



NAR (*Punica granatum*): SAĞLIĞA YARARI, EKONOMİK DEĞERİ VE HASAT SONRASI MUHAFAZA METOTLARI

Onur Çil, Fatih Erdem, Mehmet Seçkin Aday*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş / Received: 03.06.2020; Kabul / Accepted: 17.08.2020; Online baskı / Published online: 31.08.2020

Çil, O., Erdem, F., Aday, M.S. (2020). Nar (*Punica granatum*): Sağlık yararları, ekonomik değeri ve hasat sonrası muhafaza metotları. *GIDA* (2020) 45(5) 881-893 doi: 10.15237/gida.GD20078

Çil, O., Erdem, F., Aday, M.S. (2020). Pomegranate (*Punica granatum*): Health benefits, economic value and postharvest preservation methods. *GIDA* (2020) 45(5) 881-893 doi: 10.15237/gida.GD20078

ÖZ

Narın sahip olduğu yüksek besleyici değeri ve benzersiz duyu özellikleri sebebiyle tüketici talebi ve ticari üretimi son yıllarda artmıştır. Buna ek olarak, nar biyoaktif bileşenler açısından zengin bir kaynaktır ve bu yüzden tüketimi sağlık bakımından birçok fayda sağlamaktadır. Klimakterik olmayan doğasına rağmen, pazarlanabilirliği ve tüketici tarafından kabulü; soğuk zararı, çatlama, kabukta kahverengileşme ve çürüme gibi çeşitli faktörlerden sınırlanmaktadır. Bu problemleri önlemek için farklı hasat sonrası uygulamalar kullanılmaktadır. Bu yöntemler; ısı uygulamaları, modifiye atmosfer ambalajlama, yenilebilir kaplamalar, kimyasal ajanlar ve engel teknolojisini içermektedir. Bu nedenle derlemenin amacı; narın sağlığa faydası, ekonomik değeri ve hasat sonrasında kullanılan farklı teknolojilerin bütün nar ve nar taneleri üzerine etkisini güncel kaynaklardan yararlanarak özetlemektir.

Anahtar kelimeler: Nar, sağlık yararları, ekonomik değer, hasat sonrası teknolojiler

POMEGRANATE (*Punica granatum*): HEALTH BENEFITS, ECONOMIC VALUE AND POSTHARVEST PRESERVATION METHODS

ABSTRACT

Consumer's demand and commercial production for pomegranate has increased in the last decades due to their high nutritional value and unique sensory properties. In addition, pomegranate is a rich source of bioactive compounds and therefore its consumption provides many health benefits. In spite of the non-climacteric nature of the fruit, marketability and consumer acceptance is often limited by chilling injuries, cracks, husk scald and decay. In order to avoid these problems, different postharvest treatments have been used. These methods include heat treatments, modified atmosphere packaging, edible coating, chemical agents, and hurdle technology. Therefore, this review aims to summarize all the recent studies about the health benefits, economic value and effect of the different postharvest technologies used in whole pomegranate and pomegranate arils.

Keywords: Pomegranate, health benefits, economic value, postharvest technologies

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: mseckinaday@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 00 18 / 2607

☎: (+90) 286 218 05 41

Onur Çil ORCID no: 0000-0001-7497-1385

Fatih Erdem ORCID no: 0000-0002-9226-0234

Mehmet Seçkin Aday ORCID no: 0000-0002-5669-5812

GİRİŞ

Nar (*Punica granatum L.*), genellikle taze olarak tüketilen meyvelerden bir tanesi olup, aynı zamanda meyve suyu, reçel, likör ve diğer formlarda da kullanılmaktadır. Birçok tropikal ve subtropikal ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir (Roukas ve Kotzekidou, 2020). Nar, yüksek organoleptik özellikleri ve antioksidan potansiyeli nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. İçeriğindeki fitokimyasal bileşikler, özellikle antosiyaninler, diğer kompleks flavonoidler ve hidrolize edilebilir tanenler (ellagitanninler, gallik asit ve ellagik asit) biyoaktif bileşenler olarak bilinmekte ve kardiyovasküler hastalıklar, iltihaplanmalar, alzheimer, diyabet ve kanser gibi bazı dejeneratif hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır (Garcia-Pastor vd., 2020; Mantzourani vd., 2020). Gıda endüstrisinde narın çeşitli türevleri; nar kabuk ekstraktı, kabuk tozu, nar suyu ve nar suyu tozu olarak bazı gıda ürünlerine eklenmektedir. Bu amaçla yenilebilir film ve kaplamalarda antimikrobiyal aktiviteyi ve mekaniksel özellikleri iyileştirmek, et ve balık ürünlerinde oksidasyonu azaltmak ve mikrobiyal kaliteyi geliştirmek üzere kullanılmaktadır (Kandyliş ve Kokkinomagoulos, 2020).

Genellikle, nar meyvesi çeşidine ve depolama koşullarına bağlı olarak 2 ile 7 ay arasında uzun bir depolama ömrüne sahiptir. Bununla birlikte, meyvelerden çıkarılan tanelerin, dış ortama maruz kalma ve işleme operasyonlarından kaynaklanan doku hasarı nedeniyle kısa raf ömrü bulunmaktadır. Nar tanelerinde meydana gelen hasar; solunum ve etilen üretim oranlarında artışa yol açmakta, metabolik aktiviteyi değiştirmekte, besinsel ve duyuşsal özelliklerin bozulma oranını arttırmakta ve sonuç olarak raf ömrünü önemli ölçüde azaltmaktadır (Venkataramudu vd., 2018; Sason ve Nussinovitch, 2020). Bu derlemenin amacı narın bileşimi, sağlığa yararı, ekonomik değeri ve raf ömrünü uzatmada kullanılan yöntemlere ilişkin bilgi vermektir.

NARIN KİMYASAL İÇERİĞİ

Narın kimyasal bileşimi çeşit, yetiştirme bölgesi, olgunluk, yetiştirme uygulaması, iklim ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Desseva ve Mihaylova, 2020; Gumienna vd.,

2016). Narın toplam meyve ağırlığının yaklaşık %50'si kabuktan oluşmaktadır (Mphahlele vd., 2016). Nar kabuğu; fenolikler, flavonoidler, ellagitanninler ve proantosiyanidin bileşikleri, mineraller, özellikle potasyum, azot, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum ve kompleks polisakkaritlerden oluşmaktadır (Bassiri-Jahromi ve Doostkam, 2019; Sreekumar vd., 2014). Geriye kalan %50'si yenilebilir kısmı oluşturmaktadır ve bunun %40'ı tanelerden ve %10'u tohumlardan meydana gelmektedir (Mphahlele vd., 2016; Pareek vd., 2015). Taneler; %85 su, %10 toplam şeker (glukoz, sukroz, früktoz) ve %1.5 pektin, organik asitler (askorbik, sitrik ve malik asit), konjuge linolenik asit ve diğer bileşenleri içermektedir (Salehi, 2020; Kandyliş ve Kokkinomagoulos, 2020). Meyve suyu; siyanidin-3,5-diglikozit, siyanidin-3-glikozit, delfinidin-3,5-diglikozit, delfinidin-3-glikozit ve pelargonidin-3-glikozit antosiyaninlerinden oluşmaktadır (Zhang vd., 2019). Tohum ağırlığının %12-20'si tohum yağı içerir ve konjuge linolenik asitlerin %64-83'ünden fazlasına sahiptir (Bedel vd., 2017). Konjuge izomer olan punisik asit, tohum yağındaki en baskın yağ asidi olup, diğerleri ise katalpik asit ve α -eleostearik asittir (Boroushaki vd., 2016). Nar meyvesinde bulunan antosiyaninlerin E vitamini (α -tokoferol), β -karoten ve askorbik asitten daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Sreekumar vd., 2014).

