


# T.C.

# ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

# FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# YÜKSEK LİSANS TEZİ

# LİMONLARDA BREATHEWAY MEMBRAN TEKNOLOJİSİNİN KALİTEYE ETKİSİ

**Mustafa ATAN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ÇANAKKALE**

# T.C.
# ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
# FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
# YÜKSEK LİSANS TEZİ

## LİMONLARDA BREATHEWAY MEMBRAN TEKNOLOJİSİNİN KALİTEYE ETKİSİ

**Mustafa ATAN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tezin Sunulduğu Tarih: **28/01/2019**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY**

**Eş Danışman:**

**Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR**

**ÇANAKKALE**

Mustafa ATAN tarafından Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY yönetiminde ve Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR ikinci danışmanlığında hazırlanan ve **28/01/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Limonlarda Breatheway Membran Teknolojisinin Kaliteye Etkisi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY ……

**Başkan**

Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ ……

**Üye**

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖĞÜTCÜ ……

**Üye**

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2017-1313

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Mustafa ATAN

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, bu süreçte desteğini ve anlayışını gösteren saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY'a teşekkür ederim.

Özellikle SEM analizlerimin yapılmasında ve yorumlanmasında deneyimlerini ve imkanlarını sunan, yol gösteren saygı değer eş danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR'a,

Gerekli imkanları sağlayarak çalışmayı gerçekleştirmemde önemli yeri olan başta Shehbaz SINGH olmak üzere, Angel REYES, Steve BITLER ve Apio Inc. şirketine,

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne ve Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

Çalışmamızı değerlendiren sayın jüri üyelerine,

En zor zamanlarımda dahil yanımda olarak desteğini sonuna kadar hissettiğim değerli hocam Dr. Rıza TEMİZKAN'a,

Laboratuvar çalışmaları boyunca analizlerin her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteğini bir an olsun esirgemeyen değerli arkadaşım Mehmet ÖZTÜRK'e,

Laboratuvar imkanlarını kullandığım, desteğini her zaman hissettiğim değerli hocam Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA'ya,

Yüksek Lisans çalışmam boyunca daima arkamda olan, destekleyen ve çalışmalarımın aksamaması için ellerinden gelen imkanları sunan, bünyelerinde bulunduğum ve çalıştığım şirket olan ABP Ölçü Kontrol Sis. İth. Paz. Tür. ve Tic. Ltd. Şti.'ye,

Tecrübelerini her fırsatta paylaşan değerli arkadaşlarım Aygül CAN, Egemen ÖZÇELİK, Alper SARP, Caner EKŞİ ve Hazal ÇOLAK'a,

Çalışma süresince maddi ve manevi hep yanımda olduklarını bildiğim, hayatımın her evresinde bana destek olan başta annem Sevim ATAN ve babam Erol ATAN olmak üzere, tüm aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa ATAN

Çanakkale, Ocak 2019

## SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| L* | Renkte parlaklık indeksi |
| a* | Renkte kırmızı/yeşil indeksi |
| b* | Renkte sarı/mavi indeksi |
| g | Gram |
| % | Yüzde oranı |
| K | Kontrol grubu |
| B1 | 1,27 cm Breatheway membran |
| B2 | 2,22 cm Breatheway membran |
| TRİ | Turunçgil renk indeksi |
| CI | Soğutma hasarı |
| XF | Xtend® film |
| SERB | Gövde sonu kabuk dökümü |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| N | Normal |
| NaOH | Sodyum hidroksit |
| AOAC | Resmi Analitik Kimyagerler Derneği |
| $A_s$ | Son ağırlık |
| $A_i$ | İlk ağırlık |
| mm | Milimetre |
| cm | Santimetre |
| s | Saniye |
| N | Newton |
| MAA | Modifiye atmosfer ambalajlama |
| SEM | Taramalı elektron mikroskobu |
| mg | Miligram |
| µg | Mikrogram |
| C | Celsius |
| ° | Derece |
| IU | Uluslararası ünite |
| kcal | Kilokalori |
| m | Metre |
| $CO_2$ | Karbondioksit gazı |

| | |
|---|---|
| $O_2$ | Oksijen gazı |
| $N_2$ | Azot gazı |
| ppm | Milyonda bir |
| TÜİK | Türkiye İstatistik Kurumu |
| SÇKM | Suda çözünür kuru madde |
| CA | Kontrollü atmosfer |
| kPA | Kilo paskal |
| SSC | Çözünebilir katı içeriği |
| TA | Titrasyon asitliği |
| BHA | Butil hidroksi anisol |
| BHT | Butil hidroksi toluen |
| USDA | Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı |
| ÇOBİLTUM | Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi |

# ÖZET

## LİMONLARDA BREATHEWAY MEMBRAN TEKNOLOJİSİNİN KALİTEYE ETKİSİ

Mustafa ATAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY
İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR
28/01/2019, 43

Bu çalışmada Breathway membran teknolojisinin limon kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Limonlarda depolama boyunca ambalaj içerisindeki $O_2/CO_2$ oranı, titrasyon asitliği, pH, suda çözünür kuru madde, ağırlık kaybı, askorbik asit, sertlik, renk ve duyusal analizler yapılmıştır. Sonuçlara göre, Breathway membranları, istenilen optimum atmosfer koşullarını ambalaj içerisinde sağlayarak; asitlik, sertlik, askorbik asit, renk ve ağırlık kaybının depolama süresince değişimini kontrol grubuna göre daha iyi muhafaza etmiştir. Fakat incelenen özellikler bakımından, Breathway membranları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilememiştir. Sonuç olarak; kullanılan Breatheway membranları, depolama süresince limonların kalitesinin korunmasında ve raf ömrünün uzatılmasında olumlu sonuçlar vermiştir.

**Anahtar sözcükler:** Limon, Kalite, Breatheway Membran, Raf Ömrü.

## ABSTRACT

### EFFECT OF BREATHEWAY MEMBRANE TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF LEMONS

Mustafa ATAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Emin YAKAR

28/01/2019, 43

In this study, the effects of Breathway membrane technology on lemon quality were investigated. $O_2$ / $CO_2$ ratio inside the packages, titratable acidity, pH, total soluble solid content, weight loss, ascorbic acid, hardness, color and sensory analysis were performed during the storage. According to the results, Breathway membranes provided the optimum atmosphere conditions in packaging and maintained the acidity, hardness, ascorbic acid, color and weight loss changes better than the control group during the storage. However, no statistically significant differences were found between Breathway membranes. As a result, Breatheway membranes in the packages of the lemons had positive effects on maintaining the quality and extending the shelf life of lemons.



**Keywords:** Lemon, Quality, Breatheway Membran, Shelf Life.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ..... ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI ..... iii
TEŞEKKÜR ..... iv
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... v
ÖZET ..... vii
ABSTRACT ..... viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... xi
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... xii
BÖLÜM 1
GİRİŞ ..... 1
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 4
2.1. Limon Üretimi, İhracatı, Bileşimi ..... 4
2.2. Limonda Kalite Kriterleri ..... 6
2.3. Hasat Sonrası Yaşanılan Problemler ..... 7
2.4. Meyve Sebzelerde Raf Ömrü Uzatma Metotları ..... 7
2.4.1. Soğukta Depolama ..... 8
2.4.2. Modifiye Atmosfer Ambalajlama ..... 9
2.5. Aktif Ambalajlama ..... 11
2.6. Ambalajlamada Perforasyon Tekniği ..... 13
2.6.1. Mikroperfore Filmler ..... 13
2.7. Breatheway Membran Teknolojisi ..... 15
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM ..... 18
3.1. Materyal ..... 18
3.1.1. Limon ..... 18
3.1.2. Breatheway Membranları ..... 18
3.2. Yöntem ..... 19
3.2.1.Gaz Değişimi ..... 19
3.2.2.Titrasyon Asitliği ve pH Tayini ..... 19
3.2.3.Suda Çözünür Kuru Madde ..... 19
3.2.4.Ağırlık Kaybı ..... 19
3.2.5.Sertlik ..... 20
3.2.6.Askorbik Asit ..... 20

3.2.7.Dış Kabuk Renk Analizi ..... 20
3.2.8. SEM Analizi ..... 20
3.2.9.Duyusal Değerlendirme ..... 20
3.2.10.İstatistiksel Analiz ..... 21
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA ..... 22
4.1. Uygulamanın $O_2$ ve $CO_2$ Dengesine Etkisi ..... 22
4.2. Breatheway Membran Teknolojisi Kullanımının Titrasyon Asitliği ve pH Üzerine Etkisi ..... 24
4.2.1. Uygulamanın Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi ..... 24
4.2.2. Uygulamanın pH Üzerine Etkisi ..... 25
4.3. Uygulamanın Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi ..... 25
4.4. Uygulamanın Ağırlık Kaybı Üzerine Etkisi ..... 26
4.5. Uygulamanın Tekstür Üzerine Etkisi ..... 27
4.6. Uygulamanın Askorbik Asit Üzerine Etkisi ..... 28
4.7. Uygulamanın Renk Kalitesine Etkisi ..... 29
4.8. Limon Kabuklarının SEM Analizi İle İncelenmesi ..... 30
4.9. Uygulamanın Duyusal Açıdan Etkisi ..... 31
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 34
KAYNAKLAR ..... 36
ÖZGEÇMİŞ ..... I

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**

Şekil 2.1. Breatheway membran teknolojisi kontrollü solunumu....16
Şekil 2.2. Sıcaklık değişimine göre tipik polimerlerle breatheway membran polimerlerinin geçirgenlik düzeyinin karşılaştırılması....17
Şekil 2.3. Solunum geçirgenliğine göre membran polimerlerinin değişimi....17
Şekil 3.1. Örneklerin ambalajlanması....18
Şekil 4.1. Uygulamanın ambalaj içi $O_2$ (A) ve $CO_2$ (B) konsantrasyonuna etkisi....23
Şekil 4.2. Farklı uygulamaların TRİ kalitesine etkisi....30
Şekil 4.3. Limon kabuklarındaki deformasyonların uygulamalara göre karşılaştırılması....31
Şekil 4.4. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu renk değerlendirmesi....32
Şekil 4.5. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu tekstür değerlendirmesi....32
Şekil 4.6. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu aroma değerlendirmesi....33
Şekil 4.7. Tüketicilere göre limonların genel kabul edilebilirliği....33

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

Çizelge 2.1. Kabuklu limon ve kabuksuz limonun besin değeri (100g) ..... 5
Çizelge 2.2. Aktif ambalajlama teknolojisinin uygulama alanları ve bu konseptte kullanılan bileşenler ..... 12
Çizelge 4.1. Farklı uygulamaların sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği üzerine etkisi ..... 24
Çizelge 4.2. Farklı uygulamaların pH üzerine etkisi ..... 25
Çizelge 4.3. Farklı uygulamaların suda çözünür kuru madde üzerine etkisi ..... 26
Çizelge 4.4. Farklı uygulamaların ağırlık kaybı üzerine etkisi ..... 27
Çizelge 4.5. Farklı uygulamaların tekstür üzerine etkisi ..... 28
Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların askorbik asit üzerine etkisi ..... 29

# BÖLÜM 1
# GİRİŞ

Limon, *rutaceae* familyasından, turunçgillerin meyve ağacı türlerinden olan *Citrus* cinsi grubuna dahildir. Limonun Türkiye'de üretimi başlıca Akdeniz ve Ege bölgelerindedir. Az da olsa Doğu Karadeniz bölgesinde de yetiştirilmektedir. Ülkemizde yetiştirilen limonların %90'ı Çukurova bölgesinden sağlanmaktadır (Akgün, 2006).

Turunçgil meyveleri $40^o$ Kuzey ve $40^o$ Güney enlemleri arasında yetiştirilmektedir. Dünyada, turunçgil meyveleri üretiminde önde gelen ülkeler; Çin (25,06 milyon ton), Brezilya (20,45 milyon ton), ABD (10,74 milyon ton), Meksika (7,50 milyon ton), Hindistan (7,17 milyon ton), İspanya (5,48 milyon ton), İran (4,02 milyon ton), İtalya (3,92 milyon ton), Türkiye (3,52 milyon ton), Mısır (3,30 milyon ton), Arjantin (2,73 milyon ton) ve Pakistan (2,46 milyon ton)'dır (FAO, 2011).

Dünya genelinde İspanya, Arjantin, Meksika ile beraber Türkiye daha çok işlenmiş olmak üzere limon ihracatında önemli ölçüde yer alan ülkelerdendir. Türkiye'de limon ihracatı 2000-2010 yılları arasında 12-25 bin ton civarındadır (Anonim, 2010).

Turunçgil meyvelerinin hasadı Türkiye'de, Eylül ayında başlamakta ve o seneyi takip eden senenin haziran ayına kadar devam etmektedir. Hasatın başlangıcı İnterdonato limonu ile yapılmakta ve Valencia portakalı ile son bulmaktadır. Hasat zamanı meyvelerin olgunluğu göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Meyve iriliği hasat için önem arz etmekte ancak her meyvenin de olgunlaştıktan sonra ulaştığı irilik farklı olmaktadır. Bu yüzden limonlarda belirli iriliğe sahip olanlar hasat edildiği için hasat birkaç kere tekrarlanmaktadır. Limonların hasat esnasındaki su miktarının minimum %25 olması gerekmektedir (Hızal, 1990). Turunçgil meyveleri dalından kesilerek, makas gibi alet ve ekipmanlar yardımıyla hasadı yapılmaktadır. Hasat esnasında gerekli özen gösterilmezse, sürecin devamı olumsuz etkilenmektedir. Dikkatsizce yapılan hasat, zincirleme olarak beraberinde sorunları da getirmektedir. Bu sorun da bir sonraki hasatta ve hasattan sonraki aşamalarda ıskartaya ayrılan meyvelerde artışa sebep olurken, aynı zamanda pazar payı düşmektedir (Taşdemir ve Akkaya, 2000).

Limonu da içerisine alan turunçgillerde vücut metabolizmasına önemli katkıda bulunan fenolik bileşikler, karotenoidler ve C vitamini gibi bileşenler mevcuttur. Serbest radikaller oksidatif etkilere neden olmaktadır. Bu bileşenler ise bu etkilere karşı hücreleri antioksidan olarak korumaktadır. Askorbik asit gibi antioksidatif bileşenlerin, antioksidan

etkisinin dışında, katkı maddesi olarak da kullanımı bilinmektedir (Polydera ve ark., 2004; Burdurlu ve ark., 2006; Xu ve ark., 2007; Dhuique ve Mayer, 2007).

Limonlar genel olarak uzunca küresel, ortası şişkin, uç noktaları meme yapısına sahip, genel olarak sarı renkte, pürüzlü ve orta kalınlıkta bir dış kabuğa sahiptir. Eti sulu özelliktedir (Kafa ve ark., 2010). Limonda kalite kriterleri diğer tüm meyvelerde olduğu gibi ürünün hasat yapıldıktan hemen sonraki tazeliğine göre belirlenmektedir. Tüketicilerin tercihi ve limonun besinsel özelliklerinin korunması açısından kalite önemlidir. Limon için en önemli sayılabilecek kalite kriterleri tüketiciye göre sululuk ve ekşiliktir. Ayrıca kimyasal açıdan asitlikle beraber antioksidan miktarı da önemlidir. Ağırlık kaybı, usare miktarı, titre edilebilir asit içeriği, suda çözünebilir kuru madde miktarı, meyve kabuğu sertliği, meyve eti sertliği, meyve kabuğu rengi ve meyve eti rengi değerleri limondaki kalite kriterleridir. Çürüme gibi olumsuz kriterler de kaliteye etki etmesi bakımından önem arz etmektedir (Kaplankıran ve ark., 2008; Canan ve ark., 2015).

Artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması ve verimin artırılmasında ürünlerin, tüketim zincirinde üstün kalitesiyle tüketiciye ulaştırılması ve kayıpların en aza indirilmesi gerekmektedir. Meyvecilik sektöründe en ciddi problem ise bu zincirdeki %20-30'luk kayıptır (Anonim 2005, Kader ve Rolle, 2004). Meyve ve sebzeler hasat, taşıma, işleme, depolama ve satış aşamalarında bozulmakta, bu nedenle bahçe ürünlerinin üçte biri insanlar tarafından tüketilememektedir (Kader ve Rolle, 2004). Yüksek nem içeriğine sahip taze meyveler ve sebzeler; üretim ve hasat zamanında, hasattan sonra ise solunuma devam ettikleri için sürekli olarak biyolojik bozulmaya ve dış etmenli mikroorganizma kaynaklı çürümelere maruz kalmaktadır (Jongen, 2002).

