



**T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ELEKTROLİZE SU VE ULTRASES UYGULAMALARININ MODİFİYE
ATMOSFER PAKETLEME İLE TAZE ÇİLEĞİN DEPOLAMA STABİLİTESİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA TIRYAKI

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. CENGİZ CANER**

ÇANAKKALE – 2021



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ELEKTROLİZE SU VE ULTRASES UYGULAMALARININ MODİFİYE
ATMOSFER PAKETLEME İLE TAZE ÇİLEĞİN DEPOLAMA STABİLİTESİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA TİRYAKİ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. CENGİZ CANER

ÇANAKKALE – 2021



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Kübra TİRYAKİ tarafından Prof. Dr. Cengiz CANER yönetiminde hazırlanan ve **29/12/2021** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**ELEKTROLİZE SU VE ULTRASES UYGULAMALARININ MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEME İLE TAZE ÇİLEĞİNDEPOLAMA STABİLİTESİNE ETKİSİ**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Cengiz CANER

(Danışman)

Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA

Prof. Dr. Gürbüz GÜNEŞ

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 29/12/2021

.....

İSİM SOYİSMİ

Enstitü Müdürü

29/12/2021

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Kübra TİRYAKİ

29/12/2021

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Cengiz CANER'e,

Bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra yardımlarıyla da çalışmalarına her zaman katkıda bulunan Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA ve Doç. Dr. Muhammed YÜCEER'e,

Özellikle mikrobiyoloji analizleri aşamasında çeşitli alet ve ekipmanların kullanmasında imkan sağlayan ve destek olan sayın Prof. Dr. Nükhet ZORBA ve öğrencileri, Melike Nur Tosun ve Gizem TAYLAN'a,

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne ve Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

Çalışmamızı değerlendiren sayın jüri üyelerine,

Yıllardır her daim yanımda olan değerli arkadaşlarım Betül GÖNÜL ve Büşra TOPCU'ya,

Hayatımın her evresinde bana destek olan maddi manevi desteklerini esirgemeyen babam Suat TİRYAKİ, annem Hamiyet TİRYAKİ ve kardeşim Samet TİRYAKİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kübra TİRYAKİ

Çanakkale, Aralık 2021

ÖZET

ELEKTROLİZE SU VE ULTRASES UYGULAMALARININ MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEME İLE TAZE ÇİLEĞİN DEPOLAMA STABİLİTESİNE ETKİSİ

Kübra TİRYAKİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cengiz CANER

29/12/2021, 105

Taze çileklerde depolama stabilitesini artırmak ve kalite özelliklerini korumak amacıyla elektrolize su (ES; 50 ve 100 ppm, 3 dk), ultrases (US; 80W, 3 dk) ve kombinasyonları sonrası mikroperfore üst film kullanılarak modifiye atmosfer paketlemenin (MAP) taze çileklerin depolama stabilitesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Çileklerde 5 hafta süre ile +4°C'de depolama boyunca meydana gelen değişimler, mikrobiyolojik (maya, küf, psikrofil bakteri yükü ve çürüme yüzdesi) ve fizikokimyasal (ambalaj içi gaz konsantrasyonu, pH, SÇKM, renkdeğerleri (L, a, b), monomerik antosiyanin, toplam fenol ve tekstür profili) özellikler bakımından incelenmiştir.

Uygulamalar sonrası çileklerin başlangıç küf yükünde (~3,06 log kob/g) en fazla azalış, 50 ppm ES uygulaması (1,3 log kob/g) ile gözlenmiştir. Bu azalışı 1,6 log kob/g ile 100 ppm ES uygulaması takip etmiştir. ES (50 ppm ve 100 ppm) MAP uygulamaları ile gözlenen bu azalış etkisi, 5 hafta depolama boyunca da etkili olup çileklerin mikrobiyal yüklerindeki gelişimi daha belirgin bir düzeyde sınırlandırmıştır.

Çileklerin önemli fizikokimyasal özelliklerinden antosiyanin içerikleri ve buna paralel olarak kırmızı renk (a değeri) yoğunlukları bakımından da tek başına ES uygulamasının etkinliği ön plana çıkmıştır. Benzer şekilde depolama sonunda çileklerin toplam fenol içerikleri, özellikle 50 ppm ES uygulaması ile daha yüksek (%30'a kadar) düzeyde korumuştur.

Tekstür bulguları incelendiğinde ise, çileklerin sertlik değerleri başlangıç değerlerine kıyasla ES uygulamaları en az düşüşe (% 57,8) sahipken, en yüksek düşüş (% 69,3) kontrol grubunda görülmüştür.

Sonuç olarak, düşük konsantrasyonlu elektrolize su uygulaması, taze çileğin depolama stabilitesini artırmak için yenilikçi bir yöntem olduğunu göstermektedir. Diğer uygulamaların da çileklerin raf ömrüne pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Elektrolize su, Ultrases, Mofiyeye Atmosferde Paketleme



ABSTRACT

THE EFFECT OF ELECTROLYZED WATER AND ULTRASOUND WITH MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON STORAGE STABILITY OF FRESH STRAWBERRY

Kübra Tiryaki

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate Education Institute

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Cengiz CANER

29/12/2021, 105

The aim of to evaluate effectiveness of modified atmosphere packaging (MAP) using microperforated top film after than electrolyzed water (50 and 100 ppm 3-minutes), ultrasonication (80W 3 minutes) and their combinations in preserving the storage stability and quality characteristics of fresh strawberries.

The changes in strawberries were examined in terms of certain microbiological (yeast, mold, psychrophilic bacteria CFU values and decay percentage) and physicochemical (gas concentration in packaging, pH, brix, color (L,a,b values), anthocyanin and total phenolic content and texture profile) during the 5 weeks of storage at +4°C period.

After the applications, the maximum decrease in the initial mold load (~3,06 log cfu/g) of the strawberries was observed with 50 ppm ES application (1,3 log cfu/g). This decrease was followed by 1,6 log cfu/g and 100 ppm ES application. This decrease effect observed with ES (50 ppm and 100 ppm) MAP applications was also effective during 5 weeks of storage and limited the development of the microbial load of strawberries more clearly.

The effectiveness of ES application alone has come to the fore in terms of anthocyanin content and accordingly the red color (a value) intensities which is one of the important physicochemical properties of strawberries. Similarly, at the end of storage, the total phenol contents of strawberries were preserved at a higher level (up to 30 %), especially with 50 ppm ES application.

According to the texture profile analysis, electrolyzed water applications had the least decrease (57,8%) in the hardness values of strawberries compared to the initial values, while the highest decrease (69,3%) was observed in the control group.

Eventually in study reveals that applications of low concentration electrolyzed water are an innovative method to increase the storage stability of the fresh strawberries. It has been determined that other applications have a positive effect on the shelf life of strawberries.

Keywords: Strawberry, Electrolyzed water, Ultrasound, Modified Atmosphere Packaging

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM

6

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Meyve ve Sebzeler.....	6
2.1.1. Genel Bilgiler	6
2.1.2. Meyve ve Sebzelerde Kaliteyi Etkileyen Etmenler.....	8
2.1.3. Çilek	10
2.1.4. Çilek Depolamasında Kullanılan Isıl Olmayan Yenilikçi Uygulamalar.....	13
2.1.5. Ultrases Uygulaması ve Yapılan Çalışmalar.....	19
2.1.6. Elektrolize Su Uygulaması ve Yapılan Çalışmalar	26
2.1.7. Modifiye Atmosferli Ambalajlama ve Yapılan Çalışmalar	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

45

3.1. Materyal.....	45
3.1.1. Elektrolize Su Uygulaması.....	45
3.1.2. Ultrases Uygulaması	45
3.1.3. Kombinasyon Uygulamaları	46
3.1.4. Ambalajlama ve Depolama	46
3.2. Yöntem	48
3.2.1. Ağırlık Kaybı Analizi.....	48
3.2.2. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi	48
3.2.3. Renk Analizi.....	49
3.2.4. pH Tayini.....	49
3.2.5. Suda Çözünebilir Kuru Madde Tayini	49
3.2.6. Tekstür Doku Profil Analizi.....	49
3.2.7. Toplam Fenol Analizi.....	52
3.2.8. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini.....	53
3.2.9. Mikrobiyolojik Analizler.....	55
3.2.10. İstatistiksel Analizler.....	56

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

57

4.1. Deoplama Boyunca Fiziko-kimyasal Değişimler.....	57
4.1.1. Çileklerde Ağırlık Kaybı.....	57
4.1.2. Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu Değişimleri.....	60
4.1.3. Çileklerde Renk Değişimi	65

4.1.4.	Çileklerde pH Değişimi.....	68
4.1.5.	Çileklerde Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı Değişimi	69
4.1.6.	Çileklerde Tekstür Doku Profili Değişimleri	71
4.1.7.	Çileklerde Toplam Fenol Miktarı Değişimleri.....	76
4.1.8.	Toplam MonomerikAntosiyanin Miktarı	78
4.1.9.	Çileklerin Mikrobiyal Yükündeki Değişimler	80

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

87

KAYNAKÇA	89
ÖZGEÇMİŞ.....	I

SİMGELER ve KISALTMALAR

MAP	Modifiye atmosferde paketleme
DMAP	Denge modifiye atmosferde ambalajlama
N ₂	Azot
O ₂	Oksijen
CO ₂	Karbondioksit
Ar	Argon
Na ⁺	Sodyum iyonu
Cl ⁻	Klor iyonu
OH ⁻	Hidroksil iyonu
H ⁺	Hidrojen iyonu
HOCl	Hipoklorik asit
- OCl	Hipoklorit iyonu
HCl	Hidroklorik asit
NaOH	Sodyum hidroksit
ACC	Mevcut klor konsantrasyonu
PEF	Darbeli elektrik alan
V	Volt
Kv	Kilovolt
Cm	Santimetre
Ms	Mikrosaniye
Log	Logaritma
°C	Santigrat derece
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
%	Yüzde oranı
HPP	Yüksek basınç
MPa	Megapaskal
Ppm	Parts per million-Milyonda bir
CP	Soğuk plazma

L	Litre
IR	İyonlaştırıcı radyasyon
NIR	İyonlaştırıcı olmayan radyasyon
UV	Ultraviyole
ES	Elektrolize su
US	Ultrases
BES	Bazik elektrolize su
AES	Asidik elektrolize su
NES	Nötr elektrolize su
HAES	Hafif asidik elektrolize su
ORP	Oksidasyon redüksiyon potansiyali
mV	Milivolt
A	Amper
Nm	Nanometre
PET	Polietilen tereftalat
PP	Polipropilen
ŞÇKM	Suda çözüner kuru madde
°Bx	Briks
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point - Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları
W	Watt
M	Metre
Dk	Dakika
S	Saniye
ml	Mililitre
SAS	Statistical Analysis System – Varyans analizi
FAO	Food and Agriculture Organization - Gıda ve Tarım Örgütü
FAOSTAT	The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database website-Gıda ve Tarım Örgütü Kurumsal İstatistiksel Veritabanı web sitesi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
Kcal	Kilokalori

G	Gram
Mg	Miligram
Mg	Mikrogram
Ms	Mikrosaniye
kGy	Kilogray
K	Kelvin
Atm	Atmosfer
NaCl	Sodyum klorür
mm ²	Milimetrekare
TPA	Tekstür profil analizi
µL	Mikrolitre
ABS	Absorbans
GAE	Gallik asit eşdeğeri

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Türkiye'deki yıllara göre tarım alanları	6
Tablo 2	Türkiye'deki yıllara göre bazı meyve ve sebze üretim miktarları (ton)	7
Tablo 3	100 g çilek için besin değerleri	11
Tablo 4	Gıda endüstrisindeki yüksek güçlü ultrases uygulamaları	23
Tablo 5	Gıda endüstrisindeki elektrolize su uygulamaları	33
Tablo 6	MAP tasarımında yer alan değişkenler	38
Tablo 7	Bazı meyve sebzeler için önerilen MAP koşulları	39
Tablo 8	MAP'li ürünün raf ömrünü etkileyen iç ve dış faktörler	40
Tablo 9	TPA analiz grafiğinin yorumu	51
Tablo 10	Farklı uygulamaların çileklerde depolama süresince toplam fenol miktarı üzerine etkileri	77
Tablo 11	Farklı uygulamaların çileklerde depolama süresince toplam antosiyanin miktarı üzerine etkileri	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1.	Ultrases banyosu (1) ve probunun (2) şematik gösterimi	20
Şekil 2.	Ses dalgalarının frekans aralıkları	21
Şekil 3.	Elektrolize suyun üretim şeması ve üretilen bileşikler	28
Şekil 4.	Elektrolize suyun mikrobiyal inaktivasyonu temsil eden model	31
Şekil 5.	Ambalajlanmış çileklerde solunumun şematik gösterimi	37
Şekil 6.	Çileklerin DMA paketleme aşamaları	41
Şekil 7.	Çalışma akış şeması	47
Şekil 8.	Tekstür doku profili analizi sonuç değerlendirme örneği	50
Şekil 9.	Toplam fenol tayini için gallik asit standart eğrisi	52
Şekil 10.	Toplam monomerik antosiyanin analizi absorbans ölçümü	54
Şekil 11.	Mikrobiyolojik analiz uygulama şeması	55
Şekil 12.	Farklı uygulamaların çileklerde depolama boyunca % ağırlık kaybı üzerine etkisi	59
Şekil 13.	28 gün sonunda çilek paketlerinin görünümü	62
Şekil 14.	O ₂ konsantrasyon değişimi	62
Şekil 15.	CO ₂ konsantrasyon değişimi	64
Şekil 16.	Uygulamaların depolama boyunca çileklerin L*,a*, b*değeri üzerine etkisi	67
Şekil 17.	Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin pH değeri üzerine etkisi	69
Şekil 18.	Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin suda çözünür kuru madde (brix) değeri üzerine etkisi	70
Şekil 19.	Farklı uygulamaların depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi a) sertlik, b)esneklik	73
Şekil 20.	Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi c) sakızimsılık, d) dış yapışkanlık, e) iç yapışkanlık	74
Şekil 21.	Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi f) dirençlilik, g) çiğnenebilirlik	75

Şekil 22.	Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde psikofil bakteri sayısı (logkob/g)	82
Şekil 23.	Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde küf sayısı (logkob/g)	84
Şekil 24.	Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde maya sayısı (logkob/g)	85
Şekil 25.	35. Gün sonunda uygulama grupları görünüşleri	86



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Günümüzde gıda israfı ve atıklarının ekonomik ve çevresel boyutta birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır. Bunun nedeni de tedarik zinciri aşamaları arasındaki koordinasyon eksikliğiyle ilgilidir (Giroto, vd., 2015). Bu israf edilen gıda miktarının azaltılması, sürdürülebilir bir gıda sisteminin geliştirilmesinde çok önemlidir.

Gıda kayıpları, “tedarik zincirinin çeşitli aşamalarında insan tüketimi için mevcut olan yenilebilir gıda miktarındaki azalmadır” olarak tanımlanır. Gıda ürünlerinde sayısal kayıplara ek olarak, kalite açısından da bozulmalar yaşanabilir ve bu durum ekonomik açıdan ve besin değeri bakımından kayıplarla sonuçlanabilir (FAO, 2019).

Topluma besin içeriği ve mikrobiyal açıdan güvenilir, kaliteli, fiyat/kalite oranı, duysal ve kimyasal parametre vb. değerleri yüksek ürünler için teknolojinin getirdiği yenilikleri, bilgi birikimlerini kullanmakta ve iyi tarım uygulamaları ve "tarladan çatala gıda güvenliği uygulamalarıyla" çeşitli yetiştirme, işleme ve dağıtım proseslerini izlemektedir.

Verimli hasat sonrası yönetim ve teknikleri, meyve kalitesini korumak için özellikle önemlidir. Meyvenin aşırı olgunlaşması yumuşamaya neden olarak meyveleri patojen saldırılarına karşı daha duyarlı hale getirir, kayıpları artırır ve raf ömrünü kısaltır (Brummel ve Harpster, 2001).

Uygun bir muhafaza yöntemi seçimi için uygulama yapılacak meyve ve sebzelerin yapısının iyi bilinmesi oldukça önemlidir. Çünkü seçilen muhafaza koşullarının verimliliği depolama boyunca ürünün tüm kalite parametreleri göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Düşük sıcaklıklarda muhafaza edilen meyve ve sebzelerde su kaybı bunula ilişkili olarak da üründe ağırlık kaybı ve mikrobiyolojik bozulmalar önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Meyve ve sebzelerin solunum hızları ile raf ömürleri arasındaki ilişki oldukça önemlidir. Ürünün solunum hızı yükseldikçe depolanma ömrü de o kadar azalmaktadır (Cemeroğlu, vd., 2001). Hasat edilen çileklerde oldukça hızlı bir solunum görülmektedir. Bunula birlikte eğer ürün üzerinde zedelenme ve hasar varsa solunum hızı daha da arttığı gözlenmiştir (Rosen ve Kader, 1989).

Çilek antioksidan, antihiperlipidemik, antiinflamatuvar ve kan basıncını düşürücü etkileri sebebiyle fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir (Basu, vd., 2014). Çilek meyvesinin antioksidan özelliğe sahip olmasının, içerdiği polifenoller ve vitaminlerden kaynaklanmaktadır. Çileğin yapısında siyanidin, kaempferol, elajik asit, kuersetin ve pelargonidin glikozitleri gibi yaklaşık 40 farklı fenolik bileşiğin varlığı bilinmektedir (Aaby, vd., 2007).

Maas ve arkadaşları (1996) tarafından bildirildiğine göre, özellikle C vitamini içeriği zengin olan bu meyve birçok vitamin ve mineral içermektedir. Ayrıca çilek, selüloz bakımından da zengindir bu da sindirimin kolaylaştırılmasında önemli bir meyve olduğunu göstermektedir. Ayrıca ellajik asit içeriğinin yüksek olmasından dolayı kanseri önleyici özelliğiyle de ön plana çıkmaktadır.

Çilek klimakterik özellik göstermeyen meyve oluşumu nedeniyle hasattan sonra olgunlaşmaya devam etmediği için meyveler çeşide özgü iriliğe ve renge sahip olduğunda hasat edilmektedir (Kargı ve Sarıdaş, 2012).

Çilek gibi meyveler, hızlı bozulmaya bağlı olarak kısa raf ömrüne sahiptir ve mekanik yaralanmalara, fizyolojik bozukluklara, su kaybına ve çürümeye yatkındır. Çilekler metabolik olarak oldukça aktiftir (20° C'de saatte kg başına 50-100 ml CO₂ verir) ve çürümeye neden olan patojenler olmasa bile nispeten kısa sürede bozulabilir (DeEll, 2006). Çok az etilen üretirler (20°C'de saat başına kg başına <0,1 ppm) ve olgunlaşma sürecini uyarıcı eksojen etilen işlemlerine yanıt vermezler. Soğukta depolama, çilek olgunlaşmasını ve çabuk bozulmasını geciktirmenin en yaygın ve en iyi kullanılan yoludur. Isısının hızlı bir şekilde uzaklaştırılması, çileklerin bozulmasını geciktirmek için kritiktir (Peng ve Sutton, 1991).

Çileklerin raf ömrü uzunluğu kültüvare, olgunluk derecesine, hasat koşullarına, kullanım ve depolamaya bağlıdır. Çileklerin raf ömrü ile ilgili sınırlayıcı faktörler, görünüm, tat, doku ve mikrobiyal büyümenin bir kombinasyonudur. Çilek ve benzeri meyvelerin endüstrisinde, kaliteyi daha uzun bir süre boyunca orijinal seviyede tutabilmek için güçlü bir istek vardır (Nielsen ve Leufve'n, 2008).

Hasat ve tüketim arasında belirli bir sürenin geçmesi kaçınılmazdır ve bu süre zarfında çilek gibi hassas ürünler bir dizi kaliteye zarar veren süreçten geçer. Bu nedenle olayların olumsuz gidişatının yavaşlatılması hayati önem taşımaktadır. En bariz çözüm, ürünü en uygun sıcaklığında saklamaktır. Daha da uzun bir raf ömrü elde etmek için düşük sıcaklıkla birlikte kullanılabilen bir diğer teknik, ürünleri uygun bir atmosferde depolamadır (Rooney, 2000; Zagory, 1997).

Hem düşük sıcaklıklarda hem de değiştirilmiş bir atmosferde depolamayla bağlantılı olarak elde edilen etkiler, ürünün solunumunun azalmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bunu yaparken, olgunlaşma ve zarar verici reaksiyonlar da dahil olmak üzere tüm süreçler daha yavaş bir hızda ilerler. Çileklerin solunumu sıcaklıkla birlikte ve ayrıca düşük oksijen ve artan karbondioksit içeriği ile depolama sırasında düşer (Nielsen ve Leufve'n, 2008).

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP), ambalaj içerisindeki gaz kombinasyonunun ya da konsantrasyonlarının değiştirildiği ve böylece ambalajlı ürünün raf ömrünün artırılmasına dayanan bir yöntemdir (Fişekci, 2013). Böylece paketli gıdanın ambalaj gaz içeriğinin, %78,08 azot (N₂), %20,96 oksijen (O₂) ve %0,03 karbondioksit (CO₂) içermekte olan havadan farklı olması sağlanarak muhafaza gerçekleştirilir. Ambalajlamada kullanılan filmin gaz geçirgenliğine ve ürünün solunum hızına göre, paket içinde O₂ miktarı azalır, CO₂ miktarı yükselmektedir. Bu durum belirli bir sürede meydana gelmekte ve metabolizma hızını azaltarak olgunlaşma ve yaşlanma olaylarını geciktirmektedir. Aynı zamanda, ambalaj içerisinde oluşan yüksek oransal nem ile ürünün su kaybı azalmakta bu da kalitenin korunmasında etkili olmaktadır.

Modifiye atmosferde depolamada ortam gaz modifikasyonu “pasif” ve “aktif” modifikasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Pasif modifikasyon, denge modifiye atmosferde ambalajlama (DMAA)’da gıda uygun geçirgen bir ambalaj materyali ile paketlenen gıdanın sonra ambalaj içi gaz bileşimi gıdanın solunumuyla dışarıdan bir uygulama olmaksızın dengelenmektedir. Bundan farklı olarak aktif modifikasyonda ise ambalaj içinde denge gaz bileşiminin oluşumu, ürüne uygun gaz konsantrasyonlarının direkt ambalaj içine verilerek ya da ambalaj içinden çekilerek elde edilmektedir (Kocamanlar, 2009).

Ambalajlama gıda işleme sürecinin, üreticiden tüketiciye taze ve işlenmiş tarımsal ürünlerin güvenli bir şekilde elde edilmesi ve dağıtımını garantilemeyi amaçlayan ayrılmaz bir parçasıdır (Opara ve Mditshwa, 2013). Bunun yanında, daha kaliteli, daha az işlenmiş, daha doğal, katkısız, daha sağlıklı gıdalara artan bir ilgi vardır (Gould, 2000).

Gıda muhafazası ve raf ömrünün arttırılması üzerine son yıllarda yoğun araştırmalar yapılan alternatif bu teknolojiler: Yüksek basınç, ışınlama, vurgulu elektrik alan (PEF), ozon, soğuk plazma, ultrases ve elektrolize su gibi yöntemlerini kapsar (Pasha, vd., 2014).

Gıda endüstrisinde istenilen mikrobiyolojik kalitenin elde edilebilmesi için birincil ve en önemli kriter, hammaddeyi farklı kaynaklardan kirleten mikroorganizma sayısının en aza indirilmesidir. Bu adım gıdanın besin değerini düşürmeden ve çevreye zarar vermeden verimli bir şekilde yapılmalıdır.

Taze meyve ve sebzeler hasat, ambalajlama, depolama ve nakliye aşamalarında mikrobiyal bulaşma olasılığı çok yüksektir. Bugıdaların yüzeyindeki patojenlerin uzaklaştırılması veya gelişimlerinin durdurulması, endüstride önemli noktalardandır (Cao, vd., 2010). Bu konuda birçok ajan ya da teknik kullanılarak taze meyve ve sebzelerin başlangıç mikrobiyal yükünün azaltılabilmekte, aynı zamanda raf ömrü boyunca kalite özelliklerinin daha iyi korunmasının sağlandığı belirtilmektedir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013).

Taze çileklerin muhafazasında ön işlem olarak en çok kullanılan yöntem klorlu su ile yıkamaktır (Jose ve Vanetti, 2015). Fazla miktarda klorun haloeton, trihalometan, kloropikrin, haloasetik asitler ve kloramingibi karsinojen özellikli bileşiklerin oluşmasına neden olabildiği belirtilmiştir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013). Bu durumdan dolayı, taze meyve ve sebzelerin klor ile yıkanması İsveç, Almanya ve Hollanda gibi bazı Avrupa Birliği ülkelerinde yasaklandığı görülmektedir (Rosario, vd., 2017). Bunlardan dolayı kullanılacak teknik veya ajanların, sağlık üzerine herhangi olumsuz bir etkisinin olmaması, çevre dostu ve düşük maliyetli olması ve üründe kalıntı bırakmaması istenmektedir (Cao, vd., 2010).

Taze çileklerin hasat sonrası morfolojik yapısı nedeniyle depolanmasında kalite kayıpları gözlenmektedir. Bu nedenle, taze çileklerin endüstriyel olarak yıkanması, mikrobiyal yükü azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için özellikle önemlidir. Meyve ve sebzelerin endüstriyel yıkamasında kullanılan kimyasallara alternatif olarak yeni yöntemlere olan talep tüketici kaynaklı sağlık kaygıları nedeniyle artmaktadır. Ultrasonik ve elektrolize su ile yıkama mikrobiyal yükün azaltılması ve kimyasal yıkama işlemlerine göre kalite özelliklerinin korunması açısından tercih edilen yenilikçi bir yöntemdir.

Ultrases uygulaması ısı olmayan, taze meyve ve sebzelerin besin değeri ve aroma özelliklerini etkilemeden uzun süre dayanmasını sağlayan bir teknolojidir (Dikilitaş, vd., 2016). Ultrases ile yıkama uygulamasının yüksek dekontaminasyon etkisi, kısa işlem süresi, kolay uygulanabilirliğe ve ekonomik olması gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Birmpa, vd., 2013).

Çilek, tüm olumlu özelliklerine rağmen, taze olarak depolama süresinin ve raf ömrünün kısa olmasından dolayı, kalite kayıplarının azaltılarak hasat sonrası ömrünün artırılması ekonomik olarak avantajlar sunacağı gibi, tüketicilerin de daha uzun süre ve daha sağlıklı ürün tüketmelerine katkı sağlayacaktır. Bu amaçla çalışmada, kalitenin korunarak hasat sonrası ömrün uzatılması ümidiyle, ayrı ayrı elektrolize su ve ultrases uygulamalarının ve bunların kombinasyonlarının MAP (modifiye atmosferde paketlenme) uygulaması ile birleştirilerek çilek meyvelerinde muhafaza ve raf ömrü süresince fiziksel ve kimyasal değişimlere etkisi araştırılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Meyve ve Sebzeler

2.1.1. Genel Bilgiler

Türkiye, iklim ve ekolojik koşulların elverişli olması ve sahip olduğu geniş tarımsal arazi bakımından tarıma elverişli bir ülkedir. Bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de sosyo-kültürel ve ekonomik gelişmelerle birlikte insanların gıda tüketim alışkanlıklarında da önemli değişiklikler görülmektedir. Taze meyve ve sebze tüketiminin gerek sağlık ve gerekse dengeli beslenme açısından faydalı olması nedeniyle gelişmiş ve gelişmekte olan bir çok ülkede değişik kuruluşlar tarafından kişi başına meyve ve sebze tüketiminin artırılması desteklenmektedir (Gökkür, vd., 2016).

Tablo 1

Türkiye'deki yıllara göre tarım alanları

Tarım alanı	1990		2002		2016		2017		2018		2019	
	Bin ha	%	Bin ha	%	Bin ha	%	Bin ha	%	Bin ha	%	Bin ha	%
Sebze	635	2,3	930	3,5	804	3,4	798	3,4	784	3,4	790	3,4
Meyve, İçecek ve Baharat	3.029	10,9	2.674	10,1	3.329	14	3.343	14,3	3.457	14,9	3.525	15,3
Tarla Bitkileri	18.868	67,7	17.935	67,5	15.575	65,7	15.532	66,4	15.421	66,5	5.387	66,6
Nadas	5.324	19,1	5.040	19	3.998	16,9	3.697	15,8	3.513	15,2	3.387	14,7
Toplam	27.856	100	26.579	100	23.711	100	23.375	100	23.180	100	23.094	100

(TÜİK, 2021)

Türkiye’de tarımsal üretim faaliyetini gerçekleştirdiği yaklaşık 23 milyon hektar tarım arazisinden yem bitkileri dahil yıllık 160 milyon tonu aşan bitkisel ürün elde edilmektedir. Bu üretimin çoğunluğunu yaklaşık 60 milyon ton ile tarla bitkileri oluşturmaktadır. Tarla tarımında yıllar itibariyle çeşitli nedenlerden dolayı iniş ve çıkışlar görülebilmektedir. Buna oranlamaya ve sebze tarımında üretim giderek artmaktadır.

Genel anlamda taze tüketilen ve taze olarak sanayiye işlenen ürünlerde depolama ve nakliye çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu tür meyve ve sebze ürünlerinde, birim alana verim ve kalitenin artırılması bununla birlikte hasat sonrası altyapının iyileştirilmesi ile iç tüketimle birlikte ihracatta da artışlar görülmesi beklenmektedir (TOBB, 2013).

Tablo 2

Türkiye’deki yıllara göre bazı meyve ve sebze üretim miktarları (ton)

Ürünler	Yıllar						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Çilek	372.498	376.070	375.800	415.150	400.167	440.968	486.705
Üzüm	4.011.409	4.175.356	3.650.000	4.000.000	4.200.000	3.933.000	4.100.000
Böğürtlen	2.403	2.402	2.425	2.468	2.739	2.540	2.708
Ahududu	3.942	4.587	4.320	4.312	4.989	5.875	5.975
Erik	305.393	265.490	279.761	297.589	291.934	296.878	317.946
Kayısı	780.000	270.000	680.000	730.000	985.000	750.000	846.606
Elma	3.128.450	2.480.444	2.569.759	2.925.828	3.032.164	3.625.960	3.618.752
Kiraz	494.325	445.556	535.600	599.650	627.132	639.564	664.224
Portakal	1.781.259	1.779.675	1.816.798	1.850.000	1.950.000	1.900.000	1.700.000
Nar	383.085	397.335	445.750	465.200	502.606	537.847	559.171
Domates	11.820.000	11.850.000	12.615.000	12.600.000	12.750.000	12.150.000	12.841.990
Lahana	496.864	492.610	514.344	524.976	520.796	516.951	567.622
Marul	159.971	172.207	157.981	179.712	185.070	187.658	198.491

(TÜİK, 2021)

Gıda sanayinin temel yapı taşı tarım sektörünün faaliyetidir. Dünyada sektörün tüketici talebi ve bilinci doğrultusunda daha güvenilir yöntemlerle hammadde tedarik, üretim ve dağıtımına yönelmesi gerekmektedir. Tarımsal üretim alanlarının ve artan nüfusun besin maddesi ihtiyacının karşılanmasında üretim veriminin artırılması bununla birlikte ürün kayıplarının azaltılması böylece ürün kalitesinin korunması gerekmektedir.

2.1.2. Meyve ve Sebzelerde Kaliteyi Etkileyen Etmenler

Meyve ve sebzeler ve bunların ürünlerinin bileşimlerinin değerlerini tanımlamak çok zordur. Çünkü meyve ve sebzelerin bileşimi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Meyve ve sebzelerde görülen bu farklılık ürünün yetiştirildiği yörenin çevresel koşullarına, toprak özelliklerine, yetiştirme tekniğine ve kültürel önlemlerine, olgunluk düzeyine, taşıma ve depolama gibi daha birçok etkene göre artmaktadır (Gökkür, vd., 2016).

Meyve ve sebzelerin bileşimi hasatla birlikte değişmeye başlamaktadır. Meyve ve sebze ürünlerinde, ürüne zarar vermeden özenli bir şekilde yapılan hasat, depolama performansını olumlu etkilemektedir. Aksi durumda depolama sırasında hastalıklar görülmeye başlayabilir ve böylece ürün kalitesi ve tüketilebilir ürün miktarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Taze meyve ve sebzeler %80'den fazla nem içerir. Bunlar, çabuk bozulan ürünler olarak sınıflandırılır ve hızla bozulurlar (Sagar ve Kumar, 2010). Ürünün hasat öncesi ve hasat sonrası işleminin zayıf olması ve uygun pazarlama ve işleme altyapısının olmaması nedeniyle daha yüksek kayıplar meydana gelmektedir. Tarladan tüketiciye gelene kadar yaş sebze ve meyvedeki kayıp oranı tür ve çeşitlere göre değişmekle birlikte %10-30 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu kayıp oranları ülkelerin gelişmişlik oranına göre değişmektedir. Derim, muhafaza ve pazarlama olmak üzere üç ana kademe de oluşan bu kayıplar ürüne bağlı olarak %50'lere kadar çıkmaktadır. Kayıplar, dünya nüfusunda kabul edilemez derecede yüksek gıda güvensizliğine neden olmaktadır (FAO, 2012).

Meyve ve sebzeler diğer gıdalardan farklı olarak hasattan sonra solunumlarını devam ettirirler yani fizyolojik yaşamlarını sürdürürler. Solunumda alınan oksijen hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi kompleks bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken; çevreye karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolik ürünler ile miktar ısı bırakırlar. Ürünün solunum hızı, dokunun metabolik aktivitesinin bir göstergesi olup bu hızı tüketilen O₂ veya üretilen CO₂ cinsinden ölçebilmektedir.

Meyve ve sebzelerde solunumun devam etmesi sonucunda ortama verilen etilen, CO₂ gibi ürünler kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra üründe su ve renk kayıplarına neden olmakla birlikte ürünün raf ömrü kısalmaktadır (Caner, vd., 2009).

Bu tür ürünlerin, düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonunda saklanmasıyla solunum hızları ve etilen üretimleri yavaşlar. Böylece olgunlaşma gecikir, bileşimindeki şeker ve asitlerin tüketilmesi azaltılır, solunuma bağlı olarak gelişen nem ve ısı oluşumu sınırlanır, klorofil yıkımı ve enzimatik esmerleşmeler önlenmiş olur (Kartal, 2010).

Meyve olgunlaşması, kalite açısından tercih edilebilir özellikleri taşıyan yumuşak ve yenilebilir olgunlukta meyve oluşumuna neden olan bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve organoleptik değişikliği içeren oldukça koordineli ve genetik açıdan programlanmış şekilde işleyen geri dönüşsüz bir süreçtir (Huertas, 2011).

Meyve kalitesi dört ayrı özellikle belirtilmektedir;

- 1) renk ve görünüm,
- 2) lezzet (tat ve aroma),
- 3) doku,
- 4) besin değeri (Barrett, vd., 2010).

