



**T.C**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN MİKROPERFORE  
FİLMER VE OKSİJEN TUTUCULAR  
KULLANILARAK DENGE MODİFİYE  
ATMOSFER İLE ARTTIRILMASI**

**Serkan KARTAL**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tezin Sunulduğu Tarih: 20.07.2010**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Cengiz CANER**

**ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV SONUÇ FORMU

SERKAN KARTAL tarafından DOÇ. DR. CENGİZ CANER yönetiminde hazırlanan “ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN MİKROPERFORE FİMLER VE OKSİJEN TUTUCULAR KULLANILARAK DENGE MODİFİYE ATMOSFER İLE ARTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Cengiz CANER

---

Danışman

Prof Dr. Eyüp ÖZDEMİR

---

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Emin YILMAZ

---

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 20/07/2010

Prof. Dr. İsmail TARHAN

---

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## 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.**

Serkan KARTAL

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmamın başından beri desteğini arkamda hissettiğim ve her konuda yol gösterici olan değerli Bölüm Başkanım ve Danışmanım Sn. Doç Dr. Cengiz CANER'e,

Çalışmamda tüm analizlerin yapılmasında yardımlarından dolayı değerli arkadaşlarım Araştırma Görevlisi M. Seçkin ADAY ve Araştırma Görevlisi M. Burak BÜYÜKCAN'a, sevgili meslektaşlarım Fatih RAHVALI, Orhan USTA, Mehmet DEDE, Arif ÇİLTEPE ve Y. Mert GÖKÇEGÜN ve değerli dostum Ziraat Mühendisi Ünal ÜRKMEZ'e,

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimin sırasında yardımlarını ve manevi desteklerini esirgemeyen Değerli Bölüm Hocalarım ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma, çalışmamda işletmesinin kapılarını sonuna kadar açan Sn. Muharrem DEMİR ve APACK Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına,

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, her zaman yanımda olan, anlayış ve hoşgörülerinden dolayı Aileme Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Serkan KARTAL

## ÖZET

# ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN MİKROPERFORE FİMLER VE OKSİJEN TUTUCULAR KULLANILARAK DENGELİ MODİFİYE ATMOSFER İLE ARTTIRILMASI

Serkan KARTAL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cengiz CANER

20/07/2010, 114

Çilek yüksek solunum oranına sahip bir meyvedir. Yüksek solunum oranı nedeniyle kısa sürede kalite kayıpları meydana gelmekte ve pazar değerini yitirmektedir. Bu sorunu önlemek için taze çileklerin ambalajlanmasında yeni yöntemler kullanılması gerekmektedir. Taze çileklerin kalite kriterlerini daha uzun süre korumak için mikroperfore filmler ile oksijen tutucuların kombinasyonu bir çözüm olabilir.

Bu çalışmada farklı ambalaj filmleri (a) Kontrol BOPP, b) BOPP+O<sub>2</sub> tutucu, c) 90 µm mikroperfore film 9 delikli, d) 90 µm mikroperfore film 9 delikli + O<sub>2</sub> tutucu, e) 90 µm mikroperfore film 7 delikli, f) 90 µm mikroperfore film 7 delikli + O<sub>2</sub> tutucu) kullanarak çileğin raf ömrüne etkisi incelenmiştir. Taze çilekler polivinil klorür/polietilen tepsilere 180 gram konularak ağızları tabak kaynak makinesinde kapatılmış ve 4 °C'de depolanarak periyodik olarak analizleri yapılmıştır. Farklı ambalaj filmleri kullanılarak çileklerde depolama süresinde meydana gelen değişimler pH, iletkenlik, gaz değişimleri (O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>), renk (L ve a), briks, TPA ve FT-NIR analizleri ile incelenmiştir.

