T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATMOSFERİK PLAZMA UYGULAMALARININ NAR TANELERİNİN YÜZEY DEKONTAMİNASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

İREM TAVŞANTEPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Ufuk BAĞCI

EDİRNE - 2023

İREM TAVŞANTEPE'in hazırladığı "**ATMOSFERİK PLAZMA UYGULAMALARININ NAR TANELERİNİN YÜZEY DEKONTAMİNASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ ……

Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY ……

Dr. Öğretim Üyesi Ufuk BAĞCI ……

Tez Savunma Tarihi: 20/01/2023

Bu tezin **Yüksek Lisans** tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğretim Üyesi Ufuk BAĞCI
Tez Danışmanı …….

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……
Prof. Dr. Hüseyin Rıza. Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

20 / 01 / 2023

İrem TAVŞANTEPE

İmza

Yüksek Lisans Tezi

Atmosferik plazma uygulamalarının nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonu üzerine etkileri

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Minimum işlenmiş gıdaların raf ömrünü kısıtlayan en önemli faktör mikrobiyal bozulmalardır. Son yıllarda minimum işlenmiş gıda üretiminde gıdalarda kalıntı bırakmayan ve ısıl olmayan işlemler önem kazanmıştır. Bu kapsamda atmosferik soğuk plazma uygulamaları dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın temel hedefi atmosferik soğuk plazma uygulaması ile minimum işlenmiş nar tanesi üretilmesidir. Çalışmanın ilk aşamasında *Escherichia coli* ATCC 25922 ile inoküle edilmiş nar tanelerinde atmosferik argon jet plazması (AAJP) ve atmosferik kuru hava jet plazması (KHJP) uygulaması sonucunda mikrobiyal yükte en fazla azalmayı sağlayan (nar tanelerinin yüzey sıcaklığının 50 ºC'yi geçmediği) parametreler tespit edilmiştir. Parametre seçiminde tanelerin toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktivitelerindeki değişimde göz önüne alınmıştır. Bu faktörler göz önüne alındığında AAJP'sı için 2 cm – 60 s KHJP için ise 6 cm – 60 s plazma uygulama parametreleri olarak belirlenmiştir. AAJP'sı KHJP'sı kullanılarak üretilen nar tanelerinde depolama süresince gerçekleştirilen fizikokimyasal ve duyusal analizler sonucunda plazma uygulaması ile nar tanelerinin besinsel ve duyusal özelliklerinde önemli bir kayıp olmadan kontrol örneklerine göre en az 1 hafta daha uzun depolanabileceği tespit edilmiştir.

Yıl	: 2023
Sayfa Sayısı	: 55
Anahtar Kelimeler	: Atmosferik soğuk plazma, nar tanesi, kalite kriterleri, yüzey dekontaminasyonu

Master of Science Thesis
Effects of atmospheric plasma applications on surface decontamination of pomegranate arils
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Food Engineering

ABSTRACT

Microbial spoilage is the most important factor limiting the shelf life of minimally processed foods. In recent years, non-residual and non-thermal processes have gained importance in minimally processed food production. In this context, atmospheric cold plasma applications draw attention. The main goal of this study is to produce minimally processed pomegranate seeds with atmospheric cold plasma application. In the first stage of the study, as a result of the application of atmospheric argon jet plasma (AAJP) and atmospheric dry air jet plasma (KHJP) in pomegranate seeds inoculated with Escherichia coli ATCC 25922, the parameters that provide the greatest reduction in microbial load (the surface temperature of the pomegranate seeds does not exceed 50 ºC) were determined. . In the selection of parameters, the total phenolic content of the grains and the change in total antioxidant activities were taken into account. Considering these factors, plasma application parameters were determined as 2 cm – 60 s for AAJP and 6 cm – 60 s for KHJP. As a result of the physicochemical and sensory analyzes carried out during the storage period of pomegranate seeds produced using AAJP and KHJP, it has been determined that the pomegranate seeds can be stored for at least 1 week longer than the control samples without any significant loss in their nutritional and sensory properties with plasma application.

Year	: 2023
Number of Pages	:55
Keywords	:Atmospheric cold plasma, pomegranate arils, quality parameters, surface decontamination

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleri ile bana rehberlik eden, ahlaki ve insani değerleri ile örnek aldığım, beraber çalışmaktan onur duyduğum ve tez çalışması sürecinin her aşamasında göstermiş olduğu hoşgörü, anlayış ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ufuk BAĞCI'ya teşekkür ederim. Sayın hocamın desteğiyle bu süreci tamamlamakta gösterdiğim kararlılık ve başarıyı hayatımın her anında mutlulukla hatırlayacağım.

Bilgi ve deneyimleriyle laboratuvar çalışmalarımda yol gösteren ve tezimin oluşmasında katkısı ve emeği büyük olan yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Emel YILMAZ'a,

Yüksek lisans sürecimde desteğini her zaman hissettiğim Öğr. Gör. Dr. Deniz ŞUMNULU'ya

Tez çalışma aşamalarında tecrübe ve yardımlarından faydalandığım sayın Prof. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI'ya, Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ'e ve Dr. Öğr. Üyesi Kadir ÇINAR'a,

Yüksek lisans eğitim hayatımdaki motivasyon kaynağım olan değerli arkadaşlarıma,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bu yolculuğu benimle birlikte devam ettiren, bana inanmaktan vazgeçmeyen ve sonuna gelmemde sağladıkları değerli destekleri için biricik ailem; annem, babam ve kardeşime,

Aldığım her kararda yanımda olan, beni hep cesaretlendiren, bu süreçte desteğini her zaman gördüğüm hayat ortağım, yol arkadaşım sevgili nişanlım Cem SÜER'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
ÖNSÖZ ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **x**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
BÖLÜM 1 ..... **1**
GİRİŞ **1**
BÖLÜM 2 ..... **5**
KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMA **5**
BÖLÜM 3 ..... **11**
MATERYAL - METOT **11**
3.1. Nar Tanelerinin Eldesi 11
3.2. Nar Tanelerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 ile inokülasyonu 11
3.3. Nar Tanelerinin Amosferik Plazma Sistemi İle Yüzey Dekontaminasyonu 12
3.4. Nar Tanelerindeki Mikrobiyal Yükün Belirlenmesi 12
3.5. Sıcaklık Ölçümleri 13
3.6. Atmosferik Plazma Uygulaması İle Minimum İşlenmiş Nar Tanesi Üretimi 13
3.7. Minimum İşlenmiş Nar Tanelerinde Gerçekleştirilen Fizikokimyasal analizler 13
3.7.1 pH ve Toplam Asitlik Tayini: 13
3.7.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (ºBrix) 14
3.7.3. Toplam Fenolik Madde Analizi: 14
3.7.3 Renk Analizi: 14

3.7.4. Tekstür Analizi:.....14
3.7.3. Duyusal Analizler: 15
3.8. İstatistiksel Değerlendirme: 15
BÖLÜM 4 16
SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....16
4.1. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması ile nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonu.....16
4.2. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişim.....19
4.3. Depolama boyunca nar tanelerinin fizikokimyasal ve duyusal kalite karakteristikleri ile mikrobiyal yükünde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi .21
4.3.1. Depolama boyunca nar tanelerinin mikrobiyolojik kalitesi 22
4.3.2. Depolama boyunca nar tanelerinin antioksidan aktivitelerindeki değişim.....25
4.3.3. Depolama boyunca nar tanelerinin toplam fenolik içeriğindeki değişim 26
4.3.4. Depolama boyunca nar tanelerinin ºBrix, pH, renk ve ağırlık değerlerindeki değişim.....26
4.3.5. Depolama boyunca nar tanelerinin yüzey sertliğindeki değişim.....29
4.3.6. Depolama boyunca nar tanelerinin duyusal özelliklerindeki değişim31
BÖLÜM 5 33
SONUÇ VE ÖNERİLER 33
KAYNAKLAR.....37
ÖZGEÇMİŞ 43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAJP	Atmosferik Argon Jet Plazma
BHI	Brain Heart Infusion broth (BHI)
KHJP	Atmosferik Kuru Hava Jet Plazma
Kob	Koloni oluşturan birim
PBS	Steril fosfat tamponu
PCA	Plate Count Agar
ROS	Reaktif oksijen türleri
RON	Reaktif azot türleri
TBX agar	Choromocult Tryptone Bile X-glucuronide Agar besiyerine
UV	Ultraviyole

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1 Atmosferik argon jet plazma uygulaması sonucunda nar taneleri yüzeyindeki *E.coli* ATCC 25922 sayıları ve nar taneleri yüzey sıcaklıkları.....17

Çizelge 4. 2. Atmosferik kuru hava jet plazma uygulaması sonucunda nar taneleri yüzeyindeki *E.coli* ATCC 25922 sayıları ve nar taneleri yüzey sıcaklıkları 18

Çizelge 4. 3. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişim.....20

Çizelge 4. 4. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesindeki değişim.....21

Çizelge 4. 5. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince *E. coli* ATCC 25922 (log kob/g)yükündeki değişim.....23

Çizelge 4. 6. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri yükündeki değişim 23

Çizelge 4. 7. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince toplam küf-maya yükündeki değişim 24

Çizelge 4. 8. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca antioksidan aktivitelerindeki değişim (mM TE).....25

Çizelge 4. 9. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca toplam fenolik madde içeriğindeki değişim (mM/Briks) 26

Çizelge 4. 10. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca ºBrix, pH ve renk değerlerindeki değişim 27

Çizelge 4. 11. Toplam renk farkına (ΔE) göre renkteki değişimin gözlemlenebilirliği (Swer vd., 2019).....28

Çizelge 4. 12. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince ağırlık kayıplarındaki değişim (% w/w) 29

Çizelge 4. 13. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince sertlik değerlerindeki değişim 30

Çizelge 4. 14. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince duyusal özelliklerindeki değişim 32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Nar meyvesi (Bagci, 2021) 6

Şekil 2. 2. Plazma dekontaminasyon etkinliğini etkileyen faktörler (Bourke vd., 2017) . 8

Şekil 4. 1. Argon gazı plazma uygulamaları sonucunda nar taneleri yüzeyinde mikrobiyal yükteki azalma 17

Şekil 4. 2. Kuru hava plazma uygulamaları sonucunda nar taneleri yüzeyinde mikrobiyal yükteki azalma 18

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Nar, tadı ve aromatik karakteristikleri yanında özellikle biyoaktif bileşen kompozisyonu ve besleyici değeri nedeniyle yüksek ticari potansiyele sahip bir meyvedir. Narın insan sağlığına olumlu etkileri zengin fenolik madde içeriği ile ilişkilendirilmektedir (Gil vd., 2000). Yapılan epidemiyolojik çalışmalar nardaki biyoaktif fenolik bileşiklerin iltihap önleyici, antioksidan, antikanser aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir (Cerdá vd., 2003; Dahlawi vd., 2012; García-Alonso vd., 2004).

Narın toplam ağırlığının yaklaşık % 50 - %60'ı yenebilir kısmı olan meyve tanesidir. Nar tanesinin %80'i meyve suyundan, %20'si ise meyve çekirdeğinden oluşmaktadır (Kulkarni & Aradhya, 2005; Palma vd., 2015). Taneler C vitamini, K vitamini, antioksidanlar ve tanninler, kuersetin ve antosiyaninler gibi polifenoller açısından zengindir. Nar tanesi içinde bulunan çekirdek kısmının yaklaşık % 18'i yağdan oluşmaktadır (Venkataramudu vd., 2018). Çekirdekteki yağın yaklaşık % 65'ini punikik asit (oktadeka 9c,11t,13c-trienoik asit) oluşturmaktadır (Zarfeshany vd., 2014). Çekirdek kısmında diyet lif, K, P, Mg, Ca, Zn, Mn ve Fe gibi mineraller bulunmaktadır.

Narın taze olarak tüketimi, nar tanelerinin meyveden ayrılmasının zor olması nedeniyle zahmetlidir. Bu bağlamda taze nar tüketiminin arttırılması için tüketime hazır (ready to eat) minimum işlenmiş nar tanelerinin ticari olarak üretiminin yaygınlaştırılması önemli bir adım olarak görülmektedir (O'Grady vd., 2014; Özdemir & Gökmen, 2017). Ancak ayıklanan tanelerinin mikrobiyal bozulmalara son derece açık olması raf ömrünü sınırlandırmaktadır (Palma vd., 2015). Nar meyvesinin raf ömrü 10°C altındaki sıcaklıklarda 3-4 aydır. Meyveden ayrılmış tanelerin raf ömrü birkaç gün ile sınırlı iken; uygulanan klor, sıcak su, ve UV ışınları gibi ön işleme tekniklerinin yanı sıra modifiye atmosfer paketleme gibi modern ambalajlama teknolojilerinin kullanımı ile 0-5 °C

arasındaki sıcaklıklarda yaklaşık olarak 2 haftaya kadar çıkarılabilmektedir (O'Grady vd., 2014).

Minimum işlenmiş meyvelerin tanelerinden ayrılması, kesilmesi ve kabuklarının soyulması gibi işlemler sırasında ürüne alet-ekipmandan, sudan ya da havadan birçok küf, maya ve bakteri bulaşabilmektedir. Soğukta depolama sırasında pektolitik aktiviteye sahip türler bakteriyal yumuşamaya sebebiyet verirler. Depo sıcaklığındaki artış paket içerisindeki karbondioksit konsantrasyonunun da artmasına neden olur. Bu durum mikroflorada laktik asit bakterilerinin artmasına yol açar (Acar ve Gökmen, 2005). Ayrıca taze ürünlere, *Escherichia, Listeria, Salmonella* ve *Shigella* gibi bazı patojen bakterilerin kontaminasyonu da zaman zaman söz konusu olabilmektedir (Scifò vd., 2009). Minimum işlenmiş gıdalar ısıl işlem görmemiş ürünler olup, bu ürünlerin depolanmasında genel olarak +4 °C veya daha düşük sıcaklıklar kullanılmaktadır. Bu durum *Listeria monocytogenes, Yersinia enterocolitica, Salmonella* spp. ve *Aeromonas hydrophilia* gibi bazı psikrotrofik patojenler bakımından önem taşımakta ve tüketici sağlığı için ciddi bir risk oluşturmaktadır Temiz vd. (2011). ABD'de 2006 yılında farklı eyaletlerde toplamda 276 kişi *Escherichia coli* O157:H7 ile kontamine olmuş taze doğranmış ıspanaklardan zehirlenmiş ve 3 kişinin ölümü ile sonuçlanan bu olay sonucunda ülke çapında tüm taze ıspanaklar raflardan toplatılmıştır (Sharma vd., 2009). Yine FDA verilerine göre, 2013 yılında Türkiye'de üretilip ABD'ye ihraç edilen dondurulmuş nar tanelerinin tüketimi sonucunda 147 kişinin Hepatit A'ya yakalandığı tespit edilmiş ve ürün piyasadan toplatılmıştır (Case, 2013).

