir (Şen ve Eroğul, 2012). Bu çalışmada aynı bahçeden farklı yıllarda alınan aynı çeşit nar meyvelerinde farklı çürüme oranlarının tespit edilmesi araştırmacıların görüşlerini doğrulamaktadır.

Her iki denemede de çürüyen meyveler makroskobik olarak incelendiklerinde, meyvenin taç bölgesi ve diğer kısımlarında ağırlıklı olarak *B. cinerea* çürüklüğe sebep olmuş, bunu *Coniella granati* (Saccardo) Petrak & Sydow takip etmiştir. Bunu yanında diğer patojenlerden kaynaklanan çürümeler ve karışık enfeksiyonlar bu iki patojenin oluşturduğu enfeksiyon sayısına göre çok daha az düzeyde gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmada, nar meyvesinde fitotoksisitenin ortaya çıkışı, MÇY'ni daha etkili şekilde azaltacak ozon gazı CxT dozlarına ulaşmasını engellemektedir. Yürütülen çalışmada ozon gazı yüksek konsantrasyonda ve kısa süre ile uygulanmaktadır. Ozon gazının yüksek konsantrasyonda kullanılması fitotoksisiteyi arttırmaktadır. Ancak ekonomik analizleri yapılmak ve kayıpları göz önüne alınmak kaydı ile zayıf fitotoksisite görülen 4200 CxT ozon gazı dozunun taze veya nar suyu tüketimi için kullanılan nar meyvelerine uygulanması da mümkün olabilir. Bunun yanında, ozon gazının daha düşük dozlarda ve daha uzun sürelerde uygulanmasının nar meyvesinde oluşturacağı fitotoksisite ve MÇY üzerindeki etkisi de sonraki çalışmalarda araştırılmalıdır. Çünkü farklı meyveler üzerinde düşük konsantrasyondaki ozon gazının uzun süre uygulanması ile fitotoksisite görülmeksizin meyve çürüklüğünün başarılı şekilde azaltıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Feliziani et al., 2014; Tabakoğlu, 2016).

Her iki denemede de kontrol uygulamasında ÖS yapılmasının meyve çürümesini azaltıcı ilave bir etkisi ortaya çıkmamıştır (Çizelge 2, 3, 5 ve 6). Buna rağmen her iki denemede de ÖS yapılan meyvelerde, ÖS yapılmayan meyvelere göre daha düşük ozon gazı dozlarında meyve çürümesinin kontrole göre önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Örneğin, 1. ve 2. denemenin 120 günlük muhafaza süresinde MÇY'nin kontrole göre önemli düzeyde azaltılması, ÖS yapılan meyvelerde 3500 CxT ve üzeri ozon gazı uygulamalarında gerçekleşirken, ÖS yapılmayan meyvelerde ancak 5000 ve 8100 CxT ozon gazı uygulamalarında gerçekleşmiştir (Çizelge 3 ve 6). Bu sonuçlar ÖS'nin ozon gazı uygulamalarının etkinliğini artırdığını göstermektedir.

Buna rağmen pek çok sebze ve meyvede sadece hızlı ÖS yapılmasının ürünün hasat sonrası ömrünü artırdığı bildirilmektedir. Gariepy et al. (1991) kuşkonmazda ÖS yapılmasının kayıpları %20 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Çalışmada sadece ön soğutma uygulamalarının kontrol meyvelerindeki çürüme yüzdesini önemli derecede azaltmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2, 3, 5 ve 6). Bunun nedeninin nar meyvelerindeki latent enfeksiyonlar olduğu söylenebilir. Latent enfeksiyonların bulunması ve fazla olması ozon gazı uygulamalarının etkisini de azaltacaktır. Bunun en önemli nedeni ozon gazının temas ettiği yüzeylerde etkili olması, doku içerisine penetrasyon özelliğinin bulunmamasıdır (Smilanick et al., 1999; Hur et al., 2005). Latent enfeksiyonların önlenmesi ancak çiçek zamanından itibaren yapılacak, fungusit uygulamaları ile mümkün olabilir. Farklı yıllar veya aynı yıl içinde yapılan çalışmalarda da, MÇY'leri arasında farkların bulunmasında latent enfeksiyonların da etkilerinin olacağı dikkate alınmalıdır.

İkinci denemeye ait ozon gazı uygulamalarının meyve kaliksleri içerisindeki mikroorganizma popülasyonu üzerindeki etkileri Çizelge 7'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar 1. deneme ile paralellik göstermiştir. Ancak 2. denemede kontrol meyvelerinin kaliksleri içindeki mikroorganizma sayılarının, 1. denemeden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla ilişkili olarak 2. denemede tüm uygulamalarda, 1. denemeye göre daha yüksek çürük meyve yüzdesi ortaya çıkmıştır. Ancak meyve çürümesine etki eden tek sebebin mikroorganizma yoğunluğu olmadığı hasat öncesi ve sonrası tüm uygulamaların meyve çürümesini doğrudan etkilediği bilinmektedir.