Depolama süresince pH ve iletkenlik değerinde beklenildiği gibi artış meydana gelmiştir. ileklerde depolama boyunca briks değerleri 9,72'den 7,25 ile 8,18 değerleri arasına kadar azalma göstermiştir. Depolama sonunda tepe boşluğundaki O<sub>2</sub> değişimi %20'lerden %0-5 seviyelerine dūřmüřtür. CO<sub>2</sub> oranı ise % 0,03 konsantrasyonundan % 10-40 seviyelerine çıkmıştır. ileklerde önemli kalite kriterlerinden olan renk değerleri (L ve a değeri) azalma göstermiştir. ileklerde depolama süresi sonunda mikroperfore uygulamalarında sertliğin korunduğu görölmüştür.

Mikroperfore ve oksijen tutucuların kombinasyonu ile çileklerin raf ömürlerinin uzatılabileceği görölmüştür. Hasat sonrası çileklerde mikroperfore, oksijen tutucular ve denge modifiye atmosferin (EMAP) ticari olarak uygulanabilirliğini de gösterilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Mikroperfore film, ilek, aktif ambalajlama, raf ömrü.

## **ABSTRACT**

### **EXTENDING THE SHELF LIFE OF FRESH STRAWBERRIES USING MICROPERFORE FILMS AND OXYGEN SCAVENGERS WITH EQUILIBRIUM MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING**

Serkan KARTAL

Canakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Food Engineering Thesis of Master of Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Cengiz CANER

20/07/2010, 114

Strawberry is a fruit that has high respiration rate. Strawberry is a highly perishable fruit due to its high respiration rate, market value decreases in a short time. To prevent this problem, new packaging methods, such as combination of microperforead films with oxygen absorbers, can be a solution.

In this study we have used different packaging films (a) Control BOPP, b) BOPP+O<sub>2</sub> absorbent, c) 90µm-BOPP microperforated films 9 perforated, d) 90µm-BOPP microperforated films 9 perforated + O<sub>2</sub> absorbent, e) 90µm-BOPP microperforated films 7 perforated, f) 90µm-BOPP microperforated films 7 perforated + O<sub>2</sub> absorbent) to investigate the affect on the strawberries shelf life. The polyvinil chloride-polyethylene (PVC/PE) trays were filled with 180 g fresh strawberries and they were heat-sealed with microperforated lid films and stored at 4 °C and analysed periodically.

When differrent packaging films were used there were changes on the strawberry shelf life. We investigated these changes by pH, conductivity, gas changes (O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>), colour (L and a), brix, TPA and FT-NIR analyses.

During the storage, pH and conductivity values increased as expected. Strawberry brix evolved from the initial 9.7 value and reduced to a range of 7.26 to 8.18 at the end of the storage. O<sub>2</sub> rate in the head space reduced from % 20 to %0-5. CO<sub>2</sub> rate increased from %0.03 to % 10-40. L and a values which are important criteria for strawberries, have reduced. With microperforated film applications, fruit hardness have not changed.

With the combination of the microperforate and oxygen absorbent we saw that strawberry shelf life can be increased. Microperforations at postharvest strawberries demonstrated that oxygen absorbents and EMAP could be used commercially.

**Keywords:** Microperforated films, strawberry, active packaging, shelf life.



## İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
<b>BÖLÜM 1-GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Gıda Ambalajlama ve Önemi .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Gıda Ambalajlama Malzemeleri .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Plastik Esaslı Ambalaj Malzemeleri .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1. Polipropilen .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Perforasyon .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.1. Perforasyon Yöntemleri .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.2. Makroperfore Filmler .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4.2.1. Makroperforasyon Avantajları .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.3. Mikroperfore Filmler .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.3.1. Mikroperforasyonun Avantajları .....</b>	<b>13</b>
<b>1.5. Modifiye Atmosfer Ambalajlama .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5.1. Denge Modifiye Atmosfer (EMAP) .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.2. Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamaya Etki Eden Faktörler .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.2.1. Ambalaj Filmi .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.2.2. Difüzyona Dayanım .....</b>	<b>22</b>