Renk, meyvelerin olgunlaşma süreçleri boyunca oluşan doğal pigmentler sayesinde sağlanmaktadır. Önemli pigmentler arasında klorofil (yeşil), karotenoid (sarı, turuncu, kırmızı), antosiyaninler (kırmızı, mavi), flavonoidler (sarı) ve betalainler (kırmızı) gösterilebilir.

Meyve ve sebzelerde bulunan bu tür pigmentler, ürünlerin işleme ve depolama gibi aşamalarında birçok çevresel faktörden etkilenerek parçalanmakta ve ürünlerde rengin bozulmasına sebep olmaktadır.

Özellikle çileklerde yoğun olarak bulunan antosiyaninler birçok meyve, sebze, bitki ve çiçeklerin çok çeşitli renk almasında etkilidirler. Sıcaklık, oksijen, ışık, askorbik asit, enzimler, şekerler ve şekerlerin parçalanma ürünleri gibi birçok faktör sonucunda antosiyanin stabil kalamayarak parçalanmaktadır. Böylece meyve ve sebzelerde farklı renkler oluşmaktadır.

2.1.3. Çilek

Üzümsü meyveler içerisinde önemli bir yeri olan çilek (*Fragaria sp.*), hemen hemen dünyanın her yerinde yetiştirilebilmekte ayrıca lezzeti, birçok yararlı vitamin–mineral madde içermesi, taze olarak tüketilmesinin yanı sıra işlenerek ya da dondurularak kullanımı, hazır gıda sanayisi (meyve suyu, reçel, pasta, konserve, şekerleme) ve alkollü-alkolsüz içki üretiminde hammadde olarak da kullanılması sebebiyle önemli bir meyvedir.

Çilek ülkemizde yetiştiriciliği çok tercih edilen meyve türleri içinde bulunmaktadır. Ilıman iklim meyvesi olan çilek, yaygın olarak kışın ve erken ilkbaharda pazarlanan, üzümsü meyveler grubunda yer alan bir meyve türüdür. Değişik iklim ve toprak karakterleri yönünden ülkemiz çilek yetiştiriciliğinde önemli bir potansiyele sahiptir.

2019 yılı verilerine göre dünya çilek üretimi sırasıyla Çin, Amerika, Meksika, Türkiye ve Mısır'dır (FAOSTAT, 2021). Türkiye'deki çilek üretiminin büyük bir kısmı Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2019) verilerine göre Türkiye'de 2013 yılında 372 bin ton, 2014 ve 2015 yıllarında 376 biner ton, 2016 yılında 415 bin ton, 2017 yılında 400 bin ton, 2018 yılında 441 bin ton ve 2019 yılında ise 486 bin ton çilek üretilmiştir.

Türkiye 2020 yılı çilek üretimi incelendiğinde; birinci sırada 188 bin ton çilek üretimi ile Mersin yer alırken, ikinci sırada 68 bin ton ile Aydın, Konya ise 51 bin ton ile üçüncü sırada bulunmaktadır. 2020 yılında bir önceki yıla oranla üretim miktarı Mersin'de %11,6 oranında, Aydın'da %0,4 oranında, Konya'da ise %17,2 oranında arttığı görülmektedir (TÜİK, 2021).

Türkiye'de çilek dış ticareti ise taze ve dondurulmuş çilek olarak iki şekilde yapıldığı görülmektedir. Üretilen çileğin büyük bir bölümü yurt içinde tüketilmesinden dolayı 2020 yılında toplam çilek üretiminin %8,8 gibi düşük bir oranı ihraç edilmiştir. Bundan dolayı dünya çilek üretiminde dördüncü sırada yer alan Türkiye, ihracatta ise on ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir (TÜİK, 2021).

Çilek üretiminin önem kazanmasındaki önemli olanbaşlıca etken ise çileğin beslenme ve insan sağlığı açısından sağladığı yararlarından dolayıdır. Tablo 3'te 100 g çilek meyvesinin önemli miktarlarda çeşitli vitamin ve mineraller içerdiği görülmektedir.

Tablo 3

100 g çilek için besin değerleri

Enerji	136 kJ (33 kcal)	
Karbonhidratlar	7,68 g	
Şeker	4,89 g	
Diyet lifi	2 g	
Yağ	0,3 g	
Protein	0,67 g	
Vitaminler	Miktar	Yetişkinler için %
Tiamin (B 1)	0.024 mg	2%
Riboflavin (B 2)	0.022 mg	2%
Niasin (B 3)	0.386 mg	3%
Pantotenik asit (B 5)	0.125 mg	3%
B 6 Vitamini	0.047 mg	4%
Folat (B 9)	24 µg	6%
Kolin	5,7 mg	1%
C vitamini	58,8 mg	71%
E vitamini	0.29 mg	2%
K vitamini	2,2 µg	2%
Mineraller		
Kalsiyum	16 mg	2%
Demir	0.41 mg	3%
Magnezyum	13 mg	4%
Manganez	0.386 mg	18%
Fosfor	24 mg	3%
Potasyum	154 mg	3%
Sodyum	1 mg	0%
Çinko	0.14 mg	1%
Diğer bileşenler		
Su	90.95 g	
Florür	4,4 µg	

(USDA, 2019)

Çilek, antosiyanin, flavonoidler ve fenolik asitler bakımından da oldukça zengindir. Çileğe kırmızı rengini veren antosiyaninin, pelargonidin 3-glukosid ve siyanidin 3-glukozit'ten kaynaklanmaktadır. Antosiyaninler antioksidan kapasiteyi arttırarak, antikarsinogenik etkisinin bulunduğu belirtilmektedir (Smith, vd., 2004). Diğer yandan, Askorbik asidin, antosiyaninlerin ve toplam fenolik madde içeriğinin, nörotoksisiteye neden olan oksidatif stresi azalttığı belirtilmektedir (Tosun ve Yüksel, 2002).

Meyvelerin besin değeri büyük oranda meyvenin yapısı (boyut, irilik), türler ve türler içerisindeki çeşitlilik tarafından etkilenmektedir. Bunun yanında yetiştirme koşulları da (çevresel ve kültürel işlemler) besin değeri üzerinde etkili olmaktadır. Çileklerde meyve kalite özellikleri ve antioksidan kapasitesinin genetik yapı, olgunlaşma zamanı, depo ömrü ve ürün işleme tekniğinden etkilendiği bildirilmiştir (Özgen, vd., 2007).

Çileğin kalitesi için önemli faktörleri;

- Olgunlaşma derecesi; genellikle kırmızı renk oranıyla belirlenir.
- Parlaklık ve tazelik; su kaybı miktarına bağlıdır.
- Çürüme ve esmerleşme gibi kusurların varlığına bağlıdır.
- Tat ve aroma; şeker, asitlik ve uçucu aroma bileşenlerine bağlıdır.
- Çileğin boyutu ve homojenliği ve
- Sertliktir.

Çilek, klimakterik olmayan bir meyve olup lezzet ve renkle ilgili olarak maksimum kaliteyi elde etmek için tam olgunlukta hasat edilmesi gerekmektedir. Çilek meyvesinin kalitesi, doku, antosiyanin içeriği, suda çözünür kuru madde miktarı, titre edilebilir asit, C vitamini içeriği, pH değeri gibi çeşitli parametrelerle ilişkilidir (Cordenunsi, vd., 2005).

Çilekte beş doku bölgesi görülmektedir. Bu dokuları oluşturan hücreler iri olmasına rağmen hücre duvarları ince olduğu görülmektedir. Bu nedenle fiziksel zararlara karşı oldukça hassastır. Meyve yumuşaması, olgunlaşma sırasında, hücre duvarının incilmesi ve hücre içeriğinin sıvılaşmasıyla oluşmaktadır. Çilek fiziksel zararlanmalara hassas olduğundan dolayı çürüme yapan patojenlere karşı oldukça duyarlıdır. Solunum hızının yüksek olması su kayıplarının fazla olmasına sebep olmakta bu durum sonucunda daağırlık ve kalite kayıpları meydana gelmekte böylece raf ömrü kısalmaktadır (Ertan, vd., 1987).

Optimum depolama şartları; 4-5°C'de % 90-95 bağıl nem ve 5-7 gün arasında saklamaya uygundur. Çilek tam olgunlukta toplanmak zorundadır çünkü klimakterik özellik göstermemektedir. Çileklerde solunum hızı yüksek (0°C'de 15 mg/kg/saat) olup, ortam sıcaklığının 0°C'den 10°C'ye yükselmesi ile 4-5 kat, 10°C'den 20°C'ye yükselmesi ile 2-3 kat arttığı tespit edilmiştir (Mitcham, vd., 2000). Kalite ve ağırlık kayıplarının azaltılması için, hasat sonrasında en fazla 1-2 saat içerisinde meyve iç sıcaklığın yaklaşık 0°C'ye düşürülmesi için ön soğutma yapılmalıdır. Soğutmada 6 saatlik gecikme olması halinde ağırlık kayıplarını %50 oranında arttığı belirtilmiştir (Nunes, vd., 1995).

2.1.4. Çilek Depolamasında Kullanılan Isıl Olmayan Yenilikçi Uygulamalar

Çok sevilen ve ekonomik değeri yüksek olan çileğin en büyük dezavantajı kısa raf ömrüne sahip olmasıdır. Çilek, meyve türleri içinde meyvesi en nazik olanlardandır. Kısa zamanda bozulmasından dolayı çabuk tüketilmelidir. Bu nedenle hasat sonrası kısmı, üretim ve verimin önüne geçmektedir.

Çilek meyvelerinin kaliteli bir şekilde tüketime sunulabilmesi için, uygun zamanda ve ürüne zarar vermeden hasat edilmesi, hızlı bir ön soğutma ve soğuk zincirin iyi kurulmasıyla sağlanmaktadır. Bu derece hassas bir ürün için en önemlisi hasat sonrası düşük sıcaklıkta depolama ve nakliye dir. Ayrıca soğuk depolamaya ilave olarak modifiye atmosfer paket uygulamaları çileğin hasat sonrası ömrünü uzatmada ve kalitesini korumada oldukça etkili olmaktadır.

Tek başına MAP uygulaması meyvenin bozulması üzerinde etkili olamamaktadır. Taze meyve ve sebzeler hasat, ambalajlama, depolama ve nakliyat aşamalarının herhangi birisinde kontaminasyona uğrayabilmektedir. Mikrobiyal kontaminasyona uğrayan taze ürünlerin yüzeyindeki patojenlerin uzaklaştırılması veya gelişimlerinin durdurulması, gıda endüstrisi adına önemli noktalardan birisidir (Cao, vd., 2010). Taze sebze ve meyvelerin başlangıç mikrobiyal yükünün çeşitli ajanlar ya da teknikler kullanılarak azaltılabildiği; aynı zamanda raf ömrü boyunca kalite özelliklerinin daha iyi korunduğu belirtilmiştir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013).

Taze meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için kullanılan muhafaza yöntemlerin birçoğu kimyasal dezenfektanların kullanımıyla yapılmaktaydı (Vicente, vd., 2002). Fakat son dönemlerde kimyasalların yanlış kullanımı ya da kalıntı bırakması sebebiyle oluşan riskler sebebiyle çevre dostu fiziksel yöntemlere olan ilgi artmıştır (Vicente, vd., 2003).

En yaygın uygulamalar arasında klor, kitosan kaplama, salisilik asit, ozon gazı, hipobarik muhafaza, fungusit ve ultraviyole uygulamaları kullanılmaktadır. Ancak bunların bazılarının renk ve kalite üzerinde olumsuz etkileri olabildiği gibi kimyasal kalıntı bırakma durumları da söz konusu olabilmektedir (Yılmaz, vd., 2019).

Meyveleri hasattan sonra taze tutmak ve raf ömrünü uzatmak için en çok kullanılan yöntem, buzdolabında saklamaktır. Çileklerin çoğu 1-4°C'de tutulduğunda birkaç gün dayanabilir, ancak bu yöntem her zaman optimum veya uygun maliyetli değildir, bu nedenle diğer yenilikçi yöntemler zamanla meyvelerin raf ömrünü daha da uzatmak için geliştirilmiştir. Raf ömrünü uzatmanın bazı yeni yolları, meyveleri modifiye atmosferli ambalajlama, antimikrobiyal yenilebilir kaplamalar ve filmler kullanmak, darbeli elektrik alanları kullanmak, UV ışığı, ışınlama, yüksek basınç, ozon uygulama, membran işleme, soğuk plazma uygulamaları, ultrases ve elektrolize su gibi çevre dostu yeşil teknolojilerin uygulandığı çalışmalardır (Li, vd., 2017).

Ohmik ısıtma; Omik veya elektro-iletken ısıtmada, gıdalar içerisinden alternatif akım geçirilerek ısıtılır. Çoğu gıda, tuzlar ve asitler gibi iyonik türler içerir, elektrik alanının uygulanmasını takiben iyonik hareketlerle ısı üretilir ve ısıtma hızlı ve üniformdur. Ohmik ısıtma, yüksek sıcaklıkta kısa süreli bir aseptik proses olarak kabul edilebilir. Bu tekniğin gıda endüstrisindeki potansiyel uygulamaları çok geniştir ve örneğin ağartma, buharlaştırma, dehidrasyon, fermentasyon ve pastörizasyonu içerir (Sastry, vd., 2001).

Meyve suları ve püreler gibi sıvı meyve ürünlerinin elektriksel iletkenliği üzerine pek çok araştırma yapılmıştır. Castro ve diğerleri (2003) taze çileğin 25–100°C sıcaklık aralığında elektriksel iletkenliğini bildirmiştir.

Yaban mersini hamurunun işlenmesi sırasında, düşük voltajlı (160 V) omik ısıtma, geleneksel ısıtma ile elde edilenlere kıyasla daha az veya benzer antosiyanin bozunmasına neden olduğu gözlenmiştir ancak yüksek elektrik alanları için, omik ısıtma daha fazla antosiyanin bozunması sergilemiştir.

Darbeleri elektrik alan (PEF); İki elektrot arasındaki ürünlere etki eden kısa süreli (nanosaniye ile milisaniye) elektrik darbeleri (0,1-80 kV/cm) olarak karakterize edilir (Barba, vd., 2015; Buckow, vd., 2013). PEF tarafından indüklenen hücre zarı üzerindeki elektrik potansiyeli, hücre zarında hızlı elektriksel bozulmaya ve mekanik değişikliklere neden olur, zar gözenekleri oluşturarak zar geçirgenliğini artırır (Barba, vd., 2015; Buckow, vd., 2013). Nispeten daha yüksek yoğunluklu (birkaç kV/cm'den daha büyük) PEF, mikrobiyal hücre zarlarında ciddi hasara neden olabilir ve ortam sıcaklığında mikroorganizmaları etkin bir şekilde inaktive edebilir. Ayrıca düşük elektrik alanlarında PEF, hücre zarı geçirgenliğini artırır ve kütle transferini hızlandırır, böylece fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu önemli ölçüde artırabilir (Barba, vd., 2015).

PEF işlemleri, farklı meyve suyu bileşimlerinde mikrobiyal kontaminasyona karşı da etkilidir. PEF uygulaması (35 kV/cm, 4 µs bipolar puls, maksimum 40°C) *Salmonella enteritidis* ve *E. coli O157:H7* popülasyonlarına etkisini göstermiştir. Uygulamada elma, armut, portakal ve çilek suları (0-2000 µs) süre ve darbe frekansında (100-250 Hz) her iki mikroorganizmanın dayaklaşık 5 log azaldığı bulunmuştur (Mosqueda-Melgar, vd., 2008).

PEF uygulamalarının, geleneksel ısıtma işlemi işlemlerine kıyasla vitamin içeriğinde daha az değişikliğe neden olduğu bildirilmiştir. Barba ve arkadaşları (2012), PEF uygulaması (36 kV/cm, 100 µs) ve soğutulmuş depolama (4°C'de 56 gün) sonrasında yaban mersini suyundaki askorbik asidin içeriğinde % 5'ten az bir azalma gözlenirken, soğutulmuş depolamadan sonra PEF uygulanmamış meyve sularında %50 askorbik asit kayıpları gözlemlendi.

PEF ile muamele edilmiş sıvı gıdaların fenolik içeriğinde gözlenen değişiklikleri incelemek için yapılan çalışmalarda Jin ve Zhang (1999), PEF ile muamele edilmiş kızılçık suyunda (40 kV/cm, 150 µs) önemli bir renk değişikliği gözlemlenmemiştir, bu da PEF tedavilerinin neden olduğu değişikliklerin sınırlı olduğu anlamına gelmektedir aynı zamanda çilek meyve şurubu içeren yoğurt bazlı bir içecekte elde edilen sonuçlarla benzerdir (Evrendilek, vd., 2004).

Yüksek basınç (HPP); HPP, 0 ila 800 MPa arasındaki basınçları iletme için ortam olarak suyu kullanır. Bu işlemin ana avantajlarından biri, boyut, şekil ve gıda bileşiminden bağımsız olarak ürüne neredeyse anlık izostatik basınç aktarımıdır ve oldukça homojen ürünler verir (Patterson, vd., 1996). Bu şekilde işlenen yiyeceklerin orijinal tazelikliğini, lezzetini, tadını ve renk değişimini minimum düzeyde tuttuğu görülmüştür (Dede, vd., 2007).

Proteinler ve karbonhidratlar gibi yüksek moleküler ağırlıklı moleküllerin yapısı yüksek basınçlı işlemle değiştirilebilirken, uçucu bileşikler, pigmentler, vitaminler gibi daha küçük moleküller ve duyuşsal, besleyici ve sağlığı geliştiren diğer bileşikler etkilenmez (Oey, vd., 2008).

Geleneksel termal uygulamalar ile karşılaştırıldığında HPP, biyoaktif bileşik gruplarının seviyelerinin daha iyi tutulmasına, mikrobiyolojik stabilitenin artmasına (Meyer, vd., 2000) ve enzim aktivitesi değerlerinde azalmaya neden olduğu gözlenmiştir (Weemaes, vd., 1999).

Gao ve ark. (2016) yapmış oldukları araştırmaya göre HPP ile işlenmiş (400 MPa, 5 dakika) ve 4°C'de depolanan çilek şuruplarında 45 gün boyunca, termal işleme muamele edilen ve 25°C'de saklanan çilek şuruplarına göre daha yüksek sertlik, toplam fenoller, toplam antosiyaninler ve antioksidan kapasitesi ve daha iyi renk gösterdiği görülmüştür.

Ozon; Çok sayıda mikroorganizma türüne karşı yüksek bir oksidatif kapasiteye ve güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahip üç atomlu bir oksijen molekülüdür (Khadre, vd., 2001). Ozon, gaz formunda veya sulu çözeltili halinde uygulanabilir. Ozon, işlenmiş meyvelerde kalıntı bırakmaz ve mikrop öldürücü etkisi mikroorganizmaların hücre zarları üzerindeki oksidatif etkisine dayanır (Cataldo, 2003). Ozon ayrıca taze meyvelerde oksidatif stres oluşturarak antioksidan sentezini de tetikler. Ozon molekülleri, antioksidan enzim aktivitesinin artmasıyla serbest radikal birikimini yavaşlatır (Boonkorn, vd., 2012).

Ozon dünyanın pek çok yerinde su dezenfektanı olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrilerinde dezenfeksiyon amacıyla kullanılan ozon oksijene hızlı ayrışması nedeniyle toksik kalıntılarla ilgili endişeleri azaltarak, gıda güvenliği noktasında ilgi çekmektedir.

Rodgers ve diğerlerinin (2004) yaptıkları bir araştırmada, 5 dakika süreyle 3 ppm ozon muamelesiyle dilimlenmiş elma, marul, çilek veya kavun için mezofilik mikroorganizmanın yaklaşık 4 ile 5 log birimlik azalma elde etmişlerdir.

Aday ve diğerlerinin (2014) araştırmalarına göre düşük (0,075 ppm) ve orta (0,15 ppm) yoğunlukta ozon içeren suyla yıkamalar, depolama sırasında suyla yıkamaya göre pH, toplam çözünür katılar, elektriksel iletkenlik, su içeriği ve sertlik gibi çilek kalite parametrelerini korumada daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak yüksek ozon konsantrasyonunun (0,25 ppm), çileklerin raf ömrü üzerinde yıkıcı bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte ortaya çıkan bir diğer önemli sonuç ise orta ve yüksek ozon konsantrasyonlarının çilek rengini ağarttığını gözlemlemeleridir.

Soğuk plazma (CP); Maddenin katı, sıvı ve gazı takiben dördüncü hali olarak tanımlanır. Temelde fotonlar, iyonlar ve serbest elektronlardan oluşan kısmen veya tamamen iyonize bir gaza ve ayrıca net bir nötr yüke sahip temel veya uyarılmış durumdaki atomlardan oluşmaktadır (Misra, vd., 2012). Elektronların ve bileşen türlerin nispi enerji seviyelerine bağlı olarak, plazmalar termal veya termal olmayan plazmalar olarak sınıflandırılır. Termal plazmalardan farklı olarak, termal olmayan plazmalar, elektronlar ve iyonlar arasındaki sıcaklık dengesizliği ile karakterize edilir (dolayısıyla, denge dışı plazmalar olarak da adlandırılır). Kaynak olarak hava, oksijen, nitrojen veya asal gazların bir karışımı (helyum, argon ve neon), CP'de en sık kullanılan gazlardır. Atmosferik basınçlarda soğuk plazmalar çeşitli teknikler kullanılarak üretilebilir. Gıda işleme ile ilgili olarak, dielektrik bariyer deşarjı ve jet plazma en yaygın olarak kullanılan tekniklerdir (Pankaj, vd., 2013).

Soğuk plazma (CP) işlemi, bitkisel dokular üzerinde olumsuz etkisi olan ısı işlemler gibi klasik koruma yöntemlerine kıyasla aşırı işlem koşulları gerektirmediğinden gıda yüzeylerinin dekontaminasyonu için ilgi çekmektedir (Kayes, vd., 2007).

Çeşitli gaz karışımlarındaki atmosferik soğuk plazma, mikroorganizmaları önemli ölçüde azaltmıştır, aynı zamanda, renk, doku ve duyu gibi işlenmiş ürünlerin kalite nitelikleri üzerinde de çok az etkisi olurken, ürünün raf ömrünü uzatmak için ambalaj malzemelerini üzerinde de uygulanarak iyileştirmeler yapılmıştır (Xu, vd., 2017).

Ma ve diğerlerinin (2015) yapmış oldukları araştırmaya göre plazma ile aktive edilmiş suyun çalışma gazı (Ar/O₂) ve akış hızı (5 L/dk) olacak şekilde çileklere uygulanmasıyla renk, sertlik ve pH'da önemli bir değişiklik görülmediğini belirtmiştir.

Fernández ve diğerlerinin (2013) yapmış oldukları araştırmaya göre *Salmonella typhimurium*'un marul, çilek ve patatesten 2,72, 1,76 ve 0,94 log azaltımı CP ile sağlanmıştır. Misra ve vd. (2014) CP ile muamele edilmiş çileklerde toplam mezofilik sayımda %12–85 azalma ve maya ve küf sayısında %44–95 azalma olduğunu gözlemlemiştir. Aynı zamanda CP ile muamele edilmiş numunelerin rengi ve sertliği gözlenmedi.

İşnlama; İki işnlama şekli vardır, bunlardan birincisi iyonlaştırıcı radyasyon (IR) ikincisi ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyon (NIR), her ikisi de patojenleri etkisiz hale getirmek ve hasat sonrası ürünlerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini geciktirmek amacıyla gıda muhafazası için ortam sıcaklığında uygulanır. NIR, ultraviyole ışınları, görünür ışık ve kızılötesi radyasyonu içerir; bunlar ısı üretebilir ancak genel olarak iyon oluşturmaz. UV radyasyonunun sadece mikrobiyal yükü azaltmada değil, aynı zamanda bitki ürünlerindeki enzim aktivitesini inaktive etmede de etkili olduğu belirtilmiştir (Sampedro ve Fan, 2014).

Biyolojik bir stres olarak UV işnlaması aynı zamanda üzüm, yaban mersini ve çileklerde polifenol profilini geliştirmek veya değiştirmek için hasat sonrası uygulanan bir teknolojidir (Li, vd., 2014).

İyonlaştırıcı radyasyon (IR), yüksek frekanslı ($10^6 - 10^{20}$ Hz) ve güçlü elektromanyetik radyasyonla karakterize edilen yüksek enerjili elektron ışını (e-ışını), X ışınları ve γ -ışınlarını içermektedir. IR, temas ettiği malzemede yüklü parçacıkların veya iyonların üretimine yol açar (McColl, vd., 2015). Gupta ve diğerlerinin (2015) yapmış oldukları uygulamada, üzümlerin radyasyonla işlenmesi (2 kGy'ye kadar) sonucunda gelişmiş organoleptik ve antioksidan özelliklere sahip aynı zamanda daha yüksek polifenol içeren şarap üretildiği gözlenmiştir.

Membran işleme; Basınçla çalışan membran uygulamaları, artan seçicilik sırasına göre genel olarak dört kategoriye ayrılır: mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz şeklindedir. Bu işlemlerde, zar içinden kütle aktarımı için itici güç görevi gören bir basınç gradyanı altında besleme çözeltisindeki bileşiklerin seçici olarak ayrılmasını sağlamak için zar olarak adlandırılan yarı geçirgen bir bariyer kullanılır.

Sonuç olarak, besleme çözeltisi, zara nüfuz etmiş tüm parçacıkları veya molekülleri içeren bir süzüntüye ve zar tarafından reddedilen tüm bileşikleri içeren bir retentata ayrılır. Reddetme derecesi, gözenek boyutu, yük ve yüzey özellikleri gibi zarın özelliklerine bağlıdır (Strathmann, vd., 2006).

Hepsi özel aletler gerektiren HPP, işnlama, PEF, ultrases ile karşılaştırıldığında, membran işleme, düşük enerji tüketimi ve çevre dostu olarak avantajlıdır, ancak aynı zamanda biyoaktif bileşik kaybı ve membran kirlenmesi ile sınırlıdır (Echavarría, vd., 2011). Siyah frenk üzümü suyu gibi ultrafiltrasyon sırasında meyve sularının antosiyanin ve flavonol içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Pap, vd., 2012).

2.1.5. Ultrases Uygulaması ve Yapılan Çalışmalar

Ultrases Tarihi

Ses hızını belirlemek için ilk çalışmaları 1826 yılında İsviçreli fizikçi JeanDaniel Colladon, Cenevre Gölü'nde su altı zilini kullandığıbir çalışma yapmıştır. 1800'lü yıllarda ise fizikçiler ses dalgalarının iletimi, titreşimi, yayılımı ve kırılması gibi terimleri tanımlamışlardır. 1877'de ise İngiltere'de Lord Rayleigh 'Ses Teorisi' çalışmasında akustik ses dalgalarını tanımlamıştır, bu çalışma bundan sonra yapılacak ses bilimi araştırmalarının temelini oluşturmaktadır (Woo, 2002).

Ultrases uygulamalarının biyolojik etkisi ilk olarak 1917'de Langevin tarafından bir tanktaki balığın ultrasese maruz kaldığında ölmesiyle tespit edilmiştir. 1940'larda ise ameliyat esnasında dokuyu sterilize etmek ve kanserli hücreleri yok etmek için kullanılmıştır (Shankar ve Pagel, 2011).

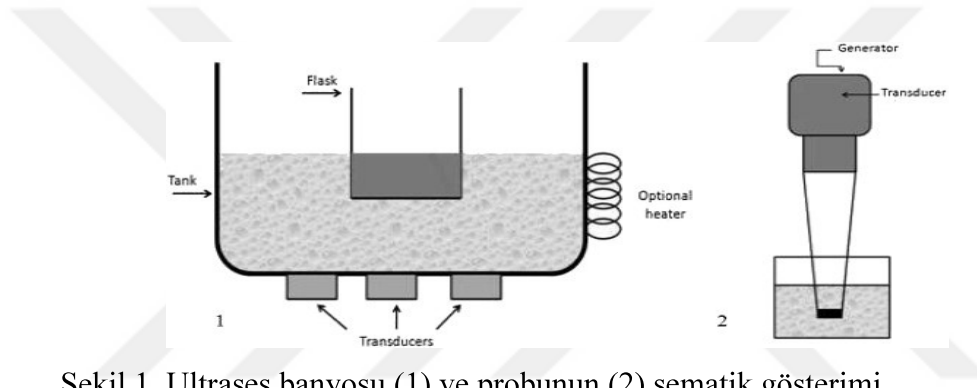
Ultrases uygulaması daha sonraki yıllarda emülsifikasyon, yüzey temizliği gibi bir çok teknoloji için uygulanmaya başlanmıştır (Dolatowski, vd., 2007). Özellikle son yıllarda ziraat ve tıp alanında ultrases ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır ve 2006 yılı ve sonrasında yapılan çalışmalar göstermektedir ki bu alanda ilerlemeler çok hızlı ilerlemektedir.

Ultras ses Sistemi

Ultras es sisteminde bulunan başlıca parçalar; jenerat3r, d3n3řt3r3c3 ve iletici b3l3mlerdir. Jenerat3r, alternatif akımı d3n3řt3r3c3n3n kullanabileceği y3ksek frekanslı alternatif akıma çevirmektedir. D3n3řt3r3c3 y3ksek frekanslı elektrik akımını mekanik titreşimlere d3n3řt3r3mektedir. İletici kısımda ise mekanik titreşimler, ultras es işleminin uygulanacağı ortama iletilmektedir.

Laboratuvarlarda tipik olarak iki farklı tipte ultras es ekipmanı kullanılmaktadır

- 1.ultras es temizleme banyoları
- 2.ultras es prob lar



Şekil 1. Ultras es banyosu (1) ve probunun (2) şematik g3sterimi

(S3o Jos3, vd., 2014)

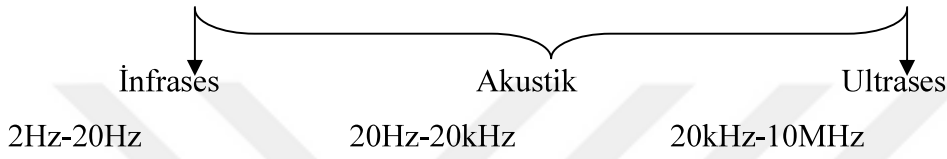
Ultras es temizleme banyoları genellikle katı dispersiyon, gaz giderme sol3syonları veya temizlik malzemeleri için kullanılan ucuz ve kullanımı kolay olmalarına rağmen kimyasal reaksiyonlarda daha az kullanılmaktadırlar. Ultras es banyolarda, tankın duvarlarında veya tabanında transdüserler bulunur ve ultras es enerjisi doğrudan sıvıya verilir (Chemat, vd., 2011).

Ultras es prob sistemleri, ortamdaki y3ksek g3l3 akustik titreşimi g3lendirmek ve y3r3tmek için çubuk şeklinde bir metal başlık kullanılır. Bu sistemin daha g3l3 olduğu d3ř3n3lmektedir nk3 ultras onik yoğunluk, probun ucundaki k3k bir y3zeyden salınır ve prob, uygulama sıvısına daldırılabilir. Bununla birlikte, bu sistem yalnızca k3k hacimli numunelerde kullanılabilir ve numunenin hızla artan sıcaklığına dikkat edilmelidir (Chemat, vd., 2011).

Ultrases Teknolojisi

Ultrases, genel olarak insan kulağının işitme sınırını (20 kHz ve 10 MHz arasında) aşan frekansa sahip ses dalgalarıdır. Ultrases bir ortamdan geçtiğinde birçok uygulamada, ses dalgasının genlik ve frekansına bağlı olarak oluşan pek çok kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal etkisi olduğu tespit edilmiştir (Knorr, vd., 2004).

Ultrases; ses gücü (W), ses yoğunluğu (W/m^2) ve ses enerji yoğunluğu ($W.s/m^3$) ile ifade edilmektedir (Knorr, vd., 2004; Dolatowski, vd., 2007).



Şekil 2. Ses dalgalarının frekans aralıkları

(Ojha, vd., 2017)

Ses dalgaları 3 ana bölüme ayrılmıştır. Bunlar şekil 2’de görüldüğü gibi frekansı 20Hz’den az olanlar ‘infrases’, 20 Hz ile 20 kHz arası olanlar ‘işitilebilen ses’, ve 20 kHz’den fazla olanlar ise ‘ultrases’ dalgası olarak belirtilmiştir.

Ultrases dalgaları ise ikiye ayrılmıştır. Bunlar, düşük frekanslı ultrases (20 kHz-1 MHz) ve yüksek frekanslı ultrases (1 MHz den büyük olanlar) dalgaları olarak sınıflandırılmıştır (Dolatowski, vd., 2007).

Ultrases dalgaları kullanılan enerji bakımından da ikiye ayrılmıştır; düşük enerjili ve yüksek enerjili ultrases dalgalarıdır (Kentish ve Ashokkumar, 2011). Düşük enerji grubu, 100 ile 1000 kHz arasında frekansa, ve $1 W m^{-2}$ ’den düşük ses yoğunluğuna sahiptir, yüksek enerji grubu ise 20 ile 100 kHz arasında frekansa ve $1 W m^{-2}$ ’den yüksek ses yoğunluğuna sahip olanlardır.

Kullanılan ses dalgasının şiddetine göre gıda işlemede ultrases kullanımı;

- 0,1 ile 10 MHz frekans ve $1 W/cm^2$ ’den küçük şiddete sahip yani yüksek frekans düşük güç grubundaki ses dalgaların kullanıldığı yöntem; bir ürün veya prosesi izlemek, kontrol etmek ya da farklı gıda maddelerinin fiziksel ve kimyasal yapısında değişiklik yapmayan ses dalgalarıdır (Kantaş, 2007). Gıdaların yapısını bozmadan yapısı ve fizikokimyası hakkında bilgi vermektedir (Leadley ve Williams, 2006).

- 20 ile 100 kHz frekans ve 10-100 W/cm² arasında şiddete sahip yani düşük frekans yüksek güçteki ses dalgaları kullanıldığında ise bir ürün veya prosese doğrudan etki etmektedir (Kantaş, 2007). Bu güçteki ultrases dalgası ile canlı ve cansız organizmalar üzerinde fiziksel, mekaniksel ve kimyasal etki oluşturarak fiziksel ve kimyasal reaksiyonları arttırıcı etkileri (Golmohamadi, vd., 2013).

Ultrases mikroorganizmalar üzerinde dekontaminasyon etkisi, kavitasyon ile oluştuğu bildirilmiştir (Xie, vd., 2019). Düşük basınçlı dalga oluşumu sırasında ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncuklar oluşturmaktadırlar. Bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hacme ulaştıklarında yüksek basınçlı dalga oluşumu sonucu eş zamanlı olarak içe doğru patlayarak kavitasyon adı verilen olayı meydana getirirler. Kavitasyon sırasında oluşan baloncukların patlamasıyla 1.000 atm'nin üzerinde basınç ve 5.000 K sıcaklık oluştuğu belirtilmiştir (Chemat ve Khan, 2011).

Kavitasyon sırasında değişen yüksek sıcaklık ve basınç ile mikroorganizmaların hücre duvarı ve hücre membranları mekanik hasara uğratılmaktadır. Ayrıca, ultrases dalgaları nedeniyle oluşan serbest radikaller de mikroorganizmalar üzerinde DNA hasarına neden olarak kimyasal dekontaminasyon etkisi göstermektedir (Rosario, vd., 2017).