Bu kayıplar Türkiye'de de fazlaca görülmektedir. Meyve ve sebze üretiminde meydana gelen %10-30'luk kayıp tür ve çeşitliliğe göre farklılık göstermektedir (Erdemli, 2015). Hasat sonrası kayıplar her meyve ve sebzede olduğu gibi limonda da önem arz etmektedir. Limonda meydana gelen hasat sonrası kayıplar %16-21 arasında değişmektedir. Bu nedenle genel olarak meyve sebzelerde kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak için çeşitli metotlar geliştirilmiştir (Subaşı, 2014).

Gıdalarda uygulanan dayandırılma yöntemleri, hemen hemen tüm meyve ve sebzelerde de uygulanabilmektedir. Genel olarak bu metotlar; modifiye atmosfer ambalajlama, ısıl işlem uygulaması, kaplama, dondurarak koruma, kurutarak koruma, ışınlarla koruma, koruyucu bileşiklerle saklama, yüksek basınç uygulaması ve soğukta depolama olarak kabul edilmektedir (Cemeroğlu, 2009).

Modifiye atmosfer ambalajlama (MAA), kontrollü atmosfer ambalajlama ile birlikte koruyucu gazla ambalajlama yöntemidir. Kontrollü atmosfer ambalajlama; doğal atmosfer koşullarına sahip gaz konsantrasyonunun değiştirilerek spesifik ortamlara uyumunun ve devamlılığının sağlanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Modifiye atmosfer ambalajlamada ise ambalajlanmış ürünün çevresel gazlarının değiştirilmesinin yanı sıra ambalaj içinde de değişen atmosfer ortamının yaratılması sağlanmaktadır (Han, 2005).

MAA, aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif MAA, vakumlama uygulamasından sonra ambalajın içine muhafaza edilecek ürünün yapısına uygun gaz bileşiminin verilmesi ve bu gazla birlikte korunmasının sağlanmasıdır. İlave edilen gaz bileşenleri bir arada verilebilir veya gaz karıştırma sistemleri ile ayrıştırılabilmektedir. Uygun atmosfer ortamı sağlandıktan sonra ambalaj kapatılmaktadır. Meyvelerde ve sebzelerde aktif MAA dışında, pasif MAA da uygulanabilmektedir. Pasif MAA, belirli bir zamanda paketin içinde kendini optimize ederek koruma sağlamaktadır (Kartal, 2010).

Genel olarak basınca duyarlı olan ve küçük beyaz membranlara sahip yapışkan bantlar, Breatheway membran teknolojisidir. Ayrıca müşteri istekleri doğrultusunda poşet-kutu gibi farklı materyallerde de kullanımı mevcuttur. Ambalajın içindeki ürün yapısına bağlı olan ve ambalaj açıklığında bulunan membran, gaz geçirgenliğini bu kısım üzerinden gerçekleştirmektedir (Anonim, 2008A). Breatheway membranlarının sıcaklık ve nem gibi değişimlere karşı esnekliği bulunmakta olup, membran polimerleri sıcaklık koşullarına göre birbirine yaklaşmakta veya uzaklaşmaktadır. Böylelikle ambalaj içerisindeki istenen atmosferik koşulların değişmeden sürekliliği sağlanmaktadır.

Bu çalışmada Breatheway membran teknolojisi kullanılarak, limonun kalitesinin korunması amaçlanmış ve bu amaçla depolama süresince limonun kalite kriterlerindeki değişim (ağırlık kaybı, renk, pH, briks, tekstür, taramalı elektron mikroskobu (SEM), gaz değişimi, askorbik asit, titrasyon asitliği ve duyusal değerlendirme) kontrol grubuyla karşılaştırılarak incelenmiştir.

# BÖLÜM 2
# ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## 2.1. Limon Üretimi, İhracatı, Bileşimi

Limon (*Citrus limon (L.) Burm*.) 5-10 tohumlu sarı veya soluk sarı bir meyve olup, asidik karakterlidir (Goodrich, 2003). Diğer narenciye çeşitlerinden farklı olarak genellikle diğer gıdalarla birlikte tüketilmektedir. Bu nedenle, öncelikli olarak içeceklere aroma verici olarak ilave edilmekte veya limon suyu olarak kullanılmaktadır. Limonlar genellikle tropikal iklim ülkelerine nispeten, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, İtalya ve Arjantin gibi daha soğuk iklim ülkelerinde üretilmektedir. Bununla birlikte, Mısır, İran ve Hindistan gibi kuru iklim ülkelerine de uyum sağlayabilmektedir (FAO, 2003). Limon, diğer meyvelere göre nispeten daha az bozulmakta ve normalde 6-8 haftalık uzun sürelerde saklanabilmektedir. Bununla birlikte, çeşitli türdeki kabuk bozukluklarının gelişimi, hasat sonrası depolama kapasitesini sınırlamakta ve büyük ticari kayıplara neden olmaktadır (Porat ve ark., 2004).

Dünya'da limon ve limon benzeri ürünler, turunçgil çeşitleri arasında üretim bakımından üçüncü sırada gelmektedir (FAO, 2011). Meyve grupları içerisinde en çok yetiştirilen ve tüketilen grup turunçgillerdir. Dünya'da 2014 yılında Çin, Brezilya ve ABD turunçgil üretimi bakımından ilk üç sırayı alırken, Türkiye 3782 milyon ton üretimiyle sekizinci sırada bulunmaktadır (FAO, 2015).

2015 senesinde Türkiye'de turunçgil üretimi 3975 milyon ton olmuştur. Turunçgil türleri üretimleri; portakal (%45,7), mandalina (%29,0), limon (%18,8) ve greyfurt (%6,3) olarak sıralanmaktadır (TÜİK, 2016).

Turunçgiller çok yüksek oranda C vitamini kaynağıdır. Ayrıca lif, potasyum, kalsiyum, niasin, tiamin, folat, fosfor, B6 vitamini, bakır, magnezyum, riboflavin, pantotenik asit ile karotenoidler ve flavonoidler gibi çeşitli fitokimyasalları içermektedir. Turunçgil çeşidi, olgunluğu, saklama koşulları ve işleme yöntemleri, bu bileşenlerin miktarını değiştirmektedir. Ortalama 100 gram portakal, greyfurt, mandalina ve limon için C vitamini değerleri sırasıyla 53-88 mg, 31-61 mg, 27-72 mg, 29-61 mg arasında değişirken, A vitamini değerleri ise sırasıyla 17 µg, 58 µg, 46-144 µg, 2-22 µg şeklinde belirtilmiştir (Turner ve Burri, 2013).

Aromatik halka takımı olan ve bu takımlarda bir veya daha fazla hidroksil grup bulunan fenolik bileşikler, insanlarda sağlıklı ve düzenli beslenme için elzemdir. Basit veya karmaşık yapıdaki fenolik moleküller, polimer olarak değişken yapısal özelliklerde bulunabilirler. Fenolik bileşiklerde hidroksil gruplarının yapısı ve aromatik halka takımları

üzerindeki konumu, antioksidan aktivitesi ile doğrudan bağlantılıdır (Balasundram ve ark., 2006).

Dünya'da çeşitli yöntemlerle tüketilen ve pazarda saygın bir yeri olan limonun *(Citrus limonia (L.) Burm. f.)* üretimi, yarı kurak ve kurak subtropik iklim kuşağında yapılmaktadır. Limon üretimi Akdeniz ülkelerinde yoğun olarak gerçekleştirilmektedir. Dünyada 989,308 hektar alanda limon ve lime üretimi yapılmakta ve bu üretim alanından 12,884,400 ton ürün hasat edilmektedir (FAO, 2011). Limonlar genellikle Batı Amerika, İspanya, İtalya ve Arjantin gibi ılımlı iklimlerde üretilmektedir. Buna rağmen, kuru iklime sahip olan İran ve Mısır gibi ülkelerde de limonun üretilebildiği görülmüştür. 1997 ile 1999 yılları arasında limon üretiminin yaklaşık 9,04 milyon ton olduğu bildirilmektedir. Dünya limon üretiminin 2010'da 10,34 milyon ton olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2010).

Limondan elde edilen limon suyu %5 oranında asit içermekte olup, buna bağlı olarak limonun pH değeri 2-3 arasında değişmektedir. Limonun ekşimsi tadı bu sayede oluşmaktadır (Topal ve ark., 2011). Limonların besinsel içeriği Çizelge 2.1. (USDA 2009) ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kabuklu limon ve kabuksuz limonun besin değeri (100g)

| **Bileşenler** | **Birimler** | **Kabuksuz Limon** | **Kabuklu Limon** |
|---|---|---|---|
| **Besinsel Bileşimler** | | | |
| Su | g | 88,98 | 81,6 |
| Enerji | kcal | 29 | 47 |
| Protein | g | 1,1 | 1,5 |
| Toplam yağ | g | 0,3 | 0,3 |
| Karbonhidrat | g | 9,32 | 16 |
| Toplam lif | g | 2,8 | 10,6 |
| Toplam şeker | g | 2,5 | 4,17 |
| **Mineraller** | | | |
| Kalsiyum | mg | 26 | 134 |
| Demir | mg | 0,6 | 0,8 |
| Magnezyum | mg | 8 | 15 |
| Fosfor | mg | 16 | 12 |

Çizelge 2.1'in devamı

| | | | |
|---|---|---|---|
| Potasyum | mg | 1,38 | 160 |
| Sodyum | mg | 2 | 6 |
| Çinko | mg | 0,06 | 0,25 |
| Bakır | mg | 0,037 | 0,092 |
| Mangan | mg | 0,03 | 0,04 |
| Selenyum | µg | 0,4 | 0,7 |
| **Vitaminler** | | | |
| Toplam | mg | 53 | 129 |
| Askorbik asit | | | |
| Thiamin | mg | 0,04 | 0,06 |
| Riboflavin | mg | 0,02 | 0,08 |
| Niasin | mg | 0,1 | 0,4 |
| Pantotenik asit | mg | 0,19 | 0,319 |
| Vitamin B6 | mg | 0,08 | 0,172 |
| Folik asit | µg | 11 | 13 |
| Kolin | mg | 5,1 | 8,5 |
| β-karoten | µg | 3 | 7 |
| α-karoten | µg | 1 | 1 |
| β-kriptoksantin | µg | 20 | 45 |
| Vitamin A | IU | 22 | 50 |
| Zeaksantin | µg | 11 | 18 |
| Vitamin E | mg | 0,15 | 0,25 |

### 2.2. Limonda Kalite Kriterleri

Limonda kalite kriterleri; suda çözünebilir kuru madde oranı, ağırlık kaybı, titrasyon asitliği miktarı, meyve eti-kabuğu sertliği, meyve eti ve meyve kabuğu renk değerleri ve usare miktarı olarak bilinmektedir. Bu kalite kriterlerinin yanı sıra çürüme ve yeşil kapsüllü meyve gibi kriterler de kaliteyi önemli ölçüde etkilemektedir (Canan ve ark., 2015; Kaplankıran ve ark., 2008).

### 2.3. Hasat Sonrası Yaşanılan Problemler

Türkiye'de limonlar 'yatak' adı verilen depolarda, hasat edildikten sonra muhafaza edilmektedir. İki farklı yatak mevcuttur. Her üretim bölgesinin kendi yatağında saklanabilen limonlar, Ürgüp yöresinin Ortahisar beldesinde de saklanabilmektedir (Pekmezci, 1981). Limonların yataklarda depolanması ülkemizde 'yatak limonculuğu' olarak adlandırılır. Bu sisteme göre limonlar, mart ayının başına kadar üretim bölgesinde depolanırken, Ürgüp yöresindeki doğal yatak depolarında mart ayından eylül ayının sonuna kadar depolanır. Depolama süreçleri sırasında üretim bölgesindeki olağan depo sıcaklığı 7-16$^{o}$C, bağıl nem %45-90 arasında değişirken, bu değerler Ürgüp yöresindeki yer alan depolarda 6-13$^{o}$C ve %85-90'dır. Ürgüp yöresindeki doğal depolar, yumuşak volkanik tüf yapısındaki poröz kayalardan oluşmaktadır (Hızal, 1990). Depolanan limonlar belirli aralıklarla kontrol edilerek çürüyenleri ayırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işleme aktarma denilmektedir. Aktarma yapıldıktan sonra çürüyen limonların ayrılması sonucu büyük ekonomik zarar meydana gelmektedir.

Üretim yöresi olan Mersin ilinde 1000-1500 m yükseklikte bulunan yaylalarda depo işletmeleri kurulmuştur. Bu işletmeler Ürgüp depolarına alternatif olacağı gibi bazı işletmecilerin Ürgüp depolarından daha iyi sonuç aldığını belirtmesiyle bu depoların daha çok yaygınlaşacağı düşünülmekedir (Demirtaş, 2005).

Türkiye'nin limon üretimindeki sıkıntıların başlıca nedeni dünyadaki gelişmelerin yeterince takip edilmemesidir. Üretimde verimlilik ve çeşitlilik sağlanamamıştır. Bunun yanı sıra bilgi eksikliği, hastalıklar, zararlılar, ilaçlamanın maliyetinin fazla olması ve depolama sorunları sıkıntıları oluşturmaktadır (Demirtaş, 2005).

Türkiye'deki meyve ve sebze üretimi 2015 yılında 39.960.431 ton olarak belirlenmiştir. Yaklaşık %10-30 oranında, çeşitliliğine ve çevresel koşullara bağlı olarak meyveler ve sebzeler, tüketime gelene kadar bozulmaktadır. %50–60 oranlarına kadar çıkan bu kayıplar; hasat, muhafaza ve pazarlama olmak üzere üç ana kısımda görülmektedir (Kanber ve ark., 2015).

### 2.4. Meyve Sebzelerde Raf Ömrü Uzatma Metotları

Hasattan sonra meyveler ve sebzeler kaynağından koparıldıktan itibaren yaşamlarını sürdürmek için solunumlarına devam etmektedir. Bunun sonucunda ise solunum yapması için kimyasal bileşenlerini kullanması gerekmektedir. Meyvelerin ve sebzelerin solunumunu sınırlamak, mikroorganizmalardan uzaklaştırmak ve fizyolojisini anlamak ürünün tazeliğinin korunması ve raf ömrünü uzatmak için çok önem arz etmektedir (Jongen, 2002).

Gıdalarda raf ömrü uzatma yöntemlerinin kullanılmasındaki asıl amaç bozulmasını önlemek olsa da raf ömrü sırasında besin değeri, renk, aroma, tekstür ve duyusal nitelik gibi kalite kriterlerinin korunması da gerekmektedir (Cemeroğlu, 2009).

Raf ömrünü uzatacak metotlar genel olarak; modifiye atmosfer ambalajlama, kaplama, ısıl işlem uygulaması, dondurarak muhafaza, kurutarak muhafaza, ışınlarla muhafaza, koruyucu bileşiklerle muhafaza, yüksek basınç uygulaması ve soğukta muhafaza olarak kabul edilir (Cemeroğlu, 2009).

### 2.4.1. Soğukta Depolama

Meyve ve sebzeler, belirli olgunluğa eriştikten sonra hasat edilmekte ve dönemsel olarak pazara sunulması için uygun ortamlarda depolanmaktadır. Uygun ortamda meyve ve sebzeler uzun süre tazeliğini koruyabilmektedir. Uygun ortam, depolanacak olan ürünün fizyolojik yapısına göre belirlenmekte olup, sıcaklık derecesi ve bağıl nem buna göre ayarlanmaktadır (Cemeroğlu, 2009; Chen ve ark., 2017).

Depolama esnasında oluşturulan optimum koşullar her ne kadar sabit tutulsa da her meyve ve sebzenin dayanabileceği belli bir zaman dilimi vardır. Bu zaman dilimi birkaç günden 6-7 aya kadar değişmektedir. Üründen ürüne değişen süre zarfları neticesinde zaman ilerledikçe kalite kayıpları meydana gelmekte ve bozulmalar başlamaktadır. Soğukta depolamada da ürünlerin dayanma süresi sınırlıdır (Cemeroğlu, 2009; Chen ve ark., 2017).