1.5.2.3. Solunum Oranı .....	22
1.5.2.4. Optimum Sıcaklık .....	24
1.5.2.5. Optimum Nispi Nem (RH) .....	26
1.5.2.6. Optimum O <sub>2</sub> ve Co <sub>2</sub> Konsantrasyonları .....	26
1.5.2.7. Etilen Üretimi ve Hassasiyeti .....	27
1.5.2.8. Işık .....	29
1.5.2.9. Şok ve Titreşim .....	29
1.6. Aktif Ambalajlama .....	29
1.6.1. Oksijen Tutucular .....	30
1.6.1.1. Oksijen Tutucuların Doğru Seçilmesi .....	32
1.6.1.2. Oksijen Absorblama Teknikleri .....	35
1.6.1.2.1. Demir Oksidasyonu Sistemi .....	35
1.6.1.2.2. Kateşol Oksidasyonu Mekanizması .....	36
1.6.1.2.3. Enzim Oksidasyonu Mekanizması .....	36
1.6.1.2.4. Askorbik Asit Uygulaması .....	37
1.6.1.2.5 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin Oksidasyon Sistemi	37
1.6.1.3. Oksijen Tutucuların Gıdalarda Uygulama Yerleri .....	38
1.7. Meyve ve Sebzeler .....	39
1.7.1. Meyve ve Sebzelerde Kaliteyi Etkileyen Etmenler .....	40
1.7.1.1. Meyve Ve Sebzelerde Solunum .....	40
1.7.1.1.1. Solunum Sonucunda Meydana Gelen Değişiklikler ..	41
1.7.1.2. Terleme .....	41
1.7.1.3. Etilen Üretimi .....	42

<b>1.7.2. Meyve ve Sebzelerde Depolama Süresince Görülen Kalite Kayıplar</b>	43
<b>1.7.2.1. Renk Kayıpları</b>	43
<b>1.7.2.1.1. Klorofil</b>	44
<b>1.7.2.1.2. Karatenoidler</b>	44
<b>1.7.2.1.3. Antosiyaninler</b>	45
<b>1.7.3. İstenmeyen Aroma Oluşumları</b>	46
<b>1.7.3.1. Mikroorganizmalar Tarafından Üretilen Aroma Maddeleri</b>	46
<b>1.7.3.2. Oksidasyon Sonucu Üretilen Aroma Maddeleri</b>	46
<b>1.7.4. Tekstürde Meydana Gelen Kayıplar</b>	46
<b>1.7.5. Vitamin Kayıpları</b>	48
<b>1.7.5.1. Vitamin C Kayıpları</b>	49
<b>1.8. Çilek</b>	49
<b>1.8.1. Türkiye Çilek Üretim ve İhracatı</b>	52
<b>1.8.2. Dünya Çilek Üretimi</b>	55
<b>1.8.2.1. Dünya Çilek İhracatı</b>	55
<b>1.8.3. Çilek İthal Eden Ülkeler</b>	56
<b>1.8.4. Çileğin Kalite Kriterleri</b>	57
<b>BÖLÜM 2 - MATERYAL VE METOT</b>	<b>59</b>
<b>2.1. Materyal</b>	59
<b>2.1.1. Çilek</b>	59
<b>2.1.2. Üst Film Ve Alt Sert Tepsi</b>	59
<b>2.1.2.1. Mikroperfore Filmler</b>	60