Uygulama Alanları

Ultras ses gıda sanayinde, oksidasyonun hızlandırılmasında, enzim aktivitesinin inhibisyonunda, emülsiyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, filtrasyon, gaz çıkarma, sıvı dezenfektanlar ile birlikte yüzey dekontaminasyonunda ve mikrobiyal inaktivasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Ulusoy, vd., 2011).

Tablo 4

Gıda endüstrisindeki yüksek güçlü ultras ses uygulamaları

Uygulama Alanı	Etki/Fayda
Ekstraksiyon	Artan çözücü kütle transferi ile ekstraksiyon verimini ve etkinliğini artırır
Emülsifikasyon	Yüksek kayma gerilimine sahip mikro akış ile uygun maliyetle emülsiyon üretimi.
Homojenizasyon	Kristallerin üniform nükleasyonu ve modifikasyonu ile daha küçük kristal oluşumu
Kristalizasyon	Sınır tabakasının bozulması ile kirlenmeyi azaltma, akış hızını artırır.
Filtrasyon	Kimyasal ayırma tekniklerine olan ihtiyacı azaltma, basınç noktalarında partiküllerin aglomerasyonu.
Seperasyon	Verimliliği artırır, köpük giderici kimyasalların kullanımını azaltma, boru hatlarında oluşan fireyi azaltma.
Köpük giderme	Mikrobiyal hücre zarlarına direkt kaviteyoneel zarar, ısı transferini artırır, düşük sıcaklıklarda enzim inaktivasyonu ve gıda kalitesini koruma.
İnaktivasyon (enzimatik ve mikrobiyal)	Fermantasyon prosesini hızlandırır, metabolit üretimini artırır, canlı doku ve enzim süreçlerinin uyarılması substrat transferini iyileştirir.
Fermantasyon	Kaviteyoneel yoluyla ısı transferi ve ürünlerin ısıtılma, soğutma ve kurutulmanın hızlandırılması
Isı transferi	

(Patist, vd., 2008)

Ultras ses uygulamasıyla, *E. coli*, *Staph. aureus*, *B. subtilis*, *P. Aeruginosa* gibi birçok mikroorganizmayı yok ettiği tespit edilmiştir (Bayraktaroğlu, vd., 2006).

Ultras ses, endüstride biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu için termal olmayan etkili bir alternatif metottur. Ultras ses uygulaması, hücre duvarlarını mekanik olarak parçalar ve bileşen aktarımı sağlar. Hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı hücre dışına kolayca çıkabilmektedir. Bu yöntemle hücre duvarı ortadan kalktığı için bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha hızlı olmaktadır (Kim, vd., 1989). Dereotunun ekstraksiyonunda kullanılan ultras ses uygulaması destekli ekstraksiyon sisteminden alınan sonuçların geleneksel ekstraksiyona göre yaklaşık 2 kat daha hızlı olduğu belirtilmiştir (Wang , vd., 2006).

Bu tekniğin gıda endüstrisinde ilk kullanım alanlarından biri de emülsifikasyon uygulamasıdır. Ultras ses uygulaması ile oluşturulan emülsiyonlar, surfaktan maddeye ihtiyaç duymadan çok daha stabil haldedir. Kaviteasyon kabarcığı, birbirine karışmayan iki ayrı sıvının sınır tabakası fazına yakın bir yüzeyde patlarsa, meydana gelen flok dalgası iki sıvının çok etkin bir şekilde karışmasını sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda bazı meyve suları, mayonez ve ketçap gibi gıda üretimlerinde kullanıldığı görülmektedir (Canselier, vd., 2002).

Ultras ses uygulaması ile hücrelerin veya enzimlerin etkin olduğu çeşitli proseslerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek yoğunluklu ses dalgaları hücreleri bozmakta veya enzimleri denatüre etmektedir. Fermantasyon süresince düşük yoğunluklu ses dalgaları uygulandığında ise bira ve şarap üretiminde olduğu gibi fermantasyon hızında artışı ortaya çıktığı gösterilmiştir (Matsuura, vd., 1994).

Ürünün Raf Ömrüne Etkileri;

Yeni ısı olmayan teknolojiler arasında ultrases uygulaması, özellikle ısıya duyarlı gıdalarda mikrobiyal güvenliği artırdığı ve raf ömrünü arttırdığı için büyük önem kazanmaktadır. Ultrases dalgaları, gıda endüstrisinde kullanılan diğer tekniklerden farklı olarak çevre dostu olduğundan ve toksik olmadığından dolayı büyük avantajına sahiptir (Kentish ve Ashokkumar, 2011).

Aynı zamanda ultrases ısı olmayan muhafaza yöntemi olup ürünün raf ömrünü uzatırken aynı zamanda besin, tat ve görsel gibi kalite özelliklerini koruyarak dayanıklılık sağlayan bir teknolojidir.

Fakat mikroorganizmaların hepsinin ultrases uygulamasına aynı şekilde tepki vermediği gözlenmiştir. Mikrobiyal inaktivasyonun etkinliğini etkileyen faktörler (Piyasena, vd., 2003):

- Ultrases dalgalarının genliği.
- Maruz kalma veya temas süresi.
- İşlenen gıdanın hacmi.
- Gıdanın bileşimi.
- Uygulama sıcaklığı.

Bu faktörlerin yanı sıra mikroorganizmaların tipi, şekli veya çapından da etkilenir.

Cao vd. (2010) çilek üzerine yapmış oldukları çalışmada çeşitli frekanslarda ultrases dalgaları (0, 25, 28, 40 ve 59 kHz) 10 dakika, 20°C'de uygulamış ve 5°C'de 8 gün süre ile depolamışlardır, 40 kHz ultrases dalgası, meyve sertliğini muhafaza ederken, titre edilebilen asit, toplam çözünen madde miktarı ve vitamin C içeriklerinde herhangi bir kayba neden olmadığı gibi meyve üzerinde bulunan mikroorganizma sayısını da yaklaşık 0,6 log birimlik bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Daha düşük frekanstaki ultrases dalgasının (25 ve 28 kHz) meyve kalitesi ve mikrobiyal çürüme üzerinde olumlu etkisigörülmemiştir.

Aday vd. (2013) farklı ultrases güçlerinin (30 W, 60 W, 90 W) ve farklı uygulama sürelerinin (5 dk, 10 dk) çilek kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada 90 W kadar yüksek ultrases gücünün çilek kalitesi üzerinde zararlı etkilere neden olduğu, 30 W ve 60 W arasındaki güç seviyelerinin ise kaliteyi artırdığı ve çileğin raf ömrünü uzatmak için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Alexandre vd. (2012) ultrases (35 kHz) uygulanan çileklerin 6 günlük oda sıcaklığında depolama sonucunda antosiyanin miktarının kimyasal ajanlarla yıkanan çileklerden daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Tiwari vd. (2009) çilek suyunda yaptıkları çalışmada, 20 kHz'lik bir ultrases uygulamasının çilek suyunda bulunan antosiyanin miktarının değişmediği tespit etmişlerdir.

Görgüç, vd., (2019) yapmış oldukları araştırmaya göre taze çileklere ultrases (550 W 35 kHz) ve peroksiasetik asit (40 ppm) ile yıkama işlemleri yapılmıştır. Çilekler soğukta depolanarak 14 gün süresince belli aralıklarla çeşitli kimyasal ve mikrobiyal analizler yapıldığında ultrases ile yıkamanın diğer yöntemle kıyasla mikrobiyal yükün azaltılması ve biyoaktif özelliklerin korunmasında daha etkili olduğu gözlenmiştir.

Ultrases tek başına veya diğer yöntemlerle kombine kullanımında sürenin ya da gücün en uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir. Çünkü yüksek ya da düşük güçteki ultrases hedef olmayan organizmalar ve meyve sebzelerin bileşen ve doku kayıpları için ya da etkili koruma sağlanamaması gibi sonuçlara sebep olabilmektedir.

2.1.6. Elektrolize Su Uygulaması ve Yapılan Çalışmalar

Elektrolize Su Tarihi;

Su elektroliz teknolojisi ilk olarak 1900'lerde soda endüstrisinde, sodyum hipoklorit üretimi de dahil olmak üzere kullanıldığı görülmüştür (Japan Soda Industry Association, 1900). ES kavramı ilk olarak Rusya'da geliştirilmiş olmasına rağmen, 1980'den beri Japonya'daki tıp kurumlarında su dekontaminasyonu, su dezenfeksiyonu gibi çeşitli amaçlarla yaygın olarak kullanılmıştır (Al-Haq, vd., 2005). Zamanla kullanımı, hayvancılık yönetimi, tarım, gıda gibi çeşitli diğer alanlara doğru genişlemiştir (Stevenson, vd., 2004).

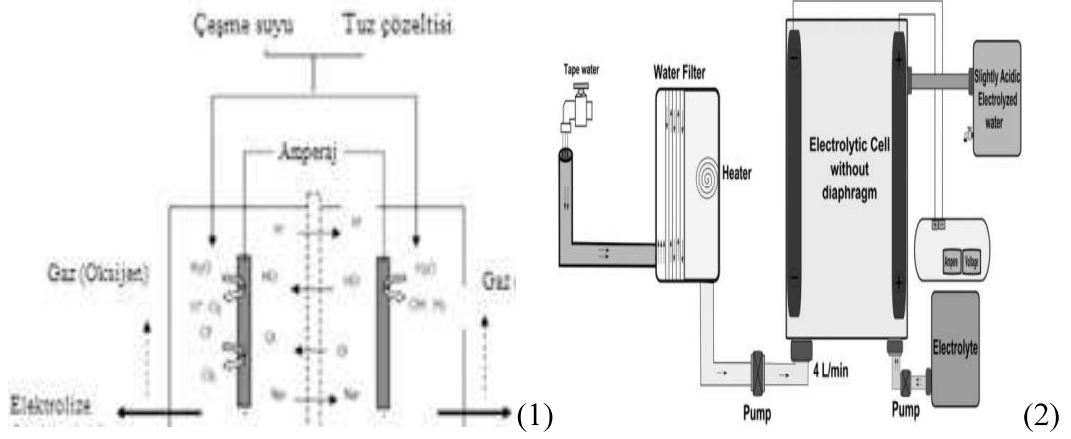
Gıda kaynaklı hastalıklar tüm dünyada yaygındır. Küresel olarak, gıda güvenliğini sağlamaya yönelik etkili ve güvenli protokoller arayışı, ABD, Japonya ve İngiltere gibi ülkelerde araştırmacıların, gıda üreticilerinin ve perakendecilerin ortak sorunu haline gelmiştir. Son zamanlarda gıda kaynaklı hastalık salgınları, büyük uluslararası endişeleri artırmış ve bu hastalık vakalarını azaltmanın en iyi yolunun güvenli gıda tedarikini sağlamak olduğu ortaya çıkmıştır.

Elektrolize su (ES) ilk olarak 1931'de tanıtılmış ve sırasıyla 1954 ve 1960'da tarım ve tıbbi bakımda uygulanmaya başlanmıştır. 1966'da ES'yun Japonya Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı tarafından kronik ishal, anormal gastrointestinal fermentasyon, hazımsızlık, hiperasitenin tedavisinde ve bir antiasit olarak etkili olduğu açıklanmıştır. Bakanlık ayrıca ES'yun ev kullanımı için bir ürün olarak kullanılmasına da izin verdi (Shirahata, vd., 2012). Son teknolojik gelişmelerle, ES popülerlik kazanmıştır. Bu avantajlar sayesinde, ES üretmek için daha iyi ekipman artık mevcuttur ve ES, ümit verici bir termal olmayan dezenfektan haline gelmiştir (Al-Haq, vd., 2005). Elektrolize su uygulaması, sürdürülebilir ve doğa dostu bir konsept olmasının yanında geleneksel sanitasyon sistemlerine kıyasla maliyet etkinliği, üretim kolaylığı, kolay uygulanabilirliği, dezenfeksiyon etkinliği ve insan-çevre sağlığı güvenliği gibi birçok avantaja sahiptir.

Elektrolize Su Sistemi;

ES makinelerinin çoğu 2 türe ayrılabilir: diyafram içerenler ve asidik elektrolize su (AES) ve bazik elektrolize su (BES) üretenler (2 hücreli hazneli makineler) ve diyafram içermeyen ve nötr elektrolize su (NES) ve hafif asidik elektrolize su (HAES) üretenler şeklindedir (Al-Haq, vd., 2005).

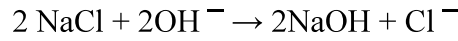
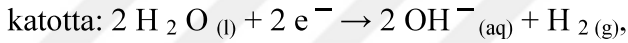
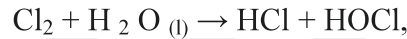
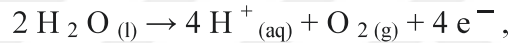
ES'yun, gıda güvenliğini sağlamak için ortadan kaldırılması gereken patojenik bakteriler üzerinde güçlü mikrop öldürücü etkiler sergilediği bildirilmiştir (Hricova, vd., 2008). Bununla birlikte, güçlü indirgeme potansiyeline sahip olan BES, doğrama tahtaları, mutfak gereçleri ve diğerleri gibi öğelerdeki kir ve gresi temizlemek için kullanılabilir (Hricova, vd., 2008).



Şekil 3. Elektrolize suyun üretim şeması ve üretilen bileşikler

(Poçan, vd., 2011; Rahman, vd., 2016)

(1) Harici bir güç kaynağıyla bağlanan ve bir diyaframla ayrılan anot ve katottan oluşan bir elektrolitik hücrede AES ve BES üretimini göstermektedir.



AES, anottan elde edilirken, BES, katottan elde edilir.

(2) Diyaframsız bir elektrolitik hücre kullanılarak NES ve HAES üretimini gösteren şematik gösterim.

NES (pH 7 ila 8 ve ORP 750 ila 900 mV), NaCl veya HCl elektrolitleri kullanılarak diyaframsız elektrolitik hücrede üretilirken,

HAES (pH 4,5 ila 6,5 ve ORP yaklaşık 900 mV) elektrolit kullanılarak yalnızca HCl'den veya NaCl ile kombinasyonundan üretilir (Rahman, vd., 2016).

Ticari AES jeneratörlerinin, donatıldıkları otomatik kontrol sistemlerine göre 3 ana tipleri mevcuttur. İlk tip, kullanıcıların tuzlu su akış oranını sabitlemesine izin verirken, makineler voltajı ve amperi otomatik olarak ayarlar, ikinci tip, kullanıcıların amperi ve voltajı seçmesine izin verirken, makineler tuzlu su akış oranını buna göre düzenler ve üçüncü tip, kullanıcıların bir klor konsantrasyon seviyesi ayarlamasına izin verirler. Bu ayara bağlı olarak, makineler amperi ve / veya voltajı ve tuzlu su akış hızını otomatik olarak değiştirir (Hricova, vd., 2008).

Elektrotları doğru akım gerilimlerine maruz bırakarak ES jeneratöründen geçirilirken, voltaj ve akım değerleri sırasıyla 9–10 V ve 8–10 A olarak ayarlanarak elektrotlar arasında voltaj üretilir (Al-Haq, vd., 2005). Elektroliz işleminin başlangıcında, NaCl suda çözünür ve pozitif ve negatif yüklü iyonlara (Na^+ ve Cl^- sırasıyla) ayrışır. Bu arada çözeltide hidroksit (OH^-) ve hidrojen (H^+) iyonları da oluşur. Negatif yüklü iyonları (OH^- ve Cl^-) elektronların serbest bırakıldığı anoda doğru hareket ederler ve hipoklorik asit (HOCl), hipoklorit iyonu (OCl^-), hidroklorik asit (HCl), oksijen gaz (O_2) ve klor gazı (Cl_2) üretilir. Bununla birlikte, pozitif yüklü iyonlar (Na^+ ve H^+) katoda doğru hareket eder ve elektron kazanırlar, bu da sodyum hidroksit (NaOH) ve hidrojen gazı oluşumuyla sonuçlanır (Al-Hak, vd., 2005; Hricova, vd., 2008).

Bu şekilde gerçekleşen oksidoredüksiyon (redoks) reaksiyonlarında elektron alan (oksidan) ve elektron veren (redükten) moleküllere “redoks çifti” denilmektedir. Bir redoks çiftinin elektron kaybetme olayı ise “Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)” olarak kaydedilmiştir (Poçan, 2011). ORP değeri, elektroliz sonucu ortaya çıkan serbest klor konsantrasyonu ile birlikte elektrolize suyun etkinliğini belirleyen değerlerden biridir (Aksoy, 2020). Bunun dışında serbest klor konsantrasyonu, pH, sıcaklık, elektrolitin ve suyun akış hızı, tuz konsantrasyonu, elektrolizin gerçekleşme süresi, kullanılan elektrolitin tipi, suyun sertliği, muhafaza koşulları, ürünlerdeki organik madde varlığı ve kirlilikler, ürüne uygulama şekli (daldırma, spreyleme vb.) elektrolize suyun dezenfektan etkinliğini etkilemektedir (Rahman, vd., 2016).

Aynı anda iki tür ES oluşturulur. Anotta pH değeri 2 ila 3, oksidasyon indirgeme potansiyeli (ORP) > 1100 mV ve mevcut klor konsantrasyonu 10 ila 90 ppm olan bir asidik çözelti üretilir. Bu arada, katotta, pH 10 ila 13 ve ORP'si -800 ila -900 mV olan bazik bir çözelti üretilir (Al - Haq, vd., 2005).

Elektrolize Su Teknolojisi

Asidik elektrolize su, yüksek pozitif yükseltgenme indirgenme, güçlü asidite, yüksek konsantrasyonlu çözünmemiş oksijen ve güçlü antibakteriyel aktivite gibi özellikler göstermektedir. Bu suyun antibakteriyel etkisinin, asidik elektrolize sudaki, hipoklorik asit (HOCl) ve kalıntı klor içeriği nedeniyle olduğu belirtilmiştir (Tosa, vd., 2000). Asidik elektrolize suyun, kapalı ve karanlık ortamda, bir yıl boyunca saklanabileceği buna karşın alkali elektrolize suyun depolama esnasında özelliklerinin kolayca değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Koseki, vd., 2000). Ayrıca ES, karanlıkta muhafaza edilerek veya buz küplerine dönüştürülerek gelecekte kullanılmak üzere de depolanabilmektedir (Len, vd., 2002).

ES'yun antimikrobiyal etkinliği, ORP, klor konsantrasyonu (Cl_2 , OCl ve HOCl) ve pH tarafından oldukça etkilenmektedir (Len, vd., 2000). ES'yun pH'ı, çeşitli klor türlerinin oluşumunda önemli bir rol oynar. pH, hücre zarı geçirgenliğini değiştirmesi, hücrenin seçici difüzyonlarının düzenlenmesini, hücre zarı proteinlerinin yapısını etkileyerek mikrobiyal inaktivasyonu sağlar. Klor, HOCl formunda en güçlüdür ve çözeltinin pH'ı 5,0 ila 6,5 olduğunda $-OCl$ 'den 80 kat daha fazla temizleme gücü olduğu bilinmektedir (Cao, vd., 2009). Bununla birlikte, HOCl yüksek pH'ta hipoklorit iyonlarına ($-OCl$) ve düşük pH değerlerinde klor gazına (Cl_2) ayrışır. HOCl, hücrelerin zarlarına sızar ve anahtar metabolik çerçevelerde meydana gelen oksidasyon yoluyla antimikrobiyal etki gösteren hidroksil radikalleri üretir (Huang, vd., 2008).

ES'yun ORP ve klor konsantrasyon değerlerinin, asidik (pH 2,5) bölgeden bazik (pH 9,0) bölgeye pH'daki artışla önemli ölçüde düştüğü belirtilmiştir. pH 9,0 değerine ulaştığında, tüm organizmaları inaktive etme kabiliyetinin azaldığı görülmüştür (Rahman, vd., 2010). AES düşük bir pH'a sahiptir ve bunun, bakteri üretimindeki azalmadan ve dış katmanlarını HOCl'ye daha duyarlı hale getirerek bakteri hücrelerini dinamik klora karşı daha savunmasız hale getirmesinden sorumlu olduğu bilinmektedir (Park, vd., 2004).

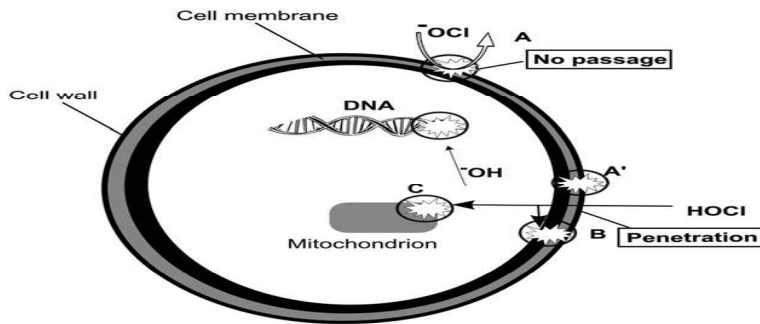
Genel olarak bakteri genellikle 4–9 pH aralığında gelişmektedir. Aerobik bakteriler çoğunlukla +200 ila 800 mV ORP aralığında, anaerobik bakteriler –700 ila +200 mV'de gelişmektedir. 800 mV ORP'deki elektrolize su ile temas ettiğinde birkaç saniyede çoğu patojen ölür. Hücre duvarının daha geçirgen hale geldiğinde reaktif bileşenler hücre içine girerse nükleik asitler, enzimler ve diğer proteinlere zarar verebilir ve bu hasar bakteri üretimini engeller.

Düşük pH, bakteri hücrelerinin dış zarını HOCl'nin bakteri hücrelerine girişine duyarlı hale getirebilir (McPherson, 1993). Klor bileşiklerinin en aktifi olan HOCl, karbonhidrat metabolizmasında önemli olan bazı enzimlerin klor oksitleyici sülfhidril grupları tarafından glikoz oksidasyonunu inhibe ederek mikrobiyal hücreyi öldürüyor gibi görünmektedir.

Fukuzaki (2006), sodyum hipokloritin mikroorganizma öldürücü etkisini açıklamak için bir model geliştirmiştir. HOCl'nin mikrop öldürücü etkisi, hücre duvarları ve zarları boyunca mikrobiyal hücrelere nüfuz etmesine bağlanmıştır. Bu model, ES'yun mikrop öldürücü aktivitesinin, HOCl ve OCl'nin mikrobiyal hücre zarından yayılma yetenekleri tarafından yönetildiğini açıklamaktadır.

İyonize $-OCl$, plazma zarının hidrofobik tabakası olan lipid çift tabakasının varlığından dolayı mikrobiyal hücre zarına nüfuz edemez. Bazen, mikrobiyal hücre duvarının bazı yapıları da hücreyi $-OCl$ penetrasyonundan korur. Bu nedenle $-OCl$, yalnızca hücre dışından (A çemberi) oksitleyici etki verir. $-OCl$ ile dezenfeksiyonun ilk adımında, mikrobiyal hücre duvarı ve zarının yırtılması veya parçalanması meydana gelir ve bunun ardından $-OCl$, plazma zarında lokalize fonksiyonel proteinleri inaktive eder.

Öte yandan, HOCl, plazma membranının lipid çift tabakasına pasif difüzyon yoluyla nüfuz edebilir. HOCl'nin nüfuz etmesi, elektriksel nötrlüğü ve suyla karşılaştırılabilen mütevazı moleküler boyutundan kaynaklanmaktadır. Bu aynı zamanda H_2O_2 gibi diğer nötr ve küçük moleküller için de geçerlidir. Sonuç olarak, HOCl mikrobiyal hücreye sadece dışarıdan değil (Şekil 4'te A' çemberi), aynı zamanda hücrenin içinden de (B ve C çemberleri) saldırabilir, böylece inaktivasyon oranını ve antiseptik aktiviteyi artırır.



Şekil 4. Elektrolize suyun mikrobiyal inaktivasyonu temsil eden model.
(Rahman, vd., 2016)

Uygulama Alanları

Günümüzde elektrolize su, başta sebze-meyve ve hayvansal ürünler olmak üzere birçok gıda ve gıdalarla temas eden yüzeylerde mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması, gıdalardan pestisitlerin ve mikotoksinlerin uzaklaştırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Sebze ve meyvelerin dokusal ve duyu kalitesini bozmadan, ayrıca ısı işleme gerek kalmadan gerçekleştirilen elektrolize su uygulamaları oldukça etkindir.

Hem et hem de meyve sebze gibi gıdalar üzerine elektrolize su ile yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Ayrıca gıda ile temas eden yüzey ve ekipmanların temizliği, gıda güvenliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. Ekipman temizleme sistemleri de dahil olmak üzere, elektrolize su çeşitli ekipman ve yüzeylerin sanitasyonu için de kullanılmaktadır (Wang, vd., 2016).

Tablo 5

Gıda endüstrisindeki elektrolize su uygulamaları

Ürün	İncelenen parametre	İşlem şartları	Sonuç	Referans
Çilek	Mikrobiyal yük	AES; pH: 2,6, serbest klor: 32,1ppm, ORP: 1130mV, daldırma 10dk.	Aerobik bakteri 1,6 log kob/g Koliform bakteri 2,4 log kob/g Mantar 1,6 log kob/g azalma görülmüştür	Koseki, vd., 2004
Çilek	<i>E. coli</i> O157:H7	AES; pH: 2,6, serbest klor: 53,6ppm, ORP: 1059,5mV, daldırma 5dk.	<i>E. coli</i> O157:H7 miktarında 1,3log kob/g azalma görülmüştür	Hung, vd., 2010
Çilek	Toplam aerobik bakteri Maya ve küf	HAES; pH:6,4 serbest klor: 34,3ppm ORP: 853,7mV, 25°C'de 10 dk daldırma.	Toplam aerobik bakteri miktarında 0,9 log kob/g çilek azalma görülmüştür Maya ve küf miktarında ise 0,9 log kob/g çilek azalma görülmüştür	Ding, vd., 2015
Kiraz	Kalite özellikleri, küf ve raf ömrü	3 dk. süreyle 25, 50, 100, 200, 300 ve 400 ppm serbest klor içeriğine sahip elektrolize su ile muamele ve sonrasında 30 gün depolama	Kalite özellikleri ve küf analizlerine bağlı olarak, serbest klor içeriği 100 ppm'den düşük AES'yun raf ömrünü arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir	Hayta, 2014
Lahana, marul, salatalık ve havuç	Kalite özellikleri (renk, klorofil, betakaroten ve askorbik asit içeriği)	AES, NaOCl (150ppm) çözeltisi ve musluk suyu ile 10 dk. muamele	AES, NaOCl ve musluk suyunun aynı derecede kalite kaybına yol açtığı saptanmıştır.	Koseki ve Itoh, 2001
Yumurta (kabuklu)	<i>E. Coli</i>	AES; pH: 2,1, serbest klor: 8 ppm, ORP: 1150 mV, daldırma 0,3saat	<i>E. Coli</i> miktarında 4–6log kob/yumurta oranında azalma görülmüştür.	Russel, 2003
Cam, paslanmaz çelik, seramik fayans vb.	<i>E. aerogenes</i> ve <i>S.aureus</i>	AES Serbest klor: 10 ppm ile çalkalayarak ve çalkalamayarak yapılan uygulama	Çalkalamadan yapılan uygulamada bakterilerde sırasıyla 2,2-2,4 log ve 1,7-1,9 log azalma; çalkalayarak yapılan uygulamada ise yüzeyde canlı hücreler 1 kob/cm ² 'den az tespit edilmiştir.	Park, vd., 2002
<i>B. cereus</i>	Mikroorganizma inhibisyonu	30 dk. Ultrases ve 30 ppm'lik AES uygulaması	Bakteri spor sayılarında 2,29 log azalma saptanmıştır.	Lv, vd., 2020

ES, gıda, tarım ve tıp endüstrisi dahil olmak üzere çeşitli alanlarda toksik muadillerine göre sayısız avantaj göstermiştir. ES organik maddeyle temas ettiğinde veya su ile seyreltildiğinde, sıradan suya dönüşerek çevre ve kullanıcı sağlığı üzerinde oldukça az olumsuz etkisi olduğu tespit edilmiştir (Tanaka, vd., 1999). ES kullanmanın temel avantajı, yerinde üretim özelliğidir, böylece tehlikeli klorun taşınması, depolanması ve işlenmesi dahil klorlama ile ilgili sorunları ortadan kaldırır (Jeong, vd., 2007). ES, geniş bir bakteri yelpazesine karşı aktiftir ve seçici olmayan antimikrobiyal özelliklere sahiptir. Bu nedenle, ES'yun bakteri direncinin büyümesini desteklemediği varsayılmaktadır (Hricova, vd., 2008). Ayrıca gıda ürünlerinin duyu kalitesi AES, NES ve hafif alkali ES kullanımından olumsuz etkilenmez (Hricova, vd., 2008). Ayrıca oldukça ekonomiktir, yatırım maliyetleri sonrasında; işletme açısından maliyete neden olan unsurlar sadece su, tuz ve elektrik enerjisidir.

Bununla birlikte, ES ile ilgili yaygın uygulamalarını sınırlayan bazı dezavantajlar da mevcuttur. Dikkate alınması gereken dezavantajlardan bazıları;

1. Nispeten yüksek başlangıç ekipman maliyeti (Hricova, vd., 2008);
2. ES'yun, elektroliz yoluyla sürekli olarak Cl_2 , H^+ ve $HOCl$ ile beslenmemesi halinde antimikrobiyal potansiyelini hızla kaybetme eğilimi (Kiura, vd., 2002);
3. ES'yun bakterisidal aktivitesini azaltan zaman içinde klor konsantrasyonunda azalma (Al-Haq, vd., 2005);
4. $pH < 5$ 'te çalıştırıldığında bazı ES jeneratörleri tarafından üretilen keskin klor gazının neden olduğu operatöre rahatsızlık;
5. AES kullanımı sırasında serbest klor içeriği veya yüksek ORP'nin neden olduğu fitotoksiste, ellerde tahriş ve korozyon (Al-Haq, vd., 2005);
6. Uygun olmayan depolama ve ES'da organik madde mevcudiyeti nedeniyle antimikrobiyal aktivitede azalma (Hricova, vd., 2008)

2.1.7. Modifiye Atmosferli Ambalajlama ve Yapılan Çalışmalar

Modifiye Atmosferli Ambalajlama Tarihi

Gıdayı dış etkilere koruyan, son tüketiciye bozulmadan, düşük maliyetle güvenilir bir şekilde ulaştırılmasını ve tanıtımını amaçlayan cam, kâğıt, metal, plastik gibi özel malzemeden yapılan bir araçtır. Gıda ambalajları içindeki ürünün raf ömrünü artırmayı amaçlayarak ürünün kalite özelliklerini koruyarak, dayanıklılığını artırma, taşıma ve depolamada kolaylık oluşturma, ürünü tanıtmaya ve ürün hakkında bilgi verme ve ürün çekiciliğini arttırarak tüketiciyi satın almaya teşvik etmeyi amaçlayan bunların yanında ülke ekonomisine de büyük ölçüde katkı sağladığı ifade edilmiştir (Üçüncü, 2011).

Son 200 yıl içerisinde ambalajın, ürün için bir kaptan çok ürün tasarımının önemli bir unsuru haline dönüştüğünü görülmüştür. Örneğin, domates ketçabını önceleri cam şişelerde paketlerken teknolojinin gelişmesiyle oksijen bariyerli sıkılabilir plastik şişelerde paketleyerek daha uzun raf ömrü sağlanmıştır (Coles, 2011).

Askeri gereksinimler, bazı önemli paketleme gelişmelerinin hızlandırılmasına yardımcı olmuştur. Bunlar arasında Fransa'da konserve gıda üretimine başlanması ve Birinci Dünya Savaşı sırasında çelik kutular için teneke kıtlığı nedeniyle yumuşak peynirler ve malt süt dahil olmak üzere çeşitli ürünlerin pazarlanmasında kâğıt bazlı kapların artan kullanımı yer alıyor. İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana önceden paketlenmiş gıdalar ve yemek servisi ambalajlarına olan talebin artışı, kullanılan malzeme ve paket yelpazesini önemli ölçüde çeşitlendirmiştir. Günümüzde mevcut olan çok çeşitli yiyecek ve içecekler, on dokuzuncu yüzyıldan beri gıda bilimi ve teknolojisi, ambalaj malzemeleri ve makine teknolojisi, nakliye ve depolama yöntemlerinde yaşanan gelişmelerle mümkün olmuştur (Coles, 2011).

Son 200 yılda ambalajdaki bazı önemli gelişmelere bakılacak olursa; 1809'da Fransa'da Nicolas Appert, yiyecekleri hava geçirmez şekilde kapatılmış cam kavanozlarda termal olarak muhafaza etme ekipmanlarını üretmiştir. 1810'da Peter Durand lehimli teneke kutuyu tasarlamış ve ısıya dayanıklı yiyecek kaplarının kullanımını ticarileştirmiştir. İngiltere'de, askeriye için el yapımı "patentli muhafaze edilmiş et" kutuları üretildi (Davis, 1967).

1906'da G.W. Maxwell tarafından San Francisco ve Los Angeles'ta parafin mumu kaplı kağıt süt kapları üretilmiştir (Robertson, 2002).

1950'lerde ısıtıl işlem görmüş gıdalar için otoklav poşeti ABD ordusu için geliştirilmiştir. Dondurulmuş gıdalar için alüminyum tepsiler, alüminyum kutular ve sıkılabilir plastik şişeler üretilmiştir.1956'da Tetra Pak, düşük yoğunluklu polietilen ekstrüzyon kaplamalı kartondan yapılmış dört yüzlü süt kartonunu piyasaya sürmüştür (Coles, 2011).

1970'lerde MAP perakende paketleri Amerika Birleşik Devletleri, İskandinavya ve Avrupa'ya tanıtılmış; İçecek şişeleri için PVC kullanılmaya başlanmıştır; Mikrodalgada kullanılabilir dondurulmuş gıdalar için plastik kaplar, kutu içinde torba sistemleri ve bir dizi aseptik form, doldurma ve kapatma esnek paketleme sistemleri geliştirilmiştir. 1973 yılında DuPontTM, kola ve diğer gazlı içecekler için kullanılan enjeksiyon gerdirmeli üfleme kalıplanmış polietilen tereftalat (PET) şişeyi geliştirmiştir (Coles, 2011).

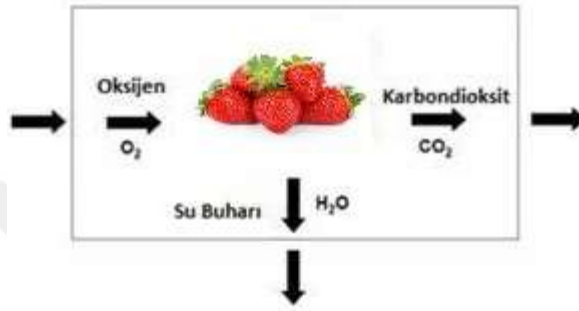
2000'ler de ise nanoteknolojinin gelişmesiyle ürün atığını ve ambalaj geri dönüşümünü sağlamak için çeşitli ambalajlar üretilmiştir.