**Çizelge 7.** Ozon gazı uygulamalarının ön soğutma yapılan ve yapılmayan nar meyvelerinin kaliksleri içindeki mikroorganizma sayıları (cfu/ml) üzerine etkisi (2. deneme).

**Table 7.** Efficacy of ozone treatments on the microorganism population in the calyx of pre-cooled and none pre-cooled pomegranate fruit (2<sup>nd</sup> experiment)

| Uygulamalar CxT<br>(konsantrasyon (ppm) X süre (sn)) | Ön soğutmasız                      |                        |                        | Ön soğutmalı           |                        |                        |
|--|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  | Toplam mikroorganizma <sup>a</sup> | Fungus                 | Bakteri                | Toplam mikroorganizma  | Fungus                 | Bakteri                |
| Kontrol  | 4.4*10 <sup>6</sup> A              | 6.8*10 <sup>5</sup> A  | 2.5*10 <sup>6</sup> A  | 5.2*10 <sup>6</sup> A  | 4.7*10 <sup>5</sup> A  | 3.8*10 <sup>6</sup> A  |
| 950<br>(1000 ppm-57 sn)                              | 2.8*10 <sup>5</sup> B              | 1.5*10 <sup>5</sup> B  | 1.8*10 <sup>5</sup> B  | 2.5*10 <sup>5</sup> B  | 1.2*10 <sup>5</sup> B  | 2.4*10 <sup>5</sup> B  |
| 2.000<br>(1550 ppm-77 sn)                            | 2.2*10 <sup>5</sup> B              | 8.8*10 <sup>4</sup> BC | 7.5*10 <sup>4</sup> BC | 2.0*10 <sup>5</sup> BC | 5.3*10 <sup>4</sup> C  | 8.7*10 <sup>4</sup> BC |
| 3.500<br>(2000 ppm-105 sn)                           | 9.5*10 <sup>4</sup> B              | 7.7*10 <sup>4</sup> BC | 3.8*10 <sup>4</sup> CD | 8.6*10 <sup>4</sup> BC | 2.2*10 <sup>4</sup> CD | 4.2*10 <sup>4</sup> BC |
| 4.200<br>(1000 ppm-252 sn)                           | 8.7*10 <sup>4</sup> B              | 3.2*10 <sup>4</sup> CD | 1.0*10 <sup>4</sup> D  | 7.7*10 <sup>4</sup> BC | 1.1*10 <sup>4</sup> D  | 9.0*10 <sup>3</sup> C  |
| 5.000<br>(2360 ppm-127 sn)                           | 5.3*10 <sup>4</sup> B              | 3.1*10 <sup>4</sup> CD | 6.6*10 <sup>3</sup> D  | 3.1*10 <sup>4</sup> C  | 8.7*10 <sup>3</sup> D  | 6.5*10 <sup>3</sup> C  |
| 8.100<br>(3000 ppm-162 sn)                           | 2.2*10 <sup>4</sup> B              | 1.7*10 <sup>4</sup> D  | 4.6*10 <sup>3</sup> D  | 2.3*10 <sup>4</sup> C  | 6.6*10 <sup>3</sup> D  | 3.7*10 <sup>3</sup> C  |

<sup>a</sup>LSD Test: (P<0.05) önemlilik seviyesinde aynı harfler arasında istatistik anlamda fark bulunmamaktadır.

\*İstatistik analizde her bir sütun kendi arasında değerlendirilmiştir.