2.1.3. Denge MAP (EMAP) .....	61
2.1.4. O <sub>2</sub> Tutucu Sistemler .....	62
2.1.5. 2.1.5. Çileklerin Depolanması ve Örneklemeye .....	62
2.2. Metot .....	62
2.2.1. Yapılan Analizler .....	62
2.2.1.1. pH Tayini .....	62
2.2.1.2. Suda Çözünebilir Kuru Madde Tayini .....	62
2.2.1.3. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi (Tepe boşluğu) .....	63
2.2.1.4. Focus Grup Analizi .....	63
2.2.1.5. İletkenlik .....	63
2.2.1.6. Renk .....	63
2.2.1.7. Tekstür Doku Analizi .....	64
2.2.3.8. FT-NIR Spektroskopik Ölçümler .....	65
2.2.1.9. İstatistik Analizler .....	66
<b>BÖLÜM 3 - BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>67</b>
3.1. pH Analizi .....	67
3.2. Suda Çözünür Kuru Madde .....	69
3.3. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi (Tepe boşluğu) .....	71
3.3.1. O <sub>2</sub> Değişimi .....	71
3.3.2. CO <sub>2</sub> Değişimi .....	72
3.4. Focus Grup Analizi .....	73
3.5. İletkenlik .....	75
3.6. Renk Analizleri .....	77

3.6.1. a Değeri .....	77
3.6.2. L Değeri .....	79
3.7. Tekstür Profil Analizi .....	81
3.8. FT-NIR Spektroskopik Ölçümler .....	86
<b>BÖLÜM 4 - SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>90</b>
4.1. Sonuçlar .....	90
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>93</b>
Çizelgeler .....	I
Şekiller .....	II
Özgeçmiş .....	IV

**BÖLÜM 1****GİRİŞ**

Dünyadaki gıda tüketimi, değişen yaşam koşulları, coğrafi şartlar vb. etkilerle zaman içerisinde değişmektedir. Sanayileşmenin getirdiği iyi yaşam şartları sebebiyle, oluşan göçler de tüketim alışkanlıklarını etkilemektedir. Tüketici isteklerinde meydana gelen bu değişimler, doğal olarak gıda ambalajlama taleplerini de etkilemekte ve değiştirmektedir (Kartal ve ark., 2010).

Ambalaj, modern toplumlarda ürünlerin üretiminden tüketiciye ulaşıncaya kadar, dağıtım zincirindeki dış etkenlerden koruyan (taşıma, depolama, dağıtım, tanıtım) ve kolaylaştıran bir araçtır. Bu nedenle gıda ürünlerinin dayanma sürelerinin uygun muhafaza ve ambalajlama ile kayıplarının en aza indirerek raf ömürleri arttırılması gerekmektedir. Bu ürünlerin başında da taze meyve ve sebzeler gelmektedir (Kartal ve ark., 2010).

Taze meyve ve sebzeler diğer gıdalardan farklı olarak hasattan sonra solunumlarını sürdürerek fizyolojik yaşamlarına devam ederler. Solunumda alınan oksijen hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi kompleks bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken; çevreye karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ile bir miktar ısı bırakırlar. Meyve ve sebzelerde solunumun devam etmesi sonucunda ortama verilen etilen, CO<sub>2</sub> gibi ürünler kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra üründe su ve renk kayıplarına neden olmakta, bu da ürünün raf ömrü kısaltmaktadır (Ball, 1997).

Taze meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin uzatılmasında farklı yeni yöntemler uygulanmaktadır.

Bunlardan;

- Klorindioksit,
- Ozon,

- Modifiye atmosfer,
- Aktif ve akıllı ambalajlama kullanılan yeni yöntemlerin başında gelmektedir.

Son yıllarda plastik film sektöründe de büyük yenilikler meydana gelmektedir. Dünyada teknolojik yeniliklerle beraber ortaya çıkan diğer bir uygulamada mikroperfore filmlerdir.

Meyve ve sebzeler gibi solunum yapan ürünlerde solunum hızlarına bağlı olarak ürün ambalajlandıktan sonra ambalaj içi gaz konsantrasyonu değişerek dengeye ulaşır (Caner, 2008; Hernandez, 1997). Yüksek oksijen geçirgenliğini sağlamak ve üretilen CO<sub>2</sub>'in ambalaj içinden çıkması için ambalaj yüzeyi gaz değişimini sağlayacak kadar yeterli değilse, bu filmlere delik çapları farklı olan porlar (mikro delikler) açılır (Caner, 2008).