Modifiye Ambalaj Sistemi

Daha sağlıklı beslenme için küresel bilinç, tüketici yaşam tarzındaki değişiklikler ve perakende pazarlamanın ilerlemesi; taze, sağlıklı ve uygun gıda ürünlerine olan talepte dikkate değer bir artışa yol açmıştır. Meyve ve sebzeler genellikle yüksek besin değeri ve endüstriyel olarak üretilmiş gıdalardaki lezzet ve renk gibi özellikleri korumak ve geliştirmek için kullanılan sentetik katkı maddelerinin bulunmaması ile ilişkilendirilir (Gialamas, vd., 2010).

Taze ve taze kesilmiş meyve ve sebzeler tüm metabolik faaliyetlerine devam ederler ve enzimatik aktivite, terleme ve solunumdaki artış nedeniyle kalite bozulmasına ve mikrobiyal çoğalmaya karşı hassastır (Caleb, vd., 2012). Modifiye atmosfer paketleme (MAP) teknolojisi, ürün solunum hızını yavaşlatarak ve karmaşık substratların enzimatik bozunmasını geciktirerek taze ürünün raf ömrünü uzatma imkanı sunar (Kader, 1986).

MAP ile gıda ambalaj içi gaz içeriğinin (%78,08 N₂, %20,96 O₂ ve %0,03 CO₂) havadan farklılaşmasıyla oluşmaktadır. Ambalaj gaz içeriğinin değişimi iki şekilde oluşmaktadır; ‘pasif MAP (EMAP)’ gazların bileşimlerinin doğal solunum ve film geçirgenliği sonucu kendiliğinden değişerek dengeye gelmesiyle ya da ‘aktif MAP’ çeşitli gazların eklenmesi ya da çıkarılması ile gerçekleştirilmektedir (Lavieri ve Williams, 2014; Charles, vd., 2003).



Şekil 5. Ambalajlanmış çileklerde solunumun şematik gösterimi

Her ikisinde de solunum hızı, film geçirgenliği ve sıcaklık gibi dış faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, MAP uygulamasının amacı, belirli bir sıcaklık aralığında arzu edilen bir atmosferi korumaktır. Sıcaklık birkaç dereceden fazla değişirse, ambalaj atmosferi değişir ürüne uygunsuz veya zararlı hale gelebilir (Zagory, 1995).

MAP'nin başarısındaki bir diğer kritik parametre de ambalaj malzemesi seçimidir. Paketlerdeki atmosfer değişikliğinin derecesi O₂ ve CO₂ geçirgenliğine, su buharı, film kalınlığı, ambalaj yüzey alanı ve paketin içindeki serbest hacme bağlıdır (Mahajan, vd., 2008).

Uygun maliyetli MAP tasarımı, ürün ağırlığı, sıcaklığı ve ambalaj malzemesinin özellikleri gibi diğer birçok faktöre bağlıdır (örn. Film kalınlığı, geçirgenlik, perforasyon yoğunluğu ve yüzey alanı) (Charles, vd., 2003).

Tablo 6

MAP tasarımında yer alan değişkenler

MAP	Değişkenler
Çevreyle ilgili	Gaz bileşimi
	Sıcaklık
Ürünle ilgili	Ürün kütlesi
	Ürün yoğunluğu
	Ürün solunum hızı
	İstenilen gaz bileşimi
Film ile ilgili	Hacim
	Filmin kalınlığı
	Gaz değişimi için uygun alan
	O ₂ ve CO ₂ geçirgenliği
	Delik sayısı
	Delik yarıçapı

(Mahajan, vd., 2007).

MAP tekniğinin meyve ve sebzelerle başarılı bir şekilde uygulanabilmesi içinsistemin tasarımı çok önemlidir. Tablo 6'da gösterildiği gibi ambalajlanacak ürünün özellikleri, kullanım yeri, film saydamlığına gerek olup olmadığı, dağıtım koşulları, ve gaz geçişi engelleme gereksimi gibi birçok faktör vardır (Üçüncü, 2011).

MAP Teknolojisi;

MAP ile ürün kalite özelliklerini sağlayarak raf ömrünü arttırır, ekonomik kayıpları azaltılmasına olanak sağlar, daha kolay ve düşük maliyetle üründağıtımını sağlaması ve daha az kimyasal madde kullanımını, kokusuz ve kullanışlı ambalajlama gibi birçok avantaja sahiptir. Avantajların yanı sıra sıcaklık kontrolü ve ek maliyet gerektirmesi, aktif MAP'de her ürüne uygun farklı gaz içeriklerinin oluşturulması, nakliye sırasında paketlerde meydana gelebilecek delinme, yırtılma benzeri fiziksel zarar oluşması gaz kompozisyonunun farklılaşması gibi dezavantajları mevcuttur (Stivertsvik, vd., 2002).

Ambalaj gaz içeriğimodifikasyonu ile ürün korunmaktadır. Bakteri, maya ve küflerin gelişimini engellemesi, enzim aktivitesi ve protein yapısı üzerine etki etmesinden dolayı MAP’de CO₂, en önemli gazdır (Çelikkol, 2011). Karbondioksitin mikroorganizmalar üzerindeki genel etkisi gelişim eğrisindeki lag fazını uzatması ve logaritmik gelişim fazının büyüme hızını azaltmasıdır.

CO₂ ve O₂ gazları birbirleri üzerinde etkileri vardır. Taze ürünlerin raf ömrü, bu iki gazın uygun konsantrasyonlarda ayarlanması ile arttırılmaktadır. Tablo 7’de birçok ürünün tolere edebileceği en düşük O₂ ve en yüksek CO₂ konsantrasyon değerleri gösterilmiştir. Ambalaj içindeki O₂ veya CO₂ miktarlarının tolerans sınırlarının altında veya üstünde olması ürünün bozulmasını hızlandırmaktadır (Batu, 2009).

Tablo 7

Bazı meyve sebzeler için önerilen MAP koşulları

Ürün	Sıcaklık (°C)	Tavsiye edilen gaz miktarı	
		O ₂	CO ₂
Elma	0-5	1-3	1-3
Çilek	0-5	5-10	15-20
Frenk üzümü	0-5	5-10	15-20
Ahududu	0-5	5-10	15-20
Kayısı	0-5	2-3	2-3
Kiraz	0-5	3-10	10-15
İncir	0-5	5-10	15-20
Portakal	5-10	5-10	0-5
Şeftali	0-5	1-2	3-5
Hurma	0-5	3-5	5-8
Erik	0-5	1-2	0-5
Lahana	0-5	2-3	3-6

(Soltani, vd., 2015)

Oksijen; enzimatik reaksiyon, pigment oksidasyonu ve yağ oksidasyonu gibi gıdalarda meydana gelen bozucu reaksiyonları hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır. Yaygın olarak bilinen, aerobik bakteri ve mayaların çoğu gelişmeleri için oksijene ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle gıdaların raf ömrünü uzatmak için ambalaj içinde düşük oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duymaktadır. (Sandhya, 2010).

Modifiye atmosferde ambalajlama yöntemi özellikle pasif MAP meyve ve sebzelerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Böylece düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonlarında paketlenen gıdaların, etilen üretimi ve solunum hızları yavaşlayarak olgunlaşma geciktirilir, gıda bileşimindeki şeker ve asitlerin tüketilmesi sınırlandırılır, solunum sonucu nem ve ısı oluşumu, klorofil yıkılımı ve enzimatik esmerleşmeler oldukça azaltılır (Üçüncü, 2011).

Meyve ve sebzeler gibi hasat sonrası solunumlarına devam eden gıdalar MAP yöntemi iyi bir şekilde uygulanabilmesi için, gıda ve ambalaj parametrelerin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu parametrelerden en önemlileri tablo 8'deki gibidir.

Tablo 8

MAP'li ürünün raf ömrünü etkileyen iç ve dış faktörler

İç faktörler	Dış faktörler
Su aktivitesi	Tüm aşamalarda saklama sıcaklığı
pH	Depolama bağıl nemi
Besin bileşimi ve duyu kalitesi	Paketlemeden önceki zaman aralığı
Oksidasyon indirgeme potansiyeli	İlk ve son gaz bileşimi
Doğal antimikrobiyal bileşiklerin	Gaz saflığı
Mikrobiyal flora	Tepe boşluğunun ürüne oranı
Sporların varlığı	Ambalaj filminin bariyer özellikleri
Kullanılan koruyucuların miktarı	MAP tasarımı
Etilen miktarı	HACCP prosedürleri

(Calep, vd., 2013)

Birçok muhafaza yöntemlerinde olduğu gibi, hammaddenin başlangıç kalitesi, ürünün yetiştirme koşulları, çeşidi ve olgunluk durumu ile hasat ve hasat sonrası yapılan uygulamalar MAP verimliliğini etkilemektedir (Üçüncü, 2011).

Ürün çeşidi; bileşimini ve kalitesini etkileyen önemli bir etkidir. Ayrıca meyvenin hasatından itibaren uygunsuz meyvelerin ayıklanması, boy ve kaliteye göre sınıflandırma, depolama ve diğer ileri işlemlerin her biri hasat sonrası süreci meydana getirmektedir. Bu süreçte kalite, meyvenin olgunlaşma ve yaşlanmasını etkileyen fizyolojik ve teknolojik proseslerden etkilenmektedir. Bunlarla birlikte MAP tekniği için solunum hızı yavaş olan çeşitler tercih edilerek ambalajlanan ürünlerin bozulmasını geciktirilir ve raf ömrünün uzaması sağlanmaktadır (Üçüncü, 2011).

DMA (Denge Modifiye Atmosfer Paketleme), filmde O_2 ve CO_2 'in geçişini sağlayan ürünün veya meyvenin solunum hızı ile dengelenmesini sağlayan MAP teknolojisidir. Delikli ya da deliksiz polimer filmlerin farklı tipleri, meyve ve sebzelerin paketlenmesinde kullanılmaktadır. Her bir ürün için özelleşmiş paketleme malzemelerinin kullanımının amacı, meydana gelen solunum hızını en düşük düzeye indirmektir.



Şekil 6. Çileklerin DMA paketleme aşamaları

(*Ulmapackaging*, 2021)

Ambalaj içerisinde oksijen tüketimi ve aynı oranda karbondioksit oluşumu yaşanmaktadır. Bir süre sonra ambalaj içerisinde oksijen azalır ve ambalaj içerisine giren oksijen miktarı giderek artar. Başlangıçta, bu sistem içine giren oksijen miktarı tüketilen oksijen miktarını karşılamaya yeterli değildir. Bu nedenle ortamdaki oksijen miktarı giderek azalır ve buna tepki olarak solunum hızı azalır. Böylelikle yeni bir denge atmosfer sistemi oluşmaya başlar (Mangaraj, vd., 2009).

DMA hem solunum hızının hem de film geçirgenliğinin sıcaklıkla artmasından dolayı sıcaklık değişimlerinde etkilenmektedir. Her $10^{\circ}C$ artışta, reaksiyon hızı iki katına çıktığı hesaplanmıştır (Samsudin, 2010).

Mikroperforeli filmler de gaz değişiminin hızlanmasına imkan tanınması sebebiyle DMAP oluşumuna olanak tanımaktadır. Perforesiz filmler, bariyerleri sebebiyle gaz değişimi açısından oldukça sınırlıdır ancak perforeli filmler ile oksijen karbondioksit geçişi hızlı ve sabit şekilde sağlanarak dengeye hızlı ulaşılmasını sağlamaktadır (Samsudin, 2010).

Delikli filmler daha yüksek geçirgenlik oranına sahiptir, ancak CO₂'nin O₂ geçirgenliğine göre oranı çok daha düşüktür. Bu nedenle, bu tür filmler, aynı anda düşük O₂ ve yüksek CO₂ seviyelerini tolere eden, taze kesilmiş ürünler, çilek ve mantar, yüksek solunum oranına sahip ürünler gibi ürünler için büyük ilgi görmektedir (Fonseca, vd., 2000).

Polimerik bir filmdeki delikler, gaz taşınması için paralel bir yolu temsil eder. Bu filmler için, film geçirgenliği deliklerin sayısı ve boyutu önem taşımaktadır (Mahajan, vd., 2007). Perfore filmler delik boyutlarına göre sınıflandırılacak olursa;

1. Makroperfore filmler,
2. Mikroperfore filmler,
3. Lazer perforasyon.

Mikro delikli veya mikroperfore filmler gaz geçirgenlikleri, paketlenen ürünün solunum hızını dengelemek için tasarlanarak lazer ışınları kullanılarak çok küçük delikler oluşacak şekilde filmin delinmesiyle üretilir.

Taze ve taze kesilmiş meyvelerin çoğu, geçirgen bir film kapatılmış sert, gaz geçirimsiz tepsilerde paketlenir. Tepsi gazları geçirmediğinden, gaz değişimi için azaltılmış yüzey alanı vardır. Tüm gaz değişimi, film kapağında yapılmaktadır (Mangaraj, vd., 2009).

Mikroperfore film ile kaplanmış kaplarda muhafaza edilen ürünlerde raf ömrünün uzatılmasının yanı sıra su kaybının azaltılması, kötü tat karışımlarının engellenmesi, fermentasyon veya CO₂ hasarı gibi durumların engellenmesi benzeri birçok avantaj sağlamaktadır (Mangaraj, vd., 2009).

DMAP Uygulama Alanları

MAP'ın kullanımı, pek çok avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. En önemlisi de kimyasal eklenmemesidir. Taze ve doğal ürünlere artan taleple birlikte, MAP pek çok gıda için ideal bir koruma yöntemidir. Çünkü ürünün raf ömrü kalite özelliklerini etkilemeden önemli oranda arttırabilmektedir.

Taze ürünlerde başarılı MAP'nin anahtarı, paket içinden O₂ ve CO₂ iletim hızı ile ürünün solunum hızını dengelediğinde istenen bir denge atmosferin kurulduğu doğru geçirgenliğe sahip bir ambalaj filmi kullanmaktır (Caner, vd., 2008). O₂ ve CO₂ için farklı geçirgenlik oranlarına sahip polimerik filmlerin kullanımı nem kaybını azaltır ve havalandırmayı kısıtlar, bu da CO₂ birikmesine ve mevcut O₂'nin azalmasıyla değiştirilmiş bir atmosferik koşul oluşturur. Denge MAP içinde atmosferin kontrolü kesin değildir, çünkü ürünlerin solunum hızları, film geçirgenliği ve sıcaklık gibi daha bir çok dış ve iç faktör MAP koşullarını etkiler (Caner, vd., 2008).

Chiabrande ve ark. (2019) yapmış oldukları araştırma sonuçlarına göre çilekler 5 günlük saklama süresi boyunca DMAP ambalajının daha yüksek CO₂ ve daha düşük O₂ konsantrasyonlu bir atmosferi sürdürdüğünü, bozunma oranlarını düşürdüğünü, daha yüksek asitliği ve C Vitamini içeriğini koruduğunu ve meyvelerin parlak kırmızı rengini koruduğunu göstermiştir.

Sanz ve diğerlerinin 2002'de yapmış oldukları araştırmada çilek kalitesini 2°C'de 10 gün boyunca (1,57, 3,14 ve 4,71 mm²) delikli ambalajlar kullanarak meyve kalitesi açısından pratikte hiçbir fark olmadığını, düşük seviyelerde pazarlanabilir meyve kaybı ve *Botrytis* enfeksiyonu belirtisi göstermediğini ve sükroz ve antosiyanin içeriğinde sadece hafif bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. 2°C'de 3 gün sonrasında, incelenen üç ambalaj içindeki CO₂ seviyeleri %1,5-2,6 aralığında iken O₂ içerikleri %17,8-18,9 aralığında olduğu kaydedilmiştir. Gaz seviyelerinin bir hafta değişmeden kaldığı ve daha sonra yavaş yavaş değişerek 21 gün sonrasında CO₂ seviyesinin %7,2-8,8 ve O₂ seviyesinin de %13,6-14,9 olduğu belirtilmiştir.

Kartal ve diğerklerinin (2012) oksijen tutucu içeren ve içermeyen farklı iletim hızlarında (7 ve 9 delikli) polipropilen mikro delikli filmin, taze çileklerin depolama stabilitesi üzerindeki etkinliği incelemişlerdir. Çileklerin depolama süresi boyunca meydana gelen değişimler pH, iletkenlik, gaz değişimleri (O₂ ve CO₂), renk (L ve a), briks, TPA analizleri sonucundataze çileklerin raf ömrü ve pazarlama olanaklarını artırarak 4 haftadan fazla uzatılabileceğini göstermiştir.

Modifiye atmosferin çilekler üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, 5°C'de delikli polipropilen torbalarda 10 gün boyunca depolandığında O₂ oranının giderek azaldığı ve CO₂ oranının artış gösterdiği saptanmış bununla birlikte ambalaj uygulaması yapılan çileklerin depolama boyunca ağırlıklarını koruduğu tespit edilirken, ambalajlanmamış çileklerde her gün %1,5 ağırlık kaybı tespit edilmiştir (Nielsen ve Leufvén, 2008).

Tüm bu araştırmalarla birlikte MAP'nin mikroorganizmalar üzerindeki etkisi, paketlenen ürünün türüne bağlı olarak değişebilmektedir (Farber, vd., 2003). Örneğin, CO₂'deki bir artış ve O₂'deki bir azalma genellikle laktik asit bakterilerinin gelişimini destekleyerek havuç, hindiba yaprakları ve marul gibi laktik asit bakterilerine duyarlı ürünlerin bozulmasını hızlandırabilir (Nguyen-the ve Carlin, 1994). Ayrıca, %1-2'nin altındaki oksijen konsantrasyonları, *C. botulinum* gibi patojenlerin büyümesi için potansiyel bir risk oluşturabilir (Farber, vd., 2003).

Almenar ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları bir çalışmada çürümüş meyve miktarının depolama süresi ile artacağını ancak yeterli bir atmosfer kullanımı ile kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir. Denge modifiye atmosfer paketleme (DMAP) teknolojisi kullanılarak taze yabancı çilekler, iki ve üç mikro-delikli film ile paketlenmiştir. 10°C'de 6 gün saklanan yabancı çilek meyvelerinde *Botrytis cinerea* varlığı, düşük CO₂ seviyeleri (%2-4) nedeniyle yalnızca depolamanın sonunda ambalajlarda gözlenmiştir. %5 ile% 20 arasındaki seviyelerde CO₂'e maruz kalmanın çilek patojenleri üzerinde bazı fungistatik etkileri olduğu gözlenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan taze çilekler (*Fragaria ananassa*), Çanakkale'nin Yenice ilçesinden 2020'in eylül ayında tarladan direkt hasat edilerek temin edilmiş, içerisindeki ezik, çürük ve bereli olanlar bölüm laboratuvarında ayıklanarak işlemine tabi tutulmuştur.

3.1.1. Elektrolize Su Uygulaması

Elektrolize su (ES), % 1'lik NaCl çözeltisi başlangıç solüsyonu olarak kullanılarak karışık oksidant tuzlu su pompa sistemi olan MIOX (MIOX Corporation, New Mexico, ABD) cihazı kullanılarak üretilmiş olup sonrasında katot ve anot çözeltisinin karışımından nötral pH değerlerinde elektrolize su stok çözeltisi elde edilmiştir. Stok çözeltinin serbest klor miktarı seyreltme işlemleri yapılarak istenilen değerde (50 ppm ve 100 ppm) çözeltiler elde edilmiştir. Oksidasyon redüksiyon potansiyal (ORP) değeri ise +900'dür.

Uygulama yapılacak çilekler 5000 ml su ile 50 ppm ve 100 ppm elektrolize su çözeltileri hazırlanarak 3 dk süreyle daldırılmıştır. Yıkama işleminden sonra çilekler havlu peçete ile kurutulmuştur.

3.1.2. Ultrases Uygulaması

Ultrasonik kavitasyon üretmek için frekansı 20 kHz ve maksimum gücü 1000W olan Hielscher UIP1000hd (Ultrasonics GmbH, Almanya) cihazı kullanılmıştır. Ultrases uygulanacak olan çilekler bir kap içerisine konularak ve üzerine 5000 ml su ilave edilmiştir. Daha sonra cihaza ait 18 mm çapındaki titanyum sonotrod (BS2d18) suya daldırılarak 80W güçte 3dk ultrases uygulanmıştır.

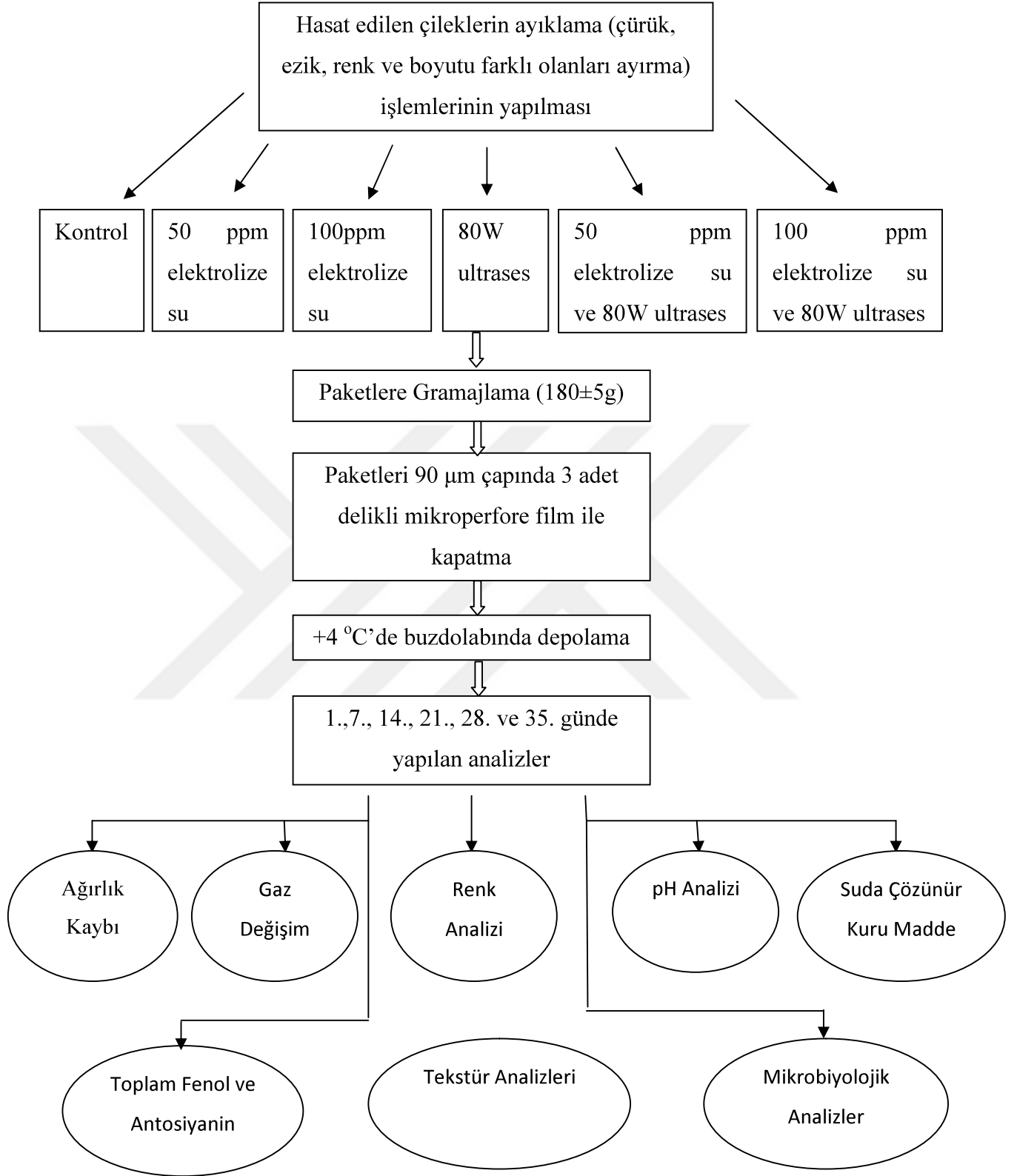
3.1.3 Kombinasyon Uygulamaları

Belirlenen parametrelerdeki elektrolize su ve ultrases uygulamaları birlikte uygulanmıştır. Uygulama yapılacak çilekler bir kap içerisine konularak ve üzerine 5000 ml su ile 50 ppm elektrolize su çözeltisi elde edilmiştir. Daha sonra cihaza ait 18 mm çapındaki titanyum sonotrod (BS2d18) suya daldırılarak 80W güçte 3dk ultrases uygulanmıştır. Aynı şekilde 100 ppm elektrolize su çözeltisi içerisindeki çileklere de 3 dk boyunca ultrases uygulanmıştır.

3.1.4. Ambalajlama ve Depolama

Uygulamalar sonrasında çilekler kağıt havlu ile tamamen kurutulduktan sonra 190*144*H65 boyutlarındaki polipropilen (PP) ambalajlara yerleştirilerek (her bir ambalaj için yaklaşık 180±5 g) normal atmosfer koşullarında MAP-25 Yarı Otomatik Tabak Kaynak Makinesi (Apack Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) kullanılarak mikroperfore film (Koroza Aş., İstanbul, Türkiye) ile kapatılmıştır. Kullanılan mikroperfore film, antifog özelliğine sahip 30 µm kalınlığında polipropilen materyalden üretilen her bir ambalajda 90 µm çapında 3 adet delik içermektedir. Delik sayısı ve çapları; taze çileklerin solunum hızı, ambalaj boyutları, solunum yapabilir yüzey alanı, ürün miktarı ve depolama sıcaklığı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Ambalajlanan çilekler +4 °C'de depolanarak ve 2 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmanın analizleri depolamanın 1., 7., 14., 21., 28. ve 35. günlerinde periyodik olarak her uygulamadan 2 paket rastgele örnek seçilerek 2 tekerrür ve 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Çalışma akış şeması

Taze çilekler,

1. kontrol (saf su ile 3 dk),
2. 50 ppm elektrolize su ile 3 dk,
3. 100 ppm elektrolize su ile 3 dk,
4. 80 W ultrases uygulamasıyla 3 dk,
5. 50 ppm elektrolize su ve 80 W ultrases uygulamasıyla 3 dk,
6. 100 ppm elektrolize su ile 80 W ultrases uygulamasıyla 3 dk yıkanarak

paketlerde yaklaşık 180 g olacak şekilde toplamda 6 grup olarak MAP25 Tabak Kaynak Makinesi (Apack Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) kullanılarak mikroperfore film ile kapatılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ağırlık Kaybı Analizi

Paketleme işlemi sonrasında her işlem grubundan rastgele seçilen ikişer paket işaretlenerek 1.,7., 14, 21, 28. ve 35. günlerde tartılmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı(\%)} = ((\Delta M/M_0) \times 100) \quad (3.1)$$

formülü kullanılarak % olarak hesaplanmıştır. Formülde kullanılan;

- ΔM depolama süresince ağırlıktaki değişim (g),
- M_0 ise patatesin başlangıçtaki ağırlığını (g) göstermektedir.

3.2.2. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi

Analiz gününde buzdolabından çıkarılan paketlerin üzerine yaklaşık 1 cm² boyutlarında gaz geçirmeyen bantlar yapıştırılarak, üzerine batırılan iğne yardımıyla paket içerisindeki O₂ ve CO₂ miktarları, OXYBABY (OxyBaby, HTK, Hamburg, Almanya) model paket içi gaz ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

Ambalajlanan çilekler depolama boyunca solunumla O₂ miktarı azalarak, CO₂ oranı ise artarak paket içi gaz konsantrasyonu kendiliğinden dengelenmiştir. Oluşacak pasif MAP'ın izlenmesi için periyodik olarak 1., 7., 14., 21., 28. ve 35. günlerde gaz değişimi ölçülmüştür.

3.2.3. Renk Analizi

Her işlem grubundaki çileklerin rengi, her paketten en az 3 çilek seçilerek iki farklı noktadan Minolta Chroma Meter model CR-400 (Minolta. Co. Ltd., Japan) kullanılarak depolama boyunca ölçülmüştür. L (beyazlık, parlaklık/siyahlık), a (kırmızılık/yeşillik), b (sarılık/mavilik) değerleri elde edilerek, farklı uygulamaların etkileri incelenmiştir.

3.2.4. pH Tayini

Çileklerin pH analizleri, kalibre edilmiş olan pH metre (WTW InoLab 7110, Weilheim, Almanya) ile belirlenen düzenli aralıklarla oda sıcaklığında ölçülmüştür. pH tayininde aynı gruptan rastgele seçilen 4-5 tane çilek önce parçalanarak çilek suyu çıkartılıp sonrasında bu su tülbent bezi yardımıyla beher içerisine süzölmüştür. pH metrenin probu beherlerin içine daldırılarak ölçüm yapılmıştır.

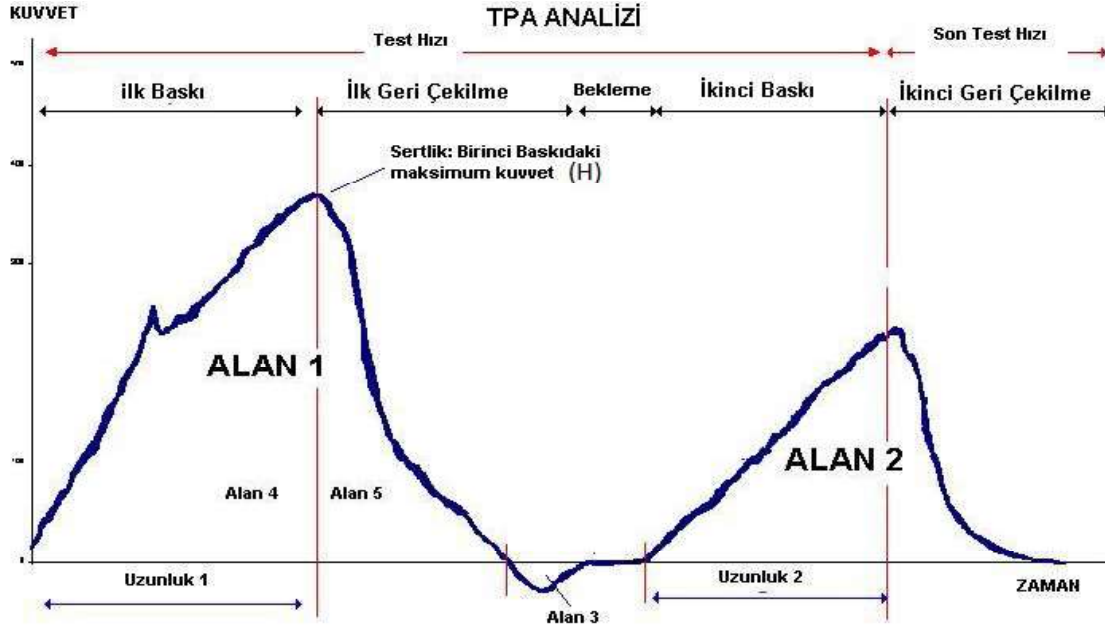
3.2.5. Suda Çözünabilir Kuru Madde Tayini

Her işlem grubundan rastgele seçilen 3-4 çilek parçalanıp tülbentte sıkılarak beher içine konular ve en başta saf suyla refraktometrede 0 ayarlaması yapıldıktan sonra ölçüm Atago refraktometresinde (Shanghai, Optical Instrument Company, Hong Kong) ölçülen değer °Briks cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.6. Tekstür Doku Profil Analizi

Çileklerde doku önemli faktörlerden biri olduğu için Tekstür Doku Profil Analizi (TPA) TA-XTplus texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd. UK) SMSP/10CYL silindir probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sırasındaki parametreler, ön test hızı 5,0 mm/s, test hızı 1,0 mm/s, delme mesafesi 4 mm, her iki dönüş arasında bekleme süresi 5 s,

trigger kuvveti 1,0 N belirlenmiştir. Her işlem grubundan 4 çilek seçilerek her çileğin 2 farklı yerinden ölçüm yapılmıştır (Aday, vd., 2013). Sertlik, yaylanma (Uzunluk 2/Uzunluk 1), yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızimsılık ve esneme bilgisayarın software tarafından otomatik olarak algılanmaktadır.



Şekil 8. Tekstür doku profili analizi sonuç değerlendirme örneği
(Kartal, 2010)

Alan 1= İlk sıkıştırma alanı

Alan 2= İkinci sıkıştırma alanı

Alan 3= İlk sıkıştırma sonucundaki negatif alan

Tablo 9

TPA analiz grafiğinin yorumu

TPA Terimi	Tanımı	Ölçümü
Sertlik	Gıda yapısında deformasyon sağlamak için uygulanması gereken kuvvettir. Duyusal olarak, azı dişleri arasında gıdanın sıkıştırılması için gereken güçtür. Tekstür profili analizi grafiğinde ise ilk sıkıştırmanın bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir (H).	(H)
Yaylanma	İlk baskıdan sonra ürünün kendi haline geçmesi için gösterdiği etkidir	(Uzunluk 2/ Uzunluk 1)
Yapışkanlık	Tekstür profili analizinde ikinci sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvetin (A2) ilk sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvete (A1) oranıdır. Başka bir deyişle besin yüzeyi ile besinlerin ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan güçtür.	(Alan 2/ Alan 1)
Çiğnenebilirlik	Sadece sert gıdalarda kullanılan ve ürünün çiğnenmeye karşı gösterdiği dirençtir. Besinin yutmaya hazır duruma gelmesine kadar harcanan enerji, çiğneme süresi ve çiğneme sayısı ile ilgili bir özelliktir.	(Sakızımsılık * Yaylanma)
Sakızımsılık	Yarı katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır.	(Sertlik *Yapışkanlık)
Esneme	Ürünün orijinal hale gelmek için gösterdiği etkidir. Besin maddesinde herhangi bir etkiden sonra oluşan şekil bozukluğunun etki kaldırıldığında kaybolmasıdır.	(Alan 5/Alan 4)

(Kartal, 2010; Ertaş, vd., 2010)

3.2.8. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini

Aynı gruptan rastgele seçilen 4-5 tane çileğin önce parçalanarak çilek suyu çıkartılıp sonrasında bu su tülbent bezi yardımıyla beher içerisine süzölmüştür. Süzölen çilek suyu vida kapaklı plastik falcon tüpüne aktarılarak -18 °C’de dondurulmuştur.

Dondurulan örnekler karanlıkta çözüldürölerek monomerik antosiyanin tayini için Fuleki ve Francis (1968) tarafından önerilen, ve Giusti ve Wrolstad (2001) tarafından geliştirilen pH diferansiyel metodu kullanılmıştır.

pH 1,0’da antosiyaninler, oksonium yada flavilium formu adı verilen renkli karaktere sahip iken, pH 4,5’da ağırlıklı olarak renksiz karbinol formda ve pH 7-8 aralığında mavi yeşil renkli kuinoidal susuz formda görölmektedirler.