Minimum işlem görmüş meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için kullanılan başlıca dekontaminasyon yöntemleri arasında dezenfektanların, özelikle klor vb., kullanımı yer almaktadır. Ancak klorun etkinliği uygulandığı ürün türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örneğin marul gibi yaprak sebzelerde klor, aerobik mikroorganizma yükünü önemli ölçüde azaltırken; lahanada bu etkiyi sağlayamamaktadır (Acar ve Gökmen, 2005). Ancak klorun suda ve gıda ortamında oluşturduğu toksik bileşikler nedeniyle klor kullanımına günümüzde Almanya ve Belçika gibi bazı ülkelerde kısıtlamalar getirilmiştir (Komaki vd., 2018). Klorun alternatifi olarak kullanılan perasetik asit, ozon ve hidrojen peroksit gibi diğer dezenfektanların da toksik nitelikli kalıntı oluşturma risklerinden dolayı güvenirlikleri tartışılmaktadır. Buna ek olarak, artan tüketici bilincine paralel olarak, kimyasal madde kullanılmadan üretilen, taze ürün

karakteristiklerin en yakın gıdalara olan talep artmaktadır. Bu nedenlerle, taze meyve ve sebzelerin organoleptik ve besinsel özelliklerinin en yüksek düzeyde korunarak raf ömrünün uzatılmasına olanak veren alternatif dekontaminasyon sistemlerine yönelik araştırmalar son yıllarda ivme kazanmıştır. Günümüzde, ısıl olmayan yenilikçi gıda muhafaza yöntemlerinden biri olarak soğuk atmosferik plazma uygulaması taze ve minimum işlenmiş meyve-sebzelerin muhafazasında kullanılabilecek bir yöntem olarak umut vadetmektedir (Mao vd., 2021).

Plazma, maddenin dördüncü hali olarak tanımlanmakta olup gaz halindeki atom ve moleküllere enerji uygulanmasıyla elektriksel yapının yeniden düzenlenmesi ve uyarılmış türler ve iyonların oluşumu ile meydana gelmektedir (Güleç vd., 2006). Plazma teknolojisi, mikroorganizmaların vejetatif ve spor formalarının etkin bir şekilde inaktive edilebildiğini ortaya koyan çalışmaların hız kazanmasıyla birlikte son yıllarda soğuk pastörizasyon teknikleri arasında yerini almıştır (Nwabor vd., 2022). Bu bağlamda plazma teknolojisi minimum işlemiş gıdalarda da raf ömrünü uzatmak ve gıda kaynaklı hastalıkların önüne geçmek için geleneksel olarak uygulanan kimyasal dekontaminasyon yöntemlerine alternatif yenilikçi bir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Plazma işlemlerinin geleneksel ve modern diğer yöntemlere göre avantajları gıda bileşenlerinde yüksek sıcaklıklara bağlı olarak ortaya çıkan kayıpların önüne geçilmesi, düşük enerji gereksinimi ve endüstriye kolay adapte edilebilmesidir.

Plazma dekontaminasyonunun etkinliği plazma uygulamasında kullanılan plazma gücü, gaz türü, gaz akış hızı ve uygulama mesafesi gibi proses parametreleri ile doğrudan ilişkilidir (Lerouge, Wertheimer, & Yahia, 2001). Proses gazının beslemesinde kullanılan basıncın veya akış hızının belirli bir miktara kadar arttırılması (belirli bir miktarın üzerinde besleme plazma oluşumunu engellemektedir) reaktif türlerin yoğunluğunun artmasına ve plazma etkinliğinin artmasına neden olması sonucunda yüzeye daha yoğun transferlere sebep olmaktadır (Lerouge, Wertheimer, & L'H, 2001). Plazma esnasında oluşan reaktif türlerin sönümlenmeden ve konsantrasyonu düşmeden yüzeye ulaşması plazma etkinliğini arttırmaktadır. Bu nedenle plazma-numune arasındaki mesafe arttıkça plazma etkinliği genel olarak azalmaktadır. Mikroorganizmaların dekontaminasyonunda veya öldürülmesinde kullanılan ısıl işlem, UV-C vb. işlemlerde olduğu gibi plazma uygulamalarında da hedef mikroorganizmanın türü ve özellikleri işlem etkinliğini değiştirebilmektedir (Hury vd., 1998).

Literatürde, soğuk atmosferik plazma uygulamalarının mikroorganizmalar üzerine etkilerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır (Ma vd., 2016; Perni vd., 2008; Sharma vd., 2018; Ziuzina vd., 2014). Ancak plazma uygulaması ile gıdalarda yüzey dekontaminasyonun sağlandığı koşullarda gıdanın fiziksel, kimyasal ve besleyici özelliklerindeki değişimlerinin tespit edilmesi üzerine çalışmalar kısıtlı sayıda olup bu çalışmaların sayısının arttırılması gerekmektedir (Ahangari vd., 2021; Kashfi vd., 2020; Pina-Perez vd., 2020; Wang vd., 2022).

Tez kapsamında, yenilikçi bir teknoloji olarak ön plana çıkan soğuk plazma uygulamalarının minimum işlenmiş gıdaların yüzey dekontaminasyonunda kullanım potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu çerçevede öncelikle, Soğuk Atmosferik Argon Jet Plazması (AAJP) ve Soğuk Atmosferik Kuru Hava Jet Plazması (KHJP) uygulama parametrelerinin *E. coli* ATCC 25292 ile inoküle nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonunda etkinliğinin kıyaslamalı olarak değerlendirilmesi ve mikrobiyal yükte en fazla azalma sağlayan koşulların tespit edilmesi amaçlanmıştır. İkinci aşamada ise belirlenen plazma koşullarında üretilen minimum işlenmiş nar tanelerinin 3 hafta 4 ºC'de depolanması sırasında mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyusal kalite karakteristiklerinin kontrol örneği (plazma ile işlenmemiş nar taneleri) ile karşılaştırmalı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMA

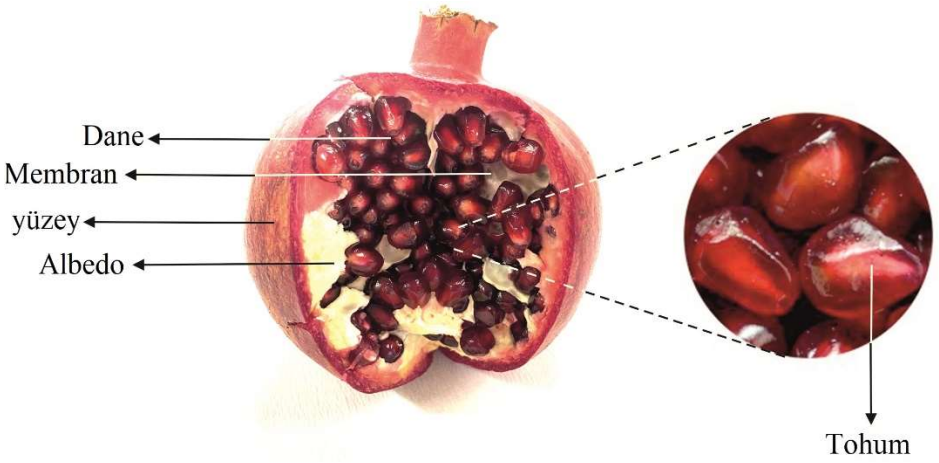
Nar (*Punica granatum*) *Punicaceae* familyasından çok yıllık bitkidir (Gölükcü vd., 2008). Meyveler tatlı, ekşi ve mayhoş olarak gruplandırılmaktadır (Kurt & Şahin, 2013). Anavatanı İran olan nar meyvesi (Şekil 3.1) Türkiye dâhil olmak üzere birçok subtropikal ve tropikal ülkede üretilmektedir (Kingsly vd., 2006).

Türkiye, dünya nar ihracatında öne çıkan ülkeler arasında yer almaktadır. Nar; Türkiye'de nerdeyse her bölgede yetiştirilebilir olmasına rağmen özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesi'nin sahil şeridinde ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak üretilmektedir (Gölükcü vd., 2008). İhracatı en çok yapılan ve dünyada tanınır duruma gelen nar çeşitlerinden bazıları Hicaznar (Hicaz narı) ve Fellahyemez nar çeşitleridir (Ergin, 2019). TÜİK 2020 verilerine göre Türkiye'de nar üretimi 2019 yılına göre %7,3 oranında artmıştır (Bitkisel, 2020).

Epidemiyolojik, gözlemsel, preklinik ve insan çalışmaları yeterli miktarda bitki kaynaklı gıda tüketmenin kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltacağını vurgulamaktadır. Bu kapsamda nar, temel beslenme ile ilgili özelliklerinin ötesinde antioksidanlar, fenolik bileşikler gibi sağlığa yararlı biyoaktif bileşikler içermesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Tüketicilerin daha sağlıklı gıda ürünlerine yönelik artan talebine paralel olarak, son yıllarda nar tüketiminin sağlığa yararlı etkilerini derinlemesine araştırmak için birçok araştırma yapılmıştır (Giménez-Bastida vd., 2021).

Meyvenin ekim alanına, çeşidine, iklime, olgunluğuna, yetiştirme uygulamalarına ve saklama koşullarına göre kimyasal ve besinsel içeriği değişebilmektedir (Heber vd., 2006). Meyvenin yenilebilir kısmı etli tanelerdir. Genel olarak narın yenebilir kısmı

(taneler ve çekirdek) toplam ağırlığının yaklaşık %50-60'ını oluşturmaktadır (Ghasemnezhad vd., 2013; Özdemir & Gökmen, 2017). Taneler ağırlıkça % 78 meyve suyu ve % 22 tohumdan oluşmaktadır. Taneler yaklaşık olarak %85 su, %10 şeker (glukoz ve fruktoz), ve %1.5 oranında pektin içermektedir (Moga vd., 2021; Riyahi vd., 2011)



Şekil 2. 1. Nar meyvesi (Bagci, 2021)

Nar taneleri içerdiği antosiyaninler (cyanidin-3.5O-diglikozit), fenolik asitler (Ellajik asit, gallik asit), hidrolize edilebilir tanenler (ellagitanen, gallotanen), vitaminler, antioksidanlar ve yağ asitleri (punicic asit, linoleik asit, oleik asit, palmitoleik asit) sayesinde yüksek biyolojik ve nutrasötik değere sahip çok sayıda kimyasal bileşiğin kaynağıdır (Elfalleh vd., 2011; Giménez-Bastida vd., 2021; Viuda-Martos vd., 2010).

Son yıllarda gıda ürünlerinin yüzey dekontaminasyonu için soğuk plazma teknolojisinin kullanımı, termal ve kimyasal olmayan doğası nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmüştür. Bu özellikler plazma uygulamalarını geleneksel dekontaminasyon yöntemlerine çevre dostu ve etkili bir alternatif haline getirmiştir (Gilmore vd., 2018).

Nar tanelerin elle ekstraksiyonu zaman alıcı bir işlemdir ve fenolik metabolitler elleri tahriş eder ve boyar. Minimum işlenmiş nar taneleri tüketicilere kolaylık ve çekici ürün sunmaktadır. Ancak, nar tanelerinin kalitesini korumak önemli zorluktur, fiziksel ve biyokimyasal bozulmaya karşı çok hassastırlar. Bu, raf ömrünün azalmasına neden olur. Nar meyvesinin fizyolojik bozukluklarını en aza indirgemek için soğukta muhafaza koşulları şarttır. Ancak tanelerin ticari raf ömrü bütün meyveye göre farklılık göstermektedir. Bütün meyve, 10 ºC'nin altındaki sıcaklıklarda 3-4 ay saklanabilirken

tanelerin raf ömrü, farklı paketleme koşullarında 0 ile 5 ºC arasındaki sıcaklıklarda 7 ila 18 gün arasında değişmektedir (O'Grady vd., 2014).

Minimum işlenmiş gıdalar meyve ve sebzelerin yenilmeyecek kısımlarından temizlendikten sonra; ısıl işlem uygulaması yapılmadan soyma, kesme, dilimleme, dekontaminasyon işlemleri ve ambalajlama gibi aşamalardan geçen tüketime hazır gıdalardır (Sapers vd., 2002). Minimum işlenmiş gıdaların tüketime sunulma aşamasında kalite kriterleri arasında renk, doku, görünüş, lezzet, besin değeri ve mikrobiyal açıdan güvenlik yer alır (Lin & Zhao, 2007). Minimum işlenmiş gıda üretiminde kullanılan işleme yöntemlerin bu özellikleri olumsuz olarak etkilemeden mikrobiyal yükü düşürmesi amaçlanmaktadır.

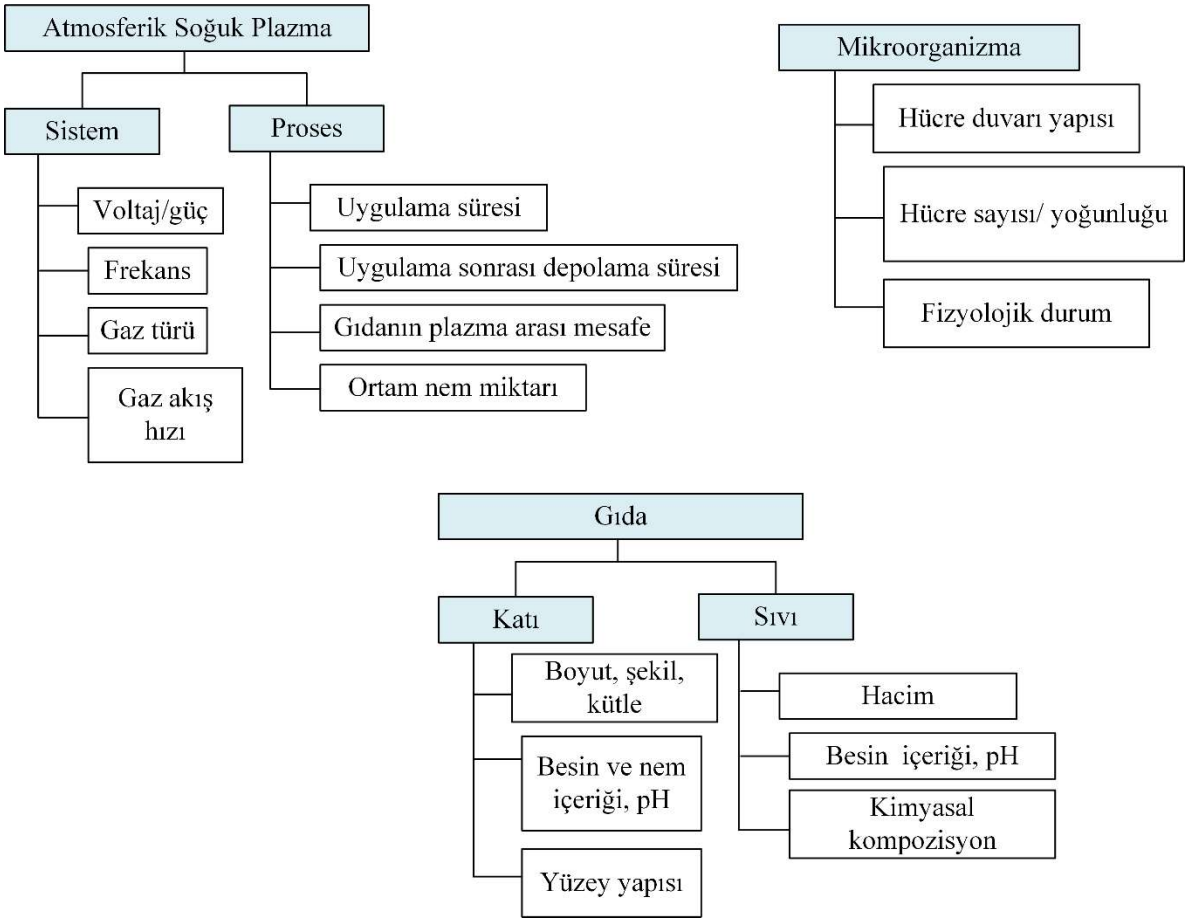
Gıdaların ısıl işlemi iki yüzyıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır ve halen gıda endüstrilerinde kullanılan başlıca gıda işleme tekniğidir. Ancak yüksek sıcaklık gıdalarda renk, doku değişikliği, besin kaybı vb. gibi istenmeyen etkilere yol açmaktadır. Soğuk plazma (CP), ısıl işlemlere alternatif olarak önemli potansiyele sahip termal olmayan teknolojilerden biridir (Bourke vd., 2017; Feizollahi vd., 2021).