Mikroperfore filmler, kısaca solunum yapan ürünlerde ambalaj içinde biriken fazla CO<sub>2</sub>'in çıkmasını ve solunum için gerekli olan O<sub>2</sub> ambalaj içine girmesini sağlar. Böylece ambalaj atmosfer ortamın dengede kalmasına yardımcı olarak ürünün raf ömrünü uzatır.

### **1.1. Gıda Ambalajlama ve Önemi**

Ambalajlama gıda sanayinde olduğu kadar bütün sanayi alanları için stratejik önem taşımaktadır. En temel şekli ile ambalajlama, içerisinde bütünlüğünü koruduğu ürünü muhafaza eden, ürün özelliğinin devamlılığını sağlayan ve alıcıya ürün hakkında bilgi veren sistemlerdir. Esas özelliklerinin yanı sıra ambalajlama ürünün satış aşamasında, tüketicilere ürünü satın almaya özendiren nitelikler de taşır. Gıda sanayinde ise; gerek işlenmiş, gerekse taze tüketilen gıdaların uygun ve etkin bir şekilde ambalajlanması; gıdaların tahmin edilen raf ömürleri süresince uygun koşullarda muhafaza edilmesi, kalite ve özelliklerinin korunması, bozulmalarının ve kayıplarının engellenmesi açısından büyük bir zorunluluktur. Gıda kayıplarını azaltmak ve gıda güvenliğini sağlamak için

uygun metot ve ambalaj malzemesi kullanılması, gıda ambalajlamanın her zaman odak noktası olmaktadır (Özdemir ve Floros, 2004).

Gıda ambalajlamanın önemi; ürün, tüketici, çevre ve ekonomik açıdan farklılık arz etmektedir. Ürün açısından bakıldığında, gıdaların besin değerlerini kaybetmeden raf ömürlerinin uzatılmasında, gıdaların raf ömürleri süresince üstün kalite ve güvenle muhafaza edilmesinde, gıdaların biyolojik, mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel bozulmalarının azalmasında ambalajlamada etkin önem taşımaktadır. Tüketici açısından; gıda ambalajlama, gıdanın tüketiciye estetik ve sağlıklı bir şekilde sunulmasına, tüketicinin gıda hakkında bilgilendirilmesine ve tüketici sağlığının korunmasına yardımcı olmaktadır. Gıda kayıplarının azalmasıyla beraber gıda ambalajlama; çevre kirliliğinin ana sebeplerinden biri olan kentsel katı atıkların azalmasına, ambalajlamada kullanılan malzemelerin geri-dönüşüm süreçlerine uygun olmasıyla beraber dünya kaynaklarının korunmasına ve muhafaza edilmesine de yardımcı olmaktadır.

## **1.2. Gıda Ambalajlama Malzemeleri**

Gıdaların ambalaj malzemesinin seçiminde en belirleyici faktörlerden biri ürünün özellikleridir. Burada önemli olan konu ürünün fiziksel ve kimyasal yapısının yanında mikrobiyolojik faktörlerde önem taşımaktadır. Tüm bu faktörler ambalajlamada kullanılan hammaddelerde ve ambalajın performansında farklılıklar göstermektedir. Ambalajlamada kullanılan hammaddeler temelde; ahşap, kağıt, cam, metal ve plastik olmak üzere beş ana başlıkta incelenebilir. Ahşap ve kağıt en düşük maliyetle sertlik ve basılabilirlik sağlar. Metal ise yüksek dayanıklılığı ve mekaniksel işlenebilirlik özelliklerine sahiptir. Cam kimyasal açıdan inert bir malzeme olmasından dolayı içine konulan gıda ile hiçbir etkileşimde bulunmaz. Ambalajlama sektöründe özellikle hazır gıda ve içeceklerde plastiklerin kullanım oranı son 10 yılda hızla arttığı gözlenmektedir.