EKONOMİK DEĞERİ

Türkiye'de 2018 yılında üretilen nar miktarı 537 bin ton iken, 2019 yılında ise 559 bin tona yükselmiştir (BUGEM, 2019). Nar ihracatı 2018 Ocak-Aralık arasında 207 bin ton olup, değeri 114 milyon \$ iken, 2019 Ocak-Aralık arasında ise nar ihracatı 155 bin ton ve değeri 97 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. Meyve ihracatında 2019 yılında ekonomik değer olarak ilk sırayı mandalina alırken, nar yedinci sıradadır (AKİB, 2020). Avrupa Birliğine üye ülkelerde nar için satış fiyatı aylık ortalama olarak kg başına 1.40-4.54 € arasında değişmekte olup, Hollanda'da yıllık satış fiyatının 2.69 €/kg olduğu bildirilmektedir. Türkiye'den Avrupa kıtasındaki ülkelere satış fiyatı ise 1.50-1.80 €/kg arasında değişmekte olup, yılbaşından sonraki aylarda ise 2.50 €/kg

değerine kadar çıkabilmektedir. Türkiye’de nar ihracatı yapan 37 firmanın bulunduğu bildirilmektedir (İkinci vd., 2018).

SAĞLIĞA YARARLARI

Nar, binlerce yıllık tıbbi kullanımı olan antik bir meyvedir. Son yıllarda nar, çeşitli iyileştirici bulguları sayesinde bir medikal ajan olarak oldukça fazla dikkat çekmiştir (Doostkam vd., 2020). Nar; meyve (kabuk, su ve tohum), yapraklar, çiçekler, kökler ve kabuk gibi çeşitli bölümlerden oluşmakta ve bu bölümlerden elde edilen çeşitli kimyasal bileşikler birçok hastalığın tedavisinde çok önemli roller oynamaktadır (Guerrero-Solano vd., 2020; Ahmadiankia, 2019). Nar yaprakları ve kabuğundan ekstrakte edilen bileşenlerin antidiyabetik ve hipolipidemik etki gösterdiği tespit edilmiştir (Salwe vd., 2015). Nar suyunun ayrıca böbrek taşı düşürmede etkili olduğu belirtilmiştir (İlbey vd., 2009). Nar suyu, iç/dış kabuk ve tohumdan oluşan nar ekstraktının da damar sertliğinin engellenmesinde koruyucu etki gösterdiği tespit edilmiştir (De Nigris vd., 2007). Narda bulunan polifenollerden; ellajik asit, kafeik asit, luteolin ve punikalejin içerisinde influenzaya karşı en etkili antivirüs etkisinin punikalajin ile sağlandığı rapor edilmiştir (Haidari vd., 2009). Nar antioksidan, antiinflamatuvar, antiproliferatif, antianjiyojenik, antiinvazif ve antimetastatik özellikler göstermekte ve apoptozu tetiklemektedir. Ayrıca NF- κ B, PI3K/AKT/mTOR, ve Wnt gibi çeşitli sinyal yollarını regüle etmekte, kanser gelişiminden sorumlu olan antiapoptotik genler, MMPs, VEGF, c-met, siklin, Cdks ve proinflamatori sitokinezler gibi genlerin ekspresyonunu da düzenlemektedir (Khwairakpam vd., 2018).

NARDA KALİTE KRİTERLERİ

Nar meyvesinde kalite değerlendirmesi birkaç önemli dış ve iç özelliklere dayanmaktadır. Dış özellikler arasında meyve boyutu, şekil ve dış görünümü (renk, çatlama, güneş haşlanması, çürükler) bulunurken, iç özellikler arasında toplam suda çözümlü katı madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TA), lezzet (şeker/asit oranı) ve tanen içeriği önemlidir. Bu özellikler çeşit farklılıkları, olgunluk derecesi ve büyüme bölgesine bağlı olarak değişmektedir (Arendse vd.,

2015). Narların asitliği hasatta %0.13 ile %4.98 arasında değişmektedir. Tatlı çeşitlerde %1’den az, tatlı-ekşi çeşitlerde %1-2 ve ekşi çeşitlerde %2’den fazladır. SÇKM içeriğinin %17’nin üzerinde olması tatlılık, toplam fenol (TPC) miktarının ise %0.25’in altında olması ekşilik açısından arzu edilmektedir. Munsell renk şemasında 5R-5/12’ye eşit veya daha koyu kırmızı meyve suyu rengi tercih sebebidir (Pareek vd., 2015). Narın görünüşünü etkileyen hastalıklara sahip olmaması gerekmekte ve üstünün ise toprak veya yabancı madde gibi istenmeyen maddelerden arındırılması gerekmektedir. Narda görünümü çok fazla etkilemeyen hafif hasarlara ayrıca meyvenin taç kısmındaki az derecedeki kopma ve kırılmalara bir ölçüde izin verilebilmektedir (İkinci vd., 2018).

KALİTE KUSURLARI

Nar, hasattan sonra düşük solunum ve etilen üretim oranına sahip olması nedeniyle klimakterik olmayan meyve olarak sınıflandırılmaktadır. Klimakterik olmayan yapısına rağmen, hasat sonrasında soğuk zararlanması, kabukta kahverengileşme, meyve çatlaması ve çürüme gibi kalitatif ve kantitatif kayıplar gözlenmektedir (Opara vd., 2015).

Soğuk Zararlanması

Narda depolanabilirliği uzatmak ve uzak ülkelere ticaretini kolaylaştırmak için soğuk depolama koşulları gerekmektedir. Ancak nar meyvesinin düşük sıcaklıklara karşı olan hassasiyeti nedeniyle, soğuk zararlanması görülmekte ve buna bağlı olarak nar tanelerini ve iç membranları çevreleyen beyaz dokuda kahverengileşme ve kabukta ise çukurlaşmalar meydana gelebilmektedir (Kashash vd., 2019). Genel olarak meyvelerde görülen soğuk zararlanması, hücre membranlarının hücre yapısını koruyamayarak, membran lipid ve proteinlerinin faz değişimi neticesinde gerçekleşmektedir (Wani ve Herath, 2018). Narda 5°C’nin altında depolanma soğuk zararlanmasına yol açmakta olup, depolama süresine bağlı olarak, bu olay hem iç hem de dış meyve kalitesinde azalmaya neden olmaktadır (Mirdehghan vd., 2007).

Kabukta Kahverengileşme

Kabuk yüzeyindeki renk değişimi, depolama sırasında görülen ve ürünün taşınması sırasında ortaya çıkan bir fizyolojik bozukluktur. Belirtiler; depolama sırasında o-dihidroksifenollerin- kinon bileşenlerine enzimatik oksidasyon ile dönüşümünden kaynaklanabilmektedir ancak enzimatik esmerleşme ile sonuçlanan biyokimyasal değişiklikler belirsizliğini korumaktadır (Arendse vd., 2018). Semptomlar, elmadaki kahverengileşmeye benzer olarak görülmekte olup, renk değişimi genellikle meyvenin alt tarafında gelişmeye başlayıp, üst kısmına doğru yayılmaktadır (Belay vd., 2020). Nar ve elmadaki renk bozukluklarına neden olan biyokimyasal süreçlerin benzer olduğu öne sürülmektedir (Defilippi vd., 2006).

Meyve Çatlaması

Meyve çatlaması esas olarak yaz aylarındaki yüksek güneş ışınlarından ve düşük nemden kaynaklanabilmektedir (Sharma vd., 2018). Aynı zamanda su stresi ve kabuk esnekliğindeki değişimler de narda meydana gelen çatlamanın diğer sebeplerindendir. Uzun süreli kuraklık kabuğun sertleşmesine neden olmaktadır ve bu durumu sulama veya yağmurlar takip ederse, turgor basıncında asimetric artış meydana gelmektedir. Nar tanelerinin turgor basıncındaki artış kabuktaki turgordan daha fazla olduğunda ise bu basınç farklılığı nedeniyle kabuk çatlakları oluşmaktadır (Griñán vd., 2019). Aşırı olgun meyveler, toprak nemindeki değişimle birlikte gündüz ve gece atmosferik nem farklılığına karşı çok hassas olduklarından, daha kolay çatlamaktadır (Mir vd., 2012).