Plazma maddenin dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak iyonize gazlar; fotonlar, elektronlar, pozitif ve negatif iyonlar, nötral partiküller ve serbest radikalleri içermektedir. Nötral bir gaza enerji verilmesi (elektriksel, mikrodalga, radyo frekansı gibi yollarla) ile oluşmaktadır. Plazma sırasında oluşan reaktif oksijen türleri (ROS) (O_2^+, O^-, O^+, O3 ve H_2O_2) ve reaktif azotlu bileşikler (RON) (N_2^+, N^*, N^+, N- ve NO) gıda ile reaksiyona girebilmekte ve gıdanın kalitesini etkileyebilmektedir (Pankaj vd., 2018; Zhang vd., 2022).

Plazmalar termodinamik özelliklerine göre ikiye ayrılmaktadır. Yüksek sıcaklıktaki plazma, elektron, iyonlar ve nötr türlerin termal denge durumunda olduğu durumdur. Düşük sıcaklık plazması (soğuk plazma), yerel termodinamik denge plazmaları olarak da adlandırılan termal plazma ve yerel olmayan termodinamik denge plazmaları olarak da adlandırılan termal olmayan plazma olarak alt bölümlere ayrılır. Elektronlar, iyonlar ve nötr parçacıklar arasında bir denge veya eşitliğe yakın olması, termal plazmaların ana karakterizasyonudur (Afshari & Hosseini, 2014; Misra vd., 2011).

Plazma uygulamalarının antimikrobiyal vb. etkinliği genel olarak kullanılan proses gazı, voltaj ve frekans, gaz akış hızı, plazma ile gıda arasındaki mesafe gibi faktörlere

bağlıdır. Proses gazı olarak genellikle düşük maliyetinden dolayı hava kullanılmaktadır. Ancak hava içeriğindeki azot ve oksijenden ötürü birçok reaktif türün oluşumuna neden olmaktadır. Bu reaktif türler gıdaların yapısını etkileyebilmektedir. Ancak argon gibi inert gazlar daha stabil olup gıdaların kimyasal yapısını daha az değiştirmektedir (Zhang vd., 2022). Plazma etkinliği üzerine etkili olan diğer dış faktörler ise gıdanın yapısı (pH, nem, yüzey pürüzlülüğü, fiziksel durumu (katı/sıvı vb.) ve inaktivasyonu hedeflenen mikroorganizmanın türüdür (Şekil 2.2) (Bourke vd., 2017; Zhang vd., 2022).



Şekil 2. 2. Plazma dekontaminasyon etkinliğini etkileyen faktörler (Bourke vd., 2017)

Atmosferik jet plazma, radyo frekansı plazması, gliding ark deşarj plazması, korona boşalım plazması ve dielektrik bariyer boşalım plazması dâhil olmak üzere termal olmayan soğuk plazma, gıda endüstrisinde çevreye daha az zarar veren ve etkili bir işleme teknolojisi olarak ortaya çıkmıştır. Bu uygulamalar gıdaların besinsel değerini korurken,

ürün yüzeyindeki mikroorganizmaları etkili bir şekilde öldürebilir veya etkisiz hale getirebilir. Bakterisidal etkiye ek olarak, soğuk plazmanın meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan zirai kimyasal kalıntıların parçalanmasında, taze kesilmiş bazı meyve ve sebzelerde esmerleşmesinin engellenmesinde de önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir. Plazma aynı zamanda nişasta gibi bazı bileşenlerin fonksiyonel özelliklerinin değiştirilmesinde de kullanılabilmektedir. Soğuk plazmanın antimikrobiyal özelliği, iyonize atomlar, ozon, ultraviyole (UV) reaktif oksijen türleri (ROS) ve diğer serbest radikaller dâhil olmak üzere plazma işleminde üretilen çoklu aktif bileşenlerin sinerjistik etkisinden kaynaklanmaktadır. Plazma uygulaması sırasında oluşan UV ışınlar ve ROS gibi birçok aktif bileşenin bitkilerde savunma tepkilerinin düzenlenmesinde rol oynadığı ve ikincil metabolitlerin biyosentezini indükleyebildiği rapor edilmiştir (Li vd., 2019; Zhang vd., 2022).

Soğuk atmosferik plazmanın antimikrobiyal etki mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılamamıştır, ancak etkinin fiziksel ve kimyasal süreçlerin bir kombinasyonu olduğuna inanılmaktadır. Plazma bakterinin hücre zarına, proteinlerine ve DNA'sına zarar verebilen oldukça reaktif moleküller olan ROS ve RON üretir. Bu hasar, oksidatif stresi tetikleyerek bakterilerin inaktivasyonuna ve hücre zarlarında yapısal değişikliklere neden olabilmektedir. Soğuk atmosferik plazma ayrıca hücre zarına daha fazla zarar verebilecek ve bakterilerde apoptoz veya programlanmış hücre ölümüne neden olabilecek elektrik alanları ve UV radyasyonu üretir. Ek olarak, "plazma kaynaklı yüzey modifikasyonu" olarak bilinen plazmanın bakteri yüzeyi üzerindeki fiziksel etkisi, hücrelerin yüzeyinde inaktivasyona da katkıda bulunabilecek yapısal değişikliklere neden olabilir (Aboubakr vd., 2016; Bourke vd., 2017; Filipić vd., 2020).

Lee vd. (2015), mikrodalga soğuk plazma kullanarak işledikleri lahana ve marul örneklerinde yüzeye inoküle edilen *Salmonella Typhimurium* sayısında yaklaşık 1.5 log kob/g azalma tespit etmişlerdir. *Listeria monocytogenes* ile inoküle edilmiş lahana yüzeylerinde 1 dakikalık plazma uygulaması ile 0,3 log luk bir azalma tespit edilirken 10 dakikalık uygulamada 2,1 log luk azalma bulunmuştur. Çalışmada plazma inaktivasyon etkinliğinin plazma gücü ve uygulama süresine bağlı olarak değiştiği rapor edilmiştir.

Korona boşalım plazma jet sistemi ile işlenen domateslerde uygulanan, akım şiddetine bağlı olarak yüzey mikrobiyal yükündeki azalma miktarları 2,0 A'da 0,68 - 1,02

log kob/g, 3,0 A'da 1,42-1,71 log kob/g ve 4,0 A'da >2,00 log CFU/g olarak tespit edilmiştir. Numunelerin tümünde kontrol grubuna kıyasla tat, lezzet, renk, doku ve toplam kabul puanları açısından önemli bir fark tespit edilmemiştir. Korona boşalım plazma jet sistemi ile işlenen domatesler 25°C'de 15 güne kadar depolanabilirken, işlenmemiş kontrol örneklerinde raf ömrü 6 gün ile kısıtlı kalmıştır (Lee vd., 2018).

Taze kesilmiş pitaya meyvesinde depolama sırasında toplam aerobik bakteri sayısı artarken, soğuk plazma uygulanmış örneklerde hem başlangıç toplam aerobik bakteri sayısı azalmış hem de depolama süresince artış hızı azalmıştır (Li vd., 2019).

Başka bir çalışmada, *Salmonella* serotip *Mons*, *Staphylococcus aureus* ve *E. coli* ve *Bacillus subtilis, Aspergillus niger* ve *Clostridium botulinum* sporlarını etkisiz hale getirmek için kademeli dielektrik bariyer boşalım (CDBD) plazması kullanılmıştır. *Aspergillus niger* 1, 3 ve 5 saniye plazma uygulamasında yaklaşık 3, 4 ve 5 log inaktivasyon seviyesi ile en dirençli suştu. En yüksek azalma, *E. coli* hariç, 1 s içinde en az 6,6 log kob/folyo ile vejetatif hücrelerde gözlendi. *E. coli* için ilk saniyede 5,6 log kobfolyo azalma görülmüş ve patojenlerin inaktivasyonunun uygulamanın ilk saniyelerinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Muranyi vd., 2007).

Taze kesilmiş havuçlar üzerine uygulanan plazma işleminin havuçların yapısını veya kimyasal bileşimini etkilemeden mikrobiyal yükü etkili bir şekilde azalttığını tespit edilmiştir (Mahnot vd., 2020).

BÖLÜM 3

MATERYAL - METOT

3.1. Nar Tanelerinin Eldesi

Nar tanelerinin eldesinde kullanılan narlar Edirne pazarından temin edildikten sonra buzdolabında +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Nar meyveleri tane ayırma işleminden önce steril distile su ile yıkanmış, keskin bir bıçak ile ikiye bölünüp taneler zarar görmeden meyveler aseptik ortamda alev çatısı altında kabuk kısmından elle ayrılmıştır. Homojenlik açısından yaklaşık olarak aynı büyüklükte olan taneler bir araya getirilmiştir. İnokülason ve plazma uygulamasına kadar geçen süre içerisinde nar taneleri +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.2. Nar Tanelerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 ile inokülasyonu

Nar tanelerinin inoküle edilmesi için *Escherichia coli* ATCC 25922 kültürü kullanılmıştır. Gliserol çözeltisi (% 30) içerisinde bulunan *E. coli* ATCC 25922 stok kültüründen 10 mL Brain Heart Infusion broth (BHI, Merck, Almanya) besiyerine ekim yapılmış ve 35 °C'de 20 saat inkübe edilmiştir. Canlandırılan kültürden 100 mL'lik BHI besi yerine ekim yapılarak 35 °C'de 20 saat inkübe edilmiştir. Elde edilen *E. coli* ATCC 25922 kültürleri 4 ºC'de 10.000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Kalan retantat üzerine steril fosfat tamponu (PBS pH: 6.5) eklenmiş ve tekrar aynı koşullarda santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında elde edilen retantat üzerine PBS eklenmiş ve elde edilen *E. coli* çözeltisi (yaklaşık 10^7 kob/mL) püskürtme yöntemiyle nar tanelerinin inokülasyonunda kullanılmıştır. Nar tanelerinin homojen olarak tüm yüzeylerinin inoküle

edilmesi amacıyla, her bir spreyleme sonrasında taneler karıştırılarak yüzeye spreyleme işlemi 3 kere tekrar edilmiştir.

İnokülasyon işlemi sonunda fazla inokulumun uzaklaştırılması için aseptik koşullarda oda sıcaklığında 1 saat nar taneleri drene edilmiştir. Drene edilen nar tanelerinden 5 gram tartılarak steril petri kutularına alınmış ve plazma işlemlerine hazır hale getirilmiştir.

3.3. Nar Tanelerinin Amosferik Plazma Sistemi İle Yüzey Dekontaminasyonu

Nar tanelerine atmosferik plazma uygulanmasında Plasmatreat OPENAIR (Almanya) atmosferik plazma sistemi kullanılmıştır. Atmosferik plazma uygulamaları 3 bar basınç ve 1 kVa sabit güçte gerçekleştirilmiştir. Plazma uygulamasında nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonunda, uygulama sırasında tanelerin yüzey sıcaklığının 50 ºC'yi aşmadığı atmosferik kuru hava ve argon plazması parametreleri kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan plazma işlem parametreleri aşağıda verilmiştir.

- Nar tanesi-plazma jeti arasındaki mesafe:
  - Argon: 2-3-4 cm
  - Kuru hava: 4-5-6 cm
- Plazma uygulama süresi: 10 s – 30 s – 60 s

Nar tanelerine plazma uygulaması sırasında tanelerinin bulunduğu kap hareket ettirilerek tanelerin tüm yüzeylerinin dekontaminasyonu sağlanmıştır.

Plazma uygulaması sonrasında plazma uygulanmış nar taneleri ve kontrol örneği (plazma uygulanmamış taneler) polietilen steril Stomacher poşeti içine alınmıştır.

3.4. Nar Tanelerindeki Mikrobiyal Yükün Belirlenmesi

E. coli ATCC 25922 ile inoküle edilmiş örneklerde Stomacher poşetindeki örnekler (10 g) üzerine 90 mL steril peptone water (% 0.5 Tween 80 içeren) ilave edilerek örnekler 1 dakika süresince homojenize edilmiştir. Daha sonra seri dilüsyonlardan dökme plak yöntemiyle Choromocult Tryptone Bile X-glucuronide Agar besiyerine (TBX agar) ekim yapılmıştır. TBX agar besiyerindeki kültürler 30°C'de 4 saat inkübe edildikten sonra inkübasyon sıcaklığı 44°C'ye çıkarılarak 18-24 saat daha inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda, tipik koloniler sayılarak sayım sonuçları alınmıştır (Zagorska vd., 2021).

Depolama süresince inoküle edilmemiş nar tanelerinin doğal mikroflorasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı dökme plak yöntemi ile Plate Count Agar (PCA) ve toplam küf maya sayısı ise yüzeye yayma metodu ile Rose Bengal Agar kullanılarak belirlenmiştir. İnkübasyon koşulları sırasıyla 37 ºC 24 sa ve 25 ºC 3-5 gün olarak kullanılmıştır.

3.5. Sıcaklık Ölçümleri

Atmosferik plazma uygulaması sırasında nar tanelerinin yüzey sıcaklığı infrared termometre (Fluke VT04, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümlerde nar tanelerinin ulaştığı maksimum yüzey sıcaklığı kaydedilmiştir.

3.6. Atmosferik Plazma Uygulaması İle Minimum İşlenmiş Nar Tanesi Üretimi

İnoküle edilmiş nar taneleri ile yapılan çalışmalar sonucunda nar tanelerinin *E. coli* yükünde yüksek düşüşü sağlayan ve yüzey sıcaklığının 50 ºC'yi aşmadığı Atmosferik Argon Jet Plazma (AAJP) ve Atmosferik Kuru Hava Jet Plazma (KHJP) parametreleri sırasıyla 2 cm – 60 s ve 6 cm – 60 s olarak tespit edilmiştir.

Bu parametreler depolamanın plazma uygulamış nar tanelerinin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal kalitesini belirlemek üzere atmosferik plazma ile minimum işlenmiş nar tanesi üretiminde kullanılmıştır. Plazma uygulanmayan nar taneleri ise kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Plazma uygulanmasından sonra kontrol örnekleri de dâhil olmak üzere tüm nar taneleri ayrı ayrı olarak polisitren yapıdaki kapaklı kâselere konulmuştur. Örnekler +4 ºC'de 21 gün depolanmış ve 1'er hafta aralıklarla mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizlere alınmıştır. Fizikokimsayasal analizler için 30 g nar tanesi havanda ezilerek suyu çıkarılmış ve analizler meyve suyu üzerinden gerçekleştirilmiştir (Amiri vd., 2021).