Bu artışın sebepleri:



- Düşük maliyet
- Düşük enerji
- Geniş özellik aralığı
- Daha farklı şekil ve kalıp aralığı
- Hafiflik ve dayanıklılık
- Geri dönüşüm kolaylığı olarak sıralanabilir

Günümüzde çok sayıda plastik, ambalajlama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bunların büyük çoğunluğunu poliolefinler, poliviniller ve poliesterler oluşturmaktadır (Paine ve Paine, 1992).

### **1.3. Plastik Esaslı Ambalaj Malzemeleri**

Çeşitli şekil ve özellikte üretilen plastikler, gıdaların ambalajlanmasında geniş kullanım alanına sahiptir. Plastiklerin geniş sıcaklık aralıklarında kolaylıkla işlenmesi, kalıplamaya ve şekil vermeye elverişli bir yapıya sahip olması, hafif, şeffaf, esnek fakat dayanıklı olması, baskı yeteneğinin iyi olması gibi çok yönlü özellikler, plastikleri ekonomik anlamda gıda ambalajlama konusunda diğer ambalaj malzemelerinden bir adım öne taşımıştır. Plastikler, farklı kimyasal yapılarından dolayı (polimerler) farklı özellikler gösterirler. Plastikler işlenme özelliklerine göre termoplastikler, termoset plastikler ve elastomerler olmak üzere üç grupta incelenir.

Bütün polimerler düşük sıcaklıklarda yüksek bir katılık (elastik modülü ve kayma modülü yüksektir) gösterirler ve gevrektirler. Termoplastikler termal enerji (ısı) ve basınç uygulandığında kolaylıkla yumuşayan, akışkan forma dönüşen ve böylece şekillendirilerek soğutulduğunda sertleşebilen malzemelerdir. Bu şekillendirme sırasında herhangi bir kimyasal değişikliğe uğramazlar. Bu özellikleri esasen termoplastiklerin molekül yapısından ileri gelmektedir. Termoplastikler lineer moleküllere sahiptirler. Lineer moleküllerde zinciri oluşturan ünitelerin arasında çok kuvvetli kovalent bağlar bulunmaktadır. Moleküller arasında ise fiziksel bir bağ bulunmamaktadır. Sadece molekülleri bir arada tutan zayıf elektrostatik

çekme kuvvetleri vardır. Bu moleküller arası kuvvet zincirlerinin birbirine göre hareketlerini engelleyen, ısıya karşı duyarlı bir kuvvettir. Dolayısıyla lineer molekül zincirlerinden oluşan bir termoplastik ısıtıldığında moleküller arasındaki kuvvet zayıflar, molekül zincirleri birbirlerine göre hareket bakımından sıvılara benzer şekilde serbest haline gelir ve malzemeye bir kalıpta kolayca şekil verilebilir. Malzeme soğutulduğunda, moleküller arası kuvvet büyür ve molekül zincirlerini verilen yeni şekilde dondurur. Ancak çok ısı verilirse molekül zincirleri kopar ve malzeme özelliklerinde bir yıpranma meydana gelir. Termoplastikleri, buharlaşma ile bileşimlerinin değişmemeleri şartıyla tekrar tekrar şekillendirmek ve kaynak yapmak mümkündür.

Termoset ve elastomer plastikler, polimerizasyon işlemi tamamlanınca sertleşirler, tekrar yumuşamazlar. Bir defa ısı-basınç altında şekillendikten sonra tekrar yeniden şekillenmeyen polimer yapılarıdır. Isı ve basınç muamelesinden sonra katı, sert ve plastik olmayan bir madde elde edilir. Bazı lineer polimerler molekül zincirleri arasında çapraz kovalent bağ oluşumu sonucu uzay ağı polimerlerine dönüşürler. Termoset plastikler gevrek olup plastik şekil değiştirme olmadan kırılırlar. Dolayısıyla bu tip polimerler ısıtıldıklarında termoplastikler gibi erimek yerine yanarlar. Sıcaklık ve basınç altında fiziksel ve kimyasal özelliklerini daima koruyan termoplastikler hem plastik hem de gıda ambalajlama sektöründe en çok kullanılan plastik malzemelerdir. Örneğin, bir termoplastik olan polietilen %54'lık oranla Avrupa ambalaj pazarının en yüksek tüketim payına sahip olurken, kalan %46'lık payı ise yine termoplastik olan polipropilen (PP), polietilenterefitalat (PET) ve polivinil klorür (PVC) paylaşmıştır (Coles ve ark., 2003).