Çürüme

Narların depolama potansiyelini sınırlayan en önemli etkenler gri küf (*Botrytis cinerea*), yeşil küf (*Penicillium digitatum*), penicillium (*P. expansum*) ve *Aspergillus niger*'den kaynaklanmaktadır. *B. cinerea*, enfekte olmuş meyveden bitişik sağlıklı meyveye misel yayılması ile geçebilmektedir. *B. cinerea* esas olarak meyveyi ağaç üzerindeki genç meyvenin kaliks kısmından enfekte etmekte ve hasattan sonra nemli koşullar altında etkilenen bölgede karakteristik bir gri miselyum oluşturmaktadır (Palou vd., 2013). Gri küf çürüğü genellikle

kaliksten başlamakta, kabuğun üzerine yayılarak belirgin bir kahverengi renk değişikliğine neden olarak, kabuğu sertleştirmektedir. *Aspergillus* çürüklüğünde ise meyvede dış semptom görülmemekte olup, tanelerde ise kararma meydana gelmektedir (Arendse vd., 2015).

HASAT SONRASI MUHAFAZA YÖNTEMLERİ

Narların depolanması sırasında birçok fizikokimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik faaliyet meydana gelmekte olup, bu süreçler narın kalitesinin, raf ömrünün ve ekonomik değerinin azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle bu problemlere yönelik olarak geliştirilen stratejiler aşağıda özetlenmektedir.

Isı Uygulamaları

Soğuk zararlanmasına karşı hassas olan ürünlerin depolanmasında, düşük sıcaklıkların etkisinin azaltılması ve meyve kalitesinin sürdürülmesi amacıyla kullanılan hasat sonrası ısı uygulamaları (Barman vd., 2018), 20°C ve üzerindeki sıcaklıklarda saatler ya da günler olarak ifade edilebilen sıcak su veya sıcak hava kullanılarak yapılmaktadır (Lurie and Pedreschi, 2014). Soğuk zararına uğramış ürünlerin kısa süreyle ısı uygulamalarına tabi tutulmasıyla membranlar, organeller veya metabolik faaliyetlerdeki zararların onarılmasına olanak sağlanmaktadır (Zainalabidin vd., 2019).

Sıcak su, sıcak hava ve aralıklı ısıtma işlemlerininnardaki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; sıcak hava ve aralıklı ısıtma, raf ömrü boyunca duyuşal özelliklerini etkilememiştir. Narların 45°C sıcak suya daldırılması, 50°C sıcak suya daldırılmışlara kıyasla, daha yüksek burukluk ve gevreklik skorları elde edilmesine neden olmuş, sululuk bakımından ise daha düşük puanların alınmasını sağlamıştır. Aralıklı ısıtılan narlar, depolanmanın üçüncü ayında daha düşük çürüme oranlarına sahip bulunmuştur (Yanco vd., 2018). Artés vd., (2000) tarafından yapılan çalışmada ise nar 3 gün boyunca 33°C sıcaklık ve %95 bağıl nemde bekletilmiş ve daha sonra narlar 2°C ve 5°C sıcaklıklarda 90 gün depolanmıştır. Ayrıca, diğer bir uygulamada ise 1 gün 20°C sıcaklıktaki kesikli ısıtma döngüsü sonrasında 6 gün 2°C ve 5°C'de bekletilmiştir.

Kesikli ısıtma uygulanan meyvelerin en yüksek antosiyanin konsantrasyonu ve titrasyon asitliği değerlerine ve ayrıca en iyi görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığının 5°C olduğu narlardaki asıl kayıpların çürüme nedenli olduğu, en az kaybın ve tazeliğe yakın tat skorlarının ise 2°C depolama ve kesikli ısıtma uygulamasında meydana geldiği gözlenmiştir. En düşük soğuk hasarları kesikli ısıtma uygulamalarında meydana gelmiştir (Artés vd., 2000). Diğer bir çalışmada ise nar meyvelerine 45°C sıcaklıkta 4 dakika boyunca ısı uygulaması yapılmış ve 2°C sıcaklıkta 90 gün boyunca depolanmıştır. Isıl uygulama yapılan nar taneleri kontrol örneklerine göre daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Ayrıca, ısıl uygulama yapılan nar tanelerinde şeker ve organik asit miktarları da daha yüksek konsantrasyon göstermiştir (Mirdehghan vd., 2006).

Genel olarak değerlendirilecek olursa, ısı uygulamalarının düşük sıcaklıkta depolamanın meydana getirdiği soğuk zararlanmalara karşı meyvelerde bir direnç oluşturduğu ve böylelikle hasat sonrası kalitenin korunmasında olumlu etkiler gösterdiği görülmektedir. Fakat soğuk depolamadan çıkarılan bir ürünü ısı uygulamalarına tabi tutarken dikkat edilmesi gereken nokta, bu sürenin ne çok fazla ne de çok az biçimde uygulanmasıdır.

Modifiye Atmosfer Ambalajlama

Modifiye atmosfer ambalajlamada (MAP), ürünün solunumu ve ambalaj materyalinin gaz geçirgenliğinin kontrolü pasif MAP ile sağlanabilmektedir (Colgecen ve Aday, 2015). Bu süreci; ürünün solunum hızı ve ürünün ağırlığı, ambalaj filminin kalınlığı ve yüzey alanı gibi birçok faktör etkilemektedir. MAP yöntemi; solunum ve etilen üretiminin yavaşlatılması, enzim aktivitesi ve çürümenin azaltılması ile ürünün kalitesini korumaktadır (Shaarawi ve Nagy, 2017).

Minimal işlenmiş tane narların 4 farklı koşullarda (H: Hava; A: Azot (%100 N₂); ZO: Zengin Oksijen (%70 O₂+%10 CO₂+%20 N₂; DO: Düşük Oksijen (%5 O₂+%10 CO₂+ %85 N₂), polipropilen (PP) kaselerde çift yönlü gerdirilmiş polipropilen (BOPP) filmlerle ambalajlandığı