3.7. Minimum İşlenmiş Nar Tanelerinde Gerçekleştirilen Fizikokimyasal analizler

3.7.1 pH ve Toplam Asitlik Tayini:

Nar tanelerindeb elde edilen nar sularının pH ve toplam asitlik değerleri pH metre (Mettler-Toledo, İsviçre) ile ölçülmüştür. Toplam asitlik, sitrik asit cinsinden pH 8.1'e göre potansiyometrik titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Eshmatov & Dodayev, 2020).

3.7.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (ºBrix)

Homojenize edilen nar tanelerinden elde edilen nar sularının suda çözünür kuru madde değerleri (°Brix) dijital refraktometre (Atago Pal-3, Japonya) ile ölçülmüştür.

3.7.3. Toplam Fenolik Madde Analizi:

Toplam fenolik madde analizleri için öncelikle nar taneleri homojenizatörden (10000 rpm, 1 dak) (T25, IKA, Almanya) geçirilip meyve suyu haline getirilmiş ve 0.45 µm nylon membrandan geçirilerek filtre edilmiştir. Filtre edilen örnekler analize alınmadan önce saf su ile 25 kat seyreltilmiştir (Şen, 2015). Daha sonra 1 mL seyreltilmiş örnek üzerine 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteau reaktifi ve 4 mL doymuş sodyum karbonat (75 g/L) eklenerek karıştırılmış ve su banyosunda (45 ± 0.5 °C) 5 dak beklendikten sonra örnekler oda sıcaklığına soğutulmuştur. (Spanos & Wrolstad, 1990). Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı Gallik asit (mg/g cinsinden) eşdeğeri cinsinden spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda absorbans okunarak verilmiştir (Yilmaz & Bagci, 2019).

3.7.3 Renk Analizi:

Nar tanelerinin renk ölçümleri kolorimetre (Konika-Minolta CM5, Japonya) ile CIE (Commision Internationale del'Eclairage) L*a*b* renk değerlerine göre gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasındaki renk farkını ifade eden ΔE* değeri ise matematiksel olarak $[(\Delta a^*)2 + (\Delta b^*)2 + (\Delta L^*)2]^{1/2}$ formülü yardımıyla hesaplanmıştır (Yilmaz & Bagci, 2019)

3.7.4. Tekstür Analizi:

Nar tanelerinin tekstürel özellikleri sertlik (Firmness) değerleri esas alınarak tekstür profili analiz cihazı (TA HD plus, Stable Microsystems, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir (Kingsly vd., 2006).Çalışmada 5 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. 10 adet nar tanesi 50 mm kompresyon probu kullanılarak 1,0 mm/s yaklaşma hızı, 0,5 mm/s test hızı (2 s süresince), 5 mm/s uzaklaşma hızı ve 0.20 N tetik kuvveti parametreleri kullanılarak tespit edilmiştir. Maksimum kompresyon kuvveti nar tanesi sertlik değeri olarak ölçülmüştür.

3.7.3. Duyusal Analizler:

Duyusal analizler depolamanın 0, 7 ve 14. günlerinde 20 panelist tarafından 5 skalalı hedonik gösterge çizelgesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kapetanakou vd., 2015). Örnekler, panelistlere 20'şer gramlık polisitren ambalajlar içerisinde sunulup panelistlerden nar tanelerini renk, aroma, tekstür ve tat bakımından değerlendirmeleri istenmiştir. Depolamanın 21. Günündeki duyusal analizler örneklerde gözle görülür mikrobiyolojik bozulma olması nedeniyle gerçekleştirilmemiştir.

3.8. İstatistiksel Değerlendirme:

Çalışmada kapsamında tüm denemeler 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler SPSS paket programı kullanılarak istatiksel olarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak parametreler arasındaki farklılığın önemli olup ($p < 0,05$) olmadığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması ile nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonu

Nar tanelerinin inokülasyonu sonucunda plazma uygulanmamış nar tanelerinin yüzeyindeki *E. coli* ATCC 25922 sayısı 6,02 ± 0,19 log cfu/g bulunmuştur.

Atmosferik argon ve kuru hava jet plazma uygulamaları sonucunda nar taneleri yüzeyindeki mikrobiyal yük çalışan tüm nar tanesi yüzeyi-plazma mesafeleri için plazma uygulama süresindeki artış ile azalma göstermiştir. Bununla beraber nar tanesi yüzeyi-plazma mesafesindeki artış ile beraber mikrobiyal yükteki azalma miktarı düşüş göstermiştir (Şekil 4.1 ve 4.2).

Atmosferik argon jet plazma (AAJP) uygulamaları sonucunda yüzey mikrobiyal yükündeki en fazla azalma 4,35 log kob/g ile 2 cm uygulama mesafesi ve 60 s uygulama süresi parametresinde bulunmuştur (Çizelge 4.1). Plazma uygulamaları esnasında nar tanelerinin yüzey sıcaklıkları da ölçülmüştür. AAJP uygulaması sonucunda hiçbir parametrede nar tanelerinin sıcaklığı 50 ºC'yi aşmazken, en yüksek dekontaminasyonun sağlandığı 2 cm – 60 s uygulama sonucunda nar tanelerindeki yüzey sıcaklığının 41,0 ºC olduğu tespit edilmiştir.

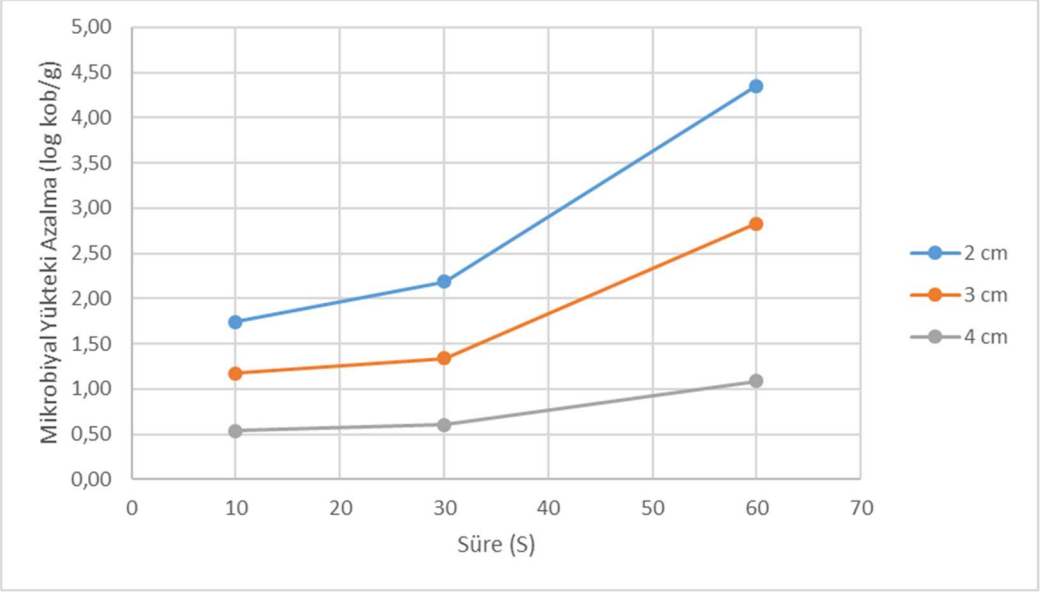
Atmosferik kuru hava jet plazma (KHJP) uygulamaları sonucunda yüzey mikrobiyal yükündeki en fazla azalma 5,40 log kob/g ile 5 cm uygulama mesafesi ve 60 s uygulama süresi parametresinde bulunmuştur (Çizelge 4.2). Ancak bu koşullarda nar tanelerinin yüzey sıcaklığı 57,3 ºC'ye ulaşmıştır. Yüzey sıcaklığı 50 ºC'yi aştığı için bu KHJP parametresi yerine mikrobiyal yükte ikinci en fazla azalmayı sağlayan KHJP

parametresi (6 cm – 60 s) seçilmiştir. 6 cm – 60 s KHJP uygulaması sonucunda mikrobiyal yükte 4,68 log kob/g azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 1 Atmosferik argon jet plazma uygulaması sonucunda nar taneleri yüzeyindeki *E.coli* ATCC 25922 sayıları ve nar taneleri yüzey sıcaklıkları

Gaz	Mesafe (cm)	Süre (s)	Plazma Uygulaması Sonrası Yüzey Yükü (log kob/g)	Azalma Miktarı* (log kob/g)	Yüzey Sıcaklığı**
Argon	2	10	4,21±0,23 ^{AB}	1,74±0,39	23,2±0,7 ^{C}
		30	3,77±0,15 ^{B}	2,18±0,32	28,3±1,5 ^{B}
		60	1,60±0,19 ^{C}	4,35±0,22	41,0±1,7 ^{A}
	3	10	4,78±0,36 ^{A}	1,17±0,05	22,8 ±0,9 ^{C}
		30	4,61±0,16 ^{A}	1,34±0,16	25,2±1,4 ^{BC}
		60	3,12±0,18 ^{D}	2,83±0,21	33,9±1,1 ^{B}
	4	10	5,10±0,20 ^{A}	0,85±0,13	20,3±0,6 ^{D}
		30	4,77±0,16 ^{A}	1,18±0,27	24,1±0,8 ^{C}
		60	3,94±0,17 ^{B}	2,01±0,29	30,1±1,6 ^{B}

* Plazma uygulanmamış kontrol örneğinde 6,02 ± 0,19 log kob/g yük bulunmaktadır.
** Plazma öncesi yüzey sıcaklığı 20±0,2 ºC'dir
***Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur

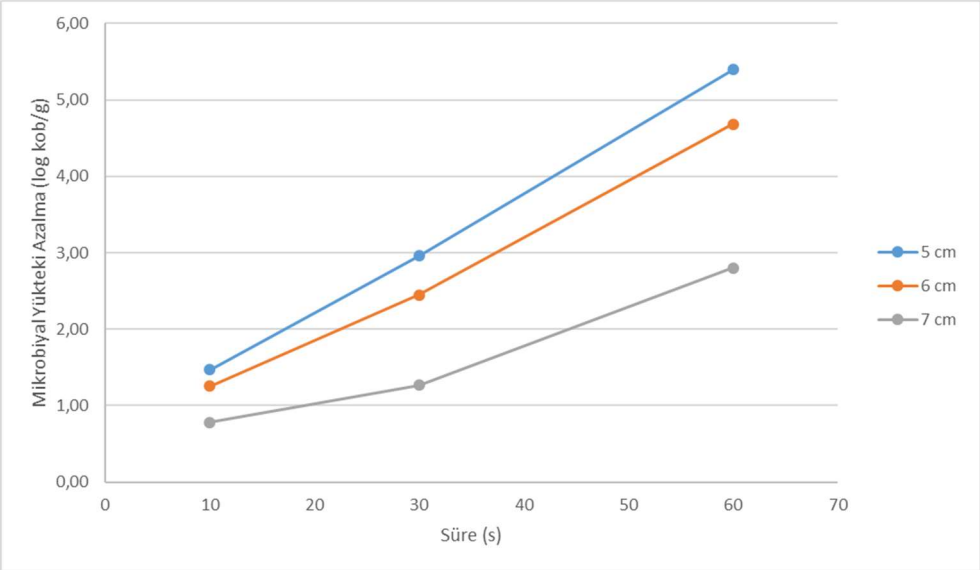


Şekil 4. 1. Argon gazı plazma uygulamaları sonucunda nar taneleri yüzeyinde mikrobiyal yükteki azalma

Çizelge 4. 2. Atmosferik kuru hava jet plazma uygulaması sonucunda nar taneleri yüzeyindeki *E.coli* ATCC 25922 sayıları ve nar taneleri yüzey sıcaklıkları

Gaz	Mesafe (cm)	Süre (s)	Plazma Uygulaması Sonrası Yüzey Yükü (log kob/g)	Azalma Miktarı* (log kob/g)	Yüzey Sıcaklığı**
Kuru hava	5	10	4,66±0,19 ^{B}	1,47±0,26	30,4±1,2 ^{D}
		30	3,16±0,15 ^{C}	2,96±0,06	43,1±2,7 ^{BC}
		60	0,73±0,63 ^{D}	5,40±0,71	57,3±0,8 ^{A}
	6	10	4,80±0,34 ^{AB}	1,26±0,24	28,7±1,1 ^{DE}
		30	3,40±0,14 ^{C}	2,72±0,05	39,1±1,4 ^{C}
		60	1,44±0,09 ^{D}	4,68±0,16	48,7±1,1 ^{B}
	7	10	5,34±0,45 ^{A}	0,78±0,52	25,7±1,6 ^{E}
		30	4,83±0,11 ^{AB}	1,29±0,19	34,9±1,2 ^{D}
		60	3,32±0,20 ^{C}	2,80±0,25	43,0±1,6 ^{C}

* Plazma uygulanmamış kontrol örneğinde 6,02 ± 0,19 log kob/g yük bulunmaktadır.
** Plazma öncesi yüzey sıcaklığı 20±0,2 ºC'dir
***Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.



Şekil 4. 2. Kuru hava plazma uygulamaları sonucunda nar taneleri yüzeyinde mikrobiyal yükteki azalma

Genel olarak soğuk plazma uygulaması sonucunda mikroorganizmaların inaktivasyonunda (i) hücre duvarı ve hücre zarı yapısının zarar görmesi, (ii) hücresel

yapıda morfolojik değişiklikler ve (ii) membran geçirgenliğinin artması sonucu hücre içi organellerin oksidasyonu mekanizmaları rol oynamaktadır (Pan vd., 2021).