Analiz yöntemine göre; pH 1,0 ile pH 4,5 arasındaki renk farklılığını gözleyebilmek amacıyla, bu pH değerlerinde iki farklı tampon çözelti hazırlanmaktadır.

pH 1,0 tampon: Bir beherde 1,86 g KCl’ye 980 ml su eklenip karıştırılır ve pH değeri HCl ile 1,0’e ayarlanır. Sonra 1L’lik balona aktarılır ve damıtık su ile tamamlanır.

pH 4,5 tampon: Bir beherde 54,43g sodyum asetat tartılır. Üstüne 960 ml kadar damıtık su eklenerek çözelti karıştırılır. Son olarak pH yoğun HCl ile 4,5’e ayarlanır. Sonrasında 1L’lik balona konulup üzeri damıtık su ile tamamlanır.

Çilek suyu örneklerinden 200µL alınarak 3 mL’lik tek kullanımlık küvete aktarılmış ve üzerine pH 1,0 tampon çözeltisinden 1800µL ilave edilmiştir. Aynı şekilde başka bir tek kullanımlık küvete 200µL çilek suyu alınarak üzerine pH 4,5 tampon çözeltisinden 1800 µL ilave edilmiştir.

Absorbans ölçümlerinde JENWAY 7205 UV/Visible Spektrofotometre cihazı kullanılarak hazırlanan çilek suyu örnekleri 400 nm ile 600 nm arasındaki dalga boyları taratılmış hangi dalga boyunda maksimum absorbans verdiği tespit edilmiştir. Maksimum absorbans değeri 520 nm uygun dalga boyu olarak ölçölmüştür. pH 1,0 ve pH 4,5 için hazırlanmış olan her iki örnek içinde 520 nm (maksimum dalga boyu) ve bulanıklık unsurlarının tespit edilmesi için de 700 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır.



Şekil 10. Toplam monomerik antosiyanin analizi absorbans ölçümü

Antosiyanin miktarının hesaplanması için;

$$\text{Absorbans} = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad (3.2)$$

$$\text{Toplam antosiyanin, (mg/kg,ppm)} = (A * MW * DF * 1000) / (\epsilon * l) \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte,

A: Absorbans değeri

MW: Siyanidin-3-Glukozidin molekül ağırlığı, 449,2 g/mol

Df: Seyreltme faktörü 10

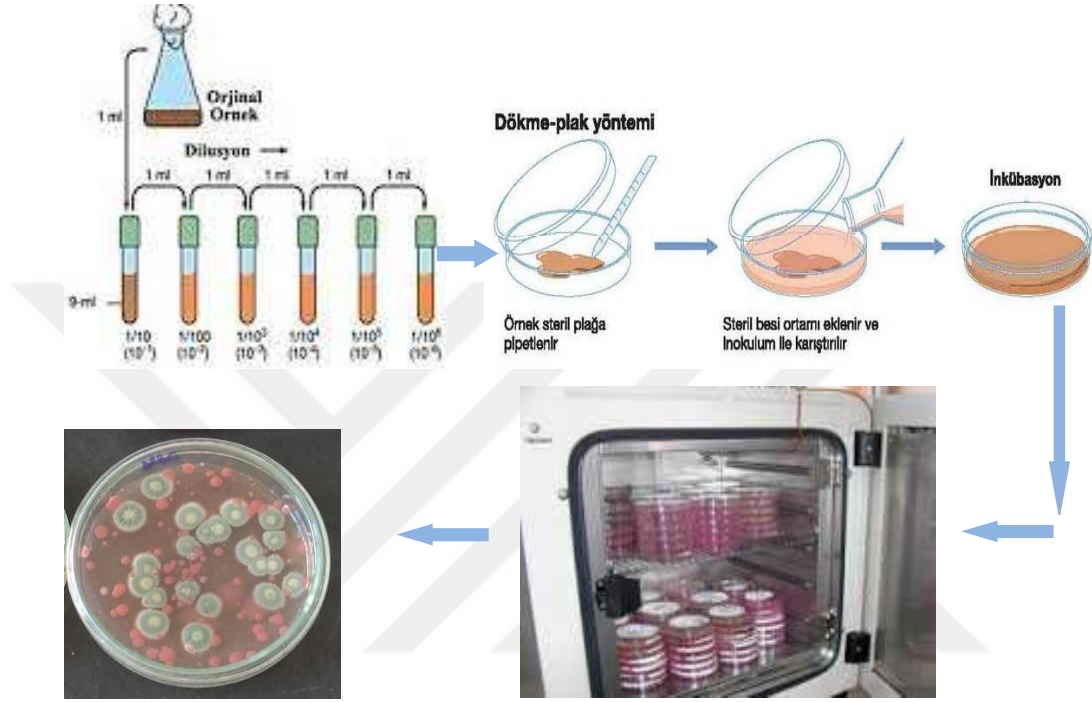
ϵ : Molar ekstinsiyon faktörü, 26900 L/mol.cm

l: 1 cm

1000: g-mg çevirme faktörü

3.2.9. Mikrobiyolojik Analizler

Kontrol ve işlem uygulanmış çilek örneklerinde aerobik psikrofil bakteri sayısı, küf ve maya sayımları yapılmıştır. Örnekler depolamanın 0, 1, 7, 14, 21, 28. ve 35. günlerinde alınmış ve görsel olarak da kontrol edilmiştir.



Şekil 11. Mikrobiyolojik analiz uygulama şeması

Test Örneğini Hazırlama

10 g çilek örnekleri 90 ml % 0,1'lik peptonlu su içerisinde aktarılarak stomacher cihazı ile 1 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra uygun desimal dilüsyonlar hazırlanarak mikrobiyolojik ekimlerde kullanılmıştır.

Maya-Küf Sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyondan petrilere dökmek plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak Dicloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC, Oxoid) kullanılmıştır. 25°C'de 3-5 gün inkübasyon sonrasında 15-150 koloni içeren petrilere sayım yapılarak küf ve maya sayısı hesaplanmıştır.

Aerobik Psikrofil Bakteri Sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyon paralel petrilere dökme plak yöntemine göre ekim yapıp besiyeri olarak da Plate Count Agar (PCA, Merck 105463) kullanılmıştır. 12°C'de 7-10 gün inkübasyon sonrasında 30-300 koloni içeren petrilere sayım yapılarak aerobik psikrofil bakteri sayısı hesaplanmıştır.

Görsel Değerlendirme

Çilekler görsel olarak incelenerek küf üremesi, doku bozukluğu ya da koku değişimi olup olmadığı kontrol edilmiştir. Çileklerin durumu göz önüne alınarak analizlere devam edip-edilmeyeceği belirlenmiştir.

3.2.10. İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SAS V9 (SAS 1999) istatistik paket programının MIXED prosedürü aracılığıyla yapılmıştır.

Çileğin 5 haftalık depolama periyodu boyunca, uygulanan yöntemlerin ve interaksiyonlarının etkileri, Tukey testi ile $p < 0,05$ önemlilik düzeyi dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Deoplama Boyunca Fiziko-kimyasal Değişimler

4.1.1. Çileklerde Ağırlık Kaybı

Bilimsel çalışmalar neticesinde, ambalajlar içerisinde muhafaza edilen meyve ve sebzelerde meydana gelen ağırlık kaybının, terleme olayından kaynaklandığı belirtilmektedir (Kablon, 2007). Çileklerde hasat sonrası depolanma sırasında ağırlık kaybı ve çürüme sık görülen fizyolojik bozukluklardır. Fizyolojik su kaybı, birçok taze meyvede su kaybı, solma, büzülme, esmerleşme, meyve dokusunda, aromada ve satılabilir ağırlıkta kayıplar başlatarak yaşlanmayı hızlandırır. Terleme ve daha az derecede solunum, taze tarım ürünlerinde görsel ve doku bozulmasıyla bağlantılı olan su kaybı sürecidir.

Yaklaşık %3-10 arasında ağırlık kaybı, taze meyve ve sebzelerde tazelik kaybının işaretidir (Weichmann, 1987). Taze meyve ve sebzelerin başlangıçtaki ağırlıklarının %5-10'u kadar su kaybı, solma ve buruşma başlatarak kalite kayıplarına yol açarak perakende değerinde düşüşe sebep olduğu ifade edilmiştir (Lufu, vd., 2020).

Çileğin meyve kabuk geçirgenlikleri yüksek değerlere sahiptir. Bu nedenle, çilek kabuğu suyun hareketine karşı çok etkili bir engel değildir. Özellikle çilek meyve kabuğunun yüzey suyuyla temas etmesiyle kütikülde çok sayıda çatlak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, çilek meyvesinin kabuğunun bariyer özelliklerinin kuruda çok sınırlı olacağını ve yüzey ıslaklığına maruz kalındığında daha da bozulacağını gösterir. Su kaybı için çok yüksek geçirgenlik, çileklerin hasat sonrası su kaybına karşı işleme, nakliye ve raf ömrü sırasındaki özel duyarlılığını açıklamaktadır (Hurtado, vd., 2021).

Meyve ve sebzelerin su kaybetme oranı, meyve dokusu ve ürünün çevresindeki atmosfer ile arasındaki buhar basıncı farkına ve depolama sıcaklığına bağlı olduğunu ifade ederek kullanılan PP ambalajların ürünün çevresindeki su buharı yoğunluğunu oldukça yüksek olmasını sağlayarak düşük ağırlık kaybı oluşmasını neden olduğunu belirtmişlerdir (Yılmaz, vd., 2019).

Meyve ve sebzeler, hasattan sonra bile solunum yapmaya devam eden canlı dokular olduğu için solunum metabolizmasının kontrolü, meyve ve sebzeler için tüm depolama tekniklerinin temelini oluşturur. Solunum hızı azaltılarak meyve ve sebzelerin kalitesi daha uzun süre korunabilmekte ve böylece ürün raf ömrü uzatılabilmektedir.

Yüksek solunum hızları doku yaşlanmasını artırır ve ürünün mikrobiyal bozulmasını hızlandırır. Solunum hızı belirli çevresel faktörlere (atmosfer, sıcaklık, bağıl nem) ve taze meyve ve sebzelerin fizyolojik davranışına (solunum ve terleme) bağlıdır.

Şekil 12'de depolama boyunca tüm çilek gruplarında ağırlık kaybının arttığını göstermektedir. Ağırlık kayıpları 5 hafta sonunda 100 ppm ES ile muamele edilmiş numunelerde yaklaşık % 0,47 iken, kontrol, 50 ppm ES, ultrases ve 50 ppm ES ile ultrases uygulanan numunelerinde ise %0,57dir. En fazla ağırlık kaybını ise 100 ppm ES ile ultrases kombinasyon uygulanmış grupta gözlenmiştir (% 0,95).

Yılmaz ve arkadaşlarının (2019) farklı uçucu yağlar ile çileklerin depolama süresini uzatmak için yaptıkları çalışmada en yüksek ağırlık kaybı %0,42 olarak tespit etmişlerdir.

Benyathiar ve arkadaşlarının (2020) yapmış oldukları çalışmaya göre paketlerin filmler ile kapatılması ve polipropilen (PP) esaslı tepsinin su bariyeri niteliği nedeniyle depolanan taze kesilmiş yeşil kuşkonmazda ağırlık kaybı tespit edilmediğini belirtmiştir. Bu çalışmada da aynı şekilde kontrol ve tüm uygulamalarda polipropilen tepsi ve mikroperfore film kullanılarak MAP yapıldığı için ağırlık kaybını belirgin derecede önlediği düşünülmektedir.

Bal ve Çelik'in (2005) yaptığı çalışmada açık ve kapalı ambalajda depoladıkları çileklerin sırasıyla ortalama %17 ve %0,7 ağırlık kaybı olduğunu tespit etmişlerdir.

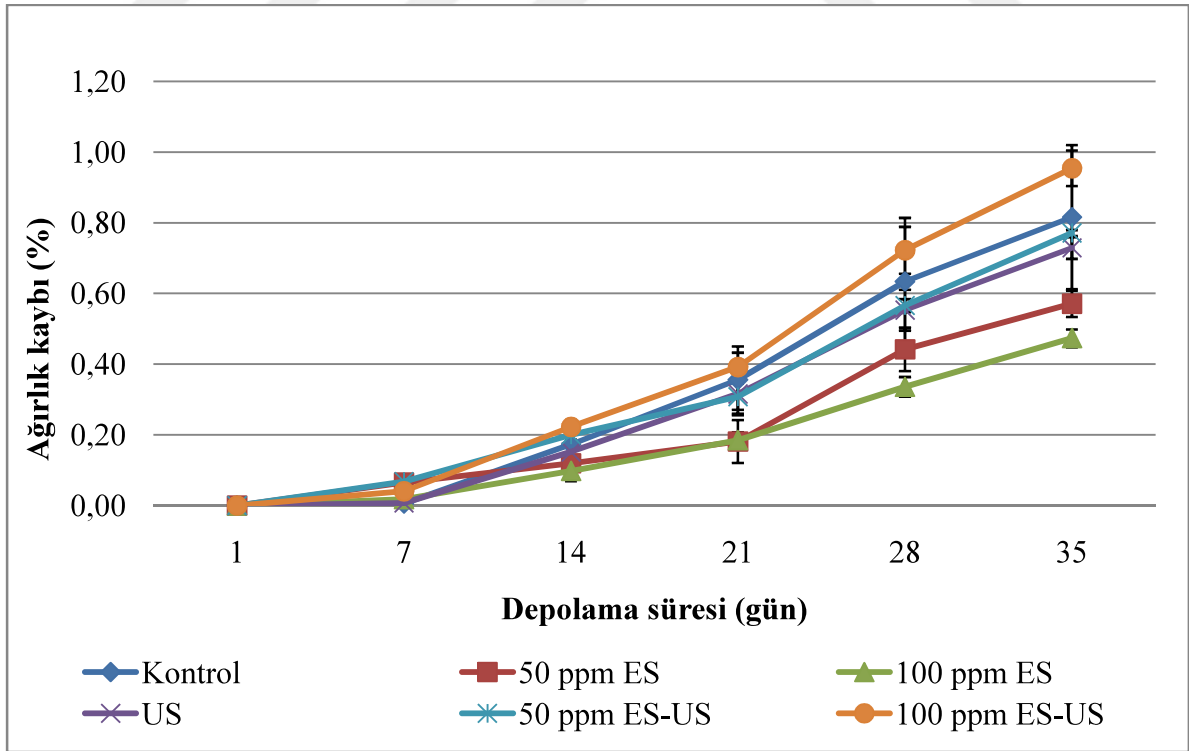
Kitinoja ve Kader'in (2002) yapmış oldukları bir çalışmada, denememize paralel olarak, ürünlerin paketlenerek muhafaza edildiğinde solunumlarının yavaşladığı ve su kaybının azaldığı belirtilmiştir.

Hung ve arkadaşlarının (2010) çilek üzerine yaptıkları araştırmada bu çalışma ile benzer sonuçlar bulunmuştur. Sadece elektrolize su uygulanan çileklerin, ultrases ile birlikte elektrolize su uygulamasından daha az ağırlık kaybına sebep olduğunu ölçmüşlerdir.

Ultras ses uygulaması çilek gibi narin meyvelerde hücre duvarı kırılgenlığını artırabilmekte meyve dokusunda hasara neden olabilmektedir. Bu hasar daha fazla ağırlık kaybının gerçekteşmesinde etkinli olduğu düşünölmektedir. Özellikle ultras ses ve 100 ppm konsantrasyonunun birlikte uygulanması, ultras sesin meyve dokularına hasara ve yüksek konsantrasyondaki elektrolize suyun okside edici etkisi nedeniyle hücre çeperlerine zarar vererek su kaybını hızlandırdığı düşünölmektedir.

Lin ve ark. (2006) tarafından uzun süreli yüksek konsantrasyonda elektrolize su uygulamalarının meyve ve sebzelerde yüzey hasarına ve kimyasal yanıklara sebep olduğu bildirilmiştir.

Örneklere su kaybının en az gerçekteştiği gruplar sadece elektrolize su uygulanmış gruplar olmuş ve çileklerin depolama boyunca ağırlık kaybına karşı korunmasında en etkili parametre olarak belirlenmiştir. Elektrolize su uygulamasının fizyolojik aktiviteyi yavaşlatıcı etkisi ağırlık kaybı bulgularından net bir şekilde gözlenmiştir. Genel olarak, elektrolize su uygulaması özellikle 50 ppm ve 100 ppm konsantrasyonları meyve ve sebzelerin depolama stabilitesinin artırılmasında faydalı olmaktadır.



Şekil 12. Farklı uygulamaların çileklerde depolama boyunca % ağırlık kaybı üzerine etkisi

4.1.2. Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu Değişimleri

Taze meyve ve sebzelerin solunum hızları ile hasat sonrası ömürleri arasında ters bir ilişki vardır. Solunum hızı ne kadar yüksek olursa, ürün o kadar çabuk bozulur. Aerobik solunumu sürdürmek için yeterli bir O₂ konsantrasyonu mevcut olmalıdır. O₂ konsantrasyonunun %10'un altına düşürülmesi, solunum hızını kontrol etmek ve yaşlanmayı yavaşlatmak için bir araç sağlar (Kader ve Saltveit, 2003).

Hasat sonrası çilekler, canlılıklarını devam ettirdiklerinden dolayı solunum yapmaktadırlar. Meyve ve sebzelerin konuldukları ambalaj içerisindeki CO₂ konsantrasyonunun arttırılıp, O₂ konsantrasyonunun düşürülmesi ile ürünlerin solunum oranlarını azaltmakta böylece ürün dayanım süresi uzatılabilmektedir.

Düşük sıcaklıkta depolama ile birlikte kontrollü atmosfer veya modifiye atmosfer paketleme birçok meyve ve sebzenin raf ömrünü uzatır. Paketteki gaz konsantrasyonu gelişimi bu nedenle çok önemlidir (Renault, 1994).

Bunun içinde denge modifiye atmosfer paketleme sistemleri en uygun yöntemdir. Solunum ile oluşan gazlarla, ambalaj filmindeki gaz geçişi ile ambalaj tepe boşluğunda bir denge kurulması ile meydana gelmektedir. Mikroperforeli filmler de gaz değişiminin hızlanmasına olanak tanınması sebebiyle denge modifiye ambalaj oluşmaktadır.

Meyve ve sebzelerin solunum hızları, metabolik aktivitenin bir göstergesidir. Meyve ve sebzelerin solunum hızları ile raf ömürleri yakından ilişkilidir. Ürünün solunum hızı yükseldikçe depolama süresi kısalmaktadır. Solunum hızı, ürün ve depolama koşulları özellikleri bakımından birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler arasında; ürün cinsi, olgunluk ve doku tipi ve büyüklüğü, ön hazırlık koşulları, üretim çeşidi, depolama veya ambalaj gaz kompozisyonu ve sıcaklık gibi birçok etken sayılabilir (Kartal, vd., 2010).

Çileklerin muhafaza süreci ile ilgili yapılan çalışmalarda; ürünlerin raf ömrünün uzatılabilmesi için en uygun atmosfer bileşiminin, %10 civarında O₂ ve %15-%20 arasında CO₂ konsantrasyonu içermesi gerektiği belirtilmiştir (Hotchkiss, vd., 1992). Bu atmosfer bileşimlerinin altındaki değerlerde depolanması halinde; çilekler aerobik solunumu bırakarak anaerobik solunum ile fermantasyon süreçlerine geçerek geri dönülemez bir şekilde tat, aroma ve kalite özelliklerini kaybedecekleri belirtilmiştir (Bhande, vd., 2008; Üçüncü, 2011).

Pasif modifiye atmosfer oluşturulması amacıyla mikroperfore PP-film kullanılarak ambalajlanmış taze çileklerdeki ambalaj içi gaz kompozisyonunun (O_2/CO_2) uygulamalar ile depolama süresince değişimleri Şekil 14'te gösterilmektedir.

O_2 Değişimi

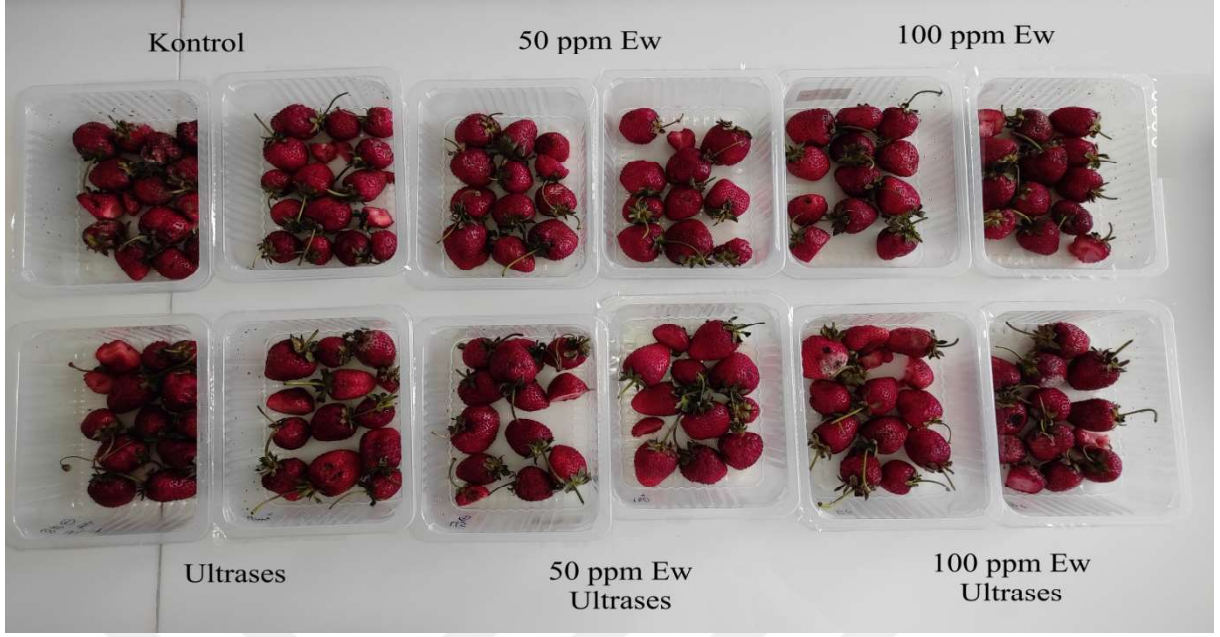
Çileklerin zamana bağlı olarak O_2 oranındaki değişimler şekil 14'te görülmektedir. Çileklerde O_2 konsantrasyonunun zamanla azaldığı görülmektedir.

Mikroperfore film kullanılarak oluşturulan pasif MAP'de depolamanın ilk 1 haftası boyunca tüm gruplar için paket içindeki O_2 içeriği miktarında keskin bir düşüş olduğu 1. hafta sonrasında ise daha az azalan değerler görülmektedir.

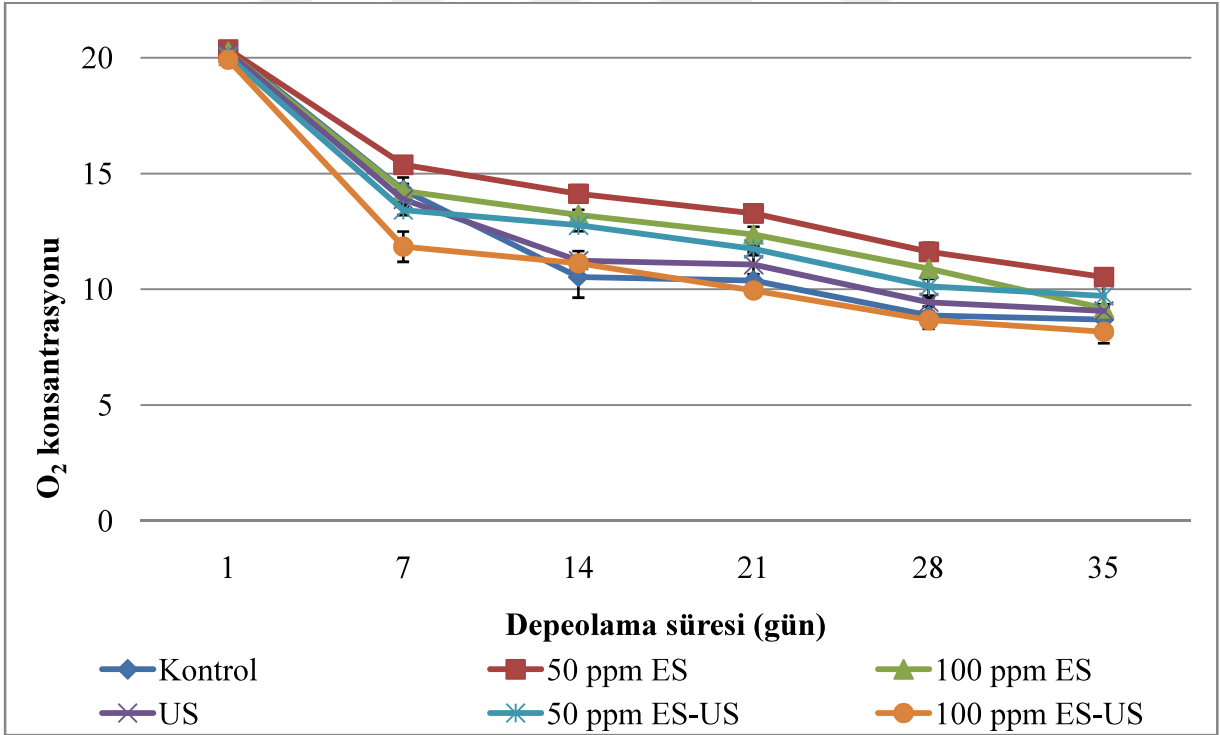
Başlangıçta %20 olan O_2 konsantrasyonu 5. hafta sonunda % 8-10,5 seviyelerine düştüğü gözlenmiştir. Depolama boyunca O_2 seviyesinde azalma en hızlı ve en fazla olarak 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulanan grupta gözlemlenmiştir. Bu uygulama grubu ambalajında başlangıçta %19,96 olan O_2 konsantrasyonu 5 haftalık depolama süresi sonunda %8,18 seviyesine düşmüştür. Depolama süresi sonunda 50 ppm elektrolize su uygulanan çilek ambalajlarında diğer uygulamalara göre daha yüksek O_2 konsantrasyonu (% 10,5) ölçülmüştür.

Sonuçlar değerlendirildiğinde; depolamanın ilk haftasından sonra taze çileklerde pasif modifiye atmosfer dengesi kısmi olarak olduğu gözlenmiştir. Depolamanın ilk haftasından sonra, O_2 konsantrasyonu 50 ve 100 ppm ES gruplarında yaklaşık % 13 düzeylerinde iken diğer gruplarda % 10 ve ilerleyen haftalarda %10 altındaki seviyelere düştüğü gözlenmiştir. Ambalaj içerisindeki kontrol, ultrases, 50 ppm elektrolize su ve 100 ppm elektrolize su ile birlikte ultrases uygulanan çilek örneklerinin, 21. günden sonra; 50 ppm ve 100 ppm elektrolize su uygulanan çileklerin ise 28. günden sonra O_2 konsantrasyonunun %10'un altına düştüğü görülmektedir. 28. gün sonunda çileklerde oluşan değişimler şekil 13'te görülmektedir.

Barrios ve arkadaşlarının (2014) yapmış oldukları çalışmaya göre hem O_2 konsantrasyonunun hem de sıcaklığın solunum hızı üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir ki çileklerin azaltılmış metabolik durumu, hem sıcaklık hem de O_2 konsantrasyonunun düşürülmesiyle elde edilebilmektedir.



Şekil 13. 28 gün sonunda çilek paketlerinin görünümü



Şekil 14. O₂ konsantrasyon değişimi

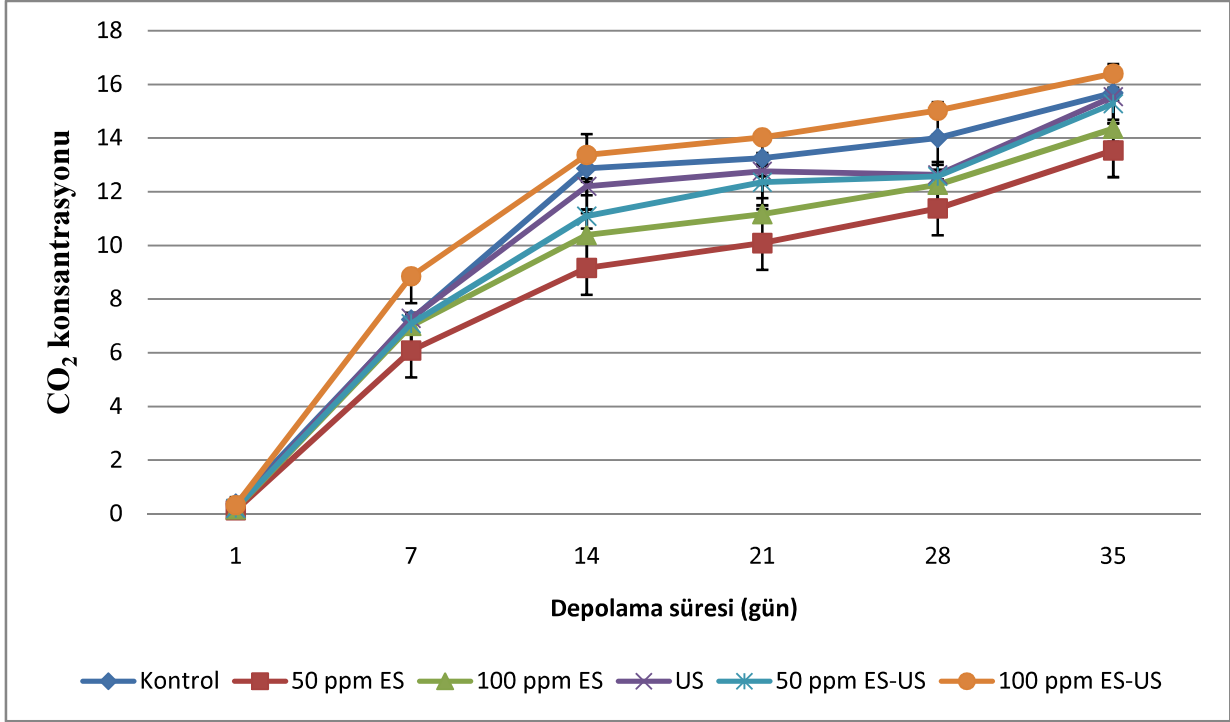
CO₂ Değişimi

Yüksek CO₂ atmosferlerinin çilek kalitesi üzerindeki etkisinin, kırmızı renk gelişimi ve kararma gibi olgunlaşma ile ilişkili değişikliklerin, çürüme etkisi ve şiddetinin azalmasına ve meyve hücrelerinde çözünür pektinlerin çökeltmesi yoluyla meyve sertliğinin artırılmasına bağlı olduğu bildirilmektedir (Barrios, vd., 2014).

Çilek örneklerinin ambalajındaki CO₂ seviyesi şekil 15'teki gibi zamanla artmıştır. En fazla artış 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulanan grubunda görülmektedir. Bu durumun sebebinin solunum hızının fazla olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Aday, 2011).

Rico ve diğerlerinin (2008) yapmış oldukları çalışmaya göre, 60 ppm elektrolize su uygulaması yapılan marul ambalajındaki oksijen tüketimini ve karbondioksit üretimini azalttığı görülmüştür. Ayrıca sonuçlarımız Tomás-Callejas ve diğerlerinin (2011) mizuna bebek yaprakları üzerinde yapmış oldukları araştırmaya göre 40, 70 ve 100 ppm'lik ES uygulanan örneklerde düşük solunum hızının mikrobiyal büyümenin engellenmesi ile ilişkili olabileceğini göstermiştir.

Aday ve diğerlerinin 2015 kiraz üzerinde yapmış oldukları araştırmaya göre de 25, 50 ve 100 ppm ES ile muamele edilen kirazlar, depolama sırasında en düşük CO₂ seviyelerine sahip olduğu, daha yüksek serbest klor konsantrasyonlarının kiraz dokularında daha yüksek solunum hızına yol açan hasara neden olması mümkün olduğu belirtilmiştir.



Şekil 15. CO₂ konsantrasyon değişimi

CO₂ konsantrasyonu ise 50 ve 100 ppm grubunda yaklaşık % 10 seviyelerinde iken diğer gruplarda % 14 ve üstüne çıkmıştır. Depolamanın ilk haftasından sonra pasif modifiye atmosfer dengesinde elektrolize su için O₂ konsantrasyonu % 10-11 ve CO₂ konsantrasyonunda % 11-12 olduğu üçüncü haftadan sonra CO₂ konsantrasyonlarının artmaya eğilimli olduğu gözlenmiştir. Ambalaj içi gaz bileşimindeki CO₂ düzeyinin yüksek ve O₂ düzeyinin düşük olması sayesinde; solunum hızı, etilen üretimi, ağırlık kaybı, mikrobiyal gelişim ve dokusal bozulmalar azaltılarak kontrol altına alınabilmektedir.

Paket içi gaz değişim sonuçları değerlendirildiğinde 50 ppm ve 100 ppm ES uygulamalarının solunum hızını azaltma etkisinden söz edilebilir. 50 ppm elektrolize su uygulaması, diğer tüm gruplara kıyasla taze çileklerde depolama süresince fizyolojik aktivitelerinde özellikle solunum hızını daha fazla yavaşlatılmasında (daha az O₂ tüketimi ve CO₂ üretimi sağlama) ve denge modifiye atmosfer oluşmasında önemli bir etki göstermiştir.

Mikroperforasyonlu ambalajlama ile diğer çalışmalarla benzer O₂ ve CO₂ seviyelerine sahip sonuçlar elde edilmiştir ve CO₂ birikimini yavaşlatmada ve paket içinde bir denge durumunu korumada faydalı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

4.1.3. Çileklerde Renk Değişimi

Çilekte meyve iriliği, sertliği, şekli gibi birçok parametrelerin dışında renk de önemli bir kalite kriteridir (Gündüz ve Özdemir, 2012).

Meyve rengi, CIE Lab renk değerleri olarak L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık/yeşillik), b^* (sarılık/mavilik) değerleri ölçülmüştür. Hunter renk sisteminde L değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki parlaklık derecesini, a^* değeri kırmızı (+) veya yeşilliği (-) göstermektedir (Altuğ, 1993).

Çileklerde de hasat sonrasında renk değişimi meydana görülebilmektedir. Ancak bu renk değişimi hasattaki kırmızı renk yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte; erken hasat edilen çileklerde renkte kızarma olmazken dörtte üç oranda kırmızı dönemde hasat edilenlerde ise kızarma devam etmektedir (Nunes, vd., 2006). Genellikle bu kırmızılık koyu kırmızıya ya da kahverengimsi kırmızıya dönüşmektedir (Nunes, vd., 2009). Denemede kullanılan çilekler de bu dönemde hasat edildiği için kızarmaya devam ettiği düşünülmektedir.