çalışmada örnekler 5°C sıcaklıkta 18 gün depolanmıştır. ZO haricindeki bütün uygulamalarda denge atmosfer sağlanmış olup, genel olarak H, A ve ZO atmosferlerinde ambalajlanan taneler kalite özelliklerini korumuş ve panelistler tarafından 18. günde dahi kabul edilebilir olarak nitelendirilmiştir; ancak DO ile ambalajlanan tanelerin pazarlanabilirlik periyodu 15 gün ile sınırlı kalmıştır (Ayhan ve Eştürk, 2009). Diğer bir çalışmada iki farklı tipteki ambalajlama yönteminin (MAP 1, Xtend film: MAP 2, ZOEPAC torba) narın kalitesi üzerine etkileri 6°C sıcaklık ve %90 bağıl nem koşullarında 120 gün süresince incelenmiş ve 40. günde denge atmosferinin sağlandığı gözlenmiştir. Kontrol örnekleri ile kıyaslandığında MAP uygulamalarının ağırlık kaybı ve dıştaki fizyolojik bozuklukları önemli derecede azalttığı, görsel kaliteyi koruduğu ve kabuk rengindeki bozulmaları önlediği görülmüştür. MAP 2 ağırlık kaybını azaltmada ve raf ömrü sürecinde en etkili yöntem olarak bulunmuştur (Selcuk ve Erkan, 2016). Başka bir çalışmada 160.1 cm² ambalaj yüzeyindeki delik sayısının (0, 3, 6 ve 9) tanelenmiş narların kalitesine etkisi 5°C sıcaklıkta ve 15 gün boyunca izlenmiştir. Ambalaj içerisindeki gaz kompozisyonu delik sayısından önemli derecede etkilenmiştir. Oksijen konsantrasyonu delik sayısı ile doğru orantıda artış gösterirken, en yüksek karbondioksit konsantrasyonu deliksiz MAP uygulamasında (P-0) görülmüştür. Suda çözünebilir toplam kuru madde miktarındaki en büyük düşüş 9 delikli MAP (P-9) uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf sayıları P-0 ve P-9 uygulamalarında belirlenmiştir. Genel olarak, P-3 ve P-6 MAP uygulamaları tanelenmiş narların kalite özelliklerini P-0 ve P-9 uygulamalarından daha iyi korumuştur (Hussein vd., 2015). Tayyari vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada üç farklı gaz kompozisyonunun (Hava şartlarında ambalajlanan, MAP1: %5 O₂ +%85 N₂ +%10 CO₂ ve MAP2: %70 O₂ +%20 N₂ +%10 CO₂) nar üzerindeki etkisi iki farklı depolama sıcaklığında (4 ve 8°C) 30 gün süresince araştırılmış ve çalışmada 9 gün sonrasında hava şartlarında ambalajlanan tanelerde küf tespit edilmiştir. Düşük oksijen atmosferi ile ambalajlanmış örneklerde 30 gün boyunca

küflenme görülmemiş olup, MAP1'de tutulan ve 4°C'de saklanan nar tanelerinin doku ve görünümleri hava şartlarında ve MAP2 koşullarında ambalajlananlardan daha iyi görülmüştür. Başka bir çalışmada iki farklı modifiye atmosfer ambalajı (MA1 ve MA2) ile ambalajlanan narlar 24 saat boyunca 3 farklı koşulda önceden soğutulmuş ve 5 ay boyunca 6°C ve %90 bağıl nem koşulları altında depolanmıştır. Depolamada, MA2 uygulamasındaki ağırlık kaybı MA1 uygulamasından önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. Depolama süresinin sonunda, çürüme ise MA1'de MA2'dekinden daha yüksek bulunmuştur. Öte yandan, 5 aylık depolama sonunda MA2 koşullarındaki meyvelerin duyuşal değerlendirme puanları daha düşük çıkmıştır (Golkarian vd., 2020).

Sonuç olarak MAP yönteminin ambalaj içindeki optimum gaz bileşimini sağlamasından dolayı ürünün solunum hızını azalttığı ve böylelikle raf ömrünü arttırdığı görülmektedir. MAP yönteminin; kolay ve hızlı biçimde uygulanabilmesi, ticari olarak da yaygın şekilde kullanılmasına yol açmaktadır. Ayrıca, yeni ambalajlama materyallerinin geliştirilmesi ve aktif ambalajlama gibi konseptlerle, gıda endüstrisindeki gereksinim ve değişimlere çözüm olacağı düşünülmektedir.

Yenilebilir Kaplamalar

Yenilebilir kaplamalar karbondioksit ve oksijen gibi gazlara karşı ürün üzerinde yarı geçirgen bir bariyer sağlamak, ürün görünüşünü iyileştirmekte (Duran vd., 2016), tekstürel özellikleri geliştirmekte, solunum hızını azaltmakta (Öz ve Eker, 2017) ve aynı zamanda su kaybını engelleme görevini de üstlenmektedir (Sason ve Nussinovitch, 2020).

Çeşitli işlemler sırasında hasar görmüş nar tanelerinin raf ömrünü artırmak için yapılan bir çalışmada aljinat bazlı koruyucu jel tabaka hasarlı nar tanelerinin yüzeyine daldırma yöntemiyle uygulanmış ve nar taneleri 4°C sıcaklıkta 10 gün depolama sonrasında kaplanmamışlara göre daha az ağırlık kaybetmiştir. Mikrobiyal olarak ise 20°C'de 5 gün depolama sonrasında kaplanmamışlara göre 2 log daha az küf ve maya

içermektedir (Sason ve Nussinovitch, 2020). Viswanath vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada farklı kaplamaların (%1 kitosan, %100 Aloe vera ve %10 bal) nar taneleri üzerindeki etkileri 4, 7 ve 26°C'de 20 gün süresinde incelenmiş, %1 kitosan kaplamasının ağırlık kaybı, SÇKM, TA, toplam şeker ve askorbik asit bakımından 4°C'de en iyi korumayı sağladığı tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise reçine vaksı, karnauba vaksı ve kitosan (%1 ve 2) kullanılarak uygulanan üç farklı kaplamaların narın 4.5°C sıcaklıkta 120 günlük depolama sürecinde kalitesine etkisi araştırılmış olup, reçine ve karnauba vaksı ile kaplanan meyveler diğer uygulamalara göre önemli ölçüde daha düşük solunum oranı ve ağırlık kaybı değerleri göstermiştir. Ayrıca, karnauba vaksının meyve kalitesi ve biyoaktif bileşikleri daha yüksek derecede koruyabildiği saptanmıştır (Meighani vd., 2015). Abdel Fattah vd. (2016) tarafından farklı konsantrasyonlardaki (%0, 0,5, 1, 1,5 ve 2) kitosan kaplamasının, 4°C'da 16 gün boyunca depolanan nar tanelerinde etkisinin değerlendirildiği çalışmada; kaplanmış örneklerin TA, pH, toplam antosiyanin, toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite değerleri kaplanmamış örneklere kıyasla daha az değişiklik göstermiştir. Kitosan kaplama, tanelerin görsel kalitesinin korunmasına yardımcı olmuştur. Sonuç olarak kitosan çözeltilerinin (%1.5 ve 2) konsantrasyonları, 16 gün boyunca 4±1°C'de depolama sırasında narların kalitesini korumak için daha etkili bulunmuştur.

Genel olarak özetlenecek olursa, yenilebilir kaplamalar meyve yüzeyinde ek bir katman olarak görev yaparak, ürünün çevreyle temasını sınırlamaktadır. Aynı zamanda ürünün görsel çekiciliğini de arttırmaktadır. Ürünle beraber tüketilebilmesinde sakınca olmaması nedeniyle, kaplamalara eklenecek olan biyoaktif bileşenler, gıdanın besinsel ve fonksiyonel özelliğini de yükseltebilmektedir. Aynı zamanda kaplamaların doğal bileşenlerden elde edilmesi, diğer ambalaj materyallerinin aksine çevreci özelliğini de yansıtmaktadır.

Kimyasal Uygulamalar

Tüketicilerin doğal, taze, lezzetli ve yüksek kaliteli yenilebilir nar tanelerine olan taleplerini

karşılama için, aralarında minimal işleme tekniklerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı dezenfektan ile yıkanmasını da içeren çeşitli işleme teknikleri geliştirilmiştir (Ayhan ve Eştürk, 2009).