4.2. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişim

Tez çalışması kapsamında atmosferik plazma uygulamasının nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkileri incelenmiştir (Çizelge 4.3). Fenolik bileşikler insan sağlığı için yararlı maddeler olup antioksidan özellikleri nedeniyle birçok hastalığın önlenmesinde rol maktadırlar. AAJP uygulaması sonrasında nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğinde en fazla % 6,9 oranında (3 cm – 10 s) azalma meydana gelmiştir. KHJP uygulaması sonrasında ise en fazla % 4,9 (7 cm – 60 s) oranında azalma meydana gelmiştir. Plazma uygulama mesafesi ve uygulama süresi ile örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde değişim incelendiğinde genel olarak uygulama süresindeki artış ile beraber örneklerin fenolik madde içerinde değişim arasında net bir ilişki bulunamamıştır. Genel olarak bakıldığında 2-4 cm uygulama mesafesi ve 10-60 s uygulama süresinde AAJP uygulamasının nar tanelerinin fenolik madde içeriğine önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Literatürde plazma uygulaması sonucun meyve sebzelerde bulunan fenolik maddelerin plazma uygulama süresi, plazma gücü ve hammaddeye bağlı olarak değişebildiği belirtilmiştir. Ejder meyvesine atmosferik plazma jeti uygulaması (Argon gazı, 40 W, 20-600 kHz, 30 dak) gerçekleştirilen bir çalışmada plazma uygulanmış meyveler ile kontrol örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri arasında (sırasıyla, 1.9±0.1 mg gallik asit/100g ve 2.0±0.2 mg gallik asit/100g) istatiksel olarak önemli ($p >$ 0.05) bir fark bulunmadığını tespit etmişlerdir (Matan vd., 2015). -Yüksek voltajlı atmosferik soğuk plazma (80 kV, 4 dk, nemli hava) ile üretilen beyaz üzüm sularında; plazma işleminin süresinin arttırılması ile üzüm suyunun toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinde plazma uygulanmamış örneklere göre önemli bir azalma (p<0.05) olduğu bulunmuştur (Pankaj vd., 2017). Çalışmada, toplam fenolik miktarındaki azalmanın plazma esnasında oluşan reaktif oksijen bileşikleri ve ozonun fenolik bileşiklerin yapısını bozmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Çizelge 4. 3. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişim

Atmosferik argon jet plazması			Atmosferik kuru hava jet plazması		
Uzaklık (cm)	**Süre**	**Fenolik (mg GAE/g km)**	**Uzaklık (cm)**	**Süre**	**Fenolik (mg GAE/g km)**
Kontrol		47,18±1,02 ^{A}	Kontrol		47,18±1,02 ^{A}
2	10 s	47,08±0,27 ^{A}	5	10 s	48,14±1,20 ^{A}
	30 s	45,08±1,15 ^{A}		30 s	45,13±0,19 ^{B}
	60 s	46,08±2,24 ^{A}		60 s	45,52±0,22 ^{B}
3	10 s	43,91±1,08 ^{A}	6	10 s	48,49±1,35 ^{A}
	30 s	44,64±1,58 ^{A}		30 s	47,33±0,68 ^{A}
	60 s	46,92±2,32 ^{A}		60 s	47,51±2,24 ^{AB}
4	10 s	48,35±1,42 ^{A}	7	10 s	50,36±1,12 ^{A}
	30 s	47,00±2,90 ^{A}		30 s	48,65±0,42 ^{A}
	60 s	46,32±0,41 ^{A}		60 s	44,88±0,57 ^{B}

*Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.

Tez çalışması kapsamında atmosferik plazma uygulamasının nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesi (TAA) üzerine etkileri incelenmiştir (Çizelge 4.4). KHJP uygulaması sonrasında nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesi ile en fazla % 38,7 (5 cm – 30 s) azalırken argon plazması uygulaması sonucunda % 15,2 azalma (3 cm – 60 s) tespit edilmiştir. KHJP uygulaması sonucunda genel olarak plazma uygulama süresindeki artış ile beraber toplam antioksidan aktivitedeki düşüş oranı artmıştır. AAJP uygulamasında ise plazma uygulama süresindeki artış ile toplam antioksidan aktivitede KHJP olduğu gibi bir değişim gözlemlenmemiştir. KHJP uygulaması esnasında ortamda reaktif azot ve oksijen türlerinin yüksek miktarda oluşması antioksidan aktivitedeki daha fazla düşüşün nedeni olarak gösterilebilir.

Hou vd. (2019) plazma uygulama süresindeki artış ile birlikte yaban mersini suyu toplam antioksidan aktivitesinde % 19,15 oranına varan azalma tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada atmosferik plazma uygulaması ile birlikte achai, guava ve sapota meyve sularının antioksidan aktivitesinde artış gözlemlenirken caja suyunun antioksidan

aktivitesinde düşüş gözlemlenmiştir (Rodriguez vd., 2022). Çalışmada antioksidan aktivitesindeki artış ve azalmanın meyve sularının içinde bulunan fenolik vb. antioksidan maddelerinin farklı olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Örneğin caja suyundaki yüksek oranda bulunan gallik asitin plazma uygulaması sonucu antioksidan kapasitesini yitirmesi sonucunda bu meyve suyundaki antioksidan aktivitenin düştüğü ifade edilmiştir.

Çizelge 4. 4. Atmosferik argon ve kuru hava jet plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesindeki değişim

Atmosferik argon jet plazması			**Atmosferik kuru hava jet plazması**		
Uzaklık (cm)	**Süre**	**Toplam antioksidan aktivite (mM TE)**	**Uzaklık (cm)**	**Süre**	**Toplam antioksidan aktivite (mM TE)**
Kontrol		2,71±0,18 ^{A}	Kontrol		2,71±0,18 ^{A}
2	10 s	2,66±0,16 ^{AB}	5	10 s	2,34±0,13 ^{B}
	30 s	2,35±0,23 ^{B}		30 s	1,66±0,09 ^{D}
	60 s	2,35±0,18 ^{B}		60 s	1,97±0,16 ^{C}
3	10 s	2,33±0,11 ^{B}	6	10 s	2,39±0,18 ^{AB}
	30 s	2,56±0,08 ^{B}		30 s	2,22±0,21 ^{BC}
	60 s	2,62±0,12 ^{AB}		60 s	2,24±0,15 ^{BC}
4	10 s	2,55±0,15 ^{AB}	7	10 s	2,76±0,13 ^{A}
	30 s	2,38±0,14 ^{AB}		30 s	2,31±0,12 ^{B}
	60 s	2,55±0,09 ^{AB}		60 s	2,20±0,33 ^{BC}

*Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.

4.3. Depolama boyunca nar tanelerinin fizikokimyasal ve duyusal kalite karakteristikleri ile mikrobiyal yükünde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi

AAJP ve KHJP uygulamaları sonucunda nar tanelerinin yüzey dekontaminasyonu, toplam fenolik madde içeriğindeki değişim ve toplam antioksidan aktivitedeki değişim sonuçları incelendiğinde yüzey sıcaklığının 50 ºC'yi geçmediği ve yüzey yükünde en fazla azalmayı sağlayan parametreler AAJP'sı için 2 cm – 60 s KHJP için ise 6 cm – 60 s olarak belirlenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında atmosferik plazma uygulaması ile minimum işlenmiş nar tanelerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin depolama süresince incelenmesinde bu işlem parametreleri kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Depolama boyunca nar tanelerinin mikrobiyolojik kalitesi

Tez çalışmasında ön çalışmalar sonucunda seçilen AAJP (2 cm – 60 s) ve KHJP (6 cm – 60 s) plazması koşullarında üretilen nar tanelerinin mikrobiyolojik kalitesi 4 ºC'de 3 hafta depolama süresince takip edilmiştir (Çizelge 4.5). Nar tanelerinin doğal florasında herhangi bir *E. coli* yükü tespit edilmemiştir. İnoküle edilmiş nar tanelerindeki *E. coli* sayısı depolama boyunca toplamda yaklaşık 0,5 log'luk azalma göstermiştir. AAJP ile üretilen nar tanelerinde başlangıçta 2,59 log kob/g olan E. coli sayısı depolama süresince azalma göstermiş ve 3. hafta sonunda yaklaşık 1,2 log düşüş tespit edilmiştir. KHJP ile üretilen nar danlerinde ise başlangıçta 2,05 log kob/g olan *E. coli* sayısında ise 3. hafta sonunda yaklaşık 0,8 log düşüş tespit edilmiştir. Depolama boyunca, hem KHJP hem de AAJP ile üretilen nar tanelerinde *E. coli* sayısındaki azalma kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle KHJP uygulaması sonrasında depolamanın 2. haftasında *E. coli* miktarı tespit edilebilir seviyenin altına düşmüştür.

Depolama süresince örneklerdeki *E. coli* sayısının kontrol örneğine göre daha fazla düşüş göstermesinin nedeni olarak plazma işlemi sırasında zarar gören *E. coli*'lerin depolama süresince ölmesi gösterilebilir.

AAJP ve KHJP uygulaması sonucunda nar tanelerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri yükünde depolama süresince değişim Çizelge 4.6'da verilmiştir. Sıfırıncı günde, plazma uygulaması sonrasında örneklerdeki toplam mezofilik aerobik bakteri yükündeki değişim *E. coli* yükündeki azalmaya göre daha az bulunmuştur. Plazma uygulamasının etkinliği bakteri türüne göre farklılık gösterebilmekte ve plazma etkinliği buna bağlı olarak değişebilmektedir (Bourke vd., 2017). Başlangıçta 3.55 log kob/g olan toplam mezofilik aerobik bakteri yükü AAJP uygulaması sonrasında 1.97 log kob/g KHJP sonrasında ise 1,64 log kob/g'a düşmüştür. Depolama süresince plazma uygulanmış örneklerdeki toplam mezofilik aerobik bakteri yükü kontrol örneklerinden daha düşük tespit edilmiş olup, düşüş miktarı KHJP uygulanmış örneklerde daha fazla bulunmuştur.

Çizelge 4. 5. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince *E. coli* ATCC 25922 (log kob/g)yükündeki değişim

Örnek	Depolama Süresi (gün) (log kob/g)			
	0	7	14	21
İnoküle edilmemiş kontrol	<1*	<1	<1	<1
İnoküle edilmiş kontrol	6,11±0,12^{Aa}	6,,06±0,08 ^{Aa}	5,55±0,29 ^{Ab}	5,67±0,15 ^{Ab}
Argon Plazması (2 cm – 60 s)	2,59 ±0,28 ^{Ba}	2,11±0,24 ^{BAb}	2,31±0,11^{Bc}	1,34±0,16 ^{Bd}
Kuru Hava Plazması (6 cm – 60 s)	2,05 ±0,14 ^{Ca}	1,83±0,17 ^{Ba}	<1	1,28 ±0,19 ^{Bb}

*Kontrol örneklerinde *E. coli* tespit edilmemiştir.
**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.

Çizelge 4. 6. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri yükündeki değişim

Örnek	Depolama Süresi (gün) (log kob/g)			
	0	7	14	21
Kontrol	3,55±0,11^{Aa}	3,99±0,18^{Ab}	5,34±0,22^{Ac}	5,81±0,29 ^{Ac}
Argon Plazması (2 cm – 60 s)	1,97 ±0,14^{Ba}	2,34±0,17 ^{Bb}	3,56±0,12 ^{Bc}	5,21 ±0,39 ^{ABd}
Kuru Hava Plazması (6 cm – 60 s)	1,64 ±0,24 ^{Ba}	1,76±0,21 ^{Ca}	2,57±0,18 ^{Cb}	4,53 ±0,24 ^{Bc}

**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.

AAJP ve KHJP uygulaması sonucunda nar tanelerindeki toplam küf – maya sayısında depolama süresince değişim Çizelge 4.7'de verilmiştir. Başlangıçta 2,36 log kob/g olan toplam küf – maya sayısı AAJP uygulaması sonrasında 1.67 log kob/g KHJP sonrasında ise 1,21 log kob/g'a düşmüştür. Depolama süresince plazma uygulanmış örneklerdeki toplam küf – maya sayısı kontrol örneklerinden daha düşük tespit edilmiş

olup, düşüş miktarı KHJP uygulanmış örneklerde daha fazla bulunmuştur. Üç hafta depolama sonucunda kontrol örneğine göre AAJP uygulanmış örneklerde 0,5 log KHJP uygulanmış örneklerde ise 1,2 log daha az toplam küf maya tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 7. Atmosferik plazma uygulaması ile üretilen nar tanelerinde üç hafta depolama süresince toplam küf-maya yükündeki değişim

Örnek	Depolama Süresi (gün) (log kob/g)			
	0	7	14	21
Kontrol	2,36±0,23 ^{Aa}	3,81±0,31 ^{Ab}	4,45±0,27 ^{Ab}	6,66±0,34 ^{Ac}
Argon Plazması (2 cm – 60 s)	1,67 ±0,35 ^{Ba}	2,30±0,33 ^{Bb}	4,38±0,41 ^{Ac}	6,16 ±0,21 ^{Ad}
Kuru Hava Plazması (6 cm – 60 s)	1,21 ±0,14 ^{Ba}	2,66±0,22 ^{Bb}	3,88±0,39 ^{Ac}	5,44 ±0,26 ^{Bd}

**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.

Literatürde, plazma uygulaması sonucunda Gram negatif olan koliformların diğer mikroorganizmalara kıyasla ile nispeten hızlı inaktivasyona uğradığı belirtilmiştir (Lee vd., 2018). Tez çalışmasının ilk aşamasında plazma uygulamaları sonucunda nar tanelerinin *E. coli* yükündeki azalma 4,35 log kob/g (AAJP) ve 4,68 log kob/g (KHJP) olarak bulunmuştur. Ancak, nar tanelerinin yüzey doğal florasında bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf maya sayısındaki azalma miktarı yaklaşık olarak 0,7 – 2,0 log kob/g arasında tespit edilmiştir. Mikrobiyal yükteki azalma miktarları arasındaki farklılığın hücre duvarı yapısı farklılıklarından, mikroorganizmanın sporlu veya sporsuz yapıda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Salmonella serotip Mons, *Staphylococcus aureus* ve *E. coli* ve *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger* ve *Clostridium botulinum* sporlarını etkisiz hale getirmek için dielektrik bariyer boşalım plazmasının kullanıldığı bir çalışmda en yüksek dekontaminasyon etkinliği 6,4kob/yüzey ile *E. coli* de görülürken, *Aspergillus niger* de aynı sürede azalma miktarı 3,8 log olarak tespit edilmiştir (Muranyi vd., 2007).

4.3.2. Depolama boyunca nar tanelerinin antioksidan aktivitelerindeki değişim

Çalışmada, nar tanelerinin 21 gün süresince +4 ºC'de muhafazası sonrasında elde edilen antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir**.** Atmosferik kuru hava ve atmosferik azot gazı kullanılarak uygulanan plazma işlemlerinin ardından kontrol numuneleri ile plazma uygulanmış numuneler arasında depolama süresi boyunca toplam antioksidan aktivite bakımından istatiksel açıdan anlamlı bir farklılık ($p > 0.05$) bulunmamaktadır. Kuru hava kontrol örneğinde depolama süresince antioksidan miktarındaki azalma istatiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunurken diğer örneklerde istatiksel olarak önemli bir azalma ($p > 0.05$) meydana gelmemiştir.

Çizelge 4. 8. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca antioksidan aktivitelerindeki değişim (mM TE)

Plazma türü		**Depolama süresince örneklerin antioksidan aktiviteleri (mM TE)**			
		0. gün	**7. gün**	**14. gün**	**21. gün**
K. Hava	**Kontrol**	2,32 ± 0,27 ^{AA}	2,35 ± 0,63 ^{AA}	1,96 ± 0,61 ^{AAB}	1,06 ± 0,21 ^{AB}
	Plazma	2,05 ± 0,29 ^{AA}	2,05 ± 0,29 ^{AA}	1,99 ± 0,35 ^{AA}	1,75 ± 0,54 ^{AA}
Argon	**Kontrol**	2,44 ± 0,63 ^{AA}	2,73 ± 0,39 ^{AA}	2,23 ± 0,29 ^{A}	2,40 ± 0,44 ^{AA}
	Plazma	2,28 ± 0,40 ^{AAB}	2,62 ± 0,25 ^{AA}	2,17 ± 0,33 ^{AA}	2,09 ± 0,15 ^{AA}

**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.

Ramazzina vd. (2016), plazma uygulaması ile (Hava, 12.7 kHz - 150 W, 30 dak) taze kesilmiş elmaların antioksidan içeriği ve antioksidan kapasitesinde % 10'a kadar bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Amini ve Ghoranneviss (2016) taze ve kurutulmuş ceviz üzerine 11 dakika plazma jet uygulaması sonucunda ve depolama boyunca cevizlerin antioksidan aktivitesinde kontrol örneklerine kıyasla önemli bir değişiklik olmadığını bildirmiştir.