### **1.3.1. Polipropilen (PP)**

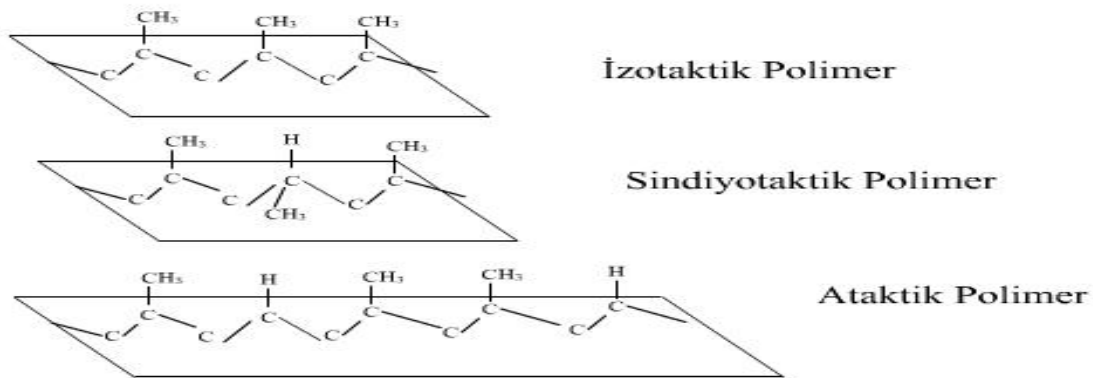
Polipropilen (PP), yüksek saflıktaki propilen (%99,9) gazının basınç altında, Ziegler-Natta katalizörleri yardımıyla radikalik olarak polimerleşmesiyle elde edilir. Kristal yapılı, yoğunluğu 0,902 ile 0,910 g/cm<sup>3</sup> arasında olan bu polimer, termoplastiklerin en hafiflerinden biridir.

Erime noktası  $164^{\circ}\text{C}$ ' dir. Son zamanlarda ürün özelliklerini daha da iyileştiren özel katalizörler de kullanılmaya başlanmıştır. Polipropilen üretiminde, çözelti fazı, gaz fazı ve bulamaç gibi temel polimerizasyon işlemlerinden yararlanır. Polipropilen yaygın olarak kullanılan plastikler arasında en hafif olanıdır. Polipropilenin özellikleri molekül ağırlığına bağlı olarak değişir. Molekül ağırlığı yüksek olan polimer yumuşaktır. Düşük molekül ağırlıklı polimer ise sert ve kırılığandır.

Polipropilen, polietilenden farklı olarak moleküler yapı ve geometrisinden dolayı, polimerizasyonu esnasında üç tip polimer oluşur. Bunlar aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir:

- 1) İzotaktik (isotactic)
- 2) Sindiyotaktik (syndiotactic)
- 3) Ataktik (atactic)

Bilindiği üzere PP' de, PE' dekinden farklı olarak metil ( $\text{CH}_3$ ) grubu mevcut bulunmaktadır. Bu yüzden polipropilenin moleküler geometrisi polietileninkine göre daha farklıdır (örneğin; izotaktik, sindiyotaktik, ataktik gibi) (Şekil 1).



Şekil 1. İzotaktik, sindiyotaktik, ataktik propilenin yapısı.