Ayrıca depolama boyunca renk bozulması iki faktöre daha bağlıdır: kırmızı antosiyanin pigmentinin kaybı ve kahverengi pigment oluşumu (Dervisi, vd., 2001). Hung ve arkadaşlarının (2010) araştırmasına göre depolama sonunda tüm uygulamaların (ES, Ultrases ve ES ve ultrases kombinasyonu) arasında renk parametrelerinde önemli bir fark ($p > 0,05$) bulunmadığını fakat ultrases ile muamele edilen çilekler daha koyu (daha düşük L^* değeri), daha az kırmızı (daha düşük a^* değeri) ve diğer muamele gruplarından elde edilen meyvelere göre daha az parlak olduğunu bildirmişlerdir. a^* değerlerinin azalması (daha az kızarıklık), meyvelerde kahverengileşme reaksiyonlarının meydana gelmesi ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Depolama süresince parlaklığın (L^* değeri) çok fazla değişmemesinin, kırmızılığın (a^* değerinin) ve sarılığın (b^* değerinin) ise 28. güne kadar fazla değişmemesinin sonrasında azalması da bu durumu desteklemektedir.

Meyve dış rengi parlaklığı (L^* değeri) bakımından uygulamalar arasında anlamlı ($p > 0,05$) bir fark göstermemiştir. Bu nedenle meydana gelen renk değişimlerinin çileklerin normal metabolizmasına bağlı su kaybı, yaşlanma ve solunumdan kaynaklandığı düşünülebilir.

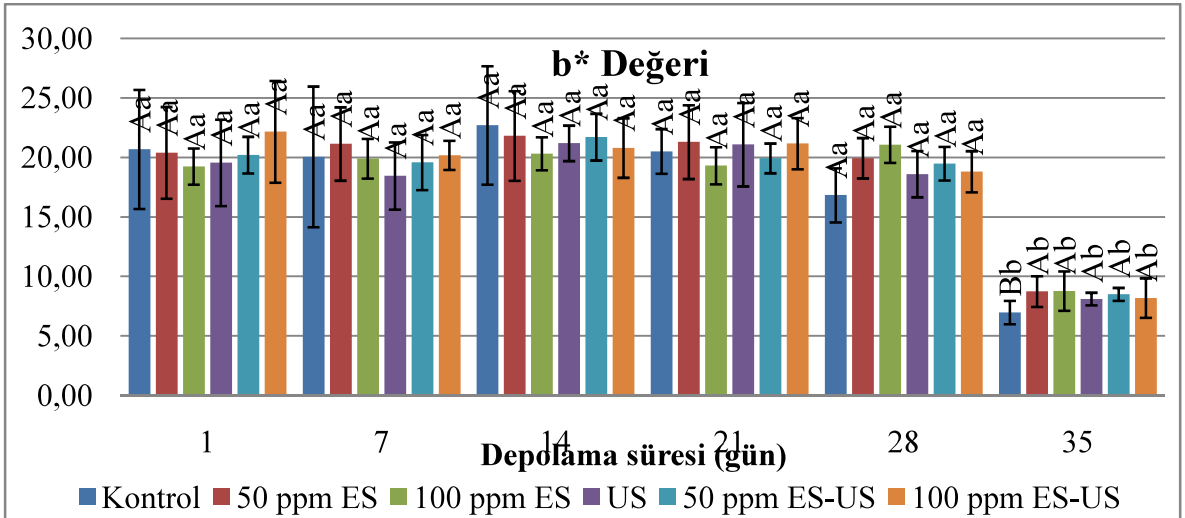
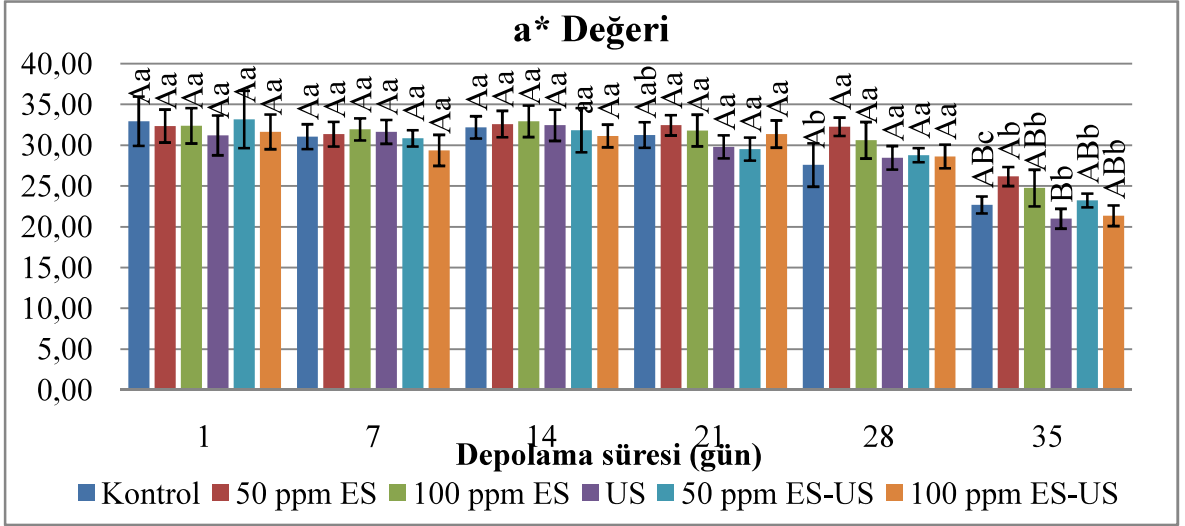
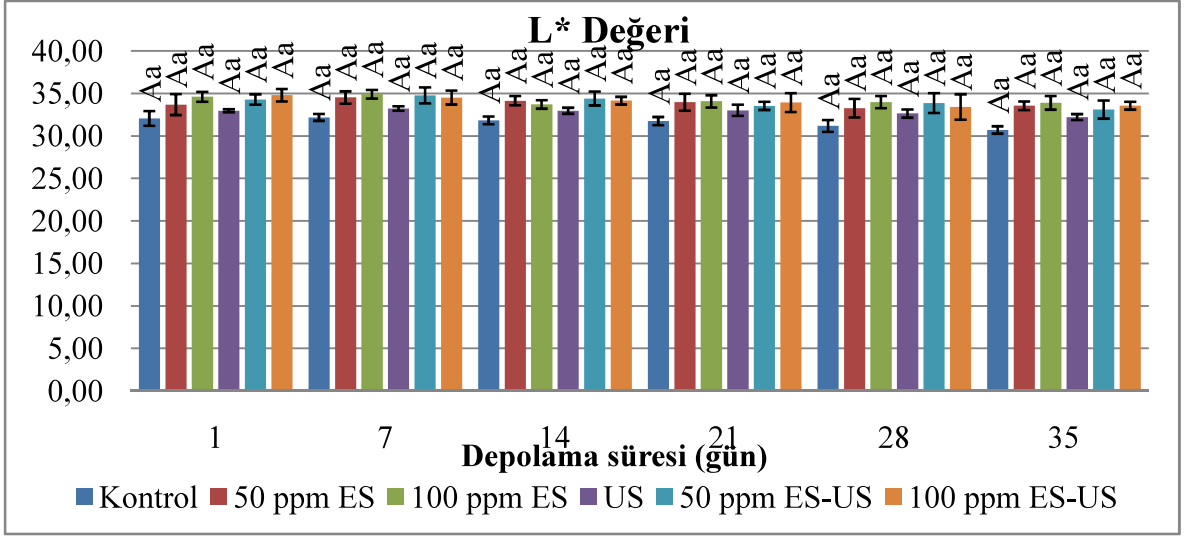
Yılmaz ve arkadaşlarının farklı uçucu yağlar ile çileklerin depolama süresini uzatmak için yaptıkları çalışmada çileklerde L* değerinin tüm uygulamalar ve günlerde anlamlı değişim olmadığını 31-32 civarında olduğunu tespit edilmiştir.

Çileklerde olgunlaşmayla elde edilen kırmızı meyve renginin oluşumunda antosiyaninler etkilidir (Gündüz ve Özdemir, 2012). Özellikle çilek, gibi kırmızı renkli meyvelerde olgunlaşma boyunca antosiyaninlerin oluşumu sonucunda meyvede a* renk değeri artmaktadır. Bu durum çilekte meyve olgunluğunun bir göstergesidir (Karakaya, vd., 2015). Çilek klimakterik bir meyve olmadığı için hasat sonrasında olgunlaşmaya bağlı renk değerlerinde bir artış olmamaktadır. Bundan dolayı a değerlerinde önemli miktarlarda artış görülmemekte zamanla azalış göstermektedir.

Renk değerleri incelendiğinde, çileklerde, kırmızı renk (a* değeri) ve sarı renk (b* değeri) yoğunluklarının 50 ppm elektrolize su uygulanan çileklerin daha yoğun olduğu görülmüştür.

Çileklerin 5 haftalık depolama boyunca a* ve b* değerlerinde özellikle 28. günden sonra anlamlı ($p < 0,05$) bir azalma meydana gelmiştir.

Hayta ve Aday'ın (2015) yapmış oldukları 25 ile 400 ppm arasında değişen farklı elektrolize su ile muamele edilen kirazlarda; 25, 50 ve 100 ppm ES ile muamele edilen kirazlar, diğer muamele edilmiş ve kontrol numunelerine göre daha yüksek a* değerleri göstermiştir.



Şekil 16. Uygulamaların depolama boyunca çileklerin L*,a*, b*değeri üzerine etkisi

4.1.4. Çileklerde pH Değişimi

pH, depolama sırasında taze meyvedeki organik asit içeriğindeki değişiklikleri yansıtır. Genel olarak depolama süresi boyunca pH değeri artmakta olup meyve yaşlanması ve asidik substratta büyüyen mikroorganizmalar ile ilişkili olarak metabolik aktiviteler yüksek pH değeri ile daha az asidik ortamda meydana gelmektedir.

Çileklerde depolama süresince pH'da artışının nedeni ise solunum ile alınan oksijenin, organik asitleri okside ederek karbondioksit, etilen, su gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ve bir miktar ısı açığa çıkması böylece asitliğin azalması yani pH'nın artmasıdır (Certel, vd., 2004).

MAP'de kullanılan esnek ambalaj filmleri, O₂'nin dış havadan pakete girmesine ve CO₂'nin paketin içinden dış ortama salınmasına izin verir. Ürüne bağlı olarak karbondioksit seviyesi doğal olarak arttığından, yüksek solunum pH değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır.

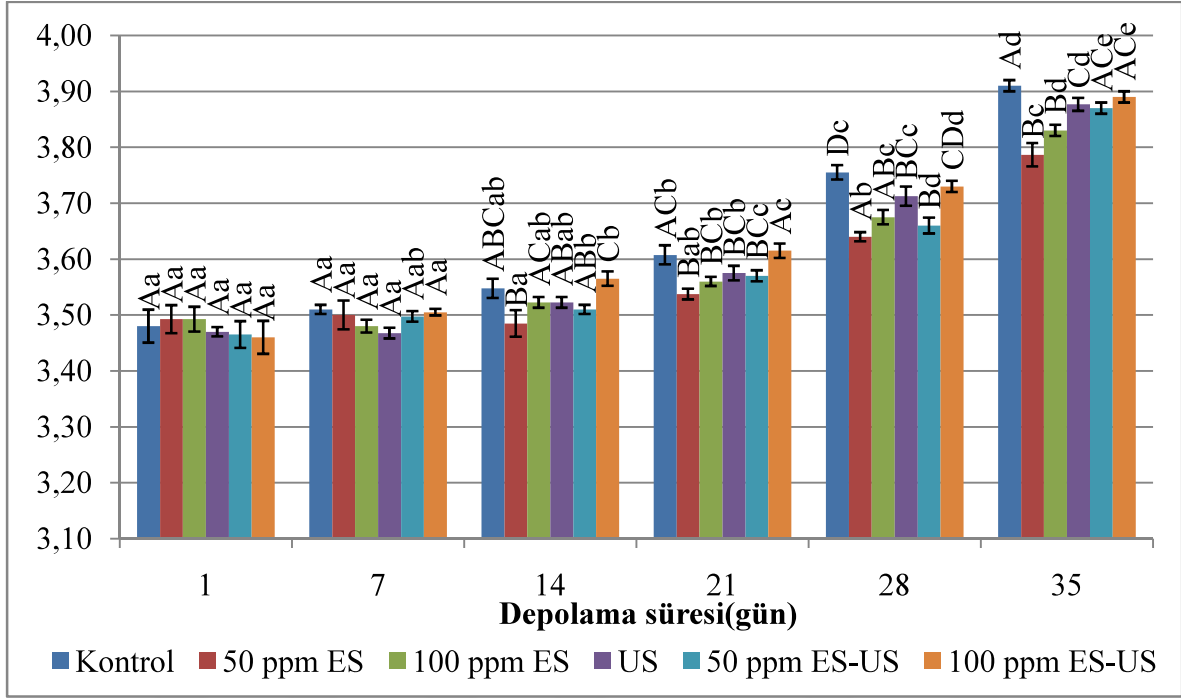
Mikroperfore uygulamalarında O₂/CO₂ oranında denge oluştuğu için solunum da yavaş gerçekleşmektedir. Böylece pH'ta da yavaş bir artış gözlenmektedir (Kartal, 2011).

Şekil 17'de görüldüğü gibi 100 ppm ES ve ultrases uygulanan grupta solunum diğer uygulamalara göre daha hızlı gerçekleştiği için pH değerinin de fazla arttığı görülmüştür. Depolamanın ilk gününde 3,46 olan pH değeri depolama sonunda 3,89 değerine ulaşmıştır (p<0,05). 5 haftalık depolama sonunda en yüksek değer ise 3,91 pH değeriyle kontrol grubunda ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 5 hafta sonunda 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulaması (3,89), ultrases uygulaması (3,88), 50 ppm elektrolize su ve ultrases uygulaması (3,87), 100 ppm elektrolize su uygulaması (3,83) ve son olarak 50 ppm elektrolize su uygulaması (3,79) izlemektedir.

Tüm uygulamalar ve kontrol gruplarında pH değişimleri 14.güne kadar istatistiksel olarak farkın önemli olmadığı görülmüştür (p>0,05). 14. günden sonra ise gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılıklar görülmektedir. 35 günlük depolama sonunda ise 50 ve 100 ppm ES uygulamalarının daha düşük pH değerlerine sahip olduğu, kontrol ve diğer uygulama grupları ile anlamlı bir fark oluştuğu görülmektedir (p<0,05).

Bütün uygulamalarda görüldüğü gibi ultrases uygulamalarında da pH değeri artmaktadır. Ultrases uygulamasıyla çilekte artan pH değeri, solunum ve organik asitlerin yıkıma uğramasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Gani, vd., 2016; Jose, vd., 2014; Aday ve Caner, 2014).

Aday ve Caner'in (2014) çilekler üzerine yaptığı ve Aday'ın (2011) kirazlar üzerine yapmış oldukları çalışmalarla denemede elde edilen sonuçlar tutarlı bulunmuştur. Her iki çalışmada da görüldüğü gibi çalışma sonuna doğru pH değerlerinin arttığı görülmüştür.



Şekil 17. Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin pH değeri üzerine etkisi

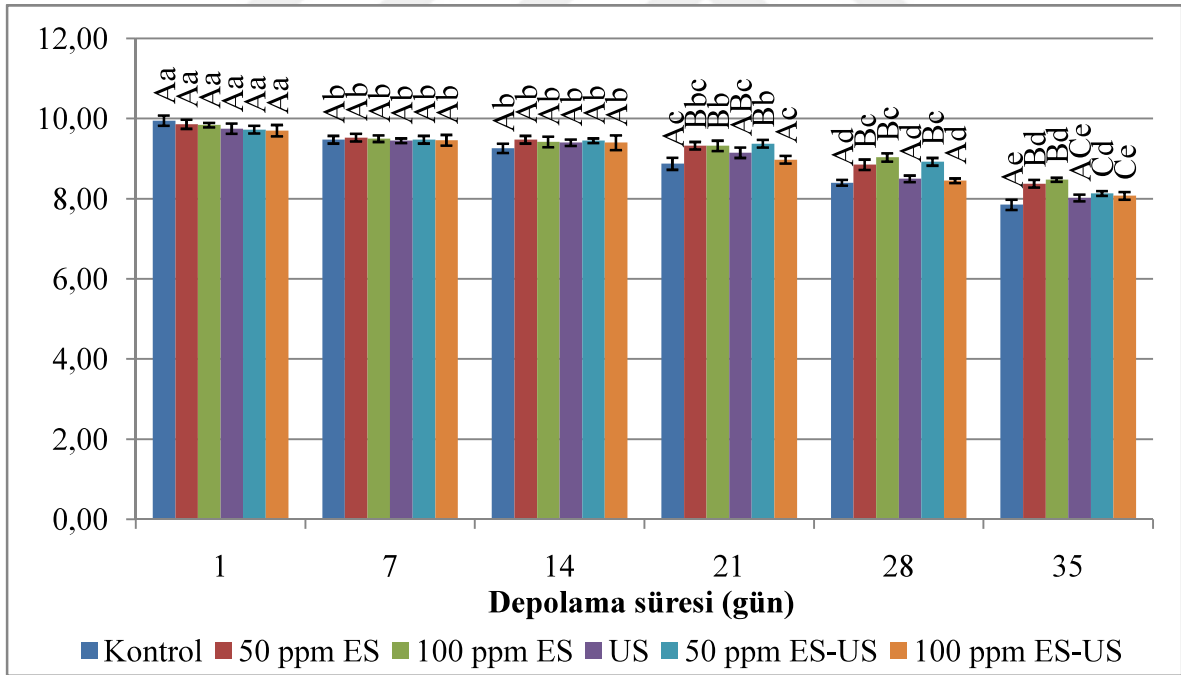
4.1.5. Çileklerde Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı Değişimi

Çilek gruplarının depolama süresince suda çözünür toplam kuru madde miktarındaki değişimler şekil 18'de görülmektedir. Çalışmamızda istatistiksel olarak depolama süresi ve uygulama arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur. 5 haftalık depolama sonunda uygulama yapılmayan çileklerde (kontrol grubu) suda çözünür kuru maddemiktarı % 9,95'ten 7,85'e düşerek (%21,10) en fazla azalmayı gösterirken en az düşüşü 100 ppm elektrolize su uygulanmış çilek grubu 9,84'ten 8,48'e düşerek (%13,87) göstermiştir.

İstatiksel olarak 5 haftalık depolama sonunda 50 ve 100 ppm ES uygulamalarının arasında anlamlı bir farklılık olmadığını ($p>0,05$) fakat kontrol ve diğer uygulamalar ile farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Kontrol grubundaki yüksek solunum hızından dolayı suda çözünür kuru madde içeriğinin en fazla düşüşe sebep olduğu düşünülmektedir.

Çilekler, solunum sırasında şekerleri enzimatik reaksiyonlarda substrat olarak kullandıklarından dolayı suda çözünür kuru madde zamanla azalış göstermektedir (Caner, vd., 2008). SÇKM değerinin azalmasının diğer bir nedeni de yaşlanmaya bağlı asitlik kaybı olduğunu belirtmişlerdir (Yılmaz, vd., 2019).

Görgüç ve arkadaşlarının (2019) ultrases uygulanan çilekler üzerine yaptığı çalışmaya göre depolama süresince her bir uygulama için °Bx değerinde azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Depolama süresinin sonunda her grup için briks en düşük değerlere ulaştığı ve depolama süresinin °Bx değeri üzerindeki etkisinin önemli olduğu belirtilmiştir ($p<0,05$) (Görgüç, vd., 2019).



Şekil 18. Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin suda çözünür kuru madde (brix) değeri üzerine etkisi

4.1.6. Çileklerde Tekstür Doku Profili Değişimleri

Doku profil analizi (TPA), çilek kalitesinin çok önemli bir göstergesidir ve depolama sırasında MAP'deki doku değişikliklerini belirlemenin göstergesidir. TPA testi sırasında, numunelerin çiğnendiğinde nasıl davrandığına dair fikir vermek için bir doku analizörü kullanılarak numuneler iki kez sıkıştırılır ve bu testten elde edilen parametreler duyuusal analizlerle iyi korelasyon gösterir.

Bunlar; sertlik (hardness), elastiklik (springiness), sakızımsılık (gumminess), iç yapışkanlık (cohesiveness), dış yapışkanlık (adhesiveness), dirençlilik (resilience) ve çiğnenebilirliktir (chewiness) (Caner, vd., 2008).

Sertlik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik gibi tüm çilek parametrelerinin TPA değerleri azalırken, depolama sırasında iç ve dış yapışkanlık, elastiklik ve dirençlik artmıştır.

Sertlik (hardness): Çileklerin depolanması sırasında en dikkat çekici değişikliklerden biri, hücre duvarı, orta lamel ve zar seviyelerindeki biyokimyasal değişikliklerle ilgili olan yumuşamadır. Böylelikle çileklerin sertlik kaybını azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Zhenfeng, vd., 2007).

İlk sıkıştırma döngüsü (ilk ısırık) sırasındaki grafikteki maksimum pik kuvveti ve sıklık (firmness) yerine kullanılabilir. Şekil 19 (a)'da görüldüğü gibi çileklerin sertlik değeri ilk gün 2695 g iken, 5 haftalık depolama sonunda en fazla düşüş kontrol grubunda 826 g değerinde görülmektedir. Depolama sonunda en iyi sonuç 100 ppm elektrolize su uygulamasında %56,9 düşüş ile 1158 g ölçülmüştür. Bunu %58,7 düşüş ile 1116 g sonuç ile 50 ppm elektrolize su uygulaması takip etmektedir.

İstatiksel olarak incelendiğinde 5 haftalık depolama sonunda 50 ve 100 ppm ES uygulamaları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$).

Çilekte pektinin enzimatik parçalanması yumuşamaya neden olurken, oksijen varlığı sonucu hızlı solunum ile bu yıkımı hızlandırdığı düşünülmektedir (Kartal, 2010).

Sertliği korumasını (yumuşamayı azaltmayı), denge modifiye atmosfer paketleme tarafından fizyolojik bozunma süreçlerinin yavaşlamasına ve kısmen de meyvelerin dehidrasyonunu önleyen doyumluğa yakın yüksek bağıl nemin muhafaza edilmesine bağlanabilir (Caner, vd., 2008).

80W ultrases uygulamaları için gözlenen sertlik düşüşü ise hücre duvarının stabilitesi üzerindeki yüksek güçlü ultrasesin su kaybına neden olan yıkıcı etkisine bağlanabilir (Fernandes, vd., 2009).

Ding ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında, ultrases ile muamele edilen kiraz domates numunelerinin sertliği, kontrol numunesinin sertliğinden önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Sonuçlar, ultrases uygulamasının çeri domateslerin sertliğini azaltabileceğini göstermiştir. Ultrasonik kavitasyon kabarcıklarının neden olduğu lokalize yüksek sıcaklık ve basınç, kiraz domateslerinin hücre zarının yırtılmasına neden olabileceği bu da turgor basıncının kaybına ve doku yumuşamasına yol açabileceği bildirilmiştir.

Esneklik (springiness): Birinci sıkıştırma ile ikinci sıkıştırmaya kadar geçen sürede çileğin eski halini alma oranı olarak ifade edilir. Çileklerin elastiklik değerleri birbirlerine yakın ölçülmüştür.

Çileklerde sertlik değeri düştükçe elastikliğin arttığı görülmüştür. Bunun nedeni fazla yumuşama sonucunda yapının elastik bir hal alması olduğu bildirilmiştir (Kartal, 2011).

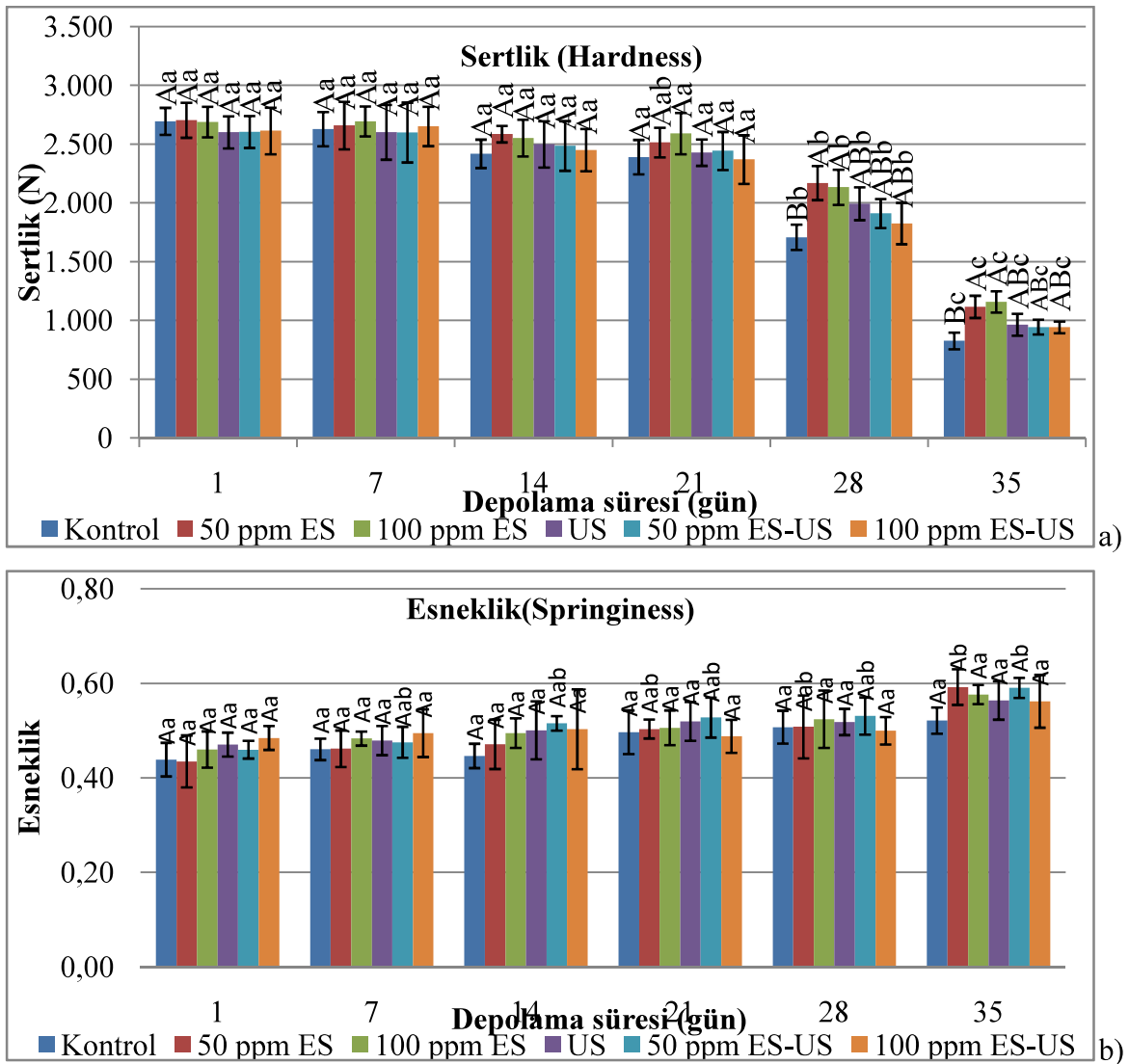
Sakızımsılık (gumminess): Düşük sertlik derecesine ve yüksek iç yapışkanlık değerine sahip yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli parçalama kuvvetidir. Tüm uygulama gruplarında depolama süresince sakızımsılık azalmaktadır. Bu azalma en fazla kontrol grubunda görülmektedir, sakızımsılık değeri 619'dan 295'e düşmektedir.

Dış yapışkanlık (adhesiveness): İlk sıkıştırmadan sonra yüzeyden ayrılmaya karşı gösterilen direnç olarak açıklanmaktadır. Gıdaların yapışkan ve kohezif kuvvetlerini içeren yüzey özelliklerine bağlanabilir (Rahman ve Al-Farsi, 2005). Depolama süresince yapışkanlık değerleri artmıştır. Çileklerin yapışkanlık değerlerinin özellikle dördüncü hafta depolamadan sonra önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, meyvelerin hücre duvarı bileşenlerinin (pektin) parçalanması ve çözünmesi olarak görülmektedir (Aday, vd., 2011).

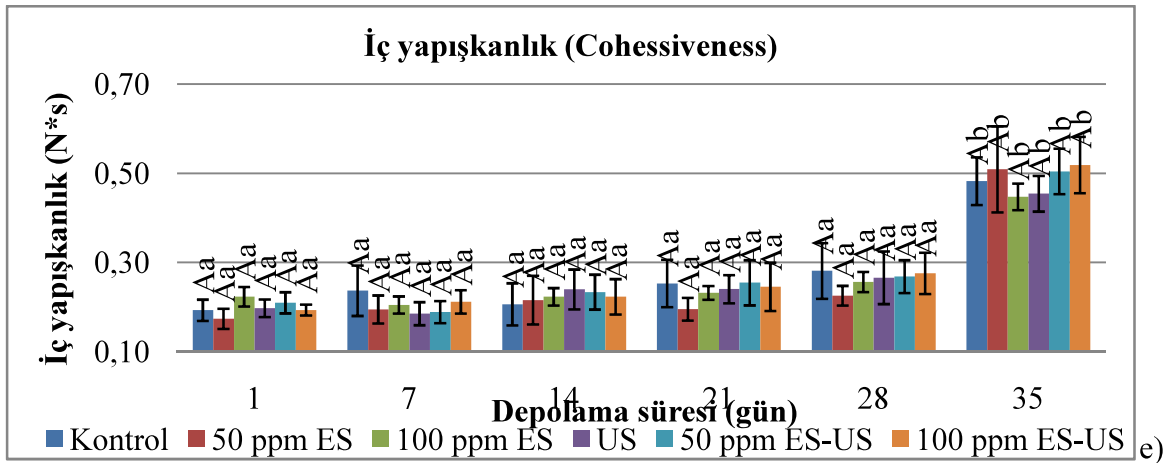
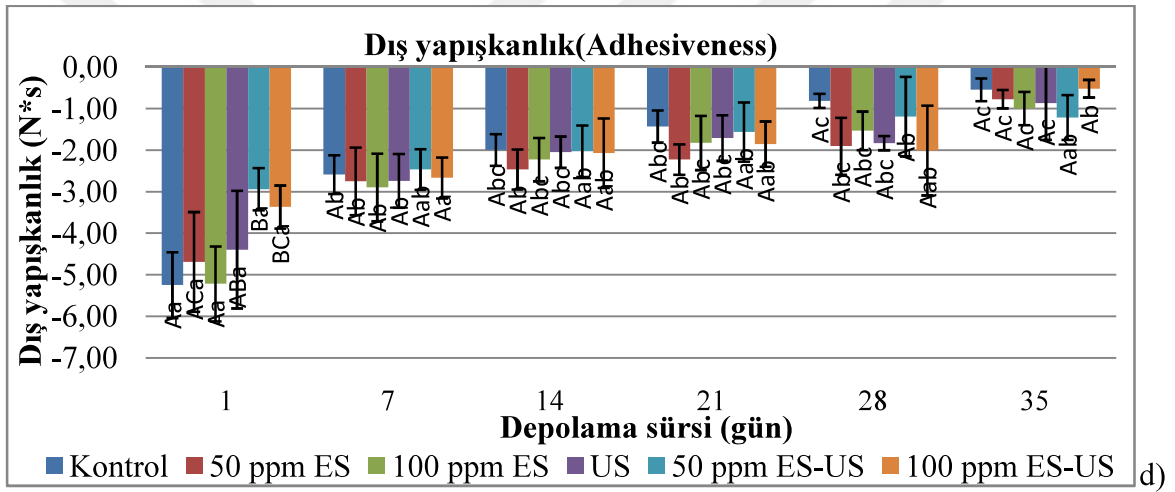
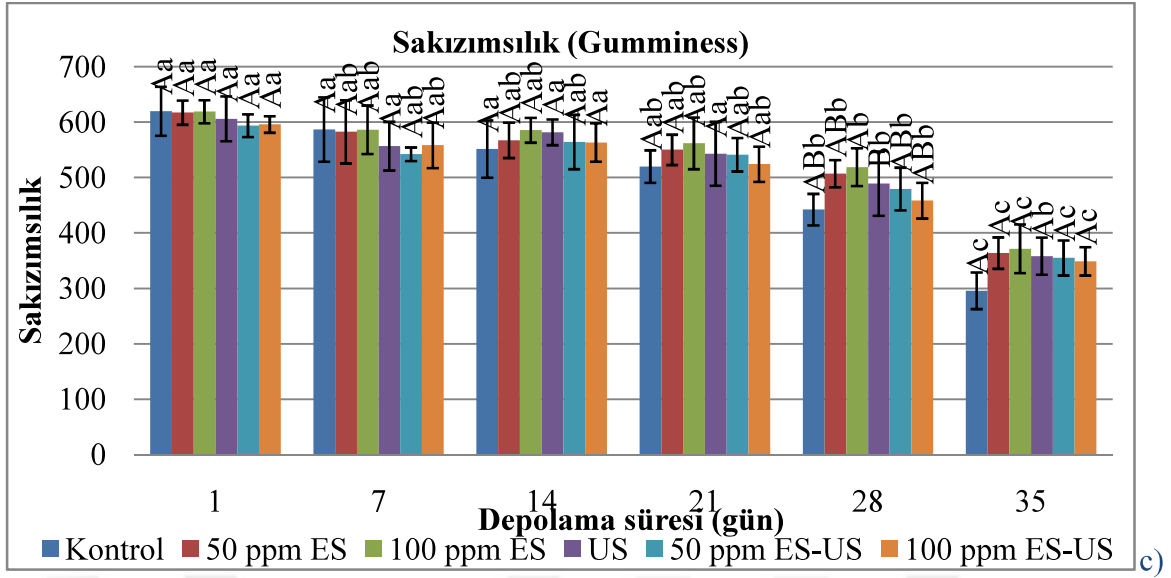
İç yapışkanlık (cohessiveness): İç bağların gücünü belirtmek için kullanılmaktadır (Yang, vd., 2007). Daha düşük değerler, esas olarak orta lamellerdeki pektin materyalinin parçalanmasından kaynaklanmaktadır (Caner,, vd., 2008). Özellikle 28. günden sonra enzimatik parçalanma daha hızlı seyrettiği düşünüldüğünden dolayı iç yapışkanlık değeri de hızla yükselmektedir.

Dirençlilik (resilience): Çileklerin hem hız hem de farklı kuvvetlerde deformasyondan nasıl kurtulduğunun bir ölçümüdür. Dirençlilik değeri depolama süresince özellikle 28. günden sonra önemli bir artış göstermektedir. En fazla artış 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulamasında meydana gelmiştir.