Soğukta depolamanın beş tatlı portakal genotipi üzerine etkisi 65 gün boyunca 6 ± 1 °C'de bekletilerek araştırılmıştır. Meyvelerin depolanması sırasında, antosiyaninler, hidroksisinnamik asitler, C vitamini, flavanonlar ve toplam fenolikler belirlenmiş ve iki farklı in vitro test ile meyve suyu antioksidan kapasitesi ölçülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda antosiyaninler, flavanonlar ve hidroksisinamik asitlerde bir artış ve kan portakallarında C vitaminde hafif bir düşüş olduğunu göstermiştir. Soğuk depolama flavanon konsantrasyonunu olumsuz yönde etkilerken, C vitamini bakımından olumlu etkilenmiştir. Depolama sırasında antioksidan kapasitesi artış göstermiştir (Rapisarda ve ark., 2006).

Soğukta depolamada en önemli faktör, depo sıcaklık derecesidir. Bu sıcaklık derecesi mümkün mertebe sabit kalmalıdır. Genel olarak, ürünün donma noktasından 1-2°C üzerinde olmalıdır. Böylece amaç, ürünü dondurmadan minimum zedelenme, bozulma ve kalite kaybı sağlayarak raf ömrünü olabildiğince uzatmaktır. Nitekim soğukta depolama ile dondurarak muhafaza arasındaki temel fark budur (Cemeroğlu, 2009; Rapisarda ve ark., 2006).

Agostini ve ark. (2012)'nin portakallar üzerine yaptıkları çalışmada MAA ve yenilebilir jelatin kaplama (%3)'nın yanı sıra düşük sıcaklıklarda (5±1°C) 8 gün depolama sonucunda ürünün fizikokimyasal ve mikrobiyolojik olarak iyi durumda olduğu ve tazeliğin korunduğu gözlenmiştir.

Nascimento ve ark. (2011), W Murcott mandalinalarının MAA (%3,2 $CO_2$, %18,1 $O_2$) ve soğuk depolama altında raf ömrünü incelemiştir. Çalışmada mandalinaların 25±2°C sıcaklıkta 7 gün, 10±1°C sıcaklıkta ise 60 gün muhafaza edildiği gösterilmiştir.

### 2.4.2. Modifiye Atmosfer Ambalajlama

Gıdaların tüketiciye güvenli bir şekilde, bozulmadan, en az maliyetle ulaşmasını sağlayan, ayrıca gıdanın içeriği hakkında bilgiler taşıyan araçlara 'ambalaj' denilmektedir (Grey ve ark., 1987; Üçüncü 2007).

Modifiye Atmosfer Ambalajlama (MAA), gıdaların depolanması, taşınması ve ambalajlanması aşamalarında oksijen, azot, karbondioksit, karbonmonoksit ve etilen gibi gazların ortamdan uzaklaştırılması veya ortama verilmesi yöntemi ile ürünü çevreleyen atmosfer bileşiminin değiştirilmesi teknolojisi olarak tanımlanmaktadır (Han, 2005).

MAA teknolojisi ile solunum hızını azaltmak, oksidatif ve enzimatik bozulmaları yavaşlatmak, mikrobiyal üremeyi inhibe ederek veya durdurarak mikrobiyal bozulmayı mümkün olduğunca geciktirmek, dolayısıyla ürünün raf ömrünü uzatmak amaçlanmaktadır. Paket içindeki atmosfer bileşimini değiştirmek amacıyla oksijen ($O_2$), karbondioksit ($CO_2$) ve azot ($N_2$) gazları yaygın olarak kullanılmaktadır (Han, 2005).

Aaerobik mikroorganizmalar, proteolitik bakteriler, maya ve küflerin gelişimi ambalaj içerisindeki gıdaların bozulma sürecinde etken olmaktadırlar. Bu süreci engellemek için oksijen aktivitesini sınırlandırmak, bu sınırlandırma için de farklı konsantrasyonlarda $CO_2$ ve $N_2$ ekleyerek paket içerisindeki ürünü muhafaza etmek gerekmektedir. Bu yapılan işlemler MAA olarak adlandırılmaktadır. Bunun yanında ambalaj içerisindeki ürünlerin yapısına uygun sıcaklıklarda depolanması gerekmektedir. MAA teknolojisinde raf ömrüne etki eden temel etmenler; ambalajın koruma özelliklerine, ürüne, ambalajlanan ürünün o andaki kalitesine, depolama sıcaklığına, gaz karışımına, işleme ve ambalajlama esnasındaki hijyene ve gaz/ürün hacim oranına bağlıdır (Sivertsvik ve ark., 2002).

MAA, aktif MAA ve pasif MAA olarak iki şekilde yapılmaktadır. Aktif MAA'da başlangıçta istenilen gaz karışımı eklenirken, pasif MAA'da normal hava koşulları kullanılmaktadır. MAA uygulaması sonrasında, depolama aşamasında zamanla, ambalaj içindeki gazların konsantrasyonu değişmektedir. Ambalaj içindeki gaz difüzyonu ile

solunum oranlarının eşitlenmesi halinde, ambalaj içerisindeki atmosfer sabit denge koşuluna ulaşmış olmaktadır (Ares ve ark., 2007).

Pasif MAA, raf ömrünü uzatmak açısından taze ve minimal düzeyde işlenmiş meyveler için etkili bir yöntemdir. Kimyasal kullanılmayan yöntem, organik meyve ve sebzelerin korunması için idealdir (Kartal, 2010).

Pasif MAA'da ambalaj içinde bulunan ve solunuma devam eden meyve ve sebzeler, gaz geçirgenliği özelliği olan ambalaj sayesinde $O_2$ ve $CO_2$ dengesi sağlanmaktadır. Dengeye ulaşan solunum ile birlikte etilen oluşumu ve enzimatik esmerleşme yavaşlamaktadır. Genel tazelik korunmakta, tekstür istenilen düzeyde kalmakta ve besinsel bileşimi minimum kayıpla tutulmaktadır (Özdemir ve ark., 2005; Kartal ve ark., 2010).

Baramasi limonlarının çeşitli asitlerle destekli (giberellik asit, borik asit, sodyum benzoat) pasif modifiye atmosferli düşük yoğunluklu polietilen ile ambalajlanması sonucunda raf ömrü, depolama kalitesi ve olgunlaşma durumu araştırılmıştır. Limonların, 75 ppm düzeyindeki gibberellik asit destekli düşük yoğunluklu polietilen içerisinde 60 gün boyunca kalitesini koruduğu gözlenmiştir (Kaur ve ark., 2015).

Priyanka ve ark. (2015), Star Ruby greyfurtlarının fitokimyasal yapısına MAA'nın etkisini araştırmıştır. Kontrollü atmosfer altında (%3,5 $CO_2$, %18,2 $O_2$) ve 10$^oC$'de 16 hafta depolanan greyfurtlarda ciddi oranda ağırlık kaybı gözlenmiştir. MAA'nın toplam suda çözünebilir kuru madde, asitlik, çürüme ve bozukluklar, meyve tadı olgunlaşması, askorbik asit, limonoidler, flavonoidler gibi meyve kalite parametreleri üzerinde olumlu etkiler bıraktığı görülmüştür. Kötü tat ve kokular 16 hafta sonunda meydana gelmemiştir. Bu sonuçlar, MAA'nın fitokimyasallar üzerine zararı olmadığını ve greyfurtların kalitesinin korunabileceği kanısını getirmiştir.

Depolama ömrünü uzatmak ve iki mandalina çeşidinin kalitesini korumak için 1, 3 ve 5 kPa oksijen kontrollü atmosferlerin (CA) potansiyeli araştırılmıştır. 5°C sıcaklıkta 8 haftalık depolama süresince düşük oksijen ($O_2$) atmosferi, solunum hızlarını hafif düşürmüş, ancak etilen üretim hızları, çözünebilir katı içeriği (SSC) ve titrasyon asitliğinde (TA) hava kontrolüne kıyasla bir etkisi bulunmamıştır. 1, 3 ve 5 kPa $O_2$'de muhafaza edilen mandalinaların *(Citrus reticulata)* genellikle havada tutulanlara kıyasla daha yüksek etanol ve asetaldehit konsantrasyonlarına sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, 3 ve 5 kPa $O_2$'de tutulan meyveler hava koşullarında tutulan meyvelerle karşılaştırıldığında benzer miktarda etil asetat içeriğine sahiptir. 1 kPa $O_2$ atmosferi, *'Clemenules Clementine'* meyvesindeki çürüme insidansını 5°C'de 4 haftaya kadar depolama esnasında düşürmüş, ancak *'W Murcott'* meyvesindeki çürüme insidansını artırmıştır. Bu bulgulara dayanarak,

*'Clemenules Clementine'* ve *'W. Murcott'* mandarinlerinin (mumlu ve fungisid ile muamele edilmiş) sırasıyla 5°C'de ve %90-95 bağıl nemde en fazla 5 ve 7 hafta depolanabileceği gösterilmiştir (Luengwilai ve ark., 2007).

MAA uygulamalarının başlıca avantajları; raf ömrünü %50-400 arttırması, ürünü ulaştırma imkanını kolaylaştırması, ekonomik kayıpları azaltması, kimyasal koruyucu gereksinimi azaltması ve tüketici beğenisini karşılamasıdır. MAA uygulamalarının başlıca dezavantajları ise; maliyeti arttırması, ısı kontrolü gerektirmesi, her ürün için ayrı gaz kombinasyonu gerektirmesi ve ambalajda oluşabilecek hasarlarda özelliğin tamamen ortadan kalkması gibi durumlardır (Cemeroğlu, 2009).

### 2.5. Aktif Ambalajlama

Gıdaları yapısına göre en uygun ambalaj materyali ile koruyarak biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyal yapısındaki değişimlerin kontrol altına alınması hedeflenmiştir. Bunun sonucunda tüketiciye en güvenilir ve uzun ömürlü ürün ulaştırılması amaçlanmıştır (Kartal, 2010).

Tüketicinin, son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha kaliteli ve taze ürünler talep etmesi gıda ambalajlarında yeni fikirlerin ortaya atılmasını sağlamıştır. Bu fikirlerden hayata geçirilen en önemli yöntem, akıllı ve aktif ambalajlama olarak adlandırılmaktadır (Özdemir ve Floros., 2004).

Aktif ambalajlama, gıdalarda oluşabilecek reaksiyonların kontrolünde ve bozulma reaksiyonlarının hızının azalmasında etkili bir yöntem olmuştur. Aktif ambalajlara uygulanan emici, tutucu, salıcı ve yayıcı sistemler enzimatik, çevresel ve mikrobiyal bozulmalara karşı önlem olmuştur (Kartal, 2010).

Tüketicilerin son zamanlarda yaşam koşullarına bağlı olarak yemek alışkanlıklarının değişmesi ve gıdaların nakliyesinin dünya çapında gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır. Ayrıca tüketici istekleri doğrultusunda, katkı maddeleri kullanılmadan en taze ürünlerin maksimum düzeyde raf ömrüne sahip olması isteği, aktif ambalajlamayı önemli konuma getirmiştir (Restuccia ve ark., 2010). Geleneksel ambalajlama konseptleri bu ihtiyaçlara cevap veremediği için aktif ambalajlama ortaya çıkmıştır (Vermeiren ve ark., 1999).

Aktif ambalajlama, geleneksel ambalajlama teknolojilerinin eksik taraflarını kapatma amacıyla kullanılmaktadır. Bir örnek verilecek olursa, bir plastik ambalaj materyali yeterli nem bariyerine sahip fakat oksijen bariyeri bakımından yetersiz olabilmektedir. Bu ambalaj materyalinin eksik tarafı oksijen tutucu kullanılarak giderilebilir ki bu da aktif ambalajlama konsepti içinde yer almaktadır (Rooney, 1995). 1935/2004/EC sayılı Avrupa Birliği

yönetmeliğinde aktif ambalajlama materyalleri; ‘gıdanın raf ömrünü artırmak ve kalitesini yükseltmek amacıyla ambalajda kullanılan materyaller’ olarak nitelendirilmektedir. Bu materyaller gıda, ambalaj ve çevresi ile etkileşim halinde olup, bazı bileşenlerin bırakılmasına veya emilmesine olanak sağlamaktadır. Aktif ambalaj materyalleri küçük saketler halinde veya doğrudan ambalaj filmine yedirilmiş olarak kullanılabilmektedir. Aktif ambalaj materyallerinin filmlerin içine yedirilerek kullanılması, tüketicinin yanlışlıkla veya bilgisizlikle saketleri tüketmesine engel olacağından, riski azaltmaktadır. Aktif ambalajlama konsepti içine; oksijen tutucular, karbondioksit tutucular, etilen tutucular, nem düzenleyiciler, antimikrobiyaller ve antioksidantlar girmektedir (Kerry ve Butler, 2008). Gıdanın bozulma ve kalite kaybı nedeni belirlendikten sonra, bu konseptlerden herhangi biri veya birkaçı o gıdaya özgü olarak tercih edilebilmektedir (Restuccia ve ark., 2010). Aktif ambalajlama teknolojisinin uygulama alanları ve bu konseptte kullanılan bileşenler çizelge 2.2 (Aday, 2011)’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Aktif ambalajlama teknolojisinin uygulama alanları ve bu konseptte kullanılan bileşenler

| **Uygulama Tipi** | **Kullanılan Bileşen** | **Uygulanan Gıda** |
|---|---|---|
| Oksijen Tutucu | Enzimatik (glukoz oksidaz, alkol oksidaz) | Çay, patates cips, ekmek, pizza |
| | Kimyasal (Demir, kateşol, askorbik asit) | |
| Karbondioksit Tutucu | Kalsiyum hidroksit, Demir karbonat | Kahve |
| Nem Düzenleyici | Silika jel, polivinil alkol | Kurutulmuş ürünler, et, balık |
| Etilen Tutucu | Aktif Kömür, potasyum permanganat, bentonit | Kivi, muz, avokado |
| Antimikrobiyal Etki Gösterici | Sorbat, benzoat, etanol, kükürt dioksit | Kuru kayısı |
| Antioksidan Etki Gösterici | BHA, BHT, askorbik asit, tokoferol | Tahıl |
| Aroma Tutucu | Soda, aktif kömür | Portakal suyu |
| Işık Tutucu | Hidroksibenzofenon | Süt, pizza |

Oksijene hassas ürünler, farklı modifiye atmosfer ambalajlama yöntemleri ile paketlense bile oksijeni minimum seviyeye indirmekte yeterli olmayabilirler. Ayrıca gıdalarda bozulmaya neden olan küflerin yüksek karbondioksit ve düşük oksijen koşullarında (%1-2) bile faaliyet gösterdiği bilinmektedir (Guynot ve ark., 2003). Vakum ambalajlama gibi yöntemlerde, çevreden film vasıtasıyla ambalaj içine gelen oksijen geçişi önlenememektedir. Oksijen tutucuların kullanılmasıyla, ambalajlama sonrasında girebilecek olan oksijen miktarı azaltılabilmektedir (Vermeiren ve ark., 1999).

Aktif ambalajlama sektöründe oksijen tutucular %40'lık bir payla birinci sırada olup, bunu nem düzenleyiciler takip etmektedir. Aktif ambalajlamada en çok kullanılan oksijen tutucu, demir oksidasyonuna bağlı çalışma prensibi olan demir tozu içeren saketlerdir (Wilson, 2007).

Aktif ambalajlama sisteminde oksijen tutucular (Naylon MXD6 ve benzoakrilatlar vb.) ambalaj yapılarına dahil edilmektedir. Oksijen tutma sistemlerine sahip olan ambalajlar, ambalajlanmış gıda ürünlerinin bozulmasına neden olan veya bunlarla ilişkili olan oksijen konsantrasyonunu aktif olarak emebilmektedir (Brody ve ark., 2002). Oksijen konsantrasyonunun azaltılması; demir tozu oksidasyonu, enzimatik oksidasyon (glikoz ve alkol oksidaz), fotosensitif renk oksidasyonu, askorbik asit oksidasyonu, doymamış yağ asitleri (oleik asit veya linolenik asit vb.) oksidasyonu gibi tekniklerinin bir arada veya tek olarak kullanılması ile gerçekleştirilmektedir (Vermeiren ve ark., 1999).