İzotaktik polipropilen kristal yapıya sahip bir polimerdir. PP'nin izotaktik formunda, tüm metil grupları ( $\text{CH}_3$ ) üç boyutlu düzeyde tek tarafa

sıralanır. Alt düzlemde H radikalleri bulunur. Kristal yapıda bir polimerdir. Sindiyotaktik PP' de ise CH<sub>3</sub> grupları üç boyutlu düzeyde bir üst düzlemde, bir alt düzlemde yer alır. Aralarda ise H radikalleri bulunur. Bu da kristal yapıda bir polimerdir. İzotaktik propilenin sahip olduğu özelliklerin hemen hemen aynısına sahiptirler. Aralarındaki temel fark; sindiyotaktik polipropilenin düşük sıcaklıktaki polimerizasyonla izotaktik polipropilen ise genellikle yüksek sıcaklıktaki polimerizasyonu ile üretilmesidir. PP' nin ataktik yapısında ise metil grupları üç boyutlu düzeyde her iki tarafta da gelişigüzel yerleşmiştir. Amorf (şekilsiz) yapıda bir polimerdir. Ayrıca moleküller arasında bir simetri yoktur. Her ikinci C-atomuna bağlı metil grupları zincirin her iki yanında kuralsız sıralanmışlardır. Bu metil gruplarının konumları, polipropilenin özelliklerini belirler.

Plastik filmlerin bazı fiziksel özellikleri “oryantasyon (yönlendirme-gerdirme)” denilen işlemlerle iyileştirilebilmektedir. Genelde yönlendirme, filmin belirli ve kontrollü sıcaklıklarda gerdirilmesidir. Bu işlem moleküllerin gerilme yönünde sıralanışını gerçekleştirmekte, makro moleküllerin ara boşluklarını birbirine yaklaştırmakta ve daha dayanıklı film elde edilmesine olanak sağlamaktadır. PP' nin oryante edilmesi, uzama mukavemetini, sertliğini, nem ve gres bariyer özelliğini düşük ısıya dayanıklılığını, saydamlık ve parlaklığını arttırır. Plastikler belirli bir yönde çekilirse; materyalin molekül zinciri, uygulanan kuvvet yönünde belirli bir düzene gelmektedir. Böylece, materyalin gerilmeye dik yöndeki özelliklerinde bir değişme olmamasına karşın, gerilme yönündeki mekanik özellikleri olumlu yönde değişmektedir. Plastik filmler tek bir yönde gerilebildiği gibi, film düzleminin tüm doğrultularında yani iki yönde de gerilebilirler. Germe, her iki yönde aynı oranda olduğu zaman buna “dengeli germe” denir. İki yönlü gerdirmede dayanım her iki yönde, tek yönlü gerdirmede ise dayanım sadece tek yönde artar. Ancak, tek yönlü gerdirmede kohezyon kuvveti azaldığından materyal kolay çatlayabilir ve yırtılabilir nitelik alabilir. Çift yönlü gerdirme ile bu sakıncalar önlenilmekte, kırılabilirlik azaltılabilmekte, yırtılma ve delinmeye karşı

dayanıklı, daha sağlam ve kalınlığı her tarafta aynı olan bir malzeme elde edilebilmektedir.

Çizelge 1. Gerdirilmiş ve gerdirilmemiş polipropilen filmlerin özellikleri

Özellikler	Polipropilen	Gerdirilmiş Polipropilen
Su buharı geçirgenliği (37,8 °C) [g.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa]	60	16,5
Oksijen geçirgenliği (25 °C) [cm <sup>3</sup> (STP).µm/m <sup>2</sup> .d.kPa]	930	620
Yoğunluk (kg/ m <sup>3</sup> )	0,902	0,895-0,910
Sertlik	Çok düşük	Yüksek
Yırtılma mukavemeti	Yüksek	Çok yüksek
Optik özellikleri	İyi	Çok iyi

Çizelge 2. Çift yönlü gerdirilmiş polipropilen filmlerin fiziksel, mekanik, ve bariyer özellikleri

Erime sıcaklığı (T <sub>m</sub> ), (°