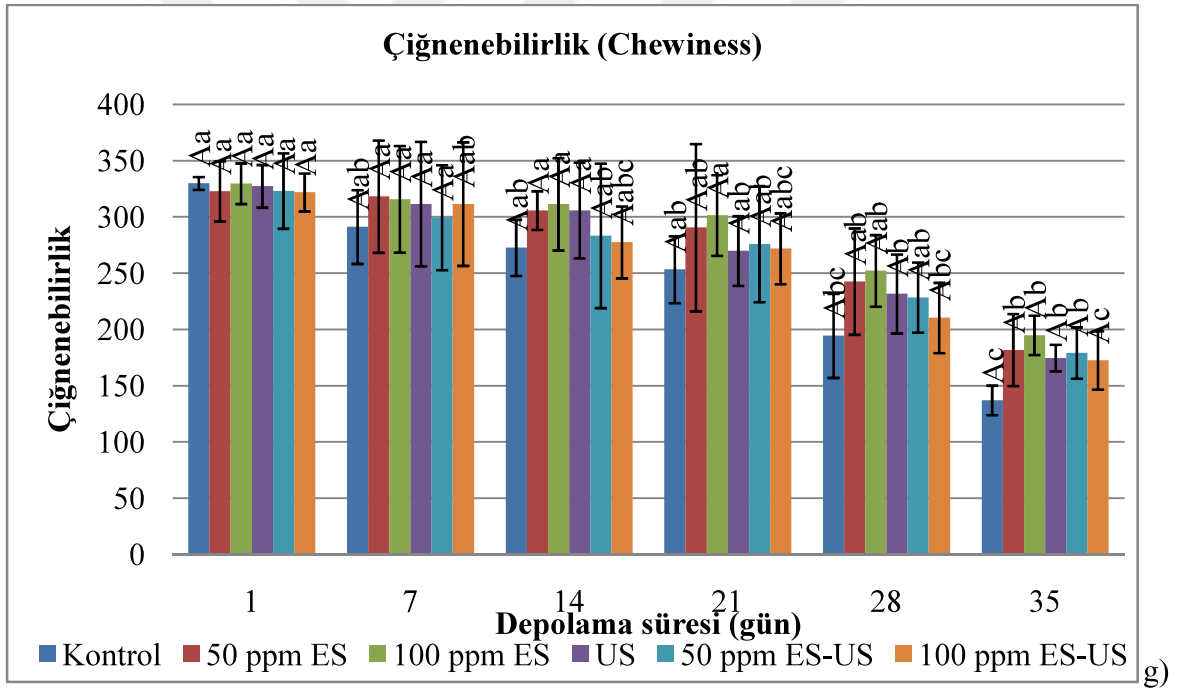
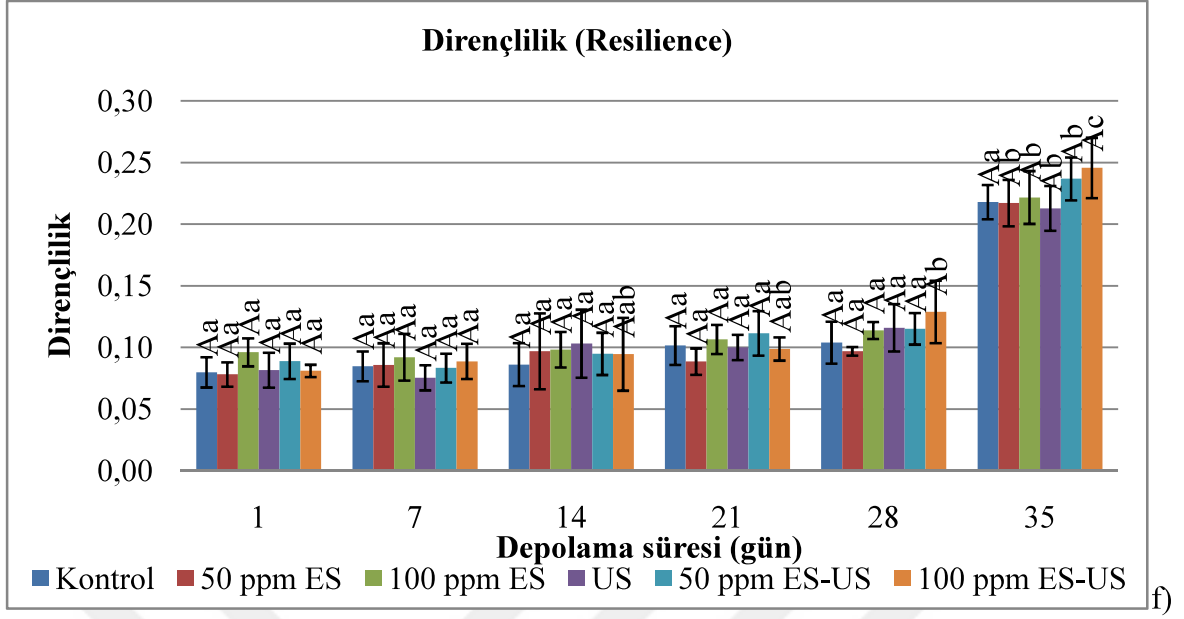
Çiğnenebilirlik (chewiness): Çileklerin yutulmaya hazır hale getirilmesi için gerekli kuvvet olarak tanımlanan çiğnenebilirlik değeri, depolama süresinde azalmıştır. Depolama süresince çileklerde meydana gelen yumuşama ve sertlik değerlerinin azalmasından dolayı çiğnenebilirlik değerinde de azalma meydana geldiği gözlenmiştir.



Şekil 19. Farklı uygulamaların depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi a) sertlik, b) esneklik



Şekil 20. Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi c) sakızımsılık, d) dış yapışkanlık, e) iç yapışkanlık



Şekil 21. Farklı uygulamalarının depolama boyunca çileklerin tekstür değerleri üzerine etkisi f) dirençlilik, g) çiğnenebilirlik

4.1.7. Çileklerde Toplam Fenol Miktarı Değişimleri

Meyve ve sebzeler arasında fenolik maddeler bakımından üzüm sü meyvelerin antioksidan miktarlarının yüksek olmasının sebebi özellikle de antosiyaninlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Tosun ve Yüksel, 2002).

Gıda bileşeni olarak bitkilerde fazla miktarda bulunan sekonder metabolit olan fenolik bileşikler; koku ve tat oluşumundaki etkileri, renk oluşumu ve değişimine katılmaları, değişik gıdalarda saflık kontrol kriteri olmaları, insan sağlığı açısından işlevleri, antioksidatif ve antimikrobiyal etki göstermeleri, enzim inhibisyonuna neden olmaları gibi birçok yönden önem taşımaktadır (Çağlar ve Demirci, 2017).

Tablo 10'da görüldüğü gibi ilk haftalarda bir artış görülse de yapılan istatistiksel analizler bu artışın önemli olmadığını göstermiştir ($p>0,05$). 21 günden sonra azalış görülmektedir. Burada da en fazla azalış kontrol grubunda 1209 ppm gallik asitten 808 ppm gallik asit miktarına düştüğü görülmektedir. Bu da bize uygulamaların kontrole göre toplam fenol miktarında stabiliteyi sağladığını göstermektedir. 35 günlük depolama sonunda ise en fazla toplam fenol miktarı 50 ppm ES uygulanan grupta 931 ppm olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarımıza benzer olarak Wang ve arkadaşları (2002), çeşitli çilek cinslerinde toplam fenolik içeriklerini 504,5 ile 1133,6 ppm aralığında saptamışlardır.

Nour ve arkadaşlarının (2021) farklı uygulamalar ile çilekler üzerinde yapmış oldukları çalışmanın sonucunda 14 günlük depolama süresince artış gösterip sonrasında fenolik miktarı azaldığı tespit edilmiştir.

Bu etki, bitki dokularında fenolik bileşiklerin sentezinde anahtar enzimlerden biri olan fenilalanin amonyak-liyazın aktivasyonuna ve polisakkarit hücre duvarının depolimerizasyonu ve çözünmesi sonucunda fenolik ekstrakte edilebilirliğin artmasına neden olduğu bildirilmiştir (Alothman, vd., 2009).

Nunes ve arkadaşları (2005)'da çilekler üzerine yapmış oldukları araştırmaya göre toplam fenolik madde miktarı ile ağırlık kaybı artışı arasında çok önemli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bu ilişkiye göre ürünün su kaybı arttıkça suda çözünen fenolik madde miktarında da azalma olduğunu ifade etmişlerdir.

Tablo 10

Farklı uygulamaların çileklerde depolama süresince toplam fenol miktarı üzerine etkileri

Uygulama	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	35. Gün
Kontrol	1209,09±12,07 Aa	1177,93±72,42 Aa	1233,34±26,00 Aa	1100,43±43,84 Ab	855,00±12,9 Abc	808,00±11,31 Ac
50 ppm ES	1232,80±20,50 Aa	1202,99±45,15 Aa	1249,04±26,45 Aa	1164,47±14,78 Aa	987,02±36,06 Bb	931,66±31,47 Cb
100 ppm ES	1195,58±32,16 Aab	1185,16±17,47 Aab	1275,89±32,05 Aa	1239,30±47,05 Ba	1015,16±28,91 Bb	897,51±38,91 BCc
US	1236,26±25,62 Aac	1215,01±29,65 Aac	1302,50±30,73 Aab	1188,62±62,96 Ac	935,71±57,47 Ad	878,62±16,09 BCd
50 ppm ES-US	1224,88±43,06 Aa	1223,21±47,35 Aa	1341,83±24,00 Aa	1172,51±26,18 Ab	975,03±26,13 Bc	922,76±15,78 Cc
100 ppm ES-US	1193,90±25,51 Aa	1273,91±28,16 Aa	1298,17±36,54 Aa	1169,73±28,78 Ab	947,23±20,65 ABc	866,13±23,57 Bd

A-C Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$).a-d Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$).

4.1.8. Toplam MonomerikAntosiyanin Miktarı

Çilekte bulunan başlıca polifenoller antosiyaninler, ellagitaninler ve proantosiyanidinlerdir (Sandhu, vd., 2018). Çileğin kırmızı renginin oluşmasında antosiyaninler içerisinde pelargonidin ve siyanidin glikozitlerinin oldukları bildirilmektedir (Aaby, vd., 2005). Çilekte toplam polifenollerin %75'inden fazlasını antosiyaninlerin oluşturduğunu belirtmişlerdir (Sandhu, vd., 2018).

Antosiyaninler kararsız bileşikler olduğu bilindiğinden uygulama ve depolama esnasında ortam veya işlem kaynaklı birçok etkene maruz kaldıkları için yüksek miktarda kayıplara ve kimyasal yapılarında değişiklikler olduğu ifade edilmiştir (Kadivec, vd., 2013). Depolama boyunca meydana gelen bu değişimler meyvenin rengini ve kalitesini etkilemektedir (Gao, vd., 2019).

Çilekte antioksidan özellik gösteren fenolik bileşikler ve flavonoidler önemli bileşiklerdir. Fenolik bileşikler, bitkilerin kendilerini bazı zararlılara ve mikrobiyal bozulmalara karşı koruyan ikincil metabolitlerdir.

Tablo 11'de görüldüğü gibi 14. günden sonra daha hızlı bir azalma olduğunu görebiliriz. İlk 14 gün depolamanın antosiyanin miktarına olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). 5 haftalık depolama sonunda 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulanan grupta antosiyanin miktarı 150 ppm'den 87 ppm'e (%41) düşerek en fazla azalmayı gösterirken en az düşüşü 100 ppm elektrolize su uygulanmış çilek grubu 153 ppm'den 116 ppm'e (%23) düşerek göstermiştir.

Elektrolize su ve ultrases birlikte uygulanan gruplarda ise 100 ppm elektrolize su ve ultrases uygulanan grubun daha fazla antosiyanin parçalamaya sebep olduğu ve istatistiki olarak da sonuçlarda anlamlı bir düşüş olduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Chen ve arkadaşlarının (2020) longan meyvesi üzerinde yapmış oldukları araştırmaya göre AES uygulamasının, hasat sonrası longans perikarpındaki karotenoid, klorofil, flavonoid ve antosiyanin gibi pigmentlerin ve biyoaktif bileşiklerin bozulmasını geciktirebileceğini ve longan görünüm rengini daha iyi koruyabileceğini göstermiştir.

Aday ve arkadaşlarının (2015) tarafından kirazlar üzerinde yapılan çalışmada benzer bir şekilde en yüksek miktar 100 ppm ES ile muamele edilen sonuçlar elde etmişlerdir.

Tablo 11

Farklı uygulamaların çileklerde depolama süresince toplam antosiyanin miktarı üzerine etkileri

	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	35. Gün
Kontrol	142,64±3,47 Aa	154,67±3,19 Ab	158,14±4,19 Ab	130,14±3,47 Ac	117,14±3,19 Ad	102,61±3,38 Ae
50 ppm ES	155,10±4,44 Ba	160,86±4,07 Aa	161,93±3,87 Aa	147,67±3,35 BDb	132,61±2,69 Bc	114,13±3,06 Bd
100 ppm ES	153,25±2,45 Bab	157,32±5,25 Aa	163,75±4,41 Aa	150,91±2,87 Bb	143,86±2,59 Cc	116,98±1,54 Bd
US	157,89±4,11 Ba	156,98±3,22 Aa	158,44±2,93 Aa	143,39±2,96 BCb	131,14±4,04 Bc	104,61±4,32 ABd
50 ppm ES-US	151,04±1,74 Ba	158,26±7,02 Ab	161,86±3,38 Ab	136,97±1,75 ACDc	137,18±2,47 BCc	108,84±4,65 ABd
100 ppm ES-US	149,18±1,79 ABa	156,98±1,67 Ab	157,78±2,11 Ab	128,71±1,83 Ac	109,00±2,83 Ad	87,78±3,30 Cde

A-C Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0,05).

a-e Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0,05).

4.1.9. Çileklerin Mikrobiyal Yükündeki Değişimler

Minimal işlenmiş meyve ve sebzeler, son yıllarda sağlıklı yaşam için diyetin önemli bir parçası olarak daha popüler hale gelmiştir. Bu artan tüketim ile bu ürünlerin beslenme, duyuşal ve mikrobiyolojik kalitesine olan ilgi de aynı oranda artmıştır. Depolama sırasında çileklerde mikrobiyal artış (toplam psikrofilik bakteri ve maya ve küfler) göstermektedir.

Taze meyve ve sebzeler, hem çürümeye hem de güvenlik sorunlarına neden olabilecek çeşitli mikroorganizmalara karşı hassastır. Yüksek mikroorganizma popülasyonları içeren taze ürünlerin mikrobiyal kaynaklı hastalık yapma riskini en aza indirmek için özel önleyici tedbirler uygulanmalıdır. Meyve ve sebzeler üzerindeki ilk bakteri yüklerini en aza indirmek için çok çeşitli yüzey sanitasyon yöntemleri kullanılmaktadır.

Yüzey mikroorganizmalarını azaltmak için kimyasal dezenfektanlar arasında klor bileşikleri, organik asitler, elektrolize su, ışınlama, ozon, ultrases gibi fiziksel teknolojiler mikrobiyal güvenliği sağlamak için de uygulanabilir (Ding, vd., 2015).

Çileğin tazeliğinin korunmasında kullanılan düşük sıcaklıkta depolama ve MAP uygulamalarının yanında elektrolize su ve ultrases raf ömrünü geliştirmek için uygulanan alternatif yöntemlerdendir.

Bu çalışmada çileklerin raf ömrünün arttırılması için modifiye atmosfer paketlenme öncesinde sanitasyon amacıyla elektrolize su ve ultrases uygulanarak daha etkili sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Modifiye atmosfer paketlenme bütün gruplara uygulanmış olup, yalnız modifiye atmosferle paketlenen çilekler kontrol grubu olarak belirtilmiştir. Uygulama sonrasında 4°C'de depolanan çileklerde 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerde, psikrofil bakteri, maya-küf analizleri yapılarak depolama sonunda en etkili uygulamanın tespit edilmesi amaçlanmıştır. Böylece yüksek solunum oranına sahip bir meyve olan çileklerin raf ömrü arttırılmış olup 35 günlük depolama süresi sonunda hangi sanitasyon yönteminin daha etkili olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

İlk olarak herhangi bir işlem görmemiş taze çileklerin mikrobiyal yükü tespit edilerek, modifiye atmosfer paketlenen ve uygulanan yöntemin çileğin mikrobiyal yüküne etkisi belirlenmiştir. Ayrıca depolama süresi boyunca elektrolize su ve ultrases uygulanan grupların mikrobiyal yüklerindeki değişimler kıyaslanmıştır.

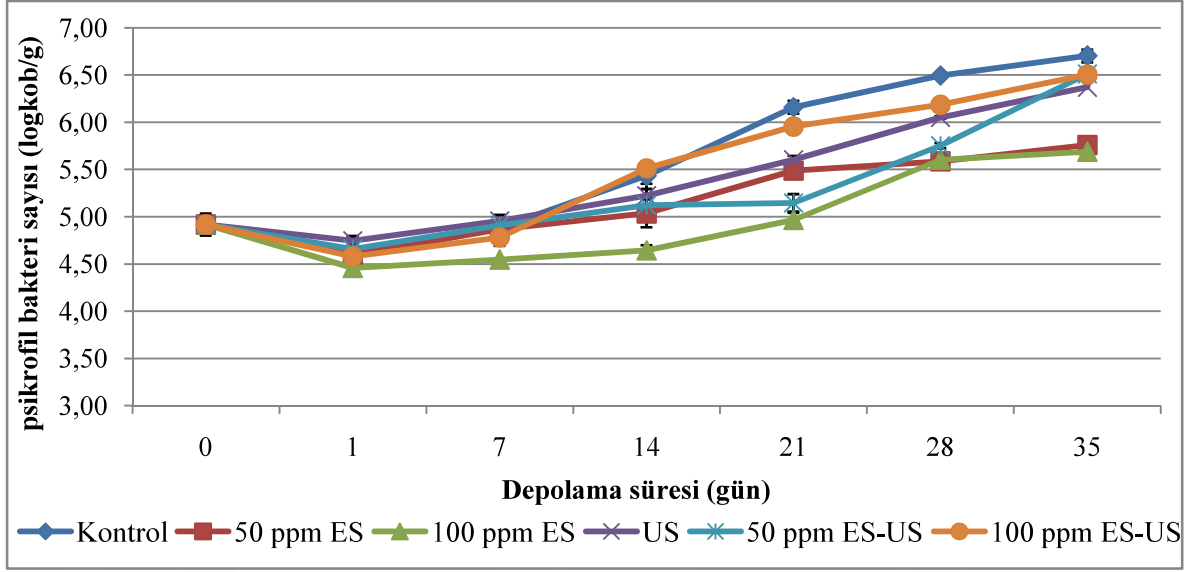
İşlem görmemiş taze çileklerin (0. gün); psikrofil bakteri yükü, 4,92 logkob/g; maya yükü, 3,18 logkob/g; küf yükü ise 3,06 logkob/g olarak tespit edilmiştir.

Çilekte Psikrofil Bakteri Yükü

Şekil 22’de görüldüğü gibi depolamanın birinci gününde bütün grupların psikrofil bakteri sayısında taze çileklere kıyasla azalma görülmüştür. Başlangıçta taze çileğin psikrofil bakteri yükü 4,92 logkob/g’dir. Çilek gruplarında ilk gün sonunda en fazla azalma 100 ppm elektrolize su uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. Çilekler 100 ppm elektrolize su ile yıkandığında ortalama olarak 0,47 log birim azalma meydana geldiği görülmüştür.

Bu sonuçlara bağlı olarak ilk gün sonunda çilekteki psikrofil bakteri yükü üzerine 100 ppm ES uygulamasının daha hızlı bir şekilde etki ettiği söylenebilir. Kontrol grubunun başlangıca göre mikroorganizma yükünde bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Bunun ise su ile yıkama ve modifiye atmosfer paketleme yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre birinci günden itibaren psikrofil mikroorganizma sayılarında artış gözlenmiştir. En yüksek artış log birimleri üzerinden %36,34’lük bir artışla kontrol grubunda iken en düşük artış ise % 15,65 artış ile 100 ppm elektrolize su uygulanan grupta olmuştur.



Şekil 22 Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde psikrofil bakteri sayısı (logkob/g)

Ultras ses yönteminin mikrobiyal inaktivasyonun fiziksel ve kimyasal etkileri incelendiğinde birincil antimikrobiyal etkisi; ultras ses işleminin itici gücünün, membranların geçirgenliğinde artışa ve seçicilik kaybına, hücre membranlarının incelmeye lokalize ısıtmaya ve serbest radikal üretimine neden olduğu bilinirken ikinci antimikrobiyal etki ise ultras ses uygulamasının kimyasal etkisinden kaynaklanmaktadır. Kaviteasyonun tüm kimyasal etkileri, çeşitli ardışık reaksiyonların sonunda serbest radikallerin miktarı artmasına dayanır (Bilek ve Turantaş, 2013).

Buradan yola çıkarak kaviteasyonun, doku zarı geçirgenliğini artırarak ve hücre zarlarının incelmeye ve seçicilik kaybına neden olarak mikroorganizma azalmasına ek olarak doku hasarı oluşturabilir (Bilek ve Turantaş, 2013).

Ultras sesin, mikroorganizmaları taze ürünlerin yüzeylerinden ayırabilen ve yok edebilen güçlü bir kaviteasyon oluşturduğu bilinmektedir (Seymour, vd., 2002). İnaktivasyon etkinliği deneysel koşullara ve mikroorganizmanın türüne bağlıdır (Piyasena, vd., 2003).

Bu çalışmada analiz sonuçlarına göre çilek gruplarında ilk gün sonunda en düşük azalma (0,18 log birim) ultras ses uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 50 ppm ES ve ultras ses (0,26 log birim) ve kontrol grubu (0,32 log birim) takip etmektedir. Bu parametrelere göre tek başına ultras ses uygulamanın çileklerde mikrobiyal popülasyonu azaltmanın etkili bir yolu olmadığını görülmüştür.

Benzer bir sonuç (Şengül, vd., 2011) tarafından ultrases uygulamasının bakterilerin inaktivasyonu için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ancak ortam sıcaklığında veya ölümcül olmayan sıcaklıklarda gıdalardaki mikroorganizmaları öldürmede çok etkili olmadığını öne sürmüşlerdir.

Ultrasesin bir sıvı içinden geçişi, anlık yüksek sıcaklık ve basınca neden olabilecek akustik kavitasyon oluşturur. Kavitasyonun neden olduğu mekanik ve kimyasal etkiler, oksitleyici maddelerin bozunması üzerinde potansiyel etkiye sahip olabilir. Bir oksitleyici madde olarak HClO çok kararsızdır, bu nedenle ultrasesin HClO'nun stabilitesi üzerinde bir etkisi olabileceği ve daha sonra AES özelliklerini etkileyebileceği sonucuna varılmıştır (Ding, vd., 2015).

Ayrıca taze meyve ve sebzeler üzerinde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmadaki çilekler üzerindeki mikrobiyal azalma tüm muamelelerde daha düşük gözlenmiştir. Bu, çileklerin yüzey morfolojisi farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Francis ve O'Beirne, (2002) dezenfeksiyon tedavilerinin etkinliğinin sebze türüne ve mikrobiyal yüke bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Ding ve arkadaşlarının (2015) yapmış olduğu çalışmaya göre kiraz domatesinin pürüzsüz yüzeyi, ultrasonik dalgalara daha kolay erişim sağlar ve elektrolize suyun bakterilerle temasını kolaylaştırırken çileğin pürüzlü ve gözenekli yüzeyi, bakteri hücreleri için bir miktar koruma sağlayabilir, bu da onların çıkarılmasını veya öldürülmesini zorlaştırdığını göstermiştir.

Tomadoni ve arkadaşlarının (2017) yapmış oldukları çalışmaya göre mikrobiyal popülasyonun büyüme hızının, 40 kHz ve 180 W'lık ultrases uygulaması ile önemli ölçüde azaltıldığını tespit etmişlerdir. Büyüme hızındaki düşüşün 30 dk'lık uygulamanın 10 dk'lık uygulamadan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Başlangıç değerleri yaptığımız çalışmayla benzer sonuçlar elde edilmiş olup 4,64 logkob/g ölçülmüştür.

İlk günden itibaren yaklaşık tüm gruplarda psikrofil bakteri sayısında artış görülmüştür. Bu sonuç çileklerde solunumun hızlı olmasından kaynaklanan mikroorganizma gelişiminin artmasıyla ilişkilendirilebilir.

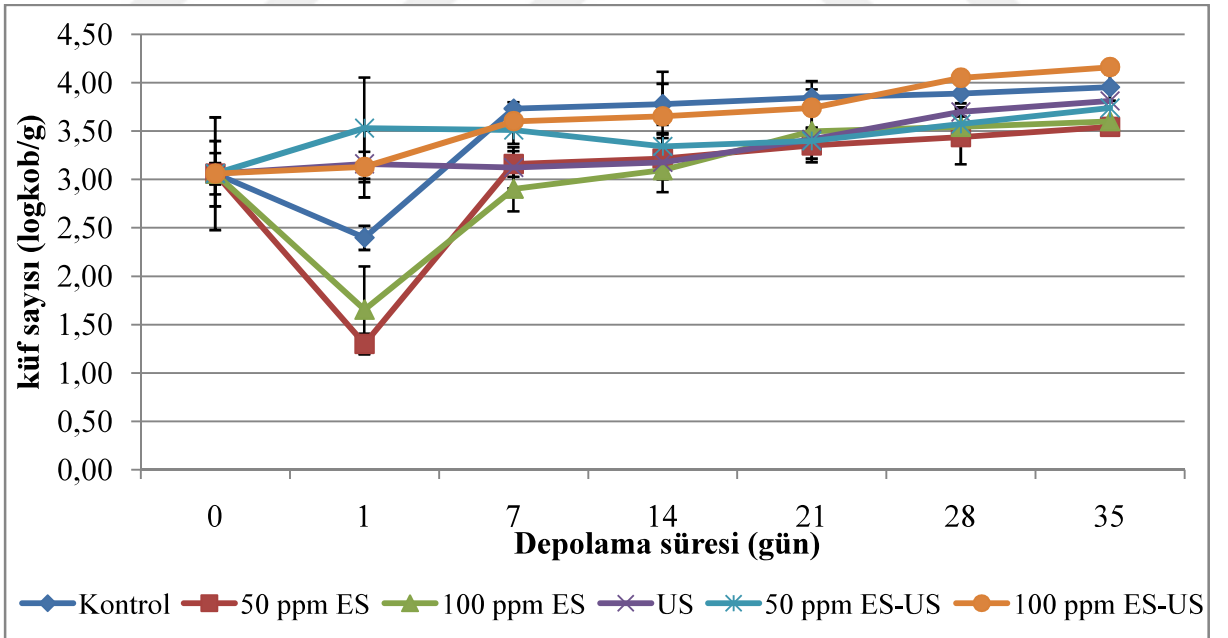
Çilekte Maya-Küf Yüğü

Yüksek maya-küf sayısı gıdanın bozulma göstergesi olarak değerlendirilebilmekte olup çilekte özellikle küfler depolama boyunca problem olurken, çileğin raf ömrü genellikle küf üremesi nedeniyle sonlanmaktadır. *Botrytis cinerea* (gri küf), çilek depolaması ve nakliyesinde yaygın olarak görülen önemli bir sorundur (Zhang, vd., 2007).

Çileklerin su aktivitesi uygunluğu, düşük pH içeriği ve besinsel öğelerin fazlalığı küflerin gelişimini kolaylaştırmaktadır (Vu, vd., 2011).

Şekil 23'te görüldüğü gibi, başlangıç küf yükü 3,06 logkob/g olan taze çileğin, küf yükünün depolamanın birinci günü sonunda ES uygulamalarında ve kontrol grubunda azaldığı ultrases uygulanan gruplarda ise bir azalma olmadığı gözlenmiştir. İlk gün yapılan analiz sonunda küf yükünde azalmanın en çok görüldüğü grup ise 50 ppm ES uygulanan grupta 1,30 logkob/g düştüğü tespit edilmiştir.

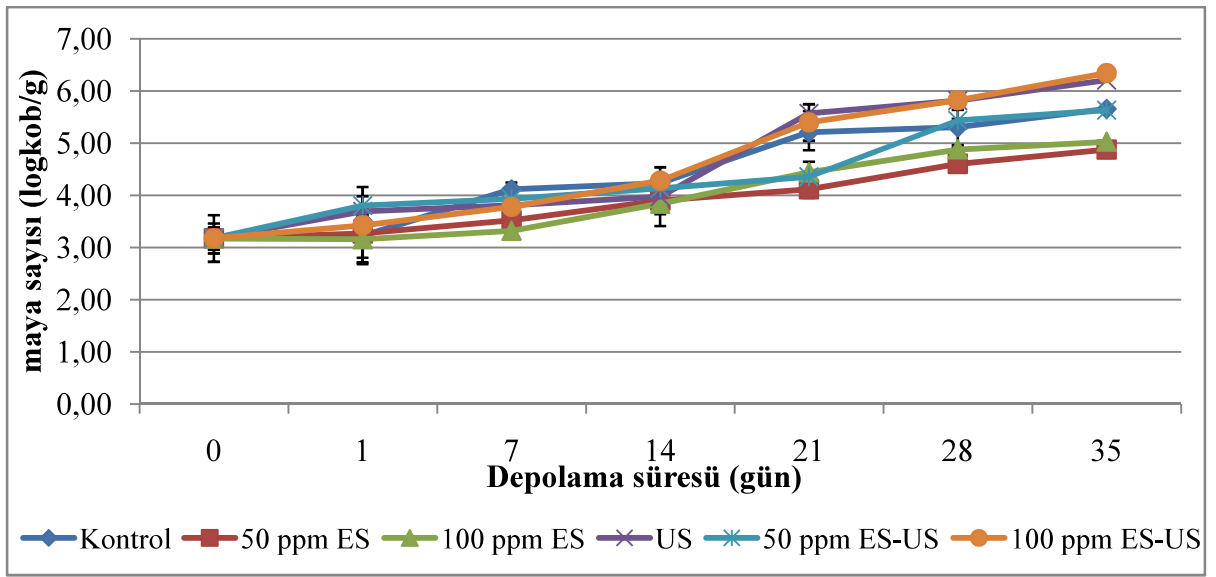
Depolama boyunca en yüksek artış log birimleri üzerinden %35,96'lık bir artışla (4,16 logkob/g) 100 ppm elektrolize su ve ultrases kombinasyonu iken en düşük artış ise % 15,79'luk artış ile (3,54 logkob/g) 50 ppm elektrolize su uygulaması olmuştur.



Şekil 23 Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde küf sayısı (logkob/g)

Depolama süresince 1. günden itibaren maya yüklerinde sürekli bir artış gözlenmiştir. Yapılan ilk gün ölçümlerinde sadece 100 ppm ES uygulamasında 0,2 log'luk bir azalış gözlenmiş diğer uygulamalarda ise artış görülmüştür. 1. Gün sonunda en fazla artış ise 50 ppm ES ve ultrases uygulanan grupta olup 3,18 logkob/g'dan 3,80 logkob/g'a yükselmiştir.

35 günlük depolama sonunda en fazla artış 100 ppm ES ve ultrases uygulanan çileklerde (6,34 logkob/g) görülmüştür. Buna karşın en az azalma ise 4,88 logkob/g ile 50 ppm ES uygulanan çileklerde gözlenmiştir.



Şekil 24 Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak depolanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde maya sayısı (logkob/g)

Görsel Değerlendirme

Botrytis cineria ve *Rhizopus sp.* çilekte bozulmaya sebep olan ve en sık karşılaşılan küflerdir (Park, vd., 2005). Özellikle gri küf olarak adlandırılan *Botrytis cineria*, çileklerin depolanması, taşınması ve pazarlanması esnasında önemli kayıplara sebep olabilen yaygın ve ciddi bir sorundur (Zhang, vd., 2007).

Depolama boyunca küflü çilek sayısında belirgin bir artış olduğunu görülmektedir. Depolama sonunda en yüksek çürüme oranı ultrases uygulanan çilek meyvelerinde (% 91,67) gözlenmiştir. En düşük çürüme oranı ise 100 ppm ES ile muamele edilmiş meyvelerde (% 41,67), ardından 50 ppm ES (% 58,33), kontrol (% 75,00) ve 50 ppm ve 100 ppm ES ile ultrases (%83,33) uygulanmış meyvelerde görüldü.



Şekil 25 35. Gün sonunda uygulama grupları görünümüleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hasat sonrası raf ömürleri oldukça kısa olan çilekler çok hızlı bir şekilde bozulabilmektedir. Ülkemiz ekonomisine beslenme açısından kalitesi kriterleri korunarak daha uzun süre muhafaza edebilmek önemlidir. Hassasiyeti yüksek bir meyve olan çilek hasat sonrası ambalajlama, depolama işlemleri sırasında fiziksel hasar, su ve ağırlık kaybı, çürüme gibi problemler görülmektedir. Bu kayıpların azaltılarak, bozulmaya neden olan mikroorganizma gelişiminin önlenmesi ve kalitesinin korunarak depolama süresinin uzatılması özellikle çevre dostu ısı olmayan yeni muhafaza yöntemlerinin geliştirilmesi ve bunların farklı parametrelerde kombine edilmesiyle sağlanabilmektedir.

Bu araştırmada sadece mikroperfore PP filimler kullanılarak taze çilekler depolanmış ve kalite kriterleri analiz edilerek EMAP taze çilek depolama stabilitesi ve kalitesine etkisi başarılı sonuçlar net bir şekilde ortaya konulmuştur. Çileklerde depolama boyunca meydana gelen bozulmaları önlemek veya en azından azaltmak için soğuk depolamada denge modifiye atmosfer (DMA) başarıyla kullanılabilir.

Bunun yanında çalışmamızda elektrolize su ve ultrases uygulamaları ön işlem olarak yapılarak raf ömrünün daha da arttırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla çileklere, ultrases, elektrolize su ve çeşitli kombinasyonları uygulandıktan sonra mikroperfore film ile kapatılarak soğuk hava koşullarında depolanmıştır. Belirlenen depolama periyotlarında ağırlık kaybı, ambalaj içi gaz konsantrasyonu, pH, suda çözünür kuru madde (briks), renk, tekstür, toplam fenol ve antosiyanin miktarı ve mikrobiyal analizler yapılarak kalite değerleri ölçülmüştür.

Farklı konsantrasyonlarda (50 ppm, 100 ppm) elektrolize su, 80W gücünde ultrases ve bunların kombinasyonları uygulanarak depolama periyotlarında yapılan fiziko-kimyasal analizler sonucunda 50 ppm ve 100 ppm ES uygulamalarının diğer uygulamalara göre daha fazla avantaj sağladığı tespit edilmiştir.

Bunun yanı sıra 80 W ultrases uygulamasının çileklerin muhafazası için kontrol grubuna oranla daha iyi sonuçlar verdiği fakat özellikle 100 ppm elektrolize su ile birlikte kullanıldığında oksidatif stresi arttırarak taze çileklerde kalite üzerine olumsuz etki yapmıştır.

Ultrasound uygulamasının birçok meyveyi ve ürünlerini etkili bir şekilde dekontamine ettiği kanıtlanmış olsa da, yine de genel bileşimi olumsuz bir şekilde etkileyebileceği özellikle çilek gibi hassas bir üründe dokusal ve duyu kalite özelliklerinden ödün verebileceği anlaşılmıştır. Bunda da hassas bir meyve olan çileğin bu güçteki ultrasoundin hücre duvarlarını zedeleyerek birçok kalite parametresi üzerine olumsuz etki yaptığı düşünülmektedir.

Bununla birlikte, ultrasound yönteminin kullanmanın etkinliği, zamana, ultrasoundin gücüne, penetrasyon gücüne, ürün bileşimine ve sıcaklığa bağlı olabilir. Hasattan sonra çilek meyvesinin bir bütün olarak korunması söz konusu olduğunda, bu teknik bir koruma yöntemi olarak pek kullanışlı olmayabilir.