Gıdalarda ambalaj içindeki oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarının bilinmesi, hasat sonrasındaki meyve ve sebzelerin fizyolojisini büyük oranda etkilemekte ve kaliteye doğrudan katkı veya zararda bulunmaktadır (Wilson, 2007).

### 2.6. Ambalajlamada Perforasyon Tekniği

Genel olarak film üzerinde düzenli boy ve aralıklarda bulunan deliklere perforasyon denilmektedir. Perfore filmler uzun yıllardır farklı disiplinlerde değişik amaçlar için kullanılmıştır. Perfore filmler: Makroperfore filmler, mikroperfore filmler ve lazer perforasyon olmak üzere 3 ana başlıkta toplanabilmektedir (Kartal, 2010).

#### 2.6.1. Mikroperfore Filmler

Gaz konsantrasyonunun stabilitesini sağlamak için geliştirilen yöntemlerden birisi de mikroperfore film teknolojisidir. Mikroperfore filmler özellikle solunum yapan taze meyve ve sebzeler ile ekmek gibi pişirilmiş gıda ürünlerinin ambalajlanması için özel olarak

hazırlanmaktadırlar. Meyve ve sebze gibi solunum yapan ürünlerde pasif MAA sisteminde istenilen gaz kompozisyonu ürünün solunumu ile sağlanmaktadır. Solunum sonucunda oksijen konsantrasyonu %21'den %2–5'e düşürülürken, karbondioksit oranı %0,03'den %15-20'e kadar yükseltilebilir. Meyveler hızla karbondioksit ürettiklerinden, ambalajda karbondioksit oranı düşük olsa bile karbondioksit seviyesi artmakta ve kalite azalmaktadır (Ronk ve ark., 1989; Jayas ve Jeyamkondan, 2002). Yüksek oksijen geçirgenliğini sağlamak ve üretilen $CO_2$'nin ambalaj içinden çıkarmak için bu filmlere farklı delik çaplarında porlar (mikro delikler) açılmaktadır (Caner, 2008).

Mikroperfore filmler, mikro delikler sayesinde ambalaj içi ve dışı arasında belirli oranlarda gaz geçişine olanak sağlamaktadır. Ambalajın alt tabak kısmının sert ve gaz geçirmez olmasından dolayı, gaz değişimi için sadece yüzey alanı bulunmaktadır. Bu yüzden gaz geçişi sadece üstteki ince film tarafından sağlanmaktadır. Son zamanlarda yüksek oksijen geçişine izin veren filmler ortaya çıksa da bu filmlerin alt tabağa yapışmasında sorunlar yaşanmaktadır. Çözüm olarak yapışma özelliği ve bariyer özelliği yüksek olan filmlerin mikroperforasyon ile geçirgenlik değerleri arttırılmaktadır. Bu yüzden mikroperfore filmler normal plastik filmlere göre daha fazla gaz alışverişine olanak sağlamaktadırlar. Özellikle meyve ve sebzelerde, filmlerde mikro delikler oluşturularak yüksek oksijen geçişinin sağlanması yeni teknolojiler arasındadır. $CO_2$ gazı plastik filmlerden oksijene göre 2–6 kat daha hızlı geçmektedir. Bu yüzden $CO_2$ ambalajdan $O_2$ geçişine göre daha hızlı çıkmaktadır (Oliveira ve ark., 1998; Caner, 2008).

Mikroperfore filmler, solunum yapan ürünlerin ambalaj içi atmosfer ortamının dengelenmesinde yardımcı olduğundan ambalaj içinde biriken fazla $CO_2$'in çıkmasını sağlar ve kaliteyi arttırmaktadır. İstenilen ambalaj filme kolaylıkla uygulanabilmektedir. Mikroperfore filmler, diğer ambalaj filmlerden çok daha yüksek bir gaz transferine izin vermektedir (Mannapperuma ve ark., 1989; Özdemir ve ark., 2005; Gonzalez ve ark., 2008).

Mikroperforasyon; istenilen ambalaj filmine kolaylıkla uygulanmaktadır. Oksijen ve su buharı geçiş hassasiyeti yüksektir. Perfore olmayan veya makroperfore filmlere göre daha uzun raf ömrü gibi avantajlar sağlamaktadır. Bunun yanında, ambalaj ekipmanında herhangi bir modifikasyona gerek duymaz ve oksijen geçirgenliği esnasında oluşabilecek herhangi bir kontaminasyon riski yoktur (Kartal, 2010).

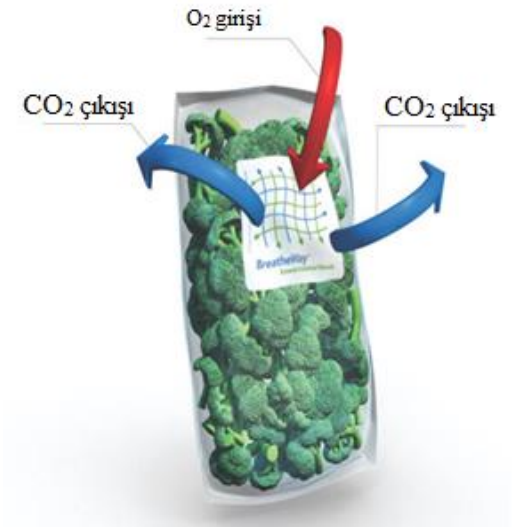
Yapılan bir çalışmada, "bag-in-box" Xtend® filmleri (XF) ile birlikte uygulanan modifiye atmosfer ambalajlamanın (MAA), soğutma hasarına (CI) ve bunun yanı sıra soğukla ilgili olmayan diğer tür bozuklukların (kabuk soyulması, yaşlanma (çökme) ve gövde sonu kabuk dökümü (SERB)) gelişimine etkisi incelenmiştir. Yapılan uygulamanın,

hasarları ve bozuklukları ciddi oranda azalttığı görülmüştür. Uygulama esnasında, pakette sırasıyla %2-3 ve %17-18 $CO_2$ ve $O_2$ konsantrasyonlarını muhafaza eden mikro delikli filmler (%0,002 delikli alan/ambalaj) ve sırasıyla %0,2-0,4 ve %19-20 $CO_2$ ve $O_2$ konsantrasyonlarını muhafaza eden makro delikli filmler (%0,06 delikli alan/ambalaj) kullanılmıştır. Her iki tip ambalajda da bağıl nem ~%95 olarak hesaplanmıştır. *Shamouti* portakalları ve *Minneola* mandalinaları kullanılan analizlerde; mikro delikli ve makro delikli XF paketleri, 6°C'de 5 haftalık depolamada ve 5 gün raf ömrü koşullarında tutulmuştur. Bunun sonucunda sırasıyla %75 ve %50 oranında soğuğa bağlı olmayan kabuk bozukluklarında ve sırasıyla %60 ve %40 oranında CI gelişiminde azalma görülmüştür. Ayrıca her iki ambalajın da bozulma ve soğutma hasarına ciddi oranlarda engel olduğu, mikro delikli filmlerin makro delikli filmlere göre daha iyi koruduğu gözlenmiştir (Porat ve ark., 2004).

Bir başka çalışmada ise artan talebi karşılamak amacıyla tüketime hazır mandalina dilimlerinin korunması hedeflenmiştir. Mandalina, kontrollü atmosfer ortamlarında $3^oC$ de değişen bileşimlerle depolanmıştır. Solunum hızını ve ambalaj vasıtasıyla gaz kütlesi transferini göz önünde bulunduran bir matematiksel model, uygun paketlerin önceden seçilmesi için kullanılmıştır. Mandalina segmentlerinin yüksek solunum hızı nedeniyle hazırlanan model, modifiye atmosfer paketini tasarlamak için mikroperfore plastik filmlerin kullanılmasının uygun olduğu yönündedir. Mikro gözeneklerin sayısı, fermantatif uçucu bileşiklerin 3°C'de üç hafta boyunca birikmesini izleyerek optimize edilmiştir. Duyusal bir testle teyit edilen sonuçlar, mandarin segmentleri için optimum denge modifiye atmosfer ambalajlamasının %19,8/1,2 ($O_2$/$CO_2$%) olduğunu göstermiştir (Del-Valle ve ark., 2009).

### 2.7. Breatheway Membran Teknolojisi

Breatheway modifiye atmosfer teknolojisi; taze ürünlerde kullanılan, paket şekli ve materyal olarak giderek artan bir çeşitliliğe sahiptir. Taze ürünlerin ambalajlanmasında kullanılan ve geleneksel olarak tercih edilen materyaller, yüksek oranlarda su ve gaz geçirgenliğine sahiptir. Breatheway ile üreticiler, ambalajlama için ürüne en uygun materyali seçer ve ürünlerini doğru atmosfer koşullarında tutarak raf ömürlerinin uzamalarını sağlarlar (Anonim, 2008b) (Şekil 2.1).

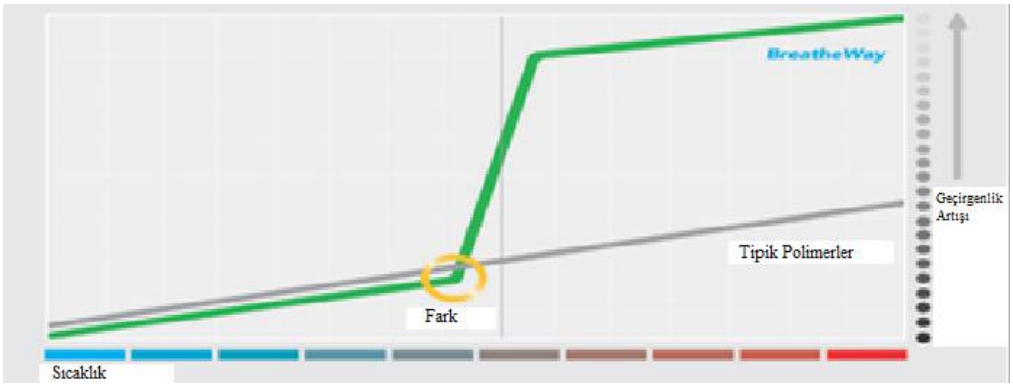



Şekil 2.1. Breatheway membran teknolojisi kontrollü solunumu

Genel olarak membranlar içeren ve ambalaj üzerinde bulunan farklı çaplardaki deliklerde yapışmış halde duran bantlı sistem, Breatheway teknolojisidir. Bu sistem içerisinde yer alan membranlar beyaz renkte ve küçüktür. Bant sistemi ise basınca duyarlı şekilde tasarlanmıştır. Ambalajın içindeki atmosfer ve hava atmosferi arasındaki tüm gaz alışverişi, Breatheway teknolojisinin yer aldığı ambalaj açıklığından sağlanmaktadır. Üretici firmaya gelen talep doğrultusunda, ambalajlanacak ürün, perakende veya toptan olacak şekilde bu teknoloji ile muhafaza edilmektedir (Anonim, 2008a).

Breatheway teknolojisinin uygulama alanları, çok geniş bir paket boyutu ve ürün yelpazesini kapsamaktadır. Tüketiciler için küçük boyutlu ambalajlama uygulamalarından, büyük koli ve palet düzenleme sistemlerine kadar birçok meyve, sebze ve bahçıvanlık ürünleri için uygulanabilmektedir (Anonim, 2008a).

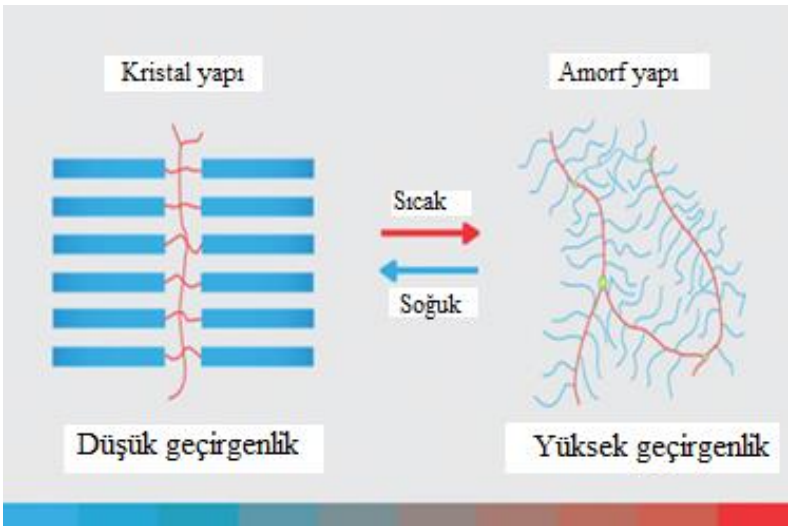
MAA (modifiye atmosfer ambalajlama) terimi, mikroperforasyon ve gaz püskürtme gibi işlemleri içeren ambalajlama metotlarını kapsayan geniş bir alan için kullanılmaktadır. Diğer ambalajlama sistemlerinde, paket atmosferindeki nem sıklıkla değiştiği gibi sıcaklık değişimlerine karşı da esnekliği bulunmamaktadır. Breatheway membranları, 0-10$^{o}$C dereceler arasındaki sıcaklığa duyarlıdır. Şekil 2.2'de sıcaklığa göre geçirgenlik düzeyi verilmiştir. Aynı süre zarfı içerisinde, solunum oranının artışına göre membran polimerleri birbirine yakınlaşarak kapanmaktadır. Böylelikle paket içerisindeki istenen atmosferik koşulların değişmeden sürekliliği sağlanmaktadır. Sıcaklık dalgalanmasının sonucu olarak ürün stresi azalmakta, öngörülen raf ömrü artmakta ve gıdayı etkileyen oksijen yoğunluğu azalmaktadır (Anonim, 2008b).




Şekil 2.2. Sıcaklık değişimine göre tipik polimerlerle breatheway membran polimerlerinin geçirgenlik düzeyinin karşılaştırılması

Breatheway teknolojileri; tazeliği korumakta, raf ömrünü uzatmakta, dehidrasyonu azaltmakta ve depolama ve dağıtım esnasında oluşabilecek küçük sıcaklık değişimlerini telafi etmektedir. Çünkü Breatheway, taze meyve ve sebzelerin doğal solunumlarını kullanarak, uzun raf ömrü için gereken kendi spesifik ortamlarını oluşturmayı sağlamaktadır. Şekil 2.3'te solunum nedeniyle membran polimerlerinin değişimi açıkça görülmektedir. Membran polimerlerinin hareketlerine dayanan bu ambalajlama yöntemi herhangi bir ilave kimyasal ya da gaz ekleme ihtiyacı duymamaktadır (Anonim, 2008b).

Mikroperfore filmlerden farklı olarak, Breatheway karbondioksit ve oksijen geçirgenliğini titizlikle kontrol edebilmektedir. Bu da paketi dizayn edecek firmaya çok geniş bir aralıkta tasarlayabileceği paket atmosferi seçeneği sunmaktadır (Anonim, 2008b).




Şekil 2.3. Solunum geçirgenliğine göre membran polimerlerinin değişimi

# BÖLÜM 3
# MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Limon

Limonlar, ön soğutma işlemine tabi tutulmadan mevsim koşulları göz önünde bulundurularak laboratuvara taşınmıştır. Çalışmada; boyut, olgunluk ve renk bakımından benzer olanlar kullanılmış, ayrıca içlerinden hasarlı veya çürük olanlar atılmıştır. Limonlar ortam koşullarında depolanarak yaklaşık 1 kg ağırlık olarak paketlenmiştir.

### 3.1.2. Breatheway Membranları

Limonlar farklı çaplarda (1,27 cm ve 2,22 cm) delikler ve bu delikler üzerinde kontrollü geçirgenliği sağlayan Breatheway Membran (Apio Ltd. Şti., Kaliforniya, ABD) içeren ambalajlara konulmuştur (Şekil 3.1). Ambalajlanmayan örnekler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Tez kapsamında 1,27 cm B1, 2,22 cm B2 ve kontrol grubu da K olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Örneklerin ambalajlanması

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1.Gaz Değişimi

Ambalaj içi atmosferindeki $O_2$ ve $CO_2$ konsantrasyonu pasif MAA sayesinde denge atmosfere ulaşmıştır. Bu süreçteki değişim periyodik olarak, limon ambalajı açılmadan önce, ambalaj üzerindeki izole süngerlere iğnesi batırılarak, gaz analizörü (OXYBABY, Hamburg, Almanya) tarafından ölçülmüştür (Aday ve Caner, 2009).