Tanelenmiş narların 200 ppm klorlu su+5000 ppm askorbik asit ve 200 ppm klorlu su +5000 ppm sitrik asit ile yıkanarak PP torbalarda (80 ve 150 gauge) ambalajlandığı ve 5 ve 15°C sıcaklıkta depolandığı çalışmaya göre; klorlu su+askorbik asit uygulanan ve 150 gauge PP torbalarda ambalajlanan ve 5°C sıcaklıkta depolanan tanelenmiş narların ambalajlanmamışlara göre önemli ölçüde düşük ağırlık kaybı gösterdiği tespit edilmiştir. Klorlu su +askorbik asit ile muamele edilerek 80 kalibre PP torbalar ile ambalajlanıp 5°C sıcaklıkta depolanan tanelenmiş narların ise en yüksek Hunter renk değerleri, organoleptik skorlar ve en düşük bozulma değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Naik vd., 2017). Continella vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise taneler; distile su, klorlu su ve sitrik asit çözeltisi olmak üzere farklı yıkama çözeltileri kullanılarak yıkanmış ve kontrol olarak da yıkama işlemi yapılmamış örnekler kullanılmıştır. Yıkamadan sonra taneler PP kaplar ile normal atmosfer altında ambalajlanmış ve 15 güne kadar 4°C sıcaklık ve %75 bağıl nem şartlarında depolanmıştır. Yıkama uygulamaları arasında kalite özellikleri konusunda küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise kontrollü atmosfer depolama ve hasat sonrası ozon uygulamasının Hicaznar çeşidi narların raf ömrü ve kalitesine etkileri araştırılmıştır. Kontrol, 6 saat boyunca 5°C sıcaklıkta ozon gazına (4 ppm) maruz bırakılan grup ve 5°C sıcaklıkta 10 saniye süre ile %0.9'luk prokloraz çözeltisine batırılma olmak üzere üç ayrılan örnekler kontrollü atmosfer (%5 oksijen, %10 karbondioksit) koşullarında 6°C sıcaklık ve %90 bağıl nemde 5 ay boyunca depolanmıştır. Fungusit uygulaması narların ağırlık kaybı ve solunum oranlarını önemli ölçüde azaltırken, kontrol örneğinde ozon ve fungusit kombinasyonlarına göre daha fazla çürüme oluştuğu gözlemlenmiştir. Kontrol örneğine kıyasla ozon ve fungusit uygulamaları yapılan örnekler daha iyi duyuşal değerlendirmelere sahiptir (Bolel vd., 2019). İlhan (2018a) tarafından yapılan çalışmada ozon gazının

[4200, 5000 ve 8000 C x T (ppm cinsinden konsantrasyon x saniye cinsinden zaman)] ön soğutma işlemi uygulanmış (20 saat boyunca hava ile) ve uygulanmamış Hicaznar cinsi narlarda görülen hasat sonrası hastalıklara etkileri araştırılmıştır. Ozon uygulaması yapılan meyveler ticari olarak kullanılan modifiye atmosfer torbalarında 6°C sıcaklık ve %90-95 arasında değişen bağıl nem koşullarında 60 ve 120 günlük süreler ile depolanmıştır. Ön soğutma yapılmış narlara 3500 C x T dozunda yapılan ozon uygulaması, 120 günde çürüme oluşumunu önemli ölçüde azaltırken herhangi bir görünür fitotoksositeye neden olmadığı tespit edilmiştir. Ön soğutma işlemi yapılan örneklerde yapılmayan örneklere kıyasla daha düşük ozon konsantrasyonlarının çürüme oluşumunu azaltabildiği görülmüştür. Diğer bir çalışmada klordioksit, sodyum hipoklorit ve perasetik asit 1000, 1500, 2000 µL/L dozlarda 30 dk kullanılmış ve ayrıca Fumispore (15 saat boyunca) ortofenilfenol (OPP)'nin etkileri ultrasonik bir aerosol jeneratör kullanılarak (sisleme uygulaması) incelenmiştir. Uygulama yapılmış meyve, modifiye atmosfer ambalajlama yapılarak 6°C sıcaklık ve %90-95 bağıl nem koşullarında 60 ve 100 gün süreyle depolanmıştır. 2000 µL/L dozunda uygulanan klordioksit ve perasetik asit ve 1500 ve 2000 µL/L dozunda uygulanan sodyum hipoklorit 60 gün depolama sonunda kontrol örneğine göre çürümeyi önemli ölçüde azaltmıştır. Aynı şekilde 2000 µL/L dozunda perasetik asit ve sodyum hipoklorit 100 gün depolama sonunda da çürümeyi büyük oranda azaltmıştır. Fumispore OPP çürümeyi azaltma konusunda başarısız olmuştur (İlhan, 2018b).

Yapılan çalışmalar değerlendirilecek olursa, uygulamaların etkinliğinin kimyasal çeşidine ve konsantrasyona bağlı olarak değiştiği gözlenmektedir. Kimyasal uygulamalar, mikroorganizmalar üzerinde etki göstererek çürümeyi azaltmakta ve buna bağlı olarak da raf ömrünü arttırmaktadır. Fakat uygulanan kimyasalların ürün üzerinde ne kadar kalıntı bıraktığının tespiti gerekmektedir.

Engel Teknolojisi

Engel teknolojisinde kullanılan gıda muhafaza yöntemleri çeşitli işlemlerin ardışık ya da simultane uygulanmasını kapsamaktadır (Raso and Barbosa-Cánovas, 2003). Esasen birçok işlem gıda güvenliği ve stabilitesini sağlamak için tek başına yeterli olmadığı için kombine uygulamalar avantajlı hale gelmektedir. Bu şekilde mikroorganizmalara karşı öldürücü etki artırılırken, duyu kalitedeki değişim ise azaltılmaktadır (Qiu vd., 2019).

Tanelenmiş narların çeşitli konsantrasyonlardaki kitosan ve askorbik asit ile kaplanarak 5°C sıcaklıkta 28 gün depolandığı çalışmada, kitosan-askorbik asit uygulaması tanelerin görsel kalitelerinin korunmasında yardımcı olmuş ve bakteriyel ve fungal gelişimleri engellemiş olup, raf ömrünü 21 güne kadar uzatabilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları da kaplama uygulaması yapılan örneklerde daha yüksek çıkmıştır ve bu örneklerin 25 günlük soğuk depolama sürecinden sonra bile oldukça kabul edilebilir olduğunu göstermiştir (Özdemir ve Gökmen, 2017). Nar taneleri üzerinde nano-ZnO ile karboksimetil selüloz (CMC) kaplamanın birlikte kullanıldığı çalışmada taneler, 4 dakika boyunca damıtılmış su (kontrol), %0.1 veya %0.2 nano-ZnO süspansiyonu içine daldırılmış ve daha sonra ZnO ile işleme tabi tutulan taneler, % 0.5 CMC ile kaplanmış ve 12 gün boyunca 4°C'de saklanmıştır. Kaplamalar, 12 günlük depolama sırasında toplam maya/küf sayısını düşürürken, toplam mezofilik bakteri sayısı ise 6 günlük depolama sırasında azalmıştır. Çözünür katı madde içeriği depolama sırasında azalmış, fakat uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. CMC + %0.2 nano-ZnO uygulaması, toplam fenol değişikliklerini azaltmıştır. Toplam antosiyanin, C vitamini ve antioksidan kapasite kaplanmış tanelerde daha yüksek bulunmuştur (Saba ve Amini, 2017). Başka bir çalışmada ise klorin ile dezenfekte edilmiş narlar 0.56, 1.13, 2.27, 4.54, 9.08 ve 13.62 kJ/m² UV-C radyasyon dozlarına maruz bırakılmış ve pasif MAP koşullarının oluşturulması için çift yönlü gerdirilmiş polipropilen (BOPP) ile ambalajlanarak 13 ya da 15 güne kadar 5°C sıcaklıkta depolanmıştır. Yapılan bazı UV-C uygulamaları mezofilik,