## SONUÇ

Çalışmada gaz halinde uygulanan ozonun ön soğutma yapılan ve yapılmayan "Hicaznar" nar çeşidi meyvelerinin hasat sonrası hastalıklarına karşı etkisi araştırılmıştır. Yürütülen her iki denemede de uygulanan ozon gazı CxT değerlerinin yükselmesinin MÇY'ni sayısal olarak azalttığı görülmüştür. Meyve çürümesinin azalmasında kontrole göre istatistik önemde farklılık, her iki denemede aynı olmamakla birlikte 3500, 4200, 5000 ve 8100 CxT ozon gazı dozlarında ortaya çıkmıştır. Özellikle her iki denemenin 120 gün süren muhafazasında ÖS yapılan meyvelerde 3500 CxT ozon gazı uygulamasında fitotoksitate görülmemiş ve MÇY'si kontrole göre önemli düzeyde azalmıştır. Her iki denemede de 4200, 5000 ve 8100 CxT ozon gazı uygulamalarında sırası ile zayıf (1), orta (2) ve şiddetli (3) fitotoksitate görülmüştür. Uygulanan en düşük doz olan 950 CxT ozon gazı dozu da kısmen dahil olmak üzere diğer tüm ozon gazı dozlarının, meyve kaliksinde bulunan mikroorganizma popülasyonunu kontrole göre etkili şekilde azalttığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aibgs, 2016. 2015-2016 Ocak-aralık dönemi Türkiye geneli yaş meyve ve sebze ihracatı yapılan ilk 20 madde. Akdeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, yaş meyve ve sebze sektörü Türkiye geneli değerlendirme raporu (2015/2016 Ocak-Aralık ayı). Erişim tarihi:24-4-2017. <http://www.akib.org.tr/files/downloads/ArastirmaRaporlari/YSM/ocak-aralik-2016.pdf>
- Bügem, 2016. Meyve üretim miktarları-2. Erişim tarihi:24-4-2017. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>
- Feliziani, E., Romanazzi, G. and J.L. Smilanick. 2014. Application of low concentrations of ozone during the cold storage of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 93:38–48.
- Gabler, F.M., Smilanick, J.L., Mansour, M.F. and H. Karaca. 2010. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 55:85–90.
- Garipey, Y., Raghavan, G.S.V., Castaigne, F., Arul, J. and C. Willemot. 1991. Precooling and modified atmosphere storage of green



- asparagus. Journal of Food Processing and Preservation, 15(99):215-224.
- Gil M.I., Toma's-Barbera'n, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. and A.A. Kader. 2000. Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:4581-4589.
- Heshi, A.B., Garande, V.K., Wagh, A.N. and H.S. Katore. 2001. Effect of Pre-Harvest Sprays of Chemicals on The Quality of Pomegranate Fruit (*Punica granatum* L.) cv G-137. Agricultural Science Digest, 21(1):25-27.
- Hur, J.S., Oh, S.O., Lim, K.M., Jung, J.S., Kim, J.W. and Y.J. Koh. 2005. Novel effects of TiO<sub>2</sub> photocatalytic ozonation on control of postharvest fungal spoilage of kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 35:109-113.
- İlhan, K., Şehirli, S., Karabulut, O.A ve Ü. Arslan. 2014. Narin hasat sonrası hastalıklarına karşı ozon uygulamalarının etkisi. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri (3-5 Şubat 2014, Antalya), s. 294.
- Karaçalı, İ. 2009. Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, Bornova, İzmir. s. 486.
- Kaynas, K. and H.O. Sivritepe. 1995. Effect of pre-cooling treatments on storage quality of mature green tomatoes. Acta Horticulturae, 412:200-209.
- Nadas, A., Olmo, M. and J.M. Garcia. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. Journal of Food Science, 68(5):1798-1802.
- Onur, C., Pekmezci, M., Tibet, H., Erkan, M., Kuzu, S. ve P. Tandogan, 1992. Hicaznarının soğukta muhafazası üzerinde bir araştırma. 1. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, İzmir. Cilt 1, s. 449-452.
- Ozkan, R., Smilanick, J.L. and O.A. Karabulut. 2011. Toxicity of ozone gas to conidia of *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, and *Botrytis cinerea* and control of gray mold on table grapes. Postharvest Biology and Technology, 60:47-51.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Adaskaveg, J.E. and J.F. Zoffoli. 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.
- Smilanick, J.L., Crisosto, C. and F. Mlikota. 1999. Postharvest Use of Ozone on Fresh Fruit. Perishables Handling Quarterly, No. 99
- Şen, F. ve D. Eroğul. 2012. Adıyaman ilinde yetiştirilen 'Hicaznar' nar çeşidinin depolama sürecindeki kalite değişiminin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2):103-111.
- Tabakoğlu, N. 2016. Ozon gazı uygulamasının karadutun (*Morus nigra* L.) mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi üzerine etkisi. T.C. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 79s.
- Tedford E.C., Adaskaveg, J.E. and A.J. Ott, 2005. Impact of Scholar (a new post-harvest fungicide) on the California pomegranate industry. Plant Health Progress doi:10.1094/ PHP-2005-0216-01-PS. Online, www.plantmanagementnetwork.org.
- Tetik, N., Topuz, A., Turhan, İ. ve M. Karhan. 2006. Meyve ve sebzelerin işlenmesi ve muhafazasında ozon uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu. s. 281-293.
- Yaman, S., Öcal, Ö., Toprak, Z., Avcı, F., Bayazit, S. ve O. Çalışkan. 2015. Farklı yükseltilerde yetiştirilen 'Hicaznar' çeşidinin meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Meyve Bilimi, 2:9-15.