### 3.2.2.Titrasyon Asitliği ve pH Tayini

Her gruptan 9 tane limon alınarak 2 gruba ayrılmış ve profesyonel meyve sıkacağında (TantiToni, İstanbul, Türkiye) sıkılmıştır. Örnekler saf suyla seyreltildikten sonra çözeltiye titrasyonda rengin değişmesi için birkaç damla fenolftaleyn indikatörü eklenmiş ve daha sonra çözelti 0,1 N NaOH ile titre edilmiştir. Elde edilen sonuca göre titrasyon asitliği belirlenmiştir (Chien ve ark., 2007).

Limonların pH analizleri, 20°C pH metre (WTW Inolab pH 7110 Weilheim, Almanya) ile her analiz gününde düzenli olarak belirlenmiştir. pH tayini aynı gruptan ambalaj içinden alınan limonlardan 9 tane limon profesyonel meyve sıkacağında (TantiToni, İstanbul, Türkiye) sıkılıp oda sıcaklığında beher içerisine konulduktan sonra gerçekleştirilmiştir (Yetim ve ark., 2017).

### 3.2.3.Suda Çözünür Kuru Madde

Analizde her gruptan 9 tane limon alınarak profesyonel meyve sıkacağında (TantiToni, İstanbul, Türkiye) sıkılmıştır. Örnekten bir damla alınarak refraktometre (Atago PAL1, Tokyo, Japonya) cihazı ile ölçüm gerçekleşmiştir (Gavara ve ark., 2009).

### 3.2.4.Ağırlık Kaybı

Her gruptaki paketler, ambalajların darası alınarak RADWAG Wagi Elektroniczne model PS 4500.R2 hassas terazide (RADWAG, Radom, Polonya) tartılmıştır. Ağırlık kaybı yüzdesi aşağıdaki formüle göre (3.1) hesaplanmıştır (Özdemir ve ark., 2005).

$$\text{Ağırlık Yüzdesi (\%)} = (A_S - A_İ) / A_S \times 100 \qquad (3.1)$$

$A_S$, son ağırlığı ifade ederken, $A_İ$, ilk ağırlığı ifade etmektedir.

### 3.2.5.Sertlik

Tekstür analizinde her gruptan 10 adet limon seçilmiştir. 10 mm/s hızda P/2 silindirik prob, limonlara batırılarak ve limona değdikten sonra 7 mm içeri girmesi için gereken kuvvet N cinsinden Universal TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Wang ve ark., 2013).

### 3.2.6.Askorbik Asit

Titrimetrik titrasyonla askorbik asit tayini yapılmıştır. Her gruptan 9 tane limon alınarak meyve sıkacağında (TantiToni, İstanbul, Türkiye) sıkılmıştır. Örnekler seyreltilerek boya çözeltisi (2,6 diklorfenolindofenol) ile titre edilmiştir. Elde edilen sonuca göre askorbik asit miktarı hesaplanmıştır (Chien ve ark., 2007).

### 3.2.7.Dış Kabuk Renk Analizi

Analizler boyunca limon kabuğu rengi, Minolta Chroma Meter model CR-400 (Minolta. Co. Ltd., Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. L* parlaklığı, –a* kırmızı ve yeşilliği, –b* ise sarılık ve maviliği ifade etmektedir (Kartal, 2010).

Ölçülen renk parametreleri turunçgil renk indeksi ile aşağıdaki formülasyon (3.2) kullanılarak değerlendirilmiştir (Lado ve ark., 2014).

TRI (Turunçgil Renk İndeksi = 1000*a/L*b) (3.2)

### 3.2.8. SEM Analizi

Limon kabuklarındaki bozulma insidansı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇOBİLTUM) laboratuvarında bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) 7100-EDX modelinde (JEOL, Tokyo, Japonya) gözlenmiştir. Limonların geniş çaplı yüzeyinden alınan kesitlerin farklı yakınlaştırmalarda yüzey bozuklukları gözlemlenmiştir (Montero ve ark., 2010).

### 3.2.9.Duyusal Değerlendirme

5- numerik skala kullanılarak, her analiz gününde renk, aroma, tekstür ve genel kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır (Aday, 2011).

### 3.2.10.İstatistiksel Analiz

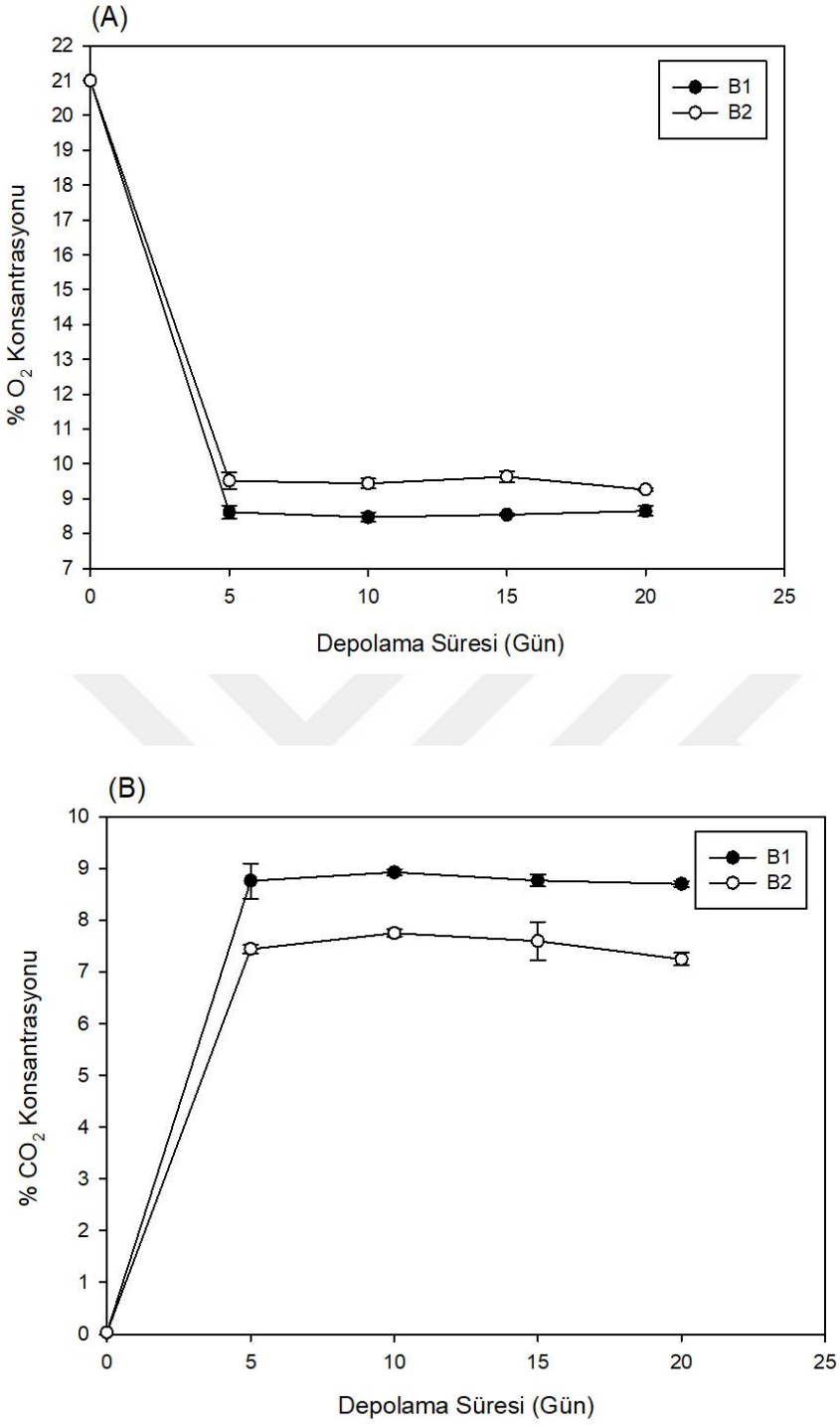
Sonuçlar SAS V9 yazılımı (SAS Institute, Inc, Cary, NC) ile ististiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu analizler yapıldıktan sonra Two-way ANOVA ve Tukey testleri ile farklılıkların ($p<0,05$) olup olmadığına bakılmıştır.

# BÖLÜM 4
# ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

## 4.1. Uygulamanın $O_2$ ve $CO_2$ Dengesine Etkisi

Meyve ve sebzeler hasattan sonra da solunum ve terleme gibi metabolik faaliyetlerine devam etmekte olup, bu prosesler ortamdaki gazlara ve gıdanın rezervlerine bağlı olarak değişmektedir. Gıdanın raf ömrünü etkileyen solunum da ambalaj içerisinde tüketilen $O_2$ ve üretilen $CO_2$ miktarıyla doğrudan ilişkilidir (Aday, 2016). Depolamanın ilk 5 gününe bakıldığında $O_2$ seviyesi hızla azalmış ve daha sonrasında ise depolamanın sonuna kadar denge modifiye atmosfer seviyesine ulaşarak B1 uygulaması için %8,5 civarlarında, B2 uygulaması için ise %9,5 dolaylarında değerler almıştır. Bu farklılıklar B1 ve B2 ambalajlarındaki Breatheway membranlarının çaplarıyla ilişkilidir. Şekil 4.1'de de görüldüğü üzere, B1 uygulamasında çap daha küçük olduğundan dışarıdan, ambalaj içerisine giren $O_2$ miktarı B2 uygulamasıyla karşılaştırıldığında daha düşük çıkmaktadır. Fakat her iki uygulamada da ambalaj içindeki $O_2$ miktarı, limonların depolanması için optimum seviye olan %5-10 arasında (Mangaraj ve Goswami, 2009) olduğundan, istenilen MAA koşulları ambalaj içerisinde sağlanmıştır.

Ambalaj içerisinde limonların solunumu sebebiyle üretilen $CO_2$ miktarı, $O_2$ miktarıyla da ilişkili olarak depolamanın ilk 5 gününde hızlı biçimde artmıştır. Şekil 4.1'de açıkça görülmektedir ki, daha sonrasında denge konumuna ulaşarak B1 uygulamasında %9, B2 uygulamasında ise %8 civarında seyretmiştir. Ortamda üretilen $CO_2$ miktarı, tüketilen $O_2$ seviyesiyle orantılı olarak değişmektedir. Limonların optimum muhafazası için gerekli olan %0-10 $CO_2$ miktarı (Mangaraj ve Goswami, 2009) her iki uygulamada da başarıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak her iki uygulamanın da limonlarda solunumu yavaşlatarak kaliteyi koruduğu söylenebilmektedir.




Şekil 4.1. Uygulamanın ambalaj içi $O_2$ (A) ve $CO_2$ (B) konsantrasyonuna etkisi

## 4.2. Breatheway Membran Teknolojisi Kullanımının Titrasyon Asitliği ve pH Üzerine Etkisi

Titrasyon asitliği ve/veya pH olarak ölçülen asitlik, meyvelerin duyusal kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesidir. Meyvelerde asitliği oluşturan malik ve sitrik asit gibi organik asitlerin varlığı olgun meyvelerdeki en önemli asitlerdendir (Etienne ve ark., 2013).

### 4.2.1. Uygulamanın Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi

Limonlarda sitrik asit en baskın organik asit olup, bu asiti malik ve süksinik asit izlemektedir (Ramakrishnan ve ark., 2019). Çalışmamızda titrasyon asitliği bakımından tüm gruplarda depolama süresince azalış meydana gelmektedir. Titrasyon asitliğini oluşturan organik asitlerin solunum prosesinde okside olması veya metabolik aktivitelerde kullanılması bu sonucu ortaya çıkarmaktadır (Bisen ve ark., 2012). Aynı zamanda bulgularımız, Artes-Hernandez ve ark. (2007) tarafından yapılan ve taze kesilmiş limonlarda da titrasyon asitliğinin depolama süresince azaldığını gösteren çalışmayla benzerlik göstermektedir. Çizelge 4.1'de de görüldüğü gibi titrasyon asitliği, depolama süresi bakımından değerlendirildiğinde; tüm gruplardaki farklılık 5. günden itibaren başlamaktadır. Uygulama gruplarının 10. gününde tespit edilen değerler 5. ve 15. günlerde ölçülen değerlerden istatistiksel olarak farklılık oluşturmazken, kontrol (K) grubunda ise tüm depolama günlerindeki farklılıklar önemli seviyededir. Bu sonuç titrasyon asitliğinin K grubunda daha hızlı azaldığını göstermektedir. Uygulama gruplarının ambalajı içerisinde yaratılan modifiye atmosfer solunum hızını ve bunun neticesinde harcanan organik asit miktarını azaltarak değişimin daha yavaş seyretmesine yol açmaktadır (Mattheis ve Fellman, 2000).

Çizelge 4.1. Farklı uygulamaların sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği üzerine etkisi

| **Depolama Süresi (Gün) / Titrasyon Asitliği (Sitrik Asit) Değeri (%)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** |
| **B1** | 6,724±0,045Aa | 6,466±0,032Ba | 6,329±0,045BCa | 6,126±0,030Ca | 5,784±0,060Da |
| **B2** | 6,724±0,045Aa | 6,449±0,045Ba | 6,286±0,015BCa | 6,158±0,015Ca | 5,816±0,075Da |
| **K** | 6,724±0,045Aa | 6,158±0,015Bb | 5,859±0,015Cb | 5,624±0,075Db | 5,347±0,105Eb |

$^{A-C}$ Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)
$^{a-c}$ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

### 4.2.2. Uygulamanın pH Üzerine Etkisi

Asitliğin ifade edilmesinde diğer bir parametre olarak kullanılan pH depolama süresince tüm örneklerde artış göstermektedir. pH değerlerindeki artış turunçgillerde yaşlanmanın bir göstergesi olup, solunum sırasında organik asitlerin harcanmasıyla ilgilidir (Rab ve ark., 2010). Örneklerin pH değerinde görülen sonuçlar titrasyon asitliğiyle paralellik göstermekte olup titrasyon asitliği yüksek olan örneklerin pH değerleri daha düşük seviyede tespit edilmektedir. Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere çalışmamızda, depolama süresi göz önüne alındığında, K için pH değişimindeki istatistiksel farklılık 5. günden itibaren gözlenirken, B1 ve B2 grubundaki farklılıklar ise 15. günden itibaren meydana gelmektedir. Bu nedenle uygulamaların pH değişimini engellemede K grubuna göre daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır. Bu durum; K grubundaki örneklerin solunum hızının daha yüksek olmasından dolayı, titrasyon asitliği sonuçlarında olduğu gibi solunum reaksiyonlarında harcanan organik asitlerin daha fazla olmasından kaynaklanabilmektedir. Uygulamalar arasındaki istatistiksel farklılıklara bakıldığında ise B1 ve B2 grubu arasında fark bulunmamakta olup, bu iki grup ise K grubundan farklı değerler almaktadır. Uygulamaların ambalaj içerisindeki optimum gaz koşullarını oluşturması, solunum hızını yavaşlatarak bu sonucun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Sandhya, 2010).