psikrotrofik, laktik asit ve *Enterobacteriaceae* sayılarında düşüş sağlamıştır fakat mikrobiyal sayılar raf ömrü boyunca sistematik bir azalma göstermemiştir (López-Rubira vd., 2005). Candir vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise narlara kitosan (CH) uygulaması (%0 ve %2) yapılmış ve sonra MAP altında veya MAP'sız paketlenmiştir ve 6°C sıcaklık ve %90 bağıl nem koşullarında 6 ay depolanmıştır. CH, MAP ve CH+MAP uygulamaları renk, titrasyon asitliği ve askorbik asit içeriğini kontrol grubuna göre daha iyi korumuştur. CH + MAP ve MAP uygulamaları ağırlık kaybı ve kabuktaki renk değişimlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Tek başına uygulanan CH kaplaması soğuk depolama sırasındaki fungal çürümenin kontrolünde en etkin yöntem olurken, koyu kırmızı renk, en yüksek antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin ve toplam fenol içeriğine sahiptir. Yapılan diğer bir çalışmada nar taneleri 30 saniye süreyle 55°C sıcak suya batırma, UV-C ışık (4.54 kJ/m²) ve pasif modifiye atmosfer ambalajlama veya yüksek oksijen (başlangıç 90 kPa oksijen) aktif modifiye atmosfer ambalajlama uygulamalarına tabi tutulmuştur. 14 güne kadar 5°C sıcaklık ve %90 bağıl nem şartlarında soğuk depolama uygulanmıştır. UV-C ve yüksek oksijen uygulamaları ayrı ayrı ya da birlikte en yüksek süperoksit dismutaz aktivitesine neden olmuştur. UV-C + yüksek oksijen uygulaması yapılan tanelerde katalaz aktivitesindeki düşüş en fazla seviyededir. Yüksek oksijen ve/veya UV-C içeren bütün uygulamalar antosiyaninleri ve özellikle de fenolik içeriği yüksek seviyelerde tutmuştur. UV-C ve yüksek oksijen kombinasyonu süperoksit dismutaz ve katalaz seviyelerini korurken, peroksidaz ve polifenol oksidaz seviyeleri daha düşük çıkmıştır ve antioksidan bileşiklerinin konsantrasyonları korunmuştur (Maghoumi vd., 2013). Limon otu esansiyel yağı (LGEO) ile kombinasyon halinde keten tohumu gamının (FSG) yemeye hazır nar tanelerinin kaplanması için araştırıldığı çalışmada % 0.3 ve % 0.6 konsantrasyonlarda FSG kullanılmış ve her iki konsantrasyona da LGEO, 0 ppm, 200 ppm, 500 ppm ve 800 ppm seviyelerinde dahil edilmiştir. Nar tanelerinin 5°C'de 12 gün depolandığı bu çalışmada, LGEO içeren kaplamalar, toplam canlı sayısını ve maya ve küf popülasyonlarını azaltmada etkili

bulunmuştur. Kaplanmış numunelerde, kontrol numunesine kıyasla daha düşük ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Kontrol için renk değişimi (AE), kaplanmış örneklerle kıyasla saklama süresi boyunca daha fazla gözlenmiştir (Yousuf ve Srivastava, 2017).

Genel olarak bakıldığında engel teknolojileri, içerdiği uygulamalara (sıcaklık, yenilebilir film kaplama, UV-C) bağlı olarak ürünlerde farklı etkiler göstermektedir. Uygulanan her bir teknolojinin farklı avantajlara sahip olduğu düşünüldüğünde, bu uygulamaları aynı anda gerçekleştirmek ürünün raf ömrünün uzatılmasında katkı sağlamaktadır. Fakat kullanılan yöntemlerin birbirinin etkilerini azaltmayacak şekilde seçilmesi, engel teknolojilerinde önemli bir husustur.

SONUÇ

Nar (*Punica granatum L.*), taze olarak veya meyve suyu, reçel, likör ve diğer formlarda da kullanılmaktadır. Narın içerdiği birçok bileşen birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda narın çeşitli türevlerinden olan nar kabuk ekstraktı, kabuk tozu ve nar suyu çeşitli gıda ürünlerinin özelliklerini iyileştirmek amacıyla katkı olarak da eklenmektedir. Bütün haldeki narın depolama süresi uzun olsa da kantitatif ve kalitatif kalite kayıpları raf ömrü boyunca meydana gelmektedir. Özellikle narın tanelenmiş formu dış ortama maruz kalma ve işleme operasyonlarından kaynaklanan doku hasarı nedeniyle çok daha hassas bir yapıdadır. Bu nedenle nar kalitesinin, raf ömrünün ve ekonomik değerinin azalmasını önleyecek hasat sonrası muhafaza metotları büyük bir önem kazanmaktadır. Hasat sonrası ısı uygulamaları ile soğuk zararlanmaları önlenilmekte, yenilebilir kaplamalar ile tüketici albenisi artırılmakta ve kimyasal uygulamalar ile çürümenin önüne geçilebilmektedir. Ayrıca modifiye atmosfer ambalajlama ile solunum hızı yavaşlatılmakta ve engel teknolojilerinin kullanımı ile de raf ömrü artırılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Makale konusuyla ilgili olarak Fatih Erdem ve Onur Çil'in yüksek lisans çalışmalarını FYL-2020-3234 ve FYL-2019-3151 proje numaraları ile

destekleyen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

OÇ ve FE, derlemenin araştırma ve yazma kısmında katkı sağlamıştır. MSA, derleme konusunu seçme, araştırma, yazma, inceleme ve düzenleme aşamalarında danışman olarak katkıda bulunmuştur. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Abdel Fattah, A.A., Ashoush, I.S., Alnashi, B.A. (2016). Effect of chitosan edible coating on quality attributes of pomegranate arils during cold storage. *J. Food and Dairy Sci.*, 7(10), 435-442, doi: 10.21608/jfds.2016.46049.

Ahmadiankia, N. (2019). Molecular targets of pomegranate (*Punica granatum*) in preventing cancer metastasis. *Iran J. Basic Med. Sci.*, 22(9), 977-988, doi: 10.22038/ijbms.2019.34653.8217.

AKİB (2020). Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Türkiye Geneli 2018/2019 Ocak-Aralık Dönemi Değerlendirme Raporu. Akdeniz Yaş Meyve Sebze İhracatçıları Birliği.

Arendse, E., Fawole, O.A., Magwaza, L.S., Nieuwoudt, H., Opara, U.L. (2018). Evaluation of biochemical markers associated with the development of husk scald and the use of diffuse reflectance NIR spectroscopy to predict husk scald in pomegranate fruit. *Sci. Hortic.*, 232, 240-249, doi: 10.1016/j.scienta.2018.01.022.

Arendse, E., Fawole, O.A., Opara, U.L. (2015). Effects of postharvest handling and storage on physiological attributes and quality of pomegranate fruit (*Punica granatum L.*): A review. *Int. J. Postharvest Technol. Innov.*, 5(1), 13-31, doi: 10.1504/IJPTI.2015.072441.

Artés, F., Tudela, J.A., Villaescusa, R. (2000). Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biol.*