Kivi örneklerinin dielektrik bariyer boşalım plazma uygulaması (20 dak) ile işlendiği bir çalışmada kivi örneklerinin antioksidan içeriğinin değişmediği tespit edilmiştir. Çalışmada plazma uygulaması esnasında oluşan reaktif türlerin antioksidan aktiviteden sorumlu fenoliklerin oksidasyonuna neden olsada, bu etkinin meyve dokusundaki tepki mekanizmaları tarafından etkisiz hale getirilebileceği belirtilmiştir (Ramazzina vd., 2015).

4.3.3. Depolama boyunca nar tanelerinin toplam fenolik içeriğindeki değişim

Nar tanelerinde +4 ºC'de 3 hafta depolama süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Çizelge 4.9'de verilmiştir. Hem kuru hava hem de azot plazma uygulaması sonrasında, kontrol örnekleri ve plazma uygulanmış örnekler arasında toplam fenolik madde içeriği açısından depolama süresince istatiksel olarak önemli bir fark ($p > 0.05$) bulunmamıştır. Örnekler kendi içerisinde değerlendirdiğinde depolama süresince fenolik madde içeriğinde istatiksel olarak önemli bir fark ($p > 0.05$) bulunmamıştır.

Çizelge 4. 9. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca toplam fenolik madde içeriğindeki değişim (mM/Briks)

Plazma türü		**Depolama süresince örneklerin toplam fenolik madde değişimi (mg GAE /g km)**			
		0. gün	**7. gün**	**14. gün**	**21. gün**
K. Hava	**Kontrol**	35,24 ± 6,13 ^{Aab}	34,40 ± 6,03 ^{Aab}	39,29 ± 3,60 ^{Ac}	31,01 ± 3,06 ^{Ab}
	Plazma	35,17 ± 7,45 ^{Aa}	30,87 ± 5,36 ^{Aa}	36,25 ± 5,83 ^{Aa}	29,03 ± 4,53 ^{Aa}
Argon	**Kontrol**	39,18 ± 5,08 ^{Aa}	36,98 ± 4,10 ^{Aa}	37,84 ± 3,84 ^{Aa}	36,58 ± 3,34 ^{Aa}
	Plazma	34,58 ± 3,55 ^{Aa}	37,60 ± 3,38 ^{Aa}	36,18 ± 3,38 ^{Aa}	33,33 ± 1,75 ^{Aa}

**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlara benzer şekilde ejder meyvesine RF plazma jeti uygulaması sonucunda ejder meyvesinin toplam fenolik madde içeriği üzerine bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Garofulić vd., 2015).

4.3.4. Depolama boyunca nar tanelerinin ºBrix, pH, renk ve ağırlık değerlerindeki değişim

AAJP ve KHJP uygulamalarıyla üretilen nar tanelerinin 3 hafta buzdolabı sıcaklığında depolanması süresince ºBrix, pH ve renk değerlerindeki değişim Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Atmosferik plazma uygulanmış nar taneleri numunelerinin depolama süresi boyunca ºBrix, pH ve renk değerlerindeki değişim

		Kuru Hava		Argon	
Parmetre	**Depolama Süresi (gün)**	**Kontrol**	**Plazma**	**Kontrol**	**Plazma**
°Brix	0	2,95±0,05^{aA}	3,10±0,09^{aA}	3,10±0,10^{aA}	3,45±0,05^{aB}
	7	2,95±0,08^{aA}	3,05±0,05^{aA}	2,95±0,15^{aA}	3,20±0,10^{aA}
	14	2,95±0,05^{aA}	3,10±0,20^{aA}	3,10±0,10^{aA}	3,22±0,15^{aA}
	21	3,00±0,10^{aA}	3,25±0,05^{aB}	3,10±0,09^{aAB}	3,40±0,10^{aC}
pH	0	3,84±0,08^{aA}	3,87±0,07^{aA}	3,96±0,02^{aB}	3,93±0,01^{aB}
	7	3,96±0,01^{aA}	3,92±0,08^{aA}	3,98±0,03^{aA}	4,03±0,04^{cA}
	14	3,89±0,05^{aA}	3,89±0,06^{aA}	3,99±0,04^{aA}	3,93±0,02^{aA}
	21	3,87±0,10^{aA}	3,95±0,05^{aA}	4,01±0,03^{aA}	3,98±0,06^{bA}
L	0	22,63±0,20aA	25,97±0,13aA	24,20±1,61aA	23,93±0,36aA
	7	21,39±0,28bA	22,34±0,54bA	21,61±1,22bA	22,91±1,09abA
	14	20,24±0,09cA	22,74±0,59bB	21,38±0,27bB	22,02±0,59bB
	21	19,85±0,90cA	22,64±0,11bB	20,57±0,51b	22,65±0,75ab
a	0	19,57±1,26aA	18,41±2,01aA	20,09±1,85aA	22,80±0,74a
	7	21,91±0,28ab	21,65±2,69a	22,65±0,15b	24,60±0,65a
	14	22,99±1,57b	21,42±1,96a	22,14±1,44ab	24,59±0,86a
	21	20,77±0,53ab	21,54±1,19a	22,78±0,78b	22,97±1,64a
b	0	5,95±0,03aA	4,66±0,36aB	5,37±0,67aAB	7,08±1,15aC
	7	7,46±0,25bA	6,31±0,45bB	6,83±0,23bA	6,39±0,37aB
	14	8,88±0,48dA	7,21±0,13cB	6,69±0,78bB	6,69±0,14aB
	21	8,16±0,15cA	7,30±0,48cB	7,15±0,24bBC	6,36±0,55aC
ΔE	0	-	-	-	-
	7	3,11±0,08aA	4,20±0,17aB	4,24±1,10aAB	2,35±0,60aC
	14	5,13±0,13bA	5,11±0,49aA	3,90±0,79aB	2,95±0,25aB
	21	3,81±1,13aA	5,36±0,74aAB	5,17±0,10aB	2,36±0,66aC

**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli (p > 0,05) bir fark yoktur.

Depolama süresince örneklerin ºBrix ve pH değerlerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. AAJP ve KHJP uygulanmış örneklerde plazma uygulaması sonrasında daha yüksek nem kaybı nedeniyle ºBrix değerindeki artış gözlemlenmiştir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlara paralel olarak, Ziuzina vd. (2020) dielektrik bariyer boşalım plazması uygulanarak üretilen çilek ve ıspanak örneklerinde pH ve

toplam çözünebilir kuru madde miktarlarındaki değişimi, 1 hafta depolama süresince, kontrol örneklerine göre istatiksel olarak önemsiz bulmuşlardır.

KHJP uygulanmış örneklerde ΔE değeri 21 gün depolama sonucunda 5,36 olarak tespit edilirken kontrol grubu örneklerde 3.81 olarak bulunmuştur. AAJP uygulanmış örneklerde ΔE değeri 21 gün depolama sonucunda 2,36 olarak tespit edilirken kontrol grubu örneklerde 5,17 olarak bulunmuştur. AAJP uygulaması sonrasında örneklerin ΔE değerleri 3'ün altında bulunmuş olup, AAJP uygulamasının nar tanelerinin renginde önemli bir değişikliğe yol açmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Plazma uygulamalarının karotenoid gibi renk bileşiklerinin dekompozisyonu, çeşitli pigmentlerin okdisasyonu ve izomerizayonu gibi nedenlerle ürünlerin rengini değiştirebildikleri bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda ise renk değerlerinde istatiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir (Sruthi vd., 2022). Dielektrik bariyer boşalım plazması uygulanmış çilek numunelerinde kontrol örneklerinin 1. günde renk bakımından 0. güne göre farklı olduğu bulunmuştur. Plazma uygulanmış çileklerin kırmızılık ve kroma değerleri kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Ziuzina vd., 2020).

Çizelge 4. 11. Toplam renk farkına (ΔE) göre renkteki değişimin gözlemlenebilirliği (Swer vd., 2019)

ΔE değeri	**Renkteki fark**
> 5,0	Oldukça belirgin
3,0 – 5,0	Belirgin
1,5 – 3,0	İnsan gözü tarafından kolaylıkla ayırt edilemez.
<1,5	Ayırt edilemez

Depolama süresince plazma uygulanmış nar taneleri ve kontrol örneklerinin ağırlık kayıpları çizelge 4.12 'de verilmiştir. Üç hafta depolama süresince tüm örneklerde ağırlık kaybı zamanla artış göstermiştir. AAJP ve KHJP uygulanmış tanelerdeki nem kaybı kontrol örneklerine göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Depolama sonunda AAJP uygulanmış örneklerdeki nem kaybı oranı ile kontrol örneklerindeki nem kaybı arasında istatiksel olarak önemli ($p > 0.05$) bir fark bulunmazken, KHJP uygulanmış örneklerdeki nem kaybı oranı ile kontrol örneklerindeki nem kaybı arasında istatiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir fark bulunmuştur.

Meyve ve sebzelerde % 3 – 5'den fazla nem kaybı yaşanması tazelik karakteristiklerinde değişime yol açmaktadır (Misra vd., 2014). Plazma uygulanmış örneklerdeki nem kaybının daha fazla olması, plazma uygulaması sonucunda meyve – sebzelerdeki epidermal tabakanın özelliklerinin değişmesi sonucunda su ve gaz geçirgenliğinin artması sonucu olduğu düşünülmektedir (Won vd., 2017).

Çizelge 4. 12. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince ağırlık kayıplarındaki değişim (% w/w)

Uygulama	Ağırlık kaybı (% w/w)*			
	0. gün	**7 gün**	**14 gün**	**21 gün**
Kontrol	-	1,12±0,11 Aa	2,33±0,25 Ab	3,65±0,58 Ac
Kuru hava plazması	2,45±0,66 Aa	3,67±0,41 Bab	4,81±0,59 Bb	5,24±1,05 Bab
Argon plazması	1,62±0,42 Aa	2,94±0,51 Bb	3,98±0,43 Bbc	4,45±0,67 ABc

* Ağırlık kaybı değişimleri 0. günde plazma uygulaması öncesindeki ağırlıklara göre hesaplanmıştır.
**Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bir fark yoktur
***Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bir fark yoktur

4.3.5. Depolama boyunca nar tanelerinin yüzey sertliğindeki değişim

Meyvelerin depolama süresini belirleyebilmek için kullanılan fiziksel parametrelerin en önemlilerinden biri sertlik (firmness) değeridir. Bu çerçevede, sertlik nar endüstrisinde önemli bir kalite özelliğidir (Fawole & Opara, 2013). Ekrami-Rad vd. (2011)'e göre depolama süresince tane sertliğindeki azalma, nar tanelerinin hücre duvarı bütünlüğündeki kayıplara bağlanmıştır. Nar taneleri için bu davranış, depolama süresi ile elastikiyetin düşme eğilimini göstermektedir (Arendse vd., 2014).

AAJP'sı ve KHJP'sı uygulanmış örnekler ile kontrol örneklerinde sertlik değerleri depolama süresinde artış ile beraber azalma göstermiştir (Çizelge 4.13). Kontrol örneklerinde depolamanın ikinci haftasında, plazma uygulanmış örneklerde ise depolamanın üçüncü haftasında mikrobiyolojik bozulmadan ötürü sertlik değerleri ölçülememiştir. AAJP'sı ve KHJP'sı uygulanmış örneklerde depolamanın birinci haftasında başlangıç sertlik değerine göre istatiksel olarak önemli bir fark bulunmazken, depolamanın ikinci haftasında farklılık istatiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4. 13. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince sertlik değerlerindeki değişim

	KHJP		AAJP	
Depolama Süresi (Gün)	**Kontrol**	**Plazma**	**Kontrol**	**Plazma**
0	577,19±84,09[a]	617,47±97,17[a]	550,63±96,08[a]	565,16±87,66[a]
7	499,60±62,83[a]	578,17±86,21[a]	439,81±61,13[a]	450,39±98,29[ab]
14	NA*	414,57±76,53[b]	NA*	379,96±98,03[b]
21	NA*	NA	NA	NA

* Nar tanelerinde mikrobiyolojik üreme bulunduğundan duyusal analiz yapılamamıştır.
**Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.

Depolama ve dağıtım sırasındaki sıkılık kaybı, hücre duvarı bozulması ve mikroorganizma aktivasyonu ile ilgili endojen enzimlerin etkisi nedeniyle minimum düzeyde işlenmiş meyvelerin raf ömrünün uzamasında temel bir sorundur (BOLIN & HUXSOLL, 1989)

Yüksek oranda iyonize madde içeren plazma uygulamaları fındık gibi sert katı gıdaları işlemek için yararlı olabilse de, mango, kavun ve hatta elma gibi yumuşak kabuklu meyveler için kullanımları meyvenin koruyucu kabuğuna zarar verebileceklerinden ötürü uygun olmayabilir. Bu tip meyvelerde termal olarak düşük sıcaklıklara ve kararlılığa sahip plazmaların kullanılması önemlidir. Bu gereksinimler, soğuk atmosferik gaz plazmaları tarafından karşılanmaktadır. Literatürde, soğuk atmosferik gaz plazmalarının mango ve kavun gibi yumuşak meyvelerin kabuklarını dekontamine etme potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Perni vd., 2008).

Dielektrik bariyer boşalım plazması uygulanmış çilek numenleri ve kontrol örneklerinde sıkılık (firmness) değeri depolama süresince azalmış olup, kontrol örnekleri ile plazma uygulanmış örnekler arasında sıkılık değerleri arasında ise istatiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Ziuzina vd., 2020).

Meyve sertliği depolama süresini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Soğuk plazma uygulaması ile genellikle meyve sertliğini korunarak meyve raf ömrü uzatabilmektedir. Ancak bazı plazma uygulamaları sonrasında karşılaşılan yüzey sertliğindeki kayıplar genel olarak plazma uygulama süresi ve uygulama esnasında meyve yüzeyinin sıcaklığının artmasından kaynaklanmaktadır. Kumkat ve çeri domates

örneklerine gerçekleştirilen korona boşalım plazma jet işlemi uygulaması sonrasında maksimum yüzey sıcaklığı sırasıyla 35,6°C ve 33,7°C olarak tespit edilmiştir. Yüzeydeki düşük sıcaklıklar nedeniyle plazma uygulaması ile işlenmiş ve kontrol numuneleri arasında önemli sertlik farklılıklarına neden olmamıştır (Lee vd., 2018; Puligundla vd., 2018).