Elektrolize su ve ultrasound uygulama parametreleri geliştirilerek stabilite çalışmalarının yapılması ile gıda sistemlerinde denemelerin yapılması daha ileri derecede bilgi verecektir.

Isıl olmayan alternatif muhafaza tekniklerinin konsantrasyon/aşırı doza/güç bağlı olarak olumsuz etkileri göz önüne alındığında, her ürüne özgü bu kullanılacak yöntemlerin uygulanabilmesi için optimum konsantrasyon/doz/güç ve uygulama sürelerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Aaby, K., Ekeberg, D. Skrede, G., (2007). 'Characterization of phenolic compounds in strawberry (*fragaria ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity'. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 4395–4406.
- Aday, M.S., Temizkan, R., Büyükcan, M.B., Caner, C., (2013). 'An innovative technique for extending shelf life of strawberry: ultrasound'. LWT Food Science and Technology, 52 (2), 93-101.
- Aday, M.S., Büyükcan, M.B., Temizkan, R., Caner, C.,(2014). 'Role of Ozone Concentrations and Exposure Times in Extending Shelf Life of Strawberry'. Ozone: Science & Engineering, The Journal of the International Ozone Association, 36, 43–56
- Aday, M.S., Hayta, E.,(2015). 'The effect of different electrolyzed water treatments on the quality and sensory attributes of sweet cherry during passive atmosphere packaging storage'. Postharvest Biology and Technology, 102, 32–4133
- Aksoy, A., (2020). 'Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı'. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 254- 262.
- Alexandre, E.M.C., Brandão, T.R.S., Silva, C.L.M., (2012). 'Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries'. Journal of Food Engineering, 108 (3), 417-426.
- Al-Haq, M.I., Sugiyama, J., Isobe, S., (2005). 'Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries'. Food Sci Technol Res, 11 (2), 135-50.
- Almenar, E., Valle, V.D., Muñoz, P.H., Lagarón, J.M., Catalá, R., Gavara, R.,(2007). Equilibrium Modified Atmosphere Packaging of Wild Strawberries. Journal of The Science of Food and Agriculture, 87(10): 1931-1939.
- Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A., (2009). 'UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits'. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10, 512-516. (<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.03.004>)
- Ananta, E., Voigt, D., Zenker, M., Heinz, V., Knorr, D.,(2005). 'Cellular injuries upon exposure of *Escherichia coli* and *L.rhamnosus* to high-intensity ultrasound'. J Applied Microbiol, 99, 271-278.

- Almenar, E., Hernández-Muñoz, P., Lagarón, J. M., Catalá, R., Gavara, R., (2006). 'Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.)'. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(1), 86- 91.
- Bal, E., Çelik, S., (2005). 'Bazı Çilek Çeşitlerinin Meyvesindeki Anatomik Yapılaşmanın Muhafaza Süresi Üzerine Etkisi'. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(3)
- Barba, F. J., Jäger, H., Meneses, N., Esteve, M. J., Frígola, A., Knorr, D., (2012). 'Evaluation of quality changes of blueberry juice during refrigerated storage after high-pressure and pulsed electric fields processing'. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 18–24.
- Barba, F.J., Galanakis, C.M., Esteve, M.J., Frigola, A., Vorobiev E., (2015). 'Potential use of pulsed electric technologies and ultrasounds to improve the recovery of highadded value compounds from blackberries'. *Journal of Food Engineering*, 167, 38–44.
- Barrios, S., Lema, P., Lareo, C., (2014). 'Modeling Respiration Rate of Strawberry (cv. San Andreas) for Modified Atmosphere Packaging Design'. *International Journal of Food Properties* Volume 17, Issue 9.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N.M. Lyons, T.J., (2014). 'Strawberry as a functional food: an evidence-based review'. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 790-806.
- Batu, A., (2009). 'Kayısının Modifiye Atmosferde Paketlenerek Depolanması Önerisi'. *Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (1), 9.
- Bayraktaroğlu, G., Obuz, E., (2006). *Ultrasound yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı*. 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu, Türkiye, 57-60.
- Benyathiar, P.,Harte, B., Harte, J.,(2020). 'Shelf life extension of fresh asparagus using modified atmosphere packaging and vacuum skin packaging in microwavable tray systems'. *Packaging Technology and Science*,33 (10), 407-415.
- Bhande, S., Ravindra, M., Goswami, T.K., (2008). 'Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures'.*Journal of Food Engineering*, 87, 116-123.
- Bhat, R.,Stamminger, R., (2015). 'Preserving Strawberry Quality by Employing Novel Food Preservation and Processing Techniques – Recent Updates and Future Scope – An Overview'. *Food Process Engineering*,38, (6), 536-554.

- Boonkorn, P., Gemma, H., Sugaya, S., Uthaibutra, J. Whangchai, K., (2012). ‘Impact of High-Dose, Short Periods of Ozone Exposure on Green Mold and Antioxidant Enzyme Activity of Tangerine Fruit’. *Postharvest Biol. Technol.*, 67, 25–28.
- Brummel, D.A., Harpster, M.H., (2001). ‘Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants’. *Plant Mol. Biol.*, 47, 311-340.
- Buckow, R., Ng, S., Toepfl, S., (2013). ‘Pulsed electric field processing of orange juice: a review on microbial, enzymatic, nutritional, and sensory quality and stability’. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 455–467.
- Caleb, O. J., Opara, U. L., Witthuhn, C. R., (2012). ‘Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review’. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 15–30. (doi:10.1007/s11947- 011-0525-7).
- Caleb, O.J., Mahajan, P.V., Al-Julanda Al-Said, F., Opara, U.L., (2013). ‘Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences—A Review’. *Food Bioprocess Technol*, 6, 303–329.
- Caner, C., Aday, M., Demir, M., (2008). ‘Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging’. *European Food Research and Technology*, 227, 1575–1583.
- Caner, C., Kartal, S., Aday, M.S., (2009), ‘Use of equilibrium modified atmosphere packaging with micro perforated films to maintain postharvest fresh strawberries quality’. 9. Uluslar arası Ambalaj Kongresi, 25-36.
- Canselier, J.P., Delmas, H., Wilhelm, A.M., Abismail, B.,(2002). ‘Ultrasound emulsification. An overview’. *J of Dispersion Sci and Technol.*, 23, 333-349.
- Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H., Wu, F., (2010). ‘Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest’. *Food Control*, 21(4), 529–532.
- Cao, W., Zhu, ZW., Shi, Z.X., Wang, C.Y., Li, B.M., (2009). ‘Efficiency of slightly acidic electrolyzed water for inactivation of Salmonella Enteritidis and its contaminated shell eggs’. *Int J Food Microbiol*, 130 (2), 88-93.
- Castro, I., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K., Vicente, A.A. (2003). ‘The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products’. *Journal of Food Process Engineering*, 26, 17-29.
- Cataldo, F. (2003). ‘On the action of ozone on proteins’. *Polymer Degradation and Stability*, 82, (1), 105–114.

- Cemeroğlu, B., Yemencioğlu, A. ve Özkan, M.,(2001). Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara. 328.
- Charles, F., Sanchez, J., Gontard, N., (2003). ‘Active modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables: modeling with tomatoes and oxygen absorber’. Journal of Food Science, 68(5), 1736–1742.
- Chemat, F., Khan, M. K.,(2011). “Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction”, Ultrasonics Sonochemistry, 18, (4), 813-835.
- Chen, Y., Xie, H., Tang, J., Lin, M., Hung, Y., Lin, H., (2020)‘Effects of acidic electrolyzed water treatment on storability, quality attributes and nutritive properties of longan fruit during storage’. Food Chemistry, 320, 126641
- Chiabrandò, V., Garavaglia, L., Giacalone, G., (2019).‘The Postharvest Quality of Fresh Sweet Cherries and Strawberries with an Active Packaging System’. Foods, 8, 335.
- Coles, R., Kirwan, M., (2011). Food and Beverage Packaging Technology, Second Edition, Blackwell Publishing Ltd., 3-5s.
- Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., do Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A., dos Santos, R. J., Lajolo, F. M., (2005). ‘Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars’. Food Chemistry, 91(1), 113-121.
- Çağlar, M.Y., Demirci, M., (2017). ‘Üzümsü Meyvelerde Bulunan Fenolik Bileşikler ve Beslenmedeki Önemi’. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 11, 18-26.
- Çeler, A.G., Gündüz, K., Serçe, S., (2019).‘Effect of Lysophosphatidylethanolamine (LPE) for Strawberry Pomological and Phytochemical Quality Characteristics During Storage’. MKU. Tar. Bil. Derg., 24 (3),188-197.
- Çelikkol, I., (2011). Bazı Ön Uygulamaların Ve Modifiye Atmosferde Paketleme (Map)’nin Taze ve Tüketime Hazır (Fresh-Cut) Alphonse Lavallée Üzüm Çeşidinin Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Dede, S., Alpas, H., Bayındırlı, A., (2007). ‘High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: Antioxidant activity and microbial safety’. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87, 5, 773-782.
- DeEll, J., (2006). Postharvest Handling and Storage of Strawberries. Fresh Market Quality Program Lead/OMFRA. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Ontario.

- Ding, T., Ge, Z., Shi, J., Xu, Y.T., Jones, C.L., Liu, D.H., (2015). ‘Impact of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and ultrasound on microbial loads and quality of fresh fruits’. *LWT-Food Sci Technol*, 60, (2), 1195–9
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., Stasiak, D., (2007). “Applications of ultrasound in food technology”, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 89-99.
- Echavarría, A.P., Torras, C., Pagán, J., Ibarz, A., (2011). ‘Fruit juice processing and membrane technology application’. *Food Engineering Reviews*, 3 (3), 136-158.
- Ersus Bilek, S., Turantaş, F., (2013). ‘Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review’. *International Journal of Food Microbiology*, 166 (1), 155-162.
- Ertaş, N., Doğruer, Y., (2010). ‘Besinlerde Tekstür’. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg.*, 7(1), 35-42.
- Evrendilek, G. A., Yeom, H. W., Jin, Z. T., Zhang, Q. H. (2004). ‘Safety and quality evaluation of a yogurt-based drink processed by a pilot plant PEF system’. *Journal of Food Process Engineering*, 27(3), 197–212.
- FAO. (2019). The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Erişim 15 Kasım 2021. <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>.
- FAOSTAT. (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from online with updates at. Erişim 15 Kasım 2021. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- FAOSTAT. (2019). Production quantities of sesame seed by country. Erişim 20 Kasım 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Farber, J. N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Gorney, J. R., Garrett, E. H., Busta, F. F., (2003). ‘Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce’. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 2, 142–160.
- Fernandes, F.A.N., Gallão, M.I., Rodrigues, S., (2009), ‘Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration’. *Journal of Food Engineering*, 90 (2), 186-190.
- Fernández, A., Noriega, E., Thompson, A., (2013). ‘Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology’. *Food Microbiology*, 33, 24-29.

- Fişekci, B., (2013). Lor Peynirinin Raf Ömrü Üzerine Modifiye Atmosfer Paketlemenin ve CO₂ Uygulamasının Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Lino, I.B.M., Brecht, J.K., Chau, K.V., (2000). 'Modeling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation mediated modified atmosphere packaging'. *J Food Eng.*, 43(1), 9–15.
- Francis, G.A., O'Beirne, D., (2002)., 'Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of *Listeria innocua* and *E. coli*'. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 711–718.
- Fukuzaki, S., (2006). 'Mechanisms of actions of sodium hypochlorite in cleaning and disinfection processes'. *Biocontrol Sci.*, 11 (4), 147– 57.
- Gialamas, H., Zinoviadou, K. G., Biliaderis, C. G., Koutsoumanis, K. P., (2010). 'Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods'. *Food Research International*, 43, 2402–2408.
- Giroto, F., Alibardi, L. Cossu, R., (2015). "Food waste generation and industrial uses: A review". *Waste management*, 45, 32-41.
- Gao, G., Pengyan, R., Cao, X., Yan, B., Liao, X., Sun, Z., Wang, Y., (2016). 'Comparing quality changes of cupped strawberry treated by high hydrostatic pressure and thermal processing during storage'. *Food Bioprod Process*, 100, 221–229.
- Golmohamadi, A., Möller, G., Powers, J., Nindo, C., (2013). 'Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree'. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (5), 1316-1323.
- Gökkür, S., Çelik, Z., (2016). 'Meyve ve Sebze Ürünlerinde Küresel Değer Zinciri'. *Meyve Bilimi/Fruit Science*, 1, 50-55.
- Görgüç, A., Gençdağ, E., Tecimen, S., Anakız, S., Öztürk Köse, S., Bıyık, H.H., Yılmaz, F.M., (2019). 'Effect of Ultrasound Washing Process on the Quality Parameters of Fresh Strawberry during Cold Storage'. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7 (9), 1457-1464.
- Gupta, S., Padole, R., Variyar, P.S., Sharma, A., (2015). 'Influence of radiation processing of grapes on wine quality'. *Radiation Physics and Chemistry*, 111, 46-56.

- Hayati, S., (2010), Development and characterization of equilibrium modified atmosphere bio-based packaging systems for blueberries (*vaccinium corymbosum* l., bluecrop). Submitted to Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE.
- Hayta, E., (2014). Elektrolize suyun kiraz kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.
- Hotchkiss, J.H., Banco, M.J., (1992) 'Influence of new packaging Technologies on the growth of microorganisms in produce'. *Journal of Food Protect*, 55, 815-820.
- Hricova, D., Stephan, R., Zweifel, C., (2008). 'Electrolyzed Water and Its Application in the Food Industry'. *J Food Protect*, 71 (9), 1934 - 47.
- Huang, Y.R., Hung, Y.C., Hsu, S.Y., Huang, Y.W., Hwang, D.F., (2008). 'Application of electrolyzed water in the food industry'. *Food Control*, 19 (4), 329– 45.
- Hung, Y., Bailly, D., Kim, C., Zhao, Y., Wang, X.,(2010). 'Effect Of Electrolyzed Oxidizing Water And Chlorinated Water Treatments On Strawberry And Broccoli Quality'. *Journal of Food Quality*,33,5, 578-598.(DOI: 10.1111/j.1745-4557.2010.00345.x).
- Hurtado, G., Grimm, E., Brüggewirth, M., Knoche, M., (2021). 'Strawberry fruit skins are far more permeable to osmotic water uptake than to transpirational water loss'. *PLoS One*, 13, 16 (5), 0251351. (Doi: 10.1371/journal.pone.0251351).
- Jeong, J., Kim, J.Y., Cho, M., Choi, W., Yoon, J., (2007). 'Inactivation of *Escherichia coli* in the electrochemical disinfection process using a Pt anode'. *Chemosphere*, 67 (4), 652– 59.
- Jin, Z. T., Zhang, Q. H., (1999). 'Pulsed electric field inactivation of microorganisms and preservation of quality of cranberry juice'. *Journal of Food Processing and Preservation*, 23(6), 481–497.
- Jose, J.F.B., de Andrade, N.J., Ramos, A.M., Vanetti, M.C.D., Stringheta, P.C., Chaves, J.B.P.,(2014). 'Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables'. *Food Control*, 45, 36-50.
- Kablon, T.,(2007). 'Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables'. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 212-221.
- Kader, A.A., (1986). 'Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruit and vegetables'. *Food Technology*, 40, 99–104.

- Kader, A.A.,(1990). Quality and Its Maintenance in Relation to The Postharvest Physiology of Strawberry. The Strawberry in to The 21 st. Century, Proceedings of The Third North American Strawberry Conference Houston. 145-152.
- Kader, A.A., Saltviet, M.E., (2003). "Atmosphere Modification". In: Bartz, J. A., and Brecht, J. K., eds. Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. New York: Marcel Dekker. 229–246.
- Kadivec, M., Bornsek, S.M., Polak, T., Demsar, L., Hribar, J., Pozrl, T., (2013). ‘Phenolic content of strawberry spreads during processing and storage’. J. Agric. Food Chem. 61, 9220–9229.
- Kantaş, Y.,(2007). Effect of Ultrasound on Drying Rate of Selected Produce. PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey,
- Kartal, S.,(2010). Çileğin Raf Ömrünün Mikroperfore Filmler ve Oksijen Tutucular Kullanılarak Denge Modifiye Atmosfer İle Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Çanakkale
- Kartal, S., Aday, M.S., Caner, C., (2010). ‘Meyve ve Sebzelerde Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamaya Etki Eden Faktörler’. Akademik Gıda, 8(6), 29-34.
- Kartal, S., Aday, M.S., Caner, C., (2012). ‘Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries’. Postharvest Biology and Technology, 71, 32-40.
- Kayes, M.M., Critzer, F.J., Kelly-Wintenberg, K., Roth, J.R., Montie, T.C., Golden, D.A., (2007). ‘Inactivation of foodborne pathogens using a one atmosphere uniform glow discharge plasma’. Foodborne Pathogens and Disease, 4, 50-59.
- Kentish, S., Ashokkumar, M., (2011), The physical and chemical effects of ultrasound H. Feng, G.V. Barbosa-Cánovas, J. Weiss (Eds.), Ultrasound technologies for food and Bioprocessing, Springer, London pp. 1-12
- Khadre, M.A., Yousef, A.E., Kim J.G., (2001). ‘Microbial aspects of ozone applications in food: A review’. J. Food Sci., 66 (9), 1242–1252.
- Kim, S.M., Zayas, J.F.,(1989). ‘Processing parameter of chymosin extraction by ultrasound’. J Food Sci., 54, 700.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D., (2004).“Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing”. Trends in Food Science & Technology, 15(5), 261-266.

- Kocamanlar, E., (2009). Ambalaj ve Fonksiyonları. *Ambalaj Bülteni Dergisi*, Ekim: 34-38.
- Koseki, S., Itoh, K., (2000). 'Fundament properties of electrolyzed water'. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47, 5, 390-393.
- Koseki, S., Itoh, K., (2001). 'The effect of acidic electrolyzed water on the quality of cut vegetables', *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 48, 5, 365-369.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S., Itoh, K.,(2004). 'Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries'. *J. of Food Prot.* 67 (6), 1247-1251.
- Lavieri, N., Williams, S.K., (2014). 'Effects of Packaging Systems and Fat Concentrations on Microbiology Sensory and Physical Properties of Ground Beef Stored at 4 ± 1 °C For 25 Days'. *Meat Science*, 97 (4), 534–54.
- Leadley, C.E., Williams, A.,(2006). Pulsed electric field processing, power ultrasound and other emerging technologies. In James G. Brennan (Ed.), *Food Processing Handbook*. Weinheim: Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Len, S.V., Hung, Y.C., Chung, D., Anderson, J.L., Erickson, M.C., Morita, K., (2002). 'Effects of Storage Conditions and pH on Chlorine Loss in Electrolyzed Oxidizing (EO) Water'. *J Agr Food Chem.* 50 (1), 209 - 12 .
- Len, S.V., Hung, Y.C., Erickson, M., Kim, C., (2000). 'Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water as influenced by amperage and pH'. *J Food Protect*, 63 (11), 1534– 7.
- Li, D., Luo, Z., Mou, W., Wang, Y., Ying, T., Mao, L., (2014). ABA and UV-C effects on quality, antioxidant capacity and anthocyanin contents of strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.) *Postharvest Biology and Technology*, 90 pp. 56-62
- Li, F., Chen, G., Zhang, B., Fu, X., (2017). 'Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents'. *Food Research International*, 100, 19–30.
- Lyu, F., Gao, F., Zhou, X., Zhang, J., Ding, Y., (2018). 'Using acid and alkaline electrolyzed water to reduce deoxynivalenol and mycological contaminations in wheat grains', *Food Control*, 88, 98-104.
- Lufu, R., Ambaw, A., Oparaa, U.L., (2020). 'Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors'. *Scientia Horticulturae*, 272, 109519

- Lv, R., Muhammed, A.I., Zou, M., Yu, Y., Fan, L., Zhou, J., Ding, T., Ye, X., Guo, M., Liu, D., (2020). 'Hurdle enhancement of acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on *Bacillus cereus* spores using ultrasonication', *Applied Microbiology and Biotechnology*.(<https://doi.org/10.1007/s00253-020-10393-6>).
- Ma, R., Wang, G., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J., Fang, J., (2015). 'Nonthermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce'. *Journal of Hazardous Materials*, 300, 643– 651.
- Mahajan, P.V., Oliveira, F.A.R., Montanez, J.C., Frias, J., (2007). 'Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce'. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 84–92.
- Mahajan, P.V., Oliveira, F.A.R., Montanez, J.C., Iqbal, T., (2008). 'Packaging design for fresh produce: an engineering approach'. *New Food*, 1, 35–36.
- Mangaraj, S., Goswami, T.K., Mahajan, P.V., (2009). 'Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review'. *Food Eng.*, 1, 133–158.
- Matsuura, K., Hirotsune, M., Nunokawa, Y., Satoh, M., Honda, K., (1994). 'Acceleration of cell growth and ester formation by ultrasonic wave irradiation'. *J of Ferment and Bioengineer*, 77, 36-40.
- McColl, N., Auvinen, A., Kesminiene, A., Espina, C., Erdmann, F., Vries, E.D., Schüz J., (2015), *European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer Cancer Epidemiology*, 28, S93-S100
- McPherson, L.L., (1993). 'Understanding ORPs in the disinfection process'. *Water Eng. Manag.* 140, 29-31.
- Meyer, R.S., Cooper, K.L., Knorr, D., Lelieveld, H.L.M., (2000). 'High pressure sterilization of foods'. *Food Technology*, 54, 11, 67-72.
- Misra, N.N., Ziuzina, D., Cullen, P.J., Keener, K.M., (2012). Characterization of a novel cold atmospheric air plasma system for treatment of packaged liquid food products ASABE Annual Meeting, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Dallas, Texas
- Misra, N.N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J.P., Keener, K.M., (2014) 'In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries'. *Journal of Food Engineering*, 125, 131-138.

- Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R.M., Martín-Belloso, O., (2008). 'Non-thermal pasteurization of fruit juices by combining high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials'. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 328–340.
- Nguyen-the, C., Carlin, F., (1994). 'The microbiology of minimally processed fresh fruit and vegetables'. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(4), 371–401.
- Nielsen, T., Leufve'n, A., (2008). 'The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries'. *Food Chemistry*, 107, 1053–1063.
- Nour, V., Plesoianu, A.M., Ionica, M.E., (2021). 'Effect of dip wash treatments with organic acids and acidic electrolyzed water combined with ultraviolet irradiation on quality of strawberry fruit during storage'. *Bragantia*, 80, e1921. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200440>
- Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A.M.M.B., Sargent, S.A., (1995). 'Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling'. *Postharvest Biology and Technology*, 6(1-2), 17-28.
- Oey, I., Lille, M., Van Loey, A., Hendrickx, M., (2008). 'Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review'. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 6, 320-328.
- Ohta, H., Shiina, T., Sasaki, K., (2002). *Dictionary of freshness and shelf life of fruit*. Paper presented at: Science Forum, Tokyo.
- Ojha, K.S., Mason, T.J., O'Donnell, C.P., Kerry, J.P., Tiwari, B.K., (2017). "Ultrasound technology for food fermentation applications", *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 410-417.
- Özgen, M., Serçe, S., Gündüz, K., Yen, F., Kafkas, E., Paydaş, S.,(2007). 'Determining total phenolics and antioxidant activity of selected *Fragaria* genotypes'. *Asian Journal of Chemistry*, 19 (7), 5573-5581.
- Özgülven A.I., Yılmaz C.,(2009). 'Bazı Çilek Çeşitlerinin Adana Ekolojik Koşullarındaki Morfolojik ve Pomolojik Özellikleri'. *Alatarım*,8 (2), 17-21.
- Pankaj, S.K.,Misra, N.N., Cullen, P.J., (2013). 'Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge'. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 19, 153-157.
- Pap, N., Mahosenaho, M., Pongrácz, E., Mikkonen, H., Jaakkola, M., Virtanen, V., Vatai, G., (2012), Effect of Ultrafiltration on anthocyanin and flavonol content

- of black currant juice (*Ribes nigrum* L.) Food and Bioprocess Technology, 5 (3) pp. 921-928
- Park, H., Hung, Y. C. Kim, C., (2002). 'Effectiveness of electrolyzed water as a dezenfektan for treating different surfaces'. Journal of Protection, 65, 8, 1276-1280.
- Park, B.K., Oh, M.H., Oh, D.H., (2004). 'Effect of electrolyzed water and organic acids on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce'. Korean J Food Preserv, 11 (4), 530– 7.
- Patist, A., Bates, D., (2008). 'Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production'. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 9 (2), 147-154.
- Patterson, M.F., Quinn, M., Simpson, R., Gilmour, A., (1996). 'High pressure inactivation in foods of animal origin'. Progress in Biotechnology, 13, 267-272.
- Peng, G., Sutton, J.C., (1991). 'Evaluation of microorganism for biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry'. Can. J. Plant Pathol., 13, 247-257.
- Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C., (2003). 'Inactivation of microbes using ultrasound: a review'. Int. J. Food Microbiol., 87, 207-216.
- Poçan, H.B., Karakaya, M., Ulusoy, K.(2011). 'Elektrolize Suyun Gıda Endüstrisinde Kullanımı'. GIDA,36 (3), 169-176.
- Quested, T.E., Parry, A.D., Easteal, S., Swannell, R., (2011). "Food and drink waste from households in the UK." British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin, 36, 460-467.
- Rahman, S.M.E., Ding, T., Oh, D.H., (2010). 'Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions'. Int J Food Microbiol, 139 (3), 147– 53.
- Rahman, S.M.E., Khan, I., Oh, D.H., (2016). 'Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives'. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15, 471-490.
- Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barry-Ryan, C., Frías, J.M., Henehan, G.T.M., Barat, J.M. (2008). 'Use of neutral electrolysed water (ew) for quality maintenance and shelf-life extension of minimally processed lettuce'. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 9, 37-48.
- Robertson, G.L. (2002). 'The paper beverage carton: past and future'. Food Technology, 56 (7), 46–52.

- Rodgers, S.L., Cash, J.N., Siddiq, M. and Ryser, E.T. (2004). 'A Comparison of Different Chemical Sanitizers for Inactivating Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes in Solution and on Apples, Lettuce, Strawberry, and Cantaloupe'. *J. Fd. Protect*, 67 (4), 721–731.
- Rooney, M. (2000). Active and intelligent packaging of fruit and vegetables. In B. P. F. Day, Proceedings of the international conference of fresh-cut produce, September 9–10, Chipping Campden, Gloucestershire (UK), Campden & Chorleywood Research Association
- Rosario, D.K.A., da Silva Mutz, Y., Peixoto, J.M.C., Oliveira, S.B.S., de Carvalho, R.V., Carneiro, J.C.S., Jose, J.F.B.S., Bernardes, P.C., (2017). 'Ultrasound improves chemical reduction of natural contaminant microbiota and Salmonella enterica subsp. enterica on strawberries'. *International Journal of Food Microbiology*, 241, 23-29.
- Russel, S.M., (2003). 'The effect of electrolyzed oxidative water applied using electrostatic spraying on pathogenic and indicator bacteria on the surface of eggs'. *Poult. Sci.* 82, 158–162.
- Sagar, V.R., Kumar, P.S., (2010). 'Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review'. *Journal of Food Science and Technology*, 47 (1), 15–26.
- Sampedro, F., Fan, X., (2014). 'Inactivation kinetics and photoreactivation of vegetable oxidative enzymes after combined UV-C and thermal processing'. *Innovative Food Science& Emerging Technologies*, 23, 107-113.
- Sandhya, S., (2010). 'Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs'. *Food Science and Technology*, 43 (3), 381–392.
- Sanz, C., Olías, R., Pérez, A.G., (2002), 'Quality assessment of strawberries packed with perforated polypropylene punnets during cold storage'. *Food Science and Technology International*, 8, 65-71.
- Sastry, S.K., Yousef, A., Cho, H.Y., Unal, R., Salengke, S., Wang, W.C., Lima, M., Kulshrestha, S., Wongsangasri, P., Sensoy, I., (2001). Ohmic Heating and Moderate ElectricField (MEF) Processing. In: *Engineering and Food for the 21st Century*. Technomic Publishers. 785-793

- Sayın, L., Tamer, C.E., (2014). “Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83-93.
- Seymour, I.J., Burfoot, D., Smith, R.L., Cox, L.A., Lockwood, A., (2002). ‘Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables’. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 37, 547-557.
- Shankar, H., Pagel, P.S.,(2011). “Potential adverse ultrasound-related biological effects: A critical review”. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 115(5), 1109-1124.
- Shirahata, S., Hamasaki, T., Teruya, K., (2012). ‘Azaltılmış Advanced research on the health benefit of reduced water’. *Trendler Food Sci Tech.*, 23 (2), 124 - 31.
- Smith, S.H., Tate, P.L., Huang, G., Magee, J.B., Meepagala, K.M., Wedge, D.E., Larcom, L.L., (2004). ‘Antimutagenic activity of berry extracts’. *J. Med. Food*, 7, 450–455.
- Soltani, M., Alimardani, R., Mobli, H., Mohtasebi, S., (2015). ‘Modified Atmosphere Packaging: A Progressive Technology for Shelf -Life Extension of Fruits and Vegetables’. *Journal of Applied Packaging Research*, 7, 3, Article 2.
- Stivertsvik, M., Rosnes, J.T., Bergslien, H., (2002). *Modified Atmosphere Packaging. Minimal Processing Technologies*, Ohlsson T., Bengtsson N. (ed). Woodhead Puplicing, 282.
- Stevenson, S., Cook, S., Bach, S., McAllister, T., (2004). ‘Effects of Water Source, Dilution, Storage, and Bacterial and Fecal Loads on the Efficacy of Electrolyzed Oxidizing Water for the Control of Escherichia coli O157:H7’. *J Food Protect*, 67 (7), 1377 - 83.
- Strathmann, H., Giorno, L., Drioli, E., (2006). *An Introduction to Membrane Science and Technology*; Consiglio Nazionale delle Ricerche: Rome, Italy,
- Şengül, M., Erkaya, T., Başlar, M., Ertugay, M.F., (2011). ‘Effect of photsonication treatment on inactivation of total and coliform bacteria in milk’. *Food Control*, 22 (11), 1803-1806.
- Tanaka, N., Fujisawa, T., Daimon, T., Fujiwara, K., Tanaka, N., Yamamoto, M., (1999). ‘Equipment The Effect of Electrolyzed Strong Acid Aqueous Solution on Hemodialysis’. *Artificial Organs*, 23 (12), 1055–1062.

- TOBB (2013). Türkiye Tarım Sektörü Raporu. Erişim: 20 Ocak 2021. https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2014/turkiye_tarim_meclisi_sektor_raporu_2013_int.pdf
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Del Rosario Moreira, M., Ponce, A., (2017). 'Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice'. *Journal of Food Process Engineering*, 40,5. (<https://doi.org/10.1111/jfpe.12533>).
- Tomás-Callejas, A., Martínez-Hernández, G.B., Artés, F., Artés-Hernández, F., (2011). 'Neutral and acidic electrolyzed water as emergent sanitizers for fresh-cut mizuna baby leaves'. *Postharvest Biol. Technol.*, 59, 298-306.
- Tosa, N., Yamasaki, Y. (2000). 'Effect of organic substances on the residual chlorine contained in the strong acidic electrolyzed water'. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47, 4, 287-295.
- Tosun, İ., Yüksel, S., (2002). 'Üzümsü meyvelerin antioksidan kapasitesi'. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 28(3), 305-311.
- TÜİK (2019). Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim: 20 Kasım 2021. <http://tuik.gov.tr/>
- TÜİK (2021). Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim: 20 Şubat 2021. <http://tuik.gov.tr/>
- Ulmapackaging (2021, 29 Ocak). Erişim adresi: <https://www.ulmapackaging.com/en/packaging-solutions/produce/fresh-fruit-in-trays/strawberry-cherry-packaging-in-traysealing>
- Ulusoy, K., Karakaya, M., (2011). 'Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı'. *GIDA*, 36 (2), 113-120.
- USDA (2019). FoodData Central. Erişim: 20 Ocak 2021. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/747448/nutrients>
- Üçüncü, M.,(2011). *Gıda Ambalajlanma Teknolojisi*. Ambalaj Sanayiciler Derneği. İstanbul.
- Vardar, Y. (1971). *Bitki Fizyolojisi Dersleri I*. Ege Üni. Fen Fak. İzmir, Seri No:37
- Vicente, A.R., Martínez, G.A., Civello, P.M., Chaves, A.R., (2002). 'Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage'. *Postharvest Biol. Technol.*, 25 (1), 59–71.
- Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R., Civello, P.M., (2003). 'Influence of self-produced CO₂ on postharvest life of heat-treated strawberries'. *Postharvest Biol. Technol.*, 27(3), 265–275.

- Wang, S.Y., Lin, H.S., (2000). 'Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage'. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 140–146.
- Wang, S.Y., Zheng, W., Galletta G.J., (2002). "Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 22, 6534-6542.
- Wang, L., Weller, CL. (2006). 'Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants'. *Trends in Food Sci & Technol*, 17, 300-312.
- Wang, X., Demirci, A., Puri, V.M., (2016). Electrolyzed Oxidizing Water for Food and Equipment Decontamination, *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*, chapter 34, 503-520.
- Weemaes, C.A., Van den Broeck, I., Ludikhuyze, L.R., Van Loey, A.M., Hendrickx, M.E., (1999). 'Thermal and Combined Pressure-Temperature Inactivation of Orange Pectinesterase: Influence of pH and Additives'. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 2950–2958.
- Weichmann, J., (1987). *Post-harvest physiology of vegetables*. New York, NY: Marcel Dekker Inc; 1987:113.
- Woo, J. (2002). "A short history of the development of ultrasound in obstetrics and gynecology", *History of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 3, 1-25.
- Xie, S., Cao, H., Li, J., Adhikari, V.P., Yang, M., Dong, Y., Li, D., Du, Y., (2019). 'Bactericidal effects of high intensity focused ultrasound on *Bacillus Calmette-Guerin* in vivo and in vitro'. *International Journal of Hyperthermia*, 36 (1), 886-896.
- Xu, L., Garner, A.L., Tao, B., Keener, K.M. (2017). 'Microbial inactivation and quality changes in orange juice treated by high voltage atmospheric cold plasma'. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 1778– 1791.
- Yılmaz, F., Kasım, M.U., Koşumcu, S., Kasım R., (2019). 'Çilekte (*Fragaria x ananassa* Duch.) Hasat Sonrası Enfeksiyon ve Kalite Üzerine Bazı Uçucu Yağların Etkisi'. *Koc. Üni. Fen Bil. Der.*, 2 (1), 27-35.
- Zagory, D., (1995). Principles and practice of modified atmosphere packaging of horticultural commodities. In J. M. Farber & K. L. Dodds (Eds.), *Principles of modified atmosphere and sous-vide product packaging* (pp. 175–204). Lancaster: Technomic.

Zagory, D., (1997). Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce. Perishables Handling Newsletter, 90, 2–5.

Zhenfeng, Y., Yonghua, Z., Shifeng, C., Shuangshuang, T., Sujuan, M., Na, L., (2007) J Texture Stud 38:166–177.