- Technol.*, 18(3), 245-251, doi: 10.1016/S0925-5214(00)00066-1.
- Ayhan, Z., Eştürk, O. (2009). Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged “ready-to-eat” pomegranate arils. *J. Food Sci.*, 74(5), 399-405, doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01184.x.
- Barman, K. (ed.), Sharma, S. (ed.), Siddiqui, M.W. (ed.) (2018). *Emerging postharvest treatment of fruits and vegetables*. Apple Academic Press, Waretown, USA, 386 p. ISBN: 9781771887007.
- Bassiri-Jahromi, S., Doostkam, A. (2019). Comparative evaluation of bioactive compounds of various cultivars of pomegranate (*Punica granatum*) in different world regions. *AIMS. Agric. Food*, 4, 41-55, doi: 10.3934/agrfood.2019.1.41.
- Bedel, H.A., Turgut, N.T., Kurtoglu, A.U., Usta, C. (2017). Effects of nutraceutical punicalic acid. *Indian J. Pharm. Sci.*, 79(3), 328-334, doi: 10.4172/pharmaceutical-sciences.1000234.
- Belay, Z.A., Caleb, O.J., Vorster, A., van Heerden, C., Opara, U.L. (2020). Transcriptomic changes associated with husk scald incidence on pomegranate fruit peel during cold storage. *Food Res. Int.*, 135, 1092852, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109285.
- Bolel, H., Koyuncu, M.A., Erbaş, D. (2019). Combined effects of controlled atmosphere storage and postharvest ozone treatment on storage life and quality of pomegranate. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(2), 195-202, doi: 10.29278/azd.555195.
- Boroushaki, M.T., Mollazadeh, H., Afshari, A.R. (2016). Pomegranate seed oil: A comprehensive review on its therapeutic effects. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 7(2), 430-442, doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.7(2).430-42.
- BUGEM (2019). Bitkisel Üretim Verileri. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf> (Erişim tarihi: 2 Mayıs 2020).
- Candir, E., Ozdemir, A.E., Aksoy, M.C. (2018). Effects of chitosan coating and modified atmosphere packaging on postharvest quality and bioactive compounds of pomegranate fruit cv.‘Hicaznar’. *Sci. Horti.*, 235, 235-243, doi: 10.1016/j.scienta.2018.03.017.
- Colgecen, I., Aday, M. S. (2015). The efficacy of the combined use of chlorine dioxide and passive modified atmosphere packaging on sweet cherry quality. *Postharvest Biol. Technol.*, 109, 10-19, doi:10.1016/j.postharvbio.2015.05.016.
- Continella, A., Restuccia, C., Brighina, S., Pannitteri, C., Gentile, A., La Malfa, S. (2018). Influence of washing treatment on ready-to-eat pomegranate arils quality and safety. *Acta. Horti.*, 1194, 915-920, doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1194.129.
- Defilippi, B.G., Whitaker, B.D., Hess-Pierce, B.M., Kader, A.A. (2006). Development and control of scald on wonderful pomegranates during long-term storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 41(3), 234-243, doi: 10.1016/j.postharvbio.2006.04.006.
- De Nigris, F., Williams-Ignarro, S., Sica, V., Lerman, L.O., D'Armiento, F.P., Byrns, R.E., Fiorito, C. (2007). Effects of a pomegranate fruit extract rich in punicalagin on oxidation-sensitive genes and eNOS activity at sites of perturbed shear stress and atherogenesis. *Cardiovasc. Res.*, 73(2), 414-423, doi: 10.1016/j.cardiores.2006.08.021.
- Desseva, I., Mihaylova, D. (2020). Influence of in vitro gastrointestinal digestion on phytochemicals in pomegranate juice. *Food Sci. Technol.*, 40, 211-216, doi: 10.1590/fst.07219.
- Doostkam, A., Iravani, K., Bassiri-Jahromi, S. (2020). *Punica granatum* L. (Pomegranate): A potential anti-microbial agent. *Antiinfect. Agents.*, 18(1), 2-14, doi: 10.2174/2211352517666190215113232.
- Duran, M., Aday, M.S., Zorba, N.N.D., Temizkan, R., Buyukcan, M.B., Caner, C. (2016). Potential of antimicrobial active packaging 'containing natamycin, nisin, pomegranate and grape seed extract in chitosan coating' to extend shelf life of fresh strawberry. *Food Bioprod. Process.*, 98, 354-363, doi: 10.1016/j.fbp.2016.01.007.
- Garcia-Pastor, M.E., Serrano, M., Guillen, F., Gimenez, M.J., Martinez-Romero, D., Valero, D.,

- Zapata, P.J. (2020). Preharvest application of methyl jasmonate increases crop yield, fruit quality and bioactive compounds in pomegranate 'Mollar de Elche' at harvest and during postharvest storage. *J. Sci. Food Agric.*, 100(1), 145-153, doi: 10.1002/jsfa.10007.
- Golkarian, M., Şen, F., Okşar, R.E. (2020). Effects of pre-cooling and modified atmosphere packaging on storability of pomegranate (*Punica granatum* 'Hicaznar') fruit. *Acta. Hort.*, 1275, 237-244, doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1275.33.
- Griñán, I., Morales, D., Collado-González, J., Falcón-Rodríguez, A.B., Torrecillas, A., Martín-Palomo, M.J., Centeno, A., Corell, M., Carbonell-Barrachina, A.A., Hernández, F. (2019). Reducing incidence of peel physiopathies and increasing antioxidant activity in pomegranate fruit under different irrigation conditions by preharvest application of chitosan. *Sci. Hort.*, 247, 247-253, doi: 10.1016/j.scienta.2018.12.017.
- Guerrero-Solano, J. A., Jaramillo-Morales, O. A., Velázquez-González, C., la O-Arciniega, D., Castañeda-Ovando, A., Betanzos-Cabrera, G., Bautista, M. (2020). Pomegranate as a potential alternative of pain management: A review. *Plants*, 9(4), 419, doi: 10.3390/plants9040419.
- Gumienna, M., Szwengiel, A., Górna, B. (2016). Bioactive components of pomegranate fruit and their transformation by fermentation processes. *Eur. Food Res. Technol.*, 242(5), 631-640, doi: 10.1007/s00217-015-2582-z.
- Haidari, M., Ali, M., Casscells III, S. W., Madjid, M. (2009). Pomegranate (*Punica granatum*) purified polyphenol extract inhibits influenza virus and has a synergistic effect with oseltamivir. *Phytomedicine*, 16(12), 1127-1136, doi: 10.1016/j.phymed.2009.06.002.
- Hussein, Z., Caleb, O.J., Jacobs, K., Manley, M., Opara, U.L. (2015). Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging and storage duration on physicochemical properties and microbial quality of fresh minimally processed 'Acco' pomegranate arils. *LWT*, 64(2), 911-918, doi: 10.1016/j.lwt.2015.06.040.
- İkinci, A., Bolat, I., Simsek, M. (2018). International pomegranate trade and pomegranate standard. 1. International GAP Agriculture & Livestock Congress, 18 Kasım 2018, Şanlıurfa, 607-613 s.
- İlbey, Y.O., Ozbek, E., Simsek, A., Cekmen, M., Somay, A., Tasci, A.I. (2009). Effects of pomegranate juice on hyperoxaluria-induced oxidative stress in the rat kidneys. *Ren. Fail.*, 31(6), 522-531, doi: 10.1080/08860220902963871.
- İlhan, K. (2018a). Narın hasat sonrası hastalıklarına karşı hava ile ön soğutma ve ozon uygulamalarının etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 55(2), 129-137, doi: 10.20289/zfdergi.408799.
- İlhan, K. (2018b). Narın hasat sonrası hastalıklarına sisleme şeklinde bazı dezenfektanların ve Fumispore opp uygulamalarının etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(1), 113-126.
- Kandyliş, P., Kokkinomagoulos, E. (2020). Food applications and potential health benefits of pomegranate and its derivatives. *Foods*, 9(2), 122, doi: 10.3390/foods9020122.
- Kashash, Y., Doron-Faigenboim, A., Holland, D., Porat, R. (2019). Effects of harvest time on chilling tolerance and the transcriptome of 'Wonderful' pomegranate fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 147, 10-19, doi: 10.1016/j.postharvbio.2018.09.005.
- Khwairakpam, A.D., Bordoloi, D., Thakur, K.K., Monisha, J., Arfuso, F., Sethi, G., Mishra, S., Kumar, A.P., Kunnumakkara, A.B. (2018). Possible use of *Punica granatum* (Pomegranate) in cancer therapy. *Pharmacol. Res.*, 133, 53-64, doi: 10.1016/j.phrs.2018.04.021.
- López-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A., Artés, F. (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest Biol. Technol.*, 37(2), 174-185, doi: 10.1016/j.postharvbio.2005.04.003.
- Lurie, S., Pedreschi, R. (2014). Fundamental aspects of postharvest heat treatments. *Hort. Res.*, 1(1), 1-7, doi: 10.1038/hortres.2014.30.
- Maghoumi, M., Gómez, P.A., Mostofi, Y., Zamani, Z., Artés-Hernández, F., Artés, F. (2013). Combined effect of heat treatment, UV-C