Tez çalışması kapsamında 0. Hafta ve 1. Hafta örneklerinde plazma uygulanmış örnekler ve kontrol örnekleri arasında yüzey sertliği açısından istatiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

4.3.6. Depolama boyunca nar tanelerinin duyusal özelliklerindeki değişim

Nar taneleri 3 hafta depolama süresince her hafta duyusal analize alınmıştır. Analizler 10 panelist tarafından 5 üzerinden (1: en kötü – 5: en iyi özelliklere sahip) değerlendirilmiştir (Çizelge 4.14). Depolamanın başlangıcında plazma uygulanmış örnekler ile kontrol örnekleri arasında istatiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Depolamanın birinci haftasında ise KHJP uygulanmış örneklerin tesktür değerleri AAJP uygulanmış örnekler ve kontrol örneğinden istatiksel olarak farklı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Depolamanın ikinci haftasında kontrol örnekleri, üçüncü haftasında ise tüm örnekler mikrobiyolojik bozulmadan ötürü duyusal analize alınmamıştır. Depolamanın ikinci haftasında kontrol örneklerinden farklı olarak AAJP ve KHJP'sı uygulanmış örneklerde gözle görülür bir mikrobiyolojik bozulma olmamıştır. KHJP ve AAJP'sı uygulanmış örneklerde ikinci hafta sonunda duyusal özelliklerde istatiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Tüm örneklerde renk, tat, aroma, tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerleri depolama süresi artışı ile birlikte istatiksel olarak önemli oranda azalmıştır. Nar tanelerinin tüketici tarafından genel kabul edilebilirlik sınırı en az "3" olarak kabul edilirse 2 hafta depolama sonucunda AAJP ve KHJP uygulanmış örnekler duyusal olarak tüketilebilir olarak bulunurken plazma uygulanmamış örnekler tüketime uygun bulunmamıştır.

Özdemir ve Gökmen (2017) nar tanelerinin kitosan ve askorbik asit karışımı içeren yenilebilir bir kaplama ile raf ömrünün uzatılması üzerine çalışmalarında, kontrol örneklerinin 2 hafta depolama sonunda örneklerde mikrobiyal gelişim sonucunda duyusal teste alınamadığını bildirmiştir. Çalışmada 25 gün depolama süresince örneklerdeki duyusal toplam kabul edilebilirlik değerinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

López-Rubira vd. (2005) modifiye atmosfer altında paketlenen minimum işlenmiş nar tanelerinin 10-14 gün depolama sonucunda duyusal kabul edilebilirliğinin kabul limitlerinin altına düştüğü belirtilmiştir.

Çizelge 4. 14. Atmosferik plazma uygulanmış nar tanelerinde depolama süresince duyusal özelliklerindeki değişim

Parametre **	**Uygulama**	**Depolama Süresi (gün)**			
		0	**7**	**14**	**21**
Renk	**Kontrol**	4,5±0,3 Aa	3,8±0,2 Ba	NA*	NA
	AAJP	4,3±0,2 Aa	3,9±0,6 ABa	3,6±0,5 Ba	NA
	KHJP	4,0±0,5 Aa	3,6±0,7 Aa	3,4±0,4 Aa	NA
Tat	**Kontrol**	4,4±0,2 Aa	3,7±0,3 Ba	NA	NA
	AAJP	4,5±0,5 Aa	3,5±0,4 Ba	2,9±0,4 Ba	NA
	KHJP	4,3±0,4 Aa	3,5±0,3 Ba	3,1±0,2 Ba	NA
Aroma	**Kontrol**	3,9±0,6 Aa	3,5±0,6 Aa	NA	NA
	AAJP	4,0±0,4 Aa	3,4±0,3 ABa	2,6±0,4 Ba	NA
	KHJP	3,9±0,4 Aa	3,2±0,5 Aa	2,3±0,6 Ba	NA
Tekstür	**Kontrol**	4,4±0,3 Aa	3,9±0,2 Aa	N	NA
	AAJP	3,9±0,4 Aab	3,6±0,3 Aa	2,8±0,4 Ba	NA
	KHJP	3,7±0,3 Ab	3,0±0,2 Bb	2,5±0,3 Ca	NA
Genel Kabul Edilebilirlik	**Kontrol**	4,3±0,3 Aa	3,8±0,3 Aa	NA	NA
	AAJP	4,2±0,2 Aa	3,6±0,4ABa	3,2±0,3 Ba	NA
	KHJP	4,0±0,3 Aa	3,5±0,6 ABa	2,9±0,4 Ba	NA

* Nar tanelerinde mikrobiyolojik üreme bulunduğundan duyusal analiz yapılamamıştır.
** Duyusal analizler 5 üzerinden (1: en kötü – 5: en iyi) değerlendirilmiştir (n=10 panelist)
***Aynı sütunda aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.
****Aynı satırda aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasında Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir fark yoktur.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Daha sağlıklı bir beslenme için evrensel istek beraberinde yüksek besin değeri olan ve katkı maddesi içermeyen, uygun ve taze gıda ürünlerine olan talebin artmasına neden olmuştur. Minimum düzeyde taze işlenmiş meyve ve sebzeler, tüketicilerin yüksek besin kalitesi ve kullanışlı ürün algısını tatmin etmektedir. Minimum işlenmiş gıdaların besinsel ve fiziksel özelliklerini kaybetmeden depolanabilme süresinin uzatılması amacıyla klorlama gibi birçok ısıl olmayan yöntem kullanılmakla beraber, ürünlerin besinsel, fiziksel ve duyusal özelliklerini değiştirmeden raf ömrünü uzatmada kullanılabilecek yeni yöntemler araştırılmaya devam etmektedir. Minimum işlenmiş gıdaların raf ömrü süresince yukarıda belirtilen kalite kriterlerini için soğuk plazma yöntemi son zamanlarda yenilikçi bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Tez çalışması kapsamında, yenilikçi ısıl olmayan uygulamalardan birisi olan soğuk atmosferik plazma uygulamasının minimum işlenmiş nar tanesi üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Minimum işlenmiş gıdalarda karşılaşılan sorunların başında ürünlere uygulanan fiziksel işlemler (yıkama, soyma, dilimleme gibi) sonrasında gıdanın mikrobiyal bozulma hızının artmasıyla beraber raf ömrünün kısıtlanmasıdır. Tez kapsamında, minimal olarak işlenmiş nar tanelerinde atmosferik plazma yönteminin mevcut durumunu ve uygulamalarını vurgulamakta ve gelecekteki olasılıkları tanımlamaktadır.

Tez çalışmasında soğuk atmosferik kuru hava/argon plazma uygulamaları sırasında nar yüzeyinde sıcaklığın <50 ºC olduğu plazma parametreleri ısıl olmayan işlem olarak seçilmiştir. Tezin ilk bölümünde nar tanelerinin yüzeyinde en yüksek düzeyde dekontaminasyon sağlayan AAJP koşullarını belirlemek amacıyla *E. coli* ATCC 25922

ile inoküle edilmiş nar tanelerine farklı mesafe (2, 3 ve 4 cm) ve sürelerde (10, 30 ve 60 s) plazma işlemi uygulanmıştır. Aynı şekilde KHJP koşullarını tespit edebilmek amacıyla *E. coli* ATCC 25922 ile inoküle edilmiş nar tanelerine 5, 6 ve 7 cm mesafe ve 10, 30 ve 60 s süre plazma işlemi uygulanmıştır

Amosferik argon jet plazması uygulaması sonucunda nar taneleri yüzeylerindeki *E. coli* ATCC 25922 sayısında en fazla azalma 4,35 log kob/g ile 2 cm uygulama mesafesi ve 60 s uygulama süresi parametresinde bulunmuştur. Uygulama sonucunda nar tanelerindeki yüzey sıcaklığının 41,0 ºC olduğu tespit edilmiştir.

Atmosferik kuru hava jet plazma (KHJP) uygulamaları sonucunda yüzey mikrobiyal yükündeki en fazla azalma 5,40 log kob/g ile 5 cm uygulama mesafesi ve 60 s uygulama süresi parametresinde bulunmuştur (Çizelge 3.2). Ancak bu koşullarda nar tanelerinin yüzey sıcaklığı 57,3 ºC'ye ulaşmıştır. Yüzey sıcaklığı 50 ºC'yi aştığı için bu KHJP parametresi yerine mikrobiyal yükte ikinci en fazla azalmayı sağlayan KHJP parametresi (6 cm – 60 s) seçilmiştir. 6 cm – 60 s KHJP uygulaması sonucunda mikrobiyal yükte 4,68 log kob/g azalma tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde ise *E. coli* ATCC 25922 sayısında en fazla azalma sağlayan koşullarda üretilen nar tanelerinin 3 hafta depolama boyunca fizikokimyasal ve mikrobiyal kalitelerindeki değişim gözlemlenmiştir. Depolama sürecinde plazma uygulanmış ve uygulanmamış kontrol örneklerindeki *E. coli* sayısı depolama boyunca azalma göstermiştir, plazma uygulanmamış örneklerde azalma oranı daha düşük, uygulanmış örenklerde ise azalma daha yüksek seviyede bulunmuştur.

Atmosferik argon plazması uygulaması sonucunda nar tanelerinin toplam fenolik madde içeriğinde en fazla % 6,9 oranında (3 cm – 10 s) azalma meydana gelmiştir. KHJP uygulaması sonrasında ise en fazla % 4,9 (7 cm – 60 s) oranında azalma meydana gelmiştir. Plazma uygulama mesafesi ve uygulama süresi ile örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde değişim incelendiğinde genel olarak uygulama süresindeki artış ile beraber örneklerin fenolik madde içerinde değişim arasında net bir ilişki bulunamamıştır. Genel olarak bakıldığında 2-4 cm uygulama mesafesi ve 10-60 s uygulama süresinde AAJP uygulamasının nar tanelerinin fenolik madde içeriğine önemli bir etkisi olmadığı ($P > 0,05$) görülmüştür.

Tez çalışması kapsamında atmosferik plazma uygulamasının nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesi (TAA) üzerine etkileri incelendiğinde KHJP uygulaması sonrasında nar tanelerinin toplam antioksidan aktivitesi ile en fazla % 38,7 (5 cm – 30 s) azalırken argon plazması uygulaması sonucunda % 15,2 azalma (3 cm – 60 s) tespit edilmiştir. KHJP uygulaması sonucunda genel olarak plazma uygulama süresindeki artış ile beraber toplam antioksidan aktivitedeki düşüş oranı artmıştır. AAJP uygulamasında ise plazma uygulama süresindeki artış ile toplam antioksidan aktivitede KHJP'de olduğu gibi bir değişim gözlemlenmemiştir. KHJP uygulaması esnasında ortamda reaktif azot ve oksijen türlerinin yüksek miktarda oluşması antioksidan aktivitedeki daha fazla düşüşün nedeni olarak gösterilebilir.

Depolama süresince gerek plazma uygulanmış gerek de plazma uygulanmamış nar taneleri örneklerinin tümünde pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) bir artış gözlenmemiştir.

AAJP ve KHJP uygulamalarıyla üretilen nar tanelerinin 3 hafta buzdolabı sıcaklığında depolanması süresince renk değerlerindeki değişim; KHJP uygulanmış örneklerde ΔE değeri 21 gün depolama sonucunda 5,36 olarak tespit edilirken kontrol grubu örneklerde 3.81 olarak bulunmuştur. AAJP uygulanmış örneklerde ΔE değeri 21 gün depolama sonucunda 2,36 olarak tespit edilirken kontrol grubu örneklerde 5,17 olarak bulunmuştur. AAJP uygulaması sonrasında örneklerin ΔE değerleri 3'in altında bulunmuştur.

Depolama süresince örneklerin ºBrix ve pH değerlerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. AAJP ve KHJP uygulanmış örneklerde plazma uygulaması sonrasında daha yüksek nem kaybı nedeniyle ºBrix değerindeki artış gözlemlenmiştir.

Nar tanelerinde depolama boyunca ağırlık kayıpları zamanla artış göstermiştir. AAJP ve KHJP uygulanmış tanelerdeki nem kaybı kontrol örneklerine göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Depolama sonunda AAJP uygulanmış örneklerdeki nem kaybı oranı ile kontrol örneklerindeki nem kaybı arasında istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) bir fark bulunmazken (% 4,45), KHJP uygulanmış örneklerdeki nem kaybı oranı ile kontrol örneklerindeki nem kaybı arasında istatiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) bir fark bulunmuştur (% 5,24).

Elde edilen sonuçlar AAJP ve KHJP uygulamalarının nar ve diğer meyvelerin minimum işlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Plazma uygulamasında proses gazı olarak kuru hava tercih edilmesi, argona göre çok ucuz olmasından dolayı maliyetleri azaltabilecektir. Plazma uygulamasının etliğinin arttırılabilmesi için nemli hava gibi çeşitli gaz karışımlarının kullanım olasılığı araştırılmalıdır. Ayrıca atmosferik plazma uygulaması meyve ve sebzelerin solunum gibi fizyolojik özellikleri üzerine etkileri de ayrıca incelenmelidir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar soğuk atmosferik plazmanın gıda endüstrisinde gıdaların yapısını bozmadan mikrobiyal yükün azaltılmasında kullanılabileceğini göstermektedir. Tez sonuçları Ayrıca, nar tanesi gibi hassas bir gıdanın bile plazma uygulamaları ile besinsel ve fiziksel kalitesi önemli ölçüde değişmeden işlenebileceğine işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

Aboubakr, H. A., Gangal, U., Youssef, M. M., Goyal, S. M., & Bruggeman, P. J. (2016). Inactivation of virus in solution by cold atmospheric pressure plasma: identification of chemical inactivation pathways. *Journal of Physics D: Applied Physics*, *49*(20), 204001.

Acar, J ve Gökmen, V., 2005. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt 1- Meyve ve Sebze Suları Üretimi, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, ISBN: 975-491- 179-7, Ankara, 674s.

Afshari, R., & Hosseini, H. (2014). Non-thermal plasma as a new food preservation method, its present and future prospect. *Archives of Advances in Biosciences*, *5*(1).

Ahangari, M., Ramezan, Y., & Khani, M. R. (2021). Effect of low pressure cold plasma treatment on microbial decontamination and physicochemical properties of dried walnut kernels (Juglans regia L.). *Journal of Food Process Engineering*, *44*(1), e13593.

Amini, M., & Ghoranneviss, M. (2016). Effects of cold plasma treatment on antioxidants activity, phenolic contents and shelf life of fresh and dried walnut (Juglans regia L.) cultivars during storage. *LWT*, *73*, 178-184.

Amiri, A., Ramezanian, A., Mortazavi, S. M. H., Hosseini, S. M. H., & Yahia, E. (2021). Shelf-life extension of pomegranate arils using chitosan nanoparticles loaded with Satureja hortensis essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(9), 3778-3786.

Arendse, E., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2014). Influence of storage temperature and duration on postharvest physico-chemical and mechanical properties of pomegranate fruit and arils. *CyTA-Journal of Food*, *12*(4), 389-398.

Bagci, P. O. (2021). Integrated membrane processes in pomegranate juice processing. *Membrane Systems in the Food Production: Volume 2: Wellness Ingredients and Juice Processing*, 207.

Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2020. Erişim tarihi 24 Aralık 2022. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Crop-Production-2020-33737.

BOLIN, H. R., & HUXSOLL, C. C. (1989). Storage stability of minimally processed fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, *13*(4), 281-292.

Bourke, P., Ziuzina, D., Han, L., Cullen, P., & Gilmore, B. F. (2017). Microbiological interactions with cold plasma. *Journal of applied microbiology*, *123*(2), 308-324.

Case Count Rises to 147 in Hepatitis A Outbreak Linked to Pomegranate Seeds, Erişim tarihi 20 Aralık 2022. https://www.foodsafetynews.com/2013/07/case-count-rises-to-147-in-hepatitis-a-outbreak-linked-to-pomegranate-seeds/

Cerdá, B., Llorach, R., Cerón, J. J., Espín, J. C., & Tomás-Barberán, F. A. (2003). Evaluation of the bioavailability and metabolism in the rat of punicalagin, an

antioxidant polyphenol from pomegranate juice. *European journal of nutrition*, *42*(1), 18-28.

Dahlawi, H., Jordan-Mahy, N., Clench, M. R., & Le Maitre, C. L. (2012). Bioactive actions of pomegranate fruit extracts on leukemia cell lines in vitro hold promise for new therapeutic agents for leukemia. *Nutrition and cancer*, *64*(1), 100-110.

Ekrami-Rad, N., Khazaei, J., & Khoshtaghaza, M.-H. (2011). Selected mechanical properties of pomegranate peel and fruit. *International Journal of Food Properties*, *14*(3), 570-582.

Elfalleh, W., Tlili, N., Nasri, N., Yahia, Y., Hannachi, H., Chaira, N., Ying, M., & Ferchichi, A. (2011). Antioxidant capacities of phenolic compounds and tocopherols from Tunisian pomegranate (Punica granatum) fruits. *Journal of food science*, *76*(5), C707-C713.

Ergin, S. Ö. (2019). Nar meyvesi (Punica granatum L.) ile farklı nar ürünlerinin antioksidan özellikleri. *Akademik Gıda*, *17*(2), 243-251.

Eshmatov, E., & Dodayev, K. (2020). Pomegranate juice, defects, improving of producing technology. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 1-3.

Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit. *Industrial crops and products*, *47*, 300-309.

Feizollahi, E., Misra, N., & Roopesh, M. (2021). Factors influencing the antimicrobial efficacy of dielectric barrier discharge (DBD) atmospheric cold plasma (ACP) in food processing applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(4), 666-689.

Filipić, A., Gutierrez-Aguirre, I., Primc, G., Mozetič, M., & Dobnik, D. (2020). Cold plasma, a new hope in the field of virus inactivation. *Trends in biotechnology*, *38*(11), 1278-1291.

García-Alonso, M. a., de Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food chemistry*, *84*(1), 13-18.

Garofulić, I. E., Jambrak, A. R., Milošević, S., Dragović-Uzelac, V., Zorić, Z., & Herceg, Z. (2015). The effect of gas phase plasma treatment on the anthocyanin and phenolic acid content of sour cherry Marasca (Prunus cerasus var. Marasca) juice. *LWT-food science and technology*, *62*(1), 894-900.

Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., & Sajedi, R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (Punica granatum L. cv. Tarom) at cold storage temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(2), 368-374.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of agricultural and food chemistry*, *48*(10), 4581-4589.

Gilmore, B. F., Flynn, P. B., O'Brien, S., Hickok, N., Freeman, T., & Bourke, P. (2018). Cold plasmas for biofilm control: opportunities and challenges. *Trends in biotechnology*, *36*(6), 627-638.

Giménez-Bastida, J. A., Ávila-Gálvez, M. Á., Espín, J. C., & González-Sarrías, A. (2021). Evidence for health properties of pomegranate juices and extracts beyond

nutrition: A critical systematic review of human studies. *Trends in Food Science & Technology*, *114*, 410-423.
Gölükcü, M., Tokgöz, H., & KIRALAN, M. (2008). Ülkemizde yetiştirilen önemli nar (Punica granatum) çeşitlerine ait çekirdeklerin bazı özellikleri. *Gıda*, *33*(6), 281-290.
Güleç, H. A., Sarıogˇlu, K., & Mutlu, M. (2006). Modification of food contacting surfaces by plasma polymerisation technique. Part I: Determination of hydrophilicity, hydrophobicity and surface free energy by contact angle method. *Journal of Food Engineering*, *75*(2), 187-195.
Heber, D., Schulman, R. N., & Seeram, N. P. (2006). *Pomegranates: ancient roots to modern medicine*. CRC press.
Hou, Y., Wang, R., Gan, Z., Shao, T., Zhang, X., He, M., & Sun, A. (2019). Effect of cold plasma on blueberry juice quality. *Food chemistry*, *290*, 79-86.
Hury, S., Vidal, D., Desor, F., Pelletier, J., & Lagarde, T. (1998). A parametric study of the destruction efficiency of Bacillus spores in low pressure oxygen-based plasmas. *Letters in applied microbiology*, *26*(6), 417-421.
Kapetanakou, A., Stragkas, I., & Skandamis, P. (2015). Developing an antimicrobial packaging of ready-to-eat pomegranate arils based on vapors of brandy or distillery ethanol. *Food Research International*, *69*, 141-150.
Kashfi, A. S., Ramezan, Y., & Khani, M. R. (2020). Simultaneous study of the antioxidant activity, microbial decontamination and color of dried peppermint (Mentha piperita L.) using low pressure cold plasma. *LWT*, *123*, 109121.
Kingsly, A., Singh, D., Manikantan, M., & Jain, R. (2006). Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (Anardana). *Journal of Food Engineering*, *75*(4), 492-496.
Komaki, Y., Simpson, A. M.-A., Choe, J. K., Plewa, M. J., & Mitch, W. A. (2018). Chlorotyrosines versus volatile byproducts from chlorine disinfection during washing of spinach and lettuce. *Environmental science & technology*, *52*(16), 9361-9369.
Kulkarni, A. P., & Aradhya, S. M. (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food chemistry*, *93*(2), 319-324.
Kurt, H., & Şahin, G. (2013). Bir ziraat coğrafyası çalışması: Türkiye'de nar (Punica granatum L.) tarımı.
Lee, H., Kim, J. E., Chung, M.-S., & Min, S. C. (2015). Cold plasma treatment for the microbiological safety of cabbage, lettuce, and dried figs. *Food microbiology*, *51*, 74-80.
Lee, T., Puligundla, P., & Mok, C. (2018). Intermittent corona discharge plasma jet for improving tomato quality. *Journal of Food Engineering*, *223*, 168-174.
Lerouge, S., Wertheimer, M., & L'H, Y. (2001). Plasma sterilization: a review of parameters, mechanisms, and limitations. *Plasmas and Polymers*, *6*(3), 175-188.
Lerouge, S., Wertheimer, M., & Yahia, L. H. (2001). Plasma sterilization: a review of parameters, mechanisms, and limitations. *Plasmas and Polymers*, *6*(3), 175-188.
Li, X., Li, M., Ji, N., Jin, P., Zhang, J., Zheng, Y., Zhang, X., & Li, F. (2019). Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (Hylocereus undatus) fruit. *LWT*, *115*, 108447.
Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *6*(3), 60-75.

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 biology and technology*, *37*(2), 174-185.

Ma, R., Yu, S., Tian, Y., Wang, K., Sun, C., Li, X., Zhang, J., Chen, K., & Fang, J. (2016). Effect of non-thermal plasma-activated water on fruit decay and quality in postharvest Chinese bayberries. *Food and Bioprocess Technology*, *9*(11), 1825-1834.

Mahnot, N. K., Siyu, L.-P., Wan, Z., Keener, K. M., & Misra, N. (2020). In-package cold plasma decontamination of fresh-cut carrots: Microbial and quality aspects. *Journal of Physics D: Applied Physics*, *53*(15), 154002.

Mao, L., Mhaske, P., Zing, X., Kasapis, S., Majzoobi, M., & Farahnaky, A. (2021). Cold plasma: Microbial inactivation and effects on quality attributes of fresh and minimally processed fruits and Ready-To-Eat vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, *116*, 146-175.

Matan, N., Puangjinda, K., Phothisuwan, S., & Nisoa, M. (2015). Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit. *Food Control*, *50*, 291-296.

Misra, N., Tiwari, B., Raghavarao, K., & Cullen, P. (2011). Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Engineering Reviews*, *3*(3-4), 159-170.

Misra, N. N., Keener, K. M., Bourke, P., Mosnier, J.-P., & Cullen, P. J. (2014). In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. *Journal of bioscience and bioengineering*, *118*(2), 177-182.

Moga, M. A., Dimienescu, O. G., Bălan, A., Dima, L., Toma, S. I., Bîgiu, N. F., & Blidaru, A. (2021). Pharmacological and therapeutic properties of Punica granatum phytochemicals: possible roles in breast cancer. *Molecules*, *26*(4), 1054.

Muranyi, P., Wunderlich, J., & Heise, M. (2007). Sterilization efficiency of a cascaded dielectric barrier discharge. *Journal of applied microbiology*, *103*(5), 1535-1544.

Nwabor, O. F., Onyeaka, H., Miri, T., Obileke, K., Anumudu, C., & Hart, A. (2022). A cold plasma technology for ensuring the microbiological safety and quality of foods. *Food Engineering Reviews*, 1-20.

O'Grady, L., Sigge, G., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2014). Bioactive compounds and quality attributes of pomegranate arils (Punica granatum L.) processed after long-term storage. *Food packaging and shelf life*, *2*(1), 30-37.

Özdemir, K. S., & Gökmen, V. (2017). Extending the shelf-life of pomegranate arils with chitosan-ascorbic acid coating. *LWT-food science and technology*, *76*, 172-180.

Palma, A., Continella, A., La Malfa, S., Gentile, A., & D'Aquino, S. (2015). Overall quality of ready-to-eat pomegranate arils processed from cold stored fruit. *Postharvest biology and technology*, *109*, 1-9.

Pan, Y.-W., Cheng, J.-H., & Sun, D.-W. (2021). Inhibition of fruit softening by cold plasma treatments: affecting factors and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(12), 1935-1946.

Pankaj, S. K., Wan, Z., Colonna, W., & Keener, K. M. (2017). Effect of high voltage atmospheric cold plasma on white grape juice quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(12), 4016-4021.

Pankaj, S. K., Wan, Z., & Keener, K. M. (2018). Effects of cold plasma on food quality: A review. *Foods*, *7*(1), 4.

Perni, S., Liu, D. W., Shama, G., & Kong, M. G. (2008). Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of fruit. *Journal of food protection*, *71*(2), 302-308.

Pina-Perez, M., Martinet, D., Palacios-Gorba, C., Ellert, C., & Beyrer, M. (2020). Low-energy short-term cold atmospheric plasma: controlling the inactivation efficacy of bacterial spores in powders. *Food Research International*, *130*, 108921.

Puligundla, P., Lee, T., & Mok, C. (2018). Effect of intermittent corona discharge plasma treatment for improving microbial quality and shelf life of kumquat (Citrus japonica) fruits. *LWT*, *91*, 8-13.

Ramazzina, I., Berardinelli, A., Rizzi, F., Tappi, S., Ragni, L., Sacchetti, G., & Rocculi, P. (2015). Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. *Postharvest biology and technology*, *107*, 55-65.

Ramazzina, I., Tappi, S., Rocculi, P., Sacchetti, G., Berardinelli, A., Marseglia, A., & Rizzi, F. (2016). Effect of cold plasma treatment on the functional properties of fresh-cut apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, *64*(42), 8010-8018.

Riyahi, R., Rafiee, S., Dalvand, M., & Keyhani, A. (2011). Some physical characteristics of pomegranate, seeds and arils. *Journal of Agricultural Technology*, *7*(6), 1523-1537.

Rodriguez, Ó., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. (2022). Effect of glow discharge plasma technology on the phenolic content and antioxidant capacity of four tropical juices with different phenolic composition. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(1), e16110.

Sapers, G. M., Novak, J. S., & Juneja, V. K. (2002). Microbial safety of minimally processed foods.

Scifò, G. O., Randazzo, C. L., Restuccia, C., Fava, G., & Caggia, C. (2009). Listeria innocua growth in fresh cut mixed leafy salads packaged in modified atmosphere. *Food Control*, *20*(7), 611-617.

Sharma, M., Ingram, D. T., Patel, J. R., Millner, P. D., Wang, X., Hull, A. E., & Donnenberg, M. S. (2009). A novel approach to investigate the uptake and internalization of Escherichia coli O157: H7 in spinach cultivated in soil and hydroponic medium. *Journal of food protection*, *72*(7), 1513-1520.

Sharma, R., Reddy, S. V. R., & Sethi, S. (2018). Cold plasma technology for surface disinfection of fruits and vegetables. In *Postharvest disinfection of fruits and vegetables* (pp. 197-209). Elsevier.

Spanos, G. A., & Wrolstad, R. E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, *38*(7), 1565-1571.

Sruthi, N., Josna, K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M., & Khaneghah, A. M. (2022). Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review. *Food chemistry*, *368*, 130809.

Swer, T. L., Chauhan, K., Mukhim, C., Bashir, K., & Kumar, A. (2019). Application of anthocyanins extracted from Sohiong (Prunus nepalensis L.) in food processing. *LWT*, *114*, 108360.

Şen, Y. (2015). Atmosferik Basınç Plazma Uygulamasının Gıdaların Dekontaminasyonu ve Detoksifikasyonu Amacıyla Kullanımı.

Temiz, A., Bağcı, U., & Toğay, S. Ö. (2011). Değişik Dekontaminasyon Yöntemlerinin Yapraklı Sebzelerde Mikrobiyel Yük Üzerine Etkisi (İngilizce). *Gıda*, *36*(1), 9-16.

Venkataramudu, K., Naik, S., Viswanath, M., & Chandramohan, G. (2018). Packaging and storage of pomegranate fruits and arils: A review. *International Journal of Chemical Studies*, *6*(6), 1964-1967.

Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *9*(6), 635-654.

Wang, S., Zhang, J., Li, G., Ding, Y., Zhao, L., Song, Y., Duan, X., & Ge, W. (2022). Changes of bacterial microbiota and volatile flavor compounds in ewe milk during dielectric barrier discharge cold plasma processing. *Food Research International*, *159*, 111607.

Won, M. Y., Lee, S. J., & Min, S. C. (2017). Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *39*, 25-32.

Yilmaz, E., & Bagci, P. O. (2019). Ultrafiltration of broccoli juice using polyethersulfone membrane: fouling analysis and evaluation of the juice quality. *Food and Bioprocess Technology*, *12*, 1273-1283.

Zagorska, J., Galoburda, R., Raita, S., & Liepa, M. (2021). Inactivation and recovery of bacterial strains, individually and mixed, in milk after high pressure processing. *International Dairy Journal*, *123*, 105147.

Zhang, B., Tan, C., Zou, F., Sun, Y., Shang, N., & Wu, W. (2022). Impacts of Cold Plasma Technology on Sensory, Nutritional and Safety Quality of Food: A Review. *Foods*, *11*(18), 2818.

Ziuzina, D., Misra, N., Han, L., Cullen, P., Moiseev, T., Mosnier, J.-P., Keener, K., Gaston, E., Vilaró, I., & Bourke, P. (2020). Investigation of a large gap cold plasma reactor for continuous in-package decontamination of fresh strawberries and spinach. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *59*, 102229.

Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P. J., Keener, K., & Bourke, P. (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of Escherichia coli, Salmonella enterica serovar Typhimurium and Listeria monocytogenes inoculated on fresh produce. *Food microbiology*, *42*, 109-116.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : İrem TAVŞANTEPE

Doğum Yeri : Edirne

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 2008 -2012 80.yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesi

Lisans : 2012-2012 Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi

2018 -2021 Trakyalılar Süt Anonim Şirkeri