Çizelge 4.2. Farklı uygulamaların pH üzerine etkisi

| **Depolama Süresi (Gün) / pH Değeri** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** |
| **B1** | 2,320±0,014Aa | 2,334±0,008Aa | 2,364±0,009Aa | 2,420±0,014Ba | 2,445±0,015Ba |
| **B2** | 2,320±0,014Aa | 2,335±0,009Aa | 2,371±0,011ABa | 2,413±0,018BCa | 2,432±0,012Ca |
| **K** | 2,320±0,014Aa | 2,415±0,011Bb | 2,461±0,004BCb | 2,485±0,023Cb | 2,510±0,014Cb |

$^{A-C}$ Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)
$^{a-c}$ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

### 4.3. Uygulamanın Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi

Turunçgillerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametre ise suda çözünür kuru madde olup, meyve suyu işletmecilerinin ürün alımındaki ödemesini belirleyen en önemli unsurlardan bir tanesidir (Al-Mouei ve Choumane, 2014). Çalışmamızda suda çözünür kuru madde içeriği depolama süresinde tüm gruplarda artış göstermektedir. Bu artışın sebebi solunum ve terleme sırasında kaybedilen su neticesindendir. Turunçgillerde depolama süresince SÇKM miktarında görülen artış Kayesh

ve ark. (2018) ve Tsantili ve ark. (2002)'in çalışmalarındaki sonuçlarla paralellik göstermektedir. Depolama süresi dikkate alındığında, uygulama gruplarında ilk 5 gün gözlenen farklılıklar istatistiksel olarak önemli değilken, K grubunda ise önemlidir. Uygulamalar arasındaki farklılıklara bakıldığında ise, B1 ve B2 uygulamaları arasındaki farklılık depolama süresinden bağımsız olarak önemli değilken, kontrol grubunda ise depolamanın her gününde bu farklılık istatistiksel olarak önemlidir. Dış ortamla meyve arasında gerçekleşen su buharı transferinin kontrollü biçimde gerçekleşmesini sağlayan ambalajlama uygulamaları (Sandhya, 2010); limonların su kaybı azaltarak buna bağlı olan SÇKM miktarındaki değişimi yavaşlatırken, herhangi bir ambalajlama uygulaması yapılmayan K grubunda ise solunum ve terleme daha hızlı gerçekleştiğinden SÇKM miktarındaki değişim daha fazla gözlenmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 4.3'de ifade edilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı uygulamaların suda çözünür kuru madde üzerine etkisi

| **Depolama Süresi (Gün) / SÇKM Değeri (Briks)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** |
| **B1** | 9,733±0,047Aa | 9,861±0,110Aa | 10,350±0,164Ba | 10,703±0,089Bca | 10,950±0,212Ca |
| **B2** | 9,733±0,047Aa | 9,891±0,106Aa | 10,483±0,164Ba | 10,500±0,070Ba | 11,166±0,164Ca |
| **K** | 9,733±0,047Aa | 10,625±0,106Bb | 11,183±0,094Cb | 11,400±0,141CDb | 11,708±0,035Db |

$^{A-C}$ Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)
$^{a-c}$ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

### 4.4. Uygulamanın Ağırlık Kaybı Üzerine Etkisi

Ağırlık kaybı, meyvelerde yaşlanmayla ilgili bir parametre olup, aynı zamanda tekstürünü de etkileyen bir unsurdur (Ramakrishnan ve ark., 2019). Limonlarda ağırlık kaybı %5'in üzerine çıktığında kabuk yumuşamakta ve tazeliğini yitirerek kurumaktadır. Aynı zamanda ağırlık kayıpları, limonların taşıma sırasında konteynırlar içerisinde deforme olmasını sağlamakta ve görünüşünü de etkileyerek pazarlanma imkanını azaltmaktadır (Cohen ve ark., 1990). Çalışmamızda ağırlık kaybı tüm gruplarda depolama süresince artış göstermektedir. Uygulama gruplarında, depolama süresi dikkate alındığında ilk 10 gün boyunca istatistiksel olarak farklılık gözlenmemekte olup, kontrol grubunda ise depolamanın her gününde farklılıklar önemli düzeydedir. Çizelge 4.4.'da da görüldüğü gibi uygulamalar arasındaki fark ise önemsiz olup, kontrol grubuna göre her iki uygulama da ağırlık kaybını azaltmada etkilidir. Ambalajlama uygulamaları nemi kontrol ederek su kaybını ve patojen gelişimini yavaşlatmakta, aynı zamanda kabuktaki istenmeyen

bozuklukları da engellemektedir. Çalışmamızda bulduğumuz sonuçlar, ambalajlamanın turunçgillerde ağırlık kaybını azalttığını gösteren çalışmalarla (Chaudhary ve ark., 2015; Cohen ve ark., 1990; Porat ve ark., 2004) benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.4. Farklı uygulamaların ağırlık kaybı üzerine etkisi

| **Depolama Süresi (Gün) / Ağırlık Kaybı Değeri (%)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **5** | **10** | **15** | **20** |
| **B1** | 0,135±0,009Aa | 0,240±0,030Aa | 0,465±0,039Ba | 1,055±0,068Ca |
| **B2** | 0,151±0,009Aa | 0,295±0,049Aa | 0,506±0,024Ba | 1,133±0,059Ca |
| **K** | 4,478±0,091Ab | 8,091±0,052Bb | 10,841±0,058Cb | 17,433±0,059Db |
| $^{A-C}$ Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)<br>$^{a-c}$ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$). | | | | |

### 4.5. Uygulamanın Tekstür Üzerine Etkisi

Turunçgiller hasat sonrasında kolaylıkla ve çabuk bozulabilen ürünlerden olup, yüksek solunum hızı ve mekaniksel etkiler bu süreci hızlandırmaktadır (Ramakrishnan ve ark., 2019). Depolama sırasında tekstürün değişmesinde en önemli etken ise hücre duvarının parçalanmasıdır (Valero ve ark., 1998). Aynı zamanda depolamada yaşanan ağırlık kayıpları da tekstürü etkileyen diğer bir etmendir (Paul ve Pandey, 2014). Çalışmamızda tüm örneklerde sertlik değeri depolama süresince azalmaktadır. Aynı zamanda diğer parametrelerin aksine depolama × uygulama interaksiyonu önemsiz çıkmış olup, faktörlerin ana etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Depolamanın 15. günündeki tekstürel değerler 10 ve 20. günlerdeki değerlerden istatistiksel olarak farksız olup, depolamanın ilk 10 gününde ise farklılıklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.5.). Uygulamalar arasında fark tespit edilmezken, K grubunun ise uygulamalardan istatistiksel olarak daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. K grubundaki bu farklılığın sebebi, limonların yüksek terleme katsayına sahip olması ve çevresel koşullardan ambalajsız olması nedeniyle daha fazla etkilendiğinden ağırlık kayıplarının da daha fazla olmasındandır. Uygulama gruplarındaki ambalajlarda depolanan limonlarda ise ağırlık kaybı çok düşük miktarlarda gerçekleşmiş ve aynı zamanda ambalaj içindeki nem dengesi de iyi biçimde korunmuştur (Cohen ve ark., 1990). Bununla birlikte solunum hızının da yavaş olması, uygulama gruplarındaki sertlik değerlerinin muhafaza edilmesinde önemli rol oynamıştır. Çalışmamızdaki sonuçlar Castillo ve ark., (2014) tarafından yapılan ve limonlardaki tekstürün turgor basıncındaki azalma, hücre duvarındaki parçalanma ve diğer metabolik

değişimler nedeniyle sertlik değerinin depolama süresince azaldığını gösteren çalışmayla uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.5. Farklı uygulamaların tekstür üzerine etkisi

| Depolama Süresi (Gün) / Tekstür Değeri (N) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** | **Genel** |
| **B1** | 15,759±0,689 | 13,239±1,009 | 10,992±1,401 | 10,066±0,382 | 9,726±0,394 | 11,957±2,470a |
| **B2** | 15,759±0,689 | 12,899±0,342 | 10,523±0,527 | 9,962±0,048 | 9,380±0,581 | 11,705±2,508a |
| **K** | 15,759±0,689 | 11,310±0,250 | 8,730±0,284 | 8,523±0,250 | 7,626±0,205 | 10,389±3,124b |
| **Genel** | 15,759±0,534A | 12,483±1,043B | 10,082±1,267C | 9,517±0,798CD | 8,911±1,059D | |

[A-C] Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)
[a-c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

### 4.6. Uygulamanın Askorbik Asit Üzerine Etkisi

Turunçgillerin tüketiciler tarafından sevilerek tüketilmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi yüksek miktarda askorbik asit içermesindendir. Çünkü askorbik asit bir antioksidan olarak farklı serbest radikalleri elimine etme özelliğine sahiptir (Khosravi ve Asadollahzadeh, 2014). Çalışmamızda bütün örneklerde depolama süresince askorbik asit bakımından azalma görülmektedir. Çizelge 4.6.'da görüldüğü üzere, uygulama gruplarında depolamanın 10. gününden depolamanın sonuna kadar askorbik asit bakımından fark gözlenmemektedir. K grubunda ise sadece 15. ve 20. günler arasındaki fark önemsiz olup, diğer günlerdeki sonuçlar istatistiksel olarak önemlidir. Uygulamalar arasındaki farklılıklara bakıldığında ise B1 ve B2 uygulamaları benzer, K grubu ise uygulamalardan farklı sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlara göre uygulama grupları, örneklerin askorbik asit içeriğini daha iyi korumaktadır. Bunun sebebinin modifiye atmosfer koşullarının solunum hızını yavaşlatarak (Del-Valle ve ark., 2009; Sandhya, 2010), askorbik asidin dehidro askorbik aside parçalanmasını (Bisen ve ark., 2012) önlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

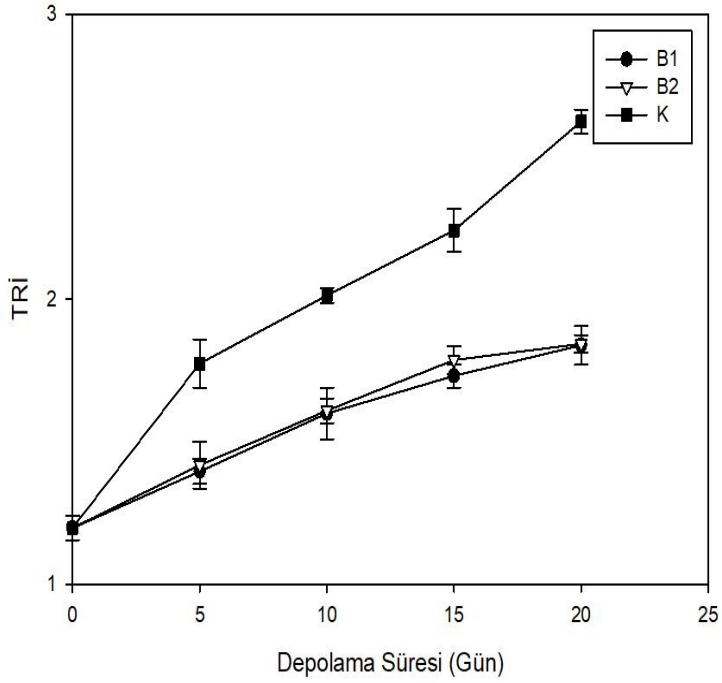
Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların askorbik asit üzerine etkisi

| Depolama Süresi (Gün) / Askorbik Asit Değeri (mg/100 ml) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** |
| **B1** | 55,280±0,565Aa | 53,000±0,282Ba | 52,200±0,754BCa | 51,433±0,329BCa | 50,160±0,226Ca |
| **B2** | 55,280±0,565Aa | 53,200±0,565ABa | 52,266±0,188BCa | 51,233±0,518BCa | 50,100±0,424Ca |
| **K** | 55,280±0,565Aa | 50,233±0,895Bb | 47,900±0,329Cb | 45,433±0,707Db | 43,966±0,707Db |

[A-C] Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$)
[a-c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

### 4.7. Uygulamanın Renk Kalitesine Etkisi

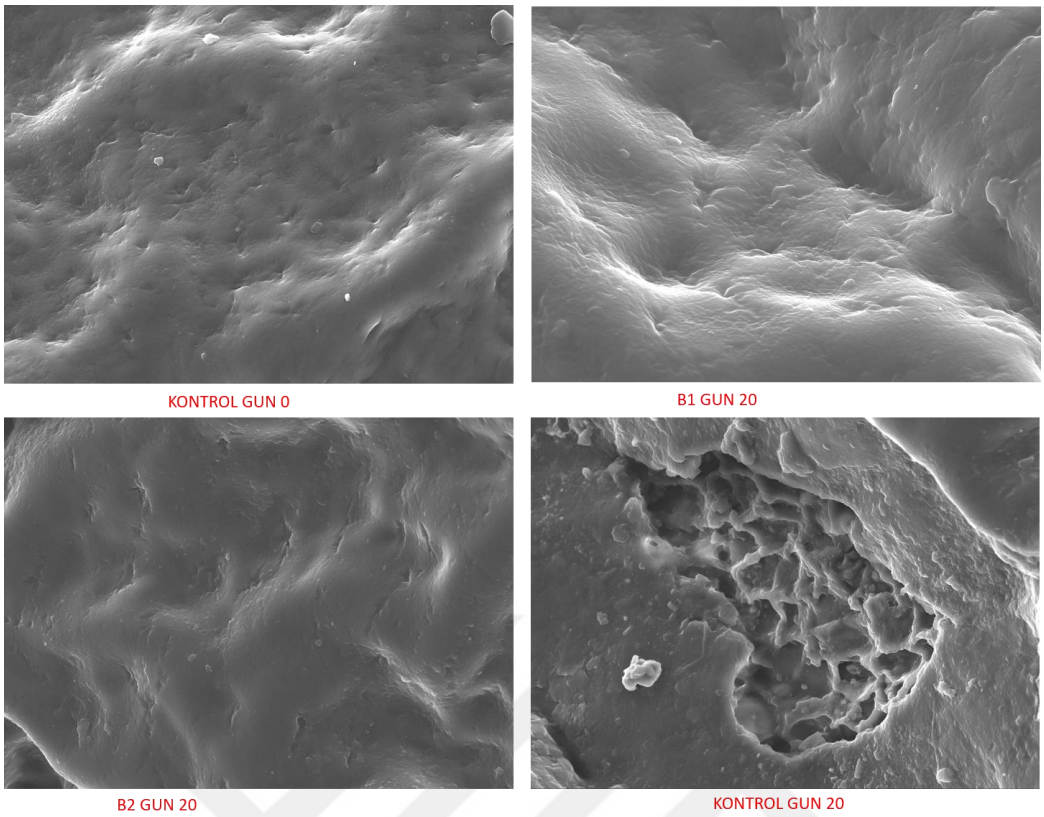
Turunçgillerin renk kalitesinin belirlenmesi için L*, a* ve b* parametrelerinden yararlanılarak oluşturulan turunçgil renk indeksi (TRİ) depolama boyunca izlenmiştir. TRİ parametresi turunçgil endüstrisinde, ürünlerin hasat zamanının belirlenmesinde veya dış rengin iyileştirilmesi için çeşitli uygulamaların yapılıp yapılmayacağının kararının verilmesinde kullanılmaktadır (Vidal ve ark., 2013). Limonların sarı rengi; karotenler, fitoen, fitofluen ve ksantofil gibi bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Lado ve ark., 2014). Çalışmamızda; Şekil 4.2.'de de açıkça görülmektedir ki, B1 ve B2 uygulamaları örneklerin L* ve b* değerlerini daha iyi muhafaza ederek, depolama boyunca TRİ değişiminin daha yavaş seyretmesine yol açmıştır. K grubundaki örneklerdeki değişimin hızlı olmasının nedeni, solunum hızının fazla olmasından dolayı karotenoidlerin izomerizasyon ve oksidasyon tepkimeleriyle parçalanması ve bunun neticesinde de cis izomerleri ve epoksitlerin oluşumu nedeniyle olabilir (Song ve ark., 2017). Ayrıca literatürdeki çalışmalar (Conesa ve ark., 2014; Conesa ve ark., 2019), limonların çoğunlukla yeşil halden sarı hale gelmesine yönelik olduğundan, limonlardaki sarı rengin depolama süresince değişimi üzerine daha fazla çalışılmasına gerek vardır.




Şekil 4.2. Farklı uygulamaların TRİ kalitesine etkisi

### 4.8. Limon Kabuklarının SEM Analizi İle İncelenmesi

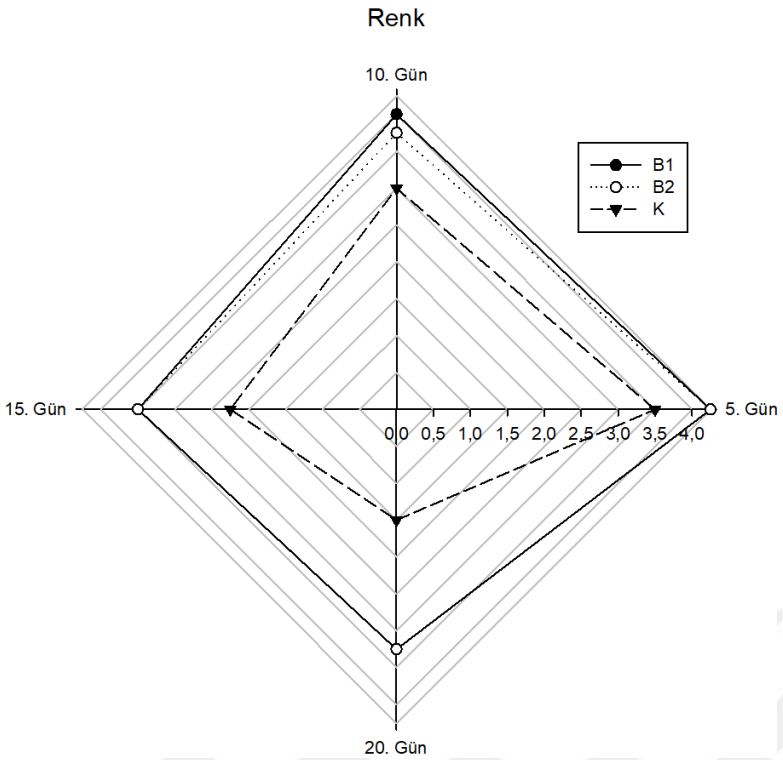
Turunçgillerde flavedo tabakasının yapısında ve hücresel düzeninde meydana gelen değişimler, hücre duvarı yapısının değişmesine ve hücre tabakalarının deformasyonuna neden olmaktadır (Kaur ve ark., 2019). Şekil 4.3.'de görüldüğü üzere, depolamanın başlangıcında hücreler pürüzsüz ve homojen bir dağılım göstermektedir. Depolamanın son gününde ise B1 ve B2 uygulamaları kontrol grubuna göre hücre yapısını muhafaza edebilmiştir. Kontrol grubunda ise hücre duvarındaki parçalanmalar ve hasarların ise yüksek su kaybından olduğu düşünülmektedir. Çünkü hücre için gerekli su buharı basıncı, kayıp nedeniyle karşılanamamakta ve bu nedenden dolayı da hasarlar meydana gelmektedir (Cronjé, 2013).



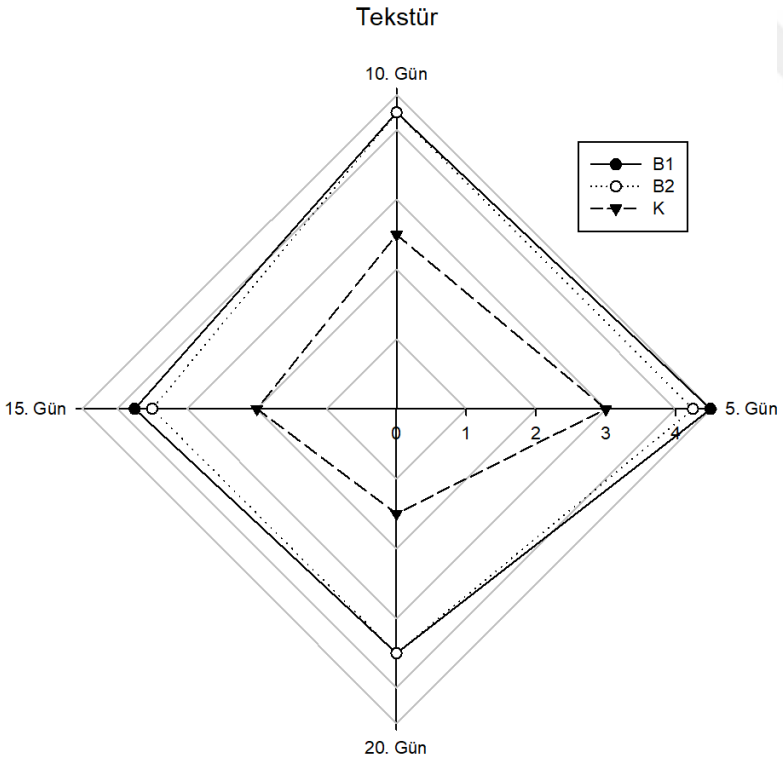

Şekil 4.3. Limon kabuklarındaki deformasyonların uygulamalara göre karşılaştırılması

### 4.9. Uygulamanın Duyusal Açıdan Etkisi

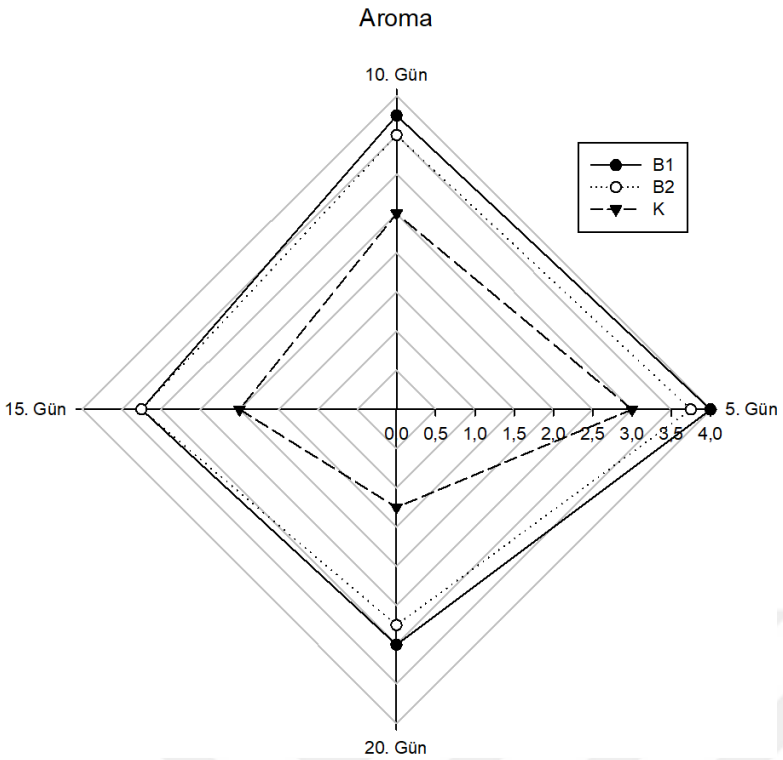
Tüketiciler tarafından verilen duyusal skorlara bakıldığında, Şekil 4.7'de genel olarak ifade edildiği ve beklenildiği üzere depolama süresinin artmasıyla birlikte değerlendirilen tüm parametreler azalma göstermektedir. Ürünler renk (Şekil 4.4), tekstür (Şekil 4.5) ve aroma (Şekil 4.6) bakımından değerlendirildiğinde, B1 ve B2 uygulamalarının ambalaj içi oluşturduğu optimum atmosfer koşulları yaşlanma prosesini geciktirerek, enzimatik reaksiyonlarla birlikte, renk pigmentlerinin de parçalanması azaltmış ve kontrol grubuna göre daha yüksek skorlar almasını sağlamıştır. Çalışmamızda bulduğumuz sonuçlar Bisen ve ark. (2012) tarafından lime üzerinde yapılan ve yenilebilir filmler tarafından gerçekleştirilen MAA koşullarının, kaplanmayan ürünlere göre daha iyi duyusal skorlar aldığı çalışmayla benzerlik göstermektedir.



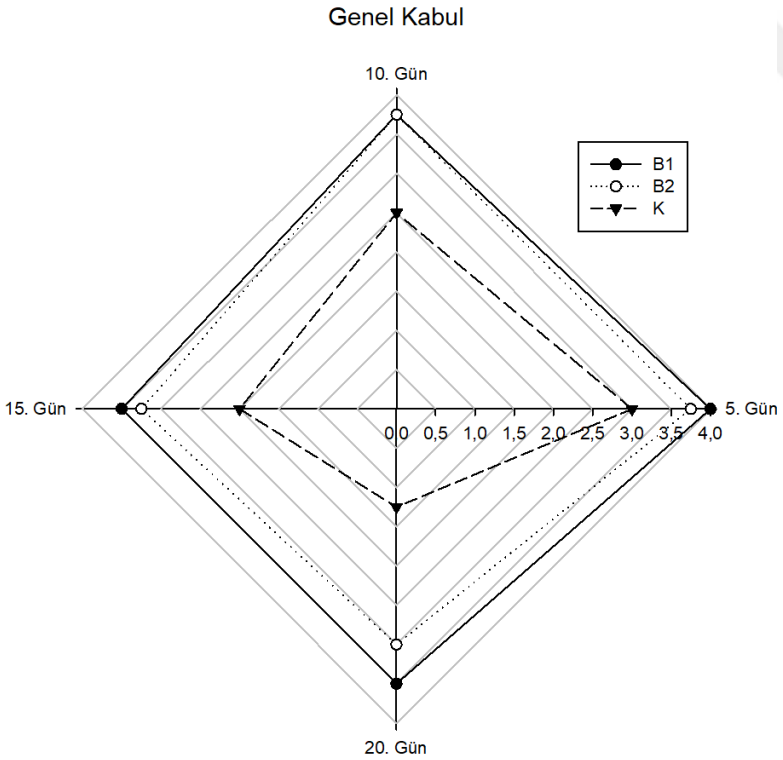

Şekil 4.4. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu renk değerlendirmesi




Şekil 4.5. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu tekstür değerlendirmesi




Şekil 4.6. Tüketicilerin limonlar üzerinde yapmış olduğu aroma değerlendirmesi




Şekil 4.7. Tüketicilere göre limonların genel kabul edilebilirliği

# BÖLÜM 5
# SONUÇ VE ÖNERİLER

Limon, tüketiciler tarafından çok çeşitli yöntemler kullanılarak tüketilmektedir. Direkt tüketiminden, aroma katkı maddesi olarak kullanımına kadar geniş bir alana yayılmış durumdadır. Bu durum üreticileri; üretim esnasından hasat sonrasına kadar uzanan, bunun devamında tüketiciye ulaşana kadarki süreçte yaşanan kayıplara çözüm yolu aramalarını sağlamıştır. Limonlarda yıllardır ciddi kayıplar olmasına karşın, son zamanlarda gözle görülür oranda azalma meydana gelmiştir.

Bu çalışmada Breatheway Membran Teknolojisinin kullanımı ile birlikte limonlarda ağırlık kaybı, renk, tekstür, suda çözünen kuru madde, askorbik asit, titrasyon asitliği gibi kalite kriterlerinin kabul edilebilir düzeyde korunması amaçlanmıştır.

MAA, özellikle hasat sonrasında solunumlarına devam eden meyve sebzelerde oldukça önemli bir koruma yöntemidir. Temel olarak hava yerine belli gaz oranlarının ambalaj içerisinde oluşturulması ile gerçekleştirilmektedir. Aktif ve pasif olarak ikiye ayrılan MAA, meyve ve sebzelerin özelliğine göre farklı metotlarla uygulanabilmektedir. Başlıca avantajları uygulandığı ürünlerde kaliteyi ve tazeliği koruması, raf ömrünü uzatması ve buna bağlı olarak da ekonomik kayıpları azaltması ve kimyasal kullanılmadan uygulanabilmesi şeklinde sıralanabilmektedir. Bu çalışmada Optimum MAA uygulaması için basınca duyarlı membran bantlarla solunum yapma prensibinde olan, 1,27 cm (B1) ve 2,22 cm (B2) çaplarındaki Breatheway modifiye atmosfer ambalajları kullanılmıştır. Bu ambalajlar ile birlikte kontrol grubu niteliğinde plastik kaplara konulan 1 kg'lık limonların depolama süresince rutin olarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırma bulguları neticesinde bu ambalajın özellikle meyve ağırlığının korunmasında ciddi katkılar sağladığı gözlemlenmiştir. Ağırlığın korunmasına bağlı olarak limonlarda, başta tekstür olmak üzere, diğer kalite parametrelerinde de tazeliğini koruduğuna yönelik bulgular elde edilmiştir.

Limonlar için Breatheway modifiye atmosfer teknolojisi, raf ömrünü uzatmak için alternatif bir yöntemdir. Ağırlık kaybını ciddi oranda azalttığı görülmüştür. Bu yöntemin kullanılmasının, yaşanan kayıpları ciddi oranda azaltacağı ve limon kalitesini koruyabileceği öngörülmüştür. Bununla birlikte, sadece perakende satışa yönelik olması dışında, paletli sistemler için de geliştirilmiş bir sistem olması meyve ve sebzeler için büyük avantaj teşkil etmektedir. Limonların bu teknoloji ile korunmasıyla ilgili daha fazla çalışma yapılması, bu yöntemin yaygınlaşması bakımından önem arz etmektedir.

Aynı zamanda limonların kalitesinin korunması için ozon, elektrolize su veya klordioksit kullanılması veya aktif ambalajlama uygulamalarının bir çeşidini oluşturan oksijen tutucuların ambalaj içerisine yerleştirilmesi gibi alternatiflerin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR


Aday M. S., Caner C., 2009. Understanding the Effects of Various Edible Coatings on the Storability of Fresh Cherry, Packaging Tecnology and Science.

Aday M. S., 2016. Application of Electrolyzed Water for Improving Postharvest Quality of Mushroom. LWT - Food Science and Technology, 68, 44-51.

Aday M.S., 2011. Aktif Ambalajlama ve Yeni Muhafaza Yöntemleri İle Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.

Agostini J., Scalon S., Silva K., Lima F., Gomes A.P., Leite M.M., 2012. Physicochemical and Microbiological Characteristics of Minimally Processed 'Champagne' Oranges (Citrus reticulata × Citrus sinensis) in Different Packgings. Food Sci. Technol, Campinas, 33(1): 84-92

Akgün C., 2006. Dış Ticaret Şubesi Uygulama Servisi, Turunçgiller Sektör Profili.

Al-Mouei R., Choumane W., 2014. Physicochemical Juice Characteristics of Various Citrus Species in Syria. Int J Plant Soil Sci, 3(9), 1083-1095.

Anonim., 2005. Http://Ekutup.Dpt.Gov.Tr/Bitkiure/Meyve/Oik657.Pdf. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Meyvecilik Alt Komisyon Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Dpt: 2649 - Öik: 657.

Anonim., 2008a. http://www.breatheway.com/.

Anonim., 2008b. http://www.breatheway.com/overview/technology.aspx.

Anonim., 2010. http://www.hurriyet.com.tr/narenciyede-rusyaya-ihracat-basladi-ureticini-40257428

Ares G., Lareo C., Lema P., 2007. Modified Atmosphere Packaging for Postharvest Storage of Mushrooms: A Review. Global Science Books, 1 (1): 32-40.

Artés-Hernández F., Rivera-Cabrera F., Kader A. A., 2007. Quality Retention and Potential Shelf-life of Fresh-Cut Lemons as Affected by Cut Type and Temperature. Postharvest Biology and Technology, 43(2), 245-254.

Balasundram N., Sundram K., Samman S., 2006. Phenolic Compounds in Plants and Agri-industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses. Food

Chemistry 99: 191–203.

Bisen A., Pandey S. K., Patel N., 2012. Effect of Skin Coatings on Prolonging Shelf Life of Kagzi Lime Fruits (Citrus Aurantifolia Swingle). Journal of Food Science and Technology-Mysore, 49(6), 753-759.

Brody L.A., Strupinsky E.R., Kline R.L., 2002. Active Packaging for Food Applications. CRC Press, Boca Raton. 224 p.

Burdurlu H. S., Koca N., Karadenız F., 2006. Degradation of Vitamin C in Citrus Juice Concentrates During Storage. Journal of Food Engineering 74: 211–216.

Canan İ., Ağar T., Gundoğdu M., 2015. Farklı Depo Koşullarında Muhafaza Edilen Kütdiken Limon (Citrus Lemon L.) Çeşidinde Bazı Kalite Kriterlerinin Dönemsel Değişimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 319-330.

Caner C., 2008. Gıda Ambalaj Ders Notları.

Castillo S., Perez-Alfonso C. O., Martinez-Romero D., Guillen F., Serrano M., Valero D., 2014. The Essential Oils Thymol and Carvacrol Applied in The Packing Lines Avoid Lemon Spoilage and Maintain Quality During Storage. Food Control, 35(1), 132-136.

Cemeroğlu B., 2009, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1. Cilt, 3. Baskı. Ankara, Türkiye. 707 p.

Chaudhary P. R., Jayaprakasha G. K., Porat R., Patil B. S., 2015. Influence of Modified Atmosphere Packaging on ‘Star Ruby’ Grapefruit Phytochemicals. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(3), 1020-1028.

Chen C., Peng X., Zeng R., Wan C., Chen M., Chen J., 2017. Physiological and Biochemical Responses in Cold-Stored Citrus Fruits to Carboxymethyl Cellulose Coating Containing Ethanol Extract of Impatiens Balsamina L. Stems. Journal of Food Processing and Preservation, 41(4), e12999.

Chien P. J., Sheu F., Lin H. R., 2007. Coating Citrus (Murcott Tangor) Fruit with Low Molecular Weight Chitosan Increases Postharvest Quality and Shelf Life. Food Chemistry, 100(3), 1160-1164.

Cohen E., Lurie S., Shapiro B., Ben-Yehoshua S., Shalom Y., Rosenberger I., 1990. Prolonged Storage of Lemons Using Individual Seal-Packaging. Journal of the American Society for

Horticultural Science, 115(2), 251-255.

Conesa A., Brotons J., Manera F., Porras I. J. S. H., 2014. The Degreening of Lemon and Grapefruit in Ethylene Atmosphere: A Cost Analysis. 179, 140-145.

Conesa A., Manera F., Brotons J., Fernandez-Zapata J., Simón I., Simón-Grao S., 2019. Changes in the Content of Chlorophylls and Carotenoids in the Rind of Fino 49 Lemons During Maturation and Their Relationship with Parameters from the CIELAB Color Space. Scientia Horticulturae, 243, 252-260.

Cronjé P. J. R., 2013. Postharvest Rind Disorders of 'Nadorcott' Mandarin are Affected by Rootstock in Addition to Postharvest Treatments.

Demirtaş B., 2005. Türkiye'de Limon Üretim Ekonomisi ve Pazar Yapısı. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.

Dhuıque-Mayer C., Carıs-Veyrat C., Tbatou M., Amıot M. J., Caraıl M., Dornıer M., 2007. Thermal Degradation of Antioxidant Micronutrients in Citrus Juice: Kinetics and Newly Formed Compounds. Journal of Agricultural Food Chemistry. 55; 4209–4216.

Etienne A., Genard M., Lobit P., Mbeguie-A-Mbeguie D., Bugaud C., 2013. What Controls Fleshy Fruit Acidity? A Review of Malate and Citrate Accumulation in Fruit Cells. Journal of Experimental Botany, 64(6), 1451-1469.

FAO [Food and Agriculture Organization]. 2011. Crop production and trade data. http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx.

FAO, 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations,www.fao.org.

FAO, 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations,www.fao.org.

Gavara R., Del-Valle V., Hernández-Muñoz P., Catalá R., 2009. Optimization of an Equilibrium Modified Atmosphere Packaging (EMAP) for Minimally Processed Mandarin Segments. Journal of Food Engineering, 91(3), 474-481.

Gonzalez J., Ferrer A., Oria R., Salvador M.L., 2008. Determination of $O_2$ and $CO_2$ Transmission Rates Through Microperforated Films for Modified Atmosphere Packaging of Fresh Fruits and Vegetables, Journal of Food Engineering, 86 (2): 194-201.

Goodrich R. 2003. Lemons. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2nd ed. New

York: Elsevier. p 1354–9.

Grey J.I., Harte B.R. ve Miltz J., 1987. Food Product-Package Compatibility. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc.

Guynot M.E., Sanchis V., Ramos A.J., Marin S., 2003. Mold-Free Shelf-Life Extension of Bakery Products by Active Packaging. Journal of Food Science, 68 (8): 2547-2552.

Han J., 2005. Innovations in Food Packaging. Elsevier, London: Academic Press.

Hızal A.Y., 1990. Turunçgil Meyvelerinde Hasat ve Depolama. Turunçgiller ve Subtropik Meyveler Semineri, 19-23 Kasım, Antalya, 135-143.

Jayas D.S., Jeyamkondan S., 2002, Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables, Biosystems Engineering 82 (3): 235-251.

Jongen W., 2002. Fruit and Vegetable Processing. CRC Press, Boca Raton. 350 p.

Kader A A, Rolle R S., 2004. The Role of Post-Harvest Management in Assuring the Quality and Safety of Horticultural Produce. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Isbn 92-5-105137-2

Kafa G., Uzun A., Turgutoğlu E., Canan İ., Öztop A., Canıhoş E. 2010. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Televizyon Yoluyla Yaygın Çiftçi Eğitimi Projesi. Turunçgil Yetiştiriciliği, 54(1), 208 s., Ankara.

Kanber R., Kapur B., Ünlü M., Tekin S., Koç L. 2015. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım. Iccap Projesi Erişim yeri: http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/10917.pdf.

Kaplankıran M., Demirkeser T. H., Toplu C., Yıldız E., 2008. Dörtyol ve Samandağ Yörelerinde Yetiştirilen Washington Navel Portakallarının Kalitesine Soğukta Muhafazanın Etkisi, Bahçe 37 (1): 17 – 24

Kartal S., 2010. Çileğin Raf Ömrünün Mikroperfore Filmler ve Oksijen Tutucular Kullanılarak Denge Modifiye Atmosfer ile Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.

Kartal S., Aday M. S., Caner C., 2010. Meyve ve Sebzelerde Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamaya Etki Eden Faktörler. Akademik Gıda/Academic Food Journal. ISSN Print,

1304-7582.

Kaur S., Jawandha S.K., Singh H., 2015. Effect of Chemicals and Modified Atmosphere Packaging on Selected Physico-Chemical Characteristics of Baramasi Lemon Fruits at Ambient Conditions, Department of Fruit Science, College of Agriculture, Punjab Agiculture University. Ludhiana-141 004.

Kaur R., Kaur N., Singh H. J. S. H., 2019. Pericarp and Pedicel Anatomy in Relation to Fruit Cracking in Lemon (Citrus limon L Burm.). 246, 462-468.

Kayesh E., Das S., Roni M., Rajib M., Islam M., Sultana H., 2018. Shelf Life and Quality of Sorboti Lemon as Affected by Different Chemicals and Storage Temperature. Archives of Agriculture and Environmental Science, 3(3), 303-309.

Kerry J., Butler P., 2008. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 340 p.

Khosravi F., Asadollahzadeh H., 2014. Determination of Ascorbic Acid in Different Citrus Fruits Under Reversed Phase Conditions with UPLC. Euro J Exp Biol, 4, 91-94.

Lado J., Rodrigo M. J., Zacarías L., 2014. Maturity Indicators and Citrus Fruit Quality. Stewart Postharvest Review, 10(2), 1-6.

Luengwilai K., Sukjamsai K., Kader A. A., 2007. Responses of ‘Clemenules Clementine’and ‘W. Murcott’ Mandarins to Low Oxygen Atmospheres. Postharvest Biology and Technology, 44(1), 48-54.

Mangaraj S., Goswami T. K., 2009. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables for Extending Shelf-Life-A Review. Fresh Produce, 3(1), 1-31.

Mannapperuma J. D., Zagory D., Singh R.P., Kader A. A., 1989. Design of Polymeric Packages for Modified Atmosphere Storage of Fresh Produce. In J. K. Fellman (Ed.), Proceedings of The Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, 2: 359-366.

Mattheis J., Fellman J. K., 2000. Impacts of Modified Atmosphere Packaging and Controlled Atmospheres on Aroma, Flavor, and Quality of Horticultural Commodities. HortTechnology, 10(3), 507-510.

Montero C. R. S., Antes R. B., Schwarz L. L., Dos Santos L. C., Dos Santos R. P., Bender R. J., 2010. Complementary Physical and Chemical Treatments as an Alternative to Fungicide

Use to Control Postharvest Decay Incidence and Fruit Quality of Montenegrina Tangerines. Crop Protection, 29(10), 1076-1083.

Nascimento L.M., Arruda M.C., Fischer I.H., Ferraz L.P., Fonseca M.B., 2011. Potencial de Conservação de Tangerina W Murcott: Armazenamento Refrigerado x Atmosfera Modificada, Citrus Research & Technology, Cordeirópolis, v.32, n.3, p.167-172.

Oliveira F. A. R., Fonseca S.C., Oliveira J.C., Brecht J. K., Chau K.V., 1998. Development of Perforation-Mediated Modified Atmosphere Packaging to Preserve Fresh Fruit and Vegetable Quality After Harvest, Food Science and Technology International, 4 (5): 339-352.

Özdemır M., Floros J.D., 2004. Active Food Packaging Technologies Critical Reviews, Food Science and Nutrition, 44: 185-193.

Özdemir I., Monnet F., Gouble B., 2005. Simple Determinat Ion of the $O_2$ and $CO_2$ Permeances of Microperforated Pouches for Modified Atmosphere Packaging of Respiring Foods, Postharvest Biology and Technology, 36: 209-213.

Paul V., Pandey R., 2014. Role of Internal Atmosphere on Fruit Ripening and Storability a Review. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 51(7), 1223-1250.

Polydera A. C., Stoforos N. G., Taoukıs P. S., 2005. The Effect of Storage on The Antioxidant Activity of Reconstituted Orange Juice Whichhad been Pasteurized by High Pressure or Heat. International Journal of FoodScience and Technology. 39: 783–791.

Porat R., Weiss B., Cohen L., Daus A., Aharoni N., 2004. Reduction of Postharvest Rind Disorders in Citrus Fruit by Modified Atmosphere Packaging. Postharvest Biology and Technology, 33(1), 35-43.

Priyanka R., Chaudhary G., Jayaprakasha K., Porat R., Bhimanagouda S., 2015. Influence of Modified Atmosphere Packaging on ‘Star Ruby’ Grapefruit Phytochemicals, J. Agric. Food Chem., 63 (3), 1020–1028.

Rab A., Haq S., Khalil S. A., Ali, S. G., 2010. Fruit Quality and Senescence Related Changes in Sweet Orange Cultivar Blood Red Uni-Packed in Different Packing Materials. Sarhad J. Agric, 26(2), 221-228.

Ramakrishnan S. R., Jo Y., Nam H. A., Gu S. Y., Baek M. E., Kwon J. H., 2019. Implications of

Low-Dose E-Beam Irradiation as a Phytosanitary Treatment on Physicochemical and Sensory Qualities of Grapefruit and Lemons During Postharvest Cold Storage. Scientia Horticulturae, 245, 1-6.

Rapisarda P., Caggia C., Lanza C.M., Bellomo S.E., Pannuzzo P., Restuccia C., 2006. Physicochemical, Microbiological, and Sensory Evaluation of Minimally Processed Tarocco Clone Oranges Packaged with 3 Different Permeability Films. Journal of Food Science, 71, 299–306

Restuccia D., Spizzirri U. G., Parisi O. I., Cirillo G., Curcio M., Iemma F., Picci N., 2010. New EU Regulation Aspects and Global Market of Active and Intelligent Packaging for Food Industry Applications. Food control, 21(11), 1425-1435.

Ronk R. J., Carson K. L., Thompson P., 1989. Processing, Packaging and Regularion of Minimally Processed Fruits and Vegetables, Food Technology, 43(2): 136

Rooney M.L., 1995. Active Food Packaging. Springer, New York. 260 p.

Sandhya M., 2010. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. LWT - Food Science and Technology, 43(3), 381-392.

Sivertsvik M., Jeksrud W.K., Rosnes J.T., 2002. A Review of Modified Atmosphere Packaging of Fish and Fishery Products – Significance of Microbial Growth, Activities and Safety. International Journal of Food Science and Technology, 37, 107-127.

Song J., Wang X., Li D., Liu C. J. I. J. o. F. P., 2017. Degradation Kinetics of Carotenoids and Visual Colour in Pumpkin (Cucurbita Maxima L.) Slices During Microwave-Vacuum Drying. 20(sup1), 632-643.

Taşdemir H.A., Akkaya F., 2000. Turunçgiller Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu, Meyvecilik Alt Komisyonu, DPT:2649-ÖİK:657, Ankara, 661.

Topal M, Arslan E, Aslan S, 2011. Limon Kabuğu Kullanarak Sulu Çözeltilerden Cu (II) Giderimi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(3):265-270.

Tsantili E., Konstantinidis K., Athanasopoulos P., Pontikis C., 2002. Effects of Postharvest Calcium Treatments on Respiration and Quality Attributes in Lemon Fruit During Storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 77(4), 479-484.

Turner T., Burri B., 2013. Potential Nutritional Benefits of Current Citrus Consumption. Agriculture, 3(1), 170-187.

TÜİK, 2016. Türkiye İstatistikler Kurumu/ Bitkisel üretim İstatistikleri

USDA, 2009. Food Composition Databases. https://ndb.nal.usda.gov/

Üçüncü M., 2007. Gıda Ambalajlama, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir. 896 p.

Valero D., Martinez-Romero D., Serrano M., Riquelme F., 1998. Influence of Postharvest Treatment with Putrescine and Calcium on Endogenous Polyamines, Firmness, and Abscisic Acid in Lemon (Citrus lemon L. Burm cv. Verna). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(6), 2102-2109.

Vermeiren L., Devlieghere F., van Beest M., de Kruijf N., Debevere J. 1999. Developments in the Active Packaging of Foods. Trends in Food Science & Technology, 10(3), 77-86.

Vidal A., Talens P., Prats-Montalbán J. M., Cubero S., Albert F., Blasco J. J. F., Technology B., 2013. In-Line Estimation of the Standard Colour Index of Citrus Fruits Using a Computer Vision System Developed for a Mobile Platform. 6(12), 3412-3419.

Wang K., Shao X., Gong Y., Zhu Y., Wang H., Zhang X., Lu H., 2013. The Metabolism of Soluble Carbohydrates Related to Chilling Injury in Peach Fruit Exposed to Cold Stress. Postharvest Biology and Technology, 86, 53-61.

Wilson C.L., 2007. Intelligent and Active Packaging for Fruits and Vegetables. CRC Press, Boca Raton. 336 p.

Xu G., Ye X., Chen J., Lıu D., 2007. Effect of Heat Treatment on the Phenoli Compounds and Antioxidant Capacity of Citrus Peel Extract. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 330-335.

Yetim H., Ekici L., Ozcan C., Ozturk I., Tornuk F., Karaman S., 2017. Effects of Some Food Juices and Additives on Some Physicochemical, Textural, Color, Microbiological and Sensory Properties of Cemen Paste. Journal of Food Processing and Preservation, 41(3), e12950.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mustafa ATAN

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 18.06.1993

## EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2015

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2019

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce (iyi), Fransızca (başlangıç)

## BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

Ayvaz, H., Dogan, M.A., Atan, M., Yildiz Tiryaki, G., Karagul Yuceer, Y., 2017. Application of Near and Mid-infrared Spectroscopy to Determine Some Quality Parameters of Ezine Cheese. Oral Presentation. The 16th International Symposium 'Prospects for the 3rd Millenium Agriculture', September 28-30, 2017 in Cluj-Napoca, Romania.

Atan, M., Ozturk, M., Yakar, E., Aday, M.S., Temizkan, R,. Singh, S., 2017. Quality Extension of Fresh Lemons by Using the Breatheway Membrane Technology. Short Paper Presentation. ISCMP-The International Joint Science Congress of Materials and Polymers, August 25-28, 2017 in Ohrid, Macedonia.

Ozturk, M., Atan, M., Yakar, E., Aday, M.S., Temizkan, R,. Topuz, O., 2017. Effect of Packaging Materials on Mushroom Quality During Different Transportation Frequencies on Mushroom Quality. Short Paper Presentation. ISCMP-The International Joint Science Congress of Materials and Polymers, August 25-28, 2017 in Ohrid, Macedonia.

Topuz, O., Atan, M., Yakar, E., Aday, M.S., Temizkan, R,. 2017. Using Active Packaging to Preserve Quality of Sweet Cherry. Poster Presentation. ISCMP-The

International Joint Science Congress of Materials and Polymers, August 25-28, 2017 in Ohrid, Macedonia.

b) Görevler

Chairman in a congress session. ISCMP-The International Joint Science Congress of Materials and Polymers, August 25-28, 2017 in Ohrid, Macedonia.

## İŞ DENEYİMİ

ÇOBİLTUM (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) – 2015/2016 (Yarı zamanlı)

ABP Ölçü Kontrol Sis. İth. Paz. Tür. ve Tic. Ltd. Şti. – 2018/Devam Ediyor

## İLETİŞİM

E-posta Adresi: mustafaatan1993@gmail.com