- and superatmospheric oxygen packing on phenolics and browning related enzymes of fresh-cut pomegranate arils. *LWT*, 54(2), 389-396, doi: 10.1016/j.lwt.2013.06.006.
- Mantzourani, I., Terpou, A., Bekatorou, A., Mallouchos, A., Alexopoulos, A., Kimbaris, A., Bezirtzoglou, E., Koutinas, A.A., Plessas, S. (2020). Functional pomegranate beverage production by fermentation with a novel synbiotic *L. paracasei* biocatalyst. *Food Chem.*, 308, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125658.
- Meighani, H., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. (2015). Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *J. Food Sci. Technol.*, 52(7), 4507-4514, doi: 10.1007/s13197-014-1484-6.
- Mir, M.M., Umar, I., Mir, S.A., Rehman, M.U., Rather, G.H., Banday, S.A. (2012). Quality evaluation of pomegranate crop - A review. *Int. J. Agric. Biol.*, 14(4), 658-667.
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Serrano, M., Valero, D. (2007). Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biol. Technol.*, 44(1), 26-33, doi: doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.010.
- Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. (2006). Prestorage heat treatment to maintain nutritive and functional properties during postharvest cold storage of pomegranate. *J. Agric. Food Chem.*, 54(22), 8495-8500, doi: 10.1021/jf0615146.
- Mphahlele, R.R., Fawole, O.A., Makunga, N.P., Opara, U.L. (2016). Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial and antityrosinase activities of pomegranate peel. *BMC. Complement Altern. Med.*, 16(1), 143, doi: 10.1186/s12906-016-1132-y.
- Naik, D.R., Prasad, D.M., Veena, J., Padmavathamma, A.S., Naik, C.S. (2017). Storage studies on pomegranate cv. Bhagwa arils as influenced by various treatments. *Plant Arch.*, 17(2), 839-845.
- Opara, U.L., Atukuri, J., Fawole, O.A. (2015). Application of physical and chemical postharvest treatments to enhance storage and shelf life of pomegranate fruit - A review. *Sci. Hort.*, 197, 41-49, doi: 10.1016/j.scienta.2015.10.046.
- Öz, A.T., Eker, T. (2017). Effects of edible coating of minimally processed pomegranate fruit. *J. Hort. For. Bio.*, 21(1), 105-109.
- Özdemir, K.S., Gökmen, V. (2017). Extending the shelf-life of pomegranate arils with chitosan-ascorbic acid coating. *LWT*, 76, 172-180, doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.057.
- Palou, L., Taberner, V., Guardado, A., Del Río, M.Á., Montesinos-Herrero, C. (2013). Incidence and etiology of postharvest fungal diseases of pomegranate (*Punica granatum* cv. Mollar de Elche) in Spain. *Phytopathol. Mediterr.*, 52(3), 478-489, doi: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-11581.
- Pareek, S., Valero, D., Serrano, M. (2015). Postharvest biology and technology of pomegranate. *J. Sci. Food Agric.*, 95(12), 2360-2379, doi: 10.1002/jsfa.7069.
- Qiu, L., Zhang, M., Tang, J., Adhikari, B., Cao, P. (2019). Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Res. Int.*, 116, 90-102, doi: 10.1016/j.foodres.2018.12.055.
- Raso, J., Barbosa-Cánovas, G.V. (2003). Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 43(3), 265-85, doi: 10.1080/10408690390826527.
- Roukas, T., Kotzekidou, P. (2020). Pomegranate peel waste: a new substrate for citric acid production by *Aspergillus niger* in solid-state fermentation under non-aseptic conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 27(12), 13105-13113, doi: 10.1007/s11356-020-07928-9.
- Saba, M.K., Amini, R. (2017). Nano-ZnO/carboxymethyl cellulose-based active coating impact on ready-to-use pomegranate during cold storage. *Food Chem.*, 232, 721-726, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.076.

- Salehi, F. (2020). Physicochemical characteristics and rheological behaviour of some fruit juices and their concentrates. *J. Food Meas. Charact.*, doi: 10.1007/s11694-020-00495-0.
- Salwe K.J., Sachdev D.O., Bahurupi Y., Kumarappan M. (2015). Evaluation of antidiabetic, hypolipidemic and antioxidant activity of hydroalcoholic extract of leaves and fruit peel of *Punica granatum* in male Wistar albino rats. *J. Nat. Sci. Biol. Med.*, 6(1), 56-62, doi: 10.4103/0976-9668.149085.
- Sason, G., Nussinovitch, A. (2020). Selective protective coating for damaged pomegranate arils. *Food Hydrocoll.*, 103, doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.105647.
- Selcuk, N., Erkan, M. (2016). Impact of passive modified atmosphere packaging on physicochemical properties, bioactive compounds, and quality attributes of sweet pomegranates. *Turk. J. Agric. For.*, 40(4), 475-488, doi: 10.3906/tar-1509-57.
- Shaarawi, S.A., Nagy, K.S. (2017). Effect of modified atmosphere packaging on fruit quality of "Wonderful" pomegranate under cold storage conditions. *Middle East J. Agric. Res.*, 6(2), 495-505.
- Sharma, R.R., Datta, S.C., Varghese, E. (2018). Effect of Surround WP, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of 'Kandhari' pomegranates. *Crop Prot.*, 114, 18-22, doi: 10.1016/j.cropro.2018.08.009.
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J.M., Sreeharshan, S. (2014). Pomegranate fruit as a rich source of biologically active compounds. *BioMed Res. Int.*, 2014, 1-13, doi: 10.1155/2014/686921.
- Tayyari, F., Khazaei, J., Rajaei, P., Jouki, M. (2017). Effects of modified atmosphere packaging systems, low temperature and storage time on the quality of fresh minimally processed pomegranate arils. *Carpathian J. Food Sci. Technol.*, 9(1), 16-27.
- Venkataramudu, K., Rajesh Naik, S.M., Viswanath, M., Reddy, G.C. (2018). Packaging and storage of pomegranate fruits and arils: A review. *Int. J. Chem. Stud.*, 6(6), 1964-1967.
- Viswanath, M., Srinivasulu, B., Lakshmi, K.S., Gopal, K., Balakrishna, M., Reddy, M.L.N. (2017). Effect of different edible coatings and storage temperatures on quality parameters of ready-to-eat arils of pomegranate cv. Bhagwa packed in clamshells. *Plant Arch.*, 17(1), 299-306.
- Wani, S.H., Herath, V. (2018). *Cold tolerance in plants: Physiological, molecular and genetic perspectives*. Springer, Switzerland, 203 p. ISBN: 978-3-030-01414-8
- Yancló, L., Fawole, O.A., Opara, U.L. (2018). Effects of heat treatments on sensory attributes and decay incidence of pomegranate ('Wonderful') fruit. *Acta Hort.*, 1201, 183-190, doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1201.25.
- Yousuf, B., Srivastava, A.K. (2017). Flaxseed gum in combination with lemongrass essential oil as an effective edible coating for ready-to-eat pomegranate arils. *Int. J. Biol. Macromol.*, 104, 1030-1038, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.025.
- Zhang, J., Celli, G.B., Brooks, M.S. (2019). Natural Sources of Anthocyanins. In: *Anthocyanins from Natural Sources: Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*, Celli, G.B. (ed.), Brooks, M.S. (ed.), Royal Society of Chemistry, UK, pp. 1-33, doi: 10.1039/9781788012614-00001.
- Zainalabidin, F.A., Sagrin, M.S., Azmi, W.N.W., Ghazali, A.S. (2019). Optimum postharvest handling-effect of temperature on quality and shelf life of tropical fruits and vegetables. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci.*, 7, 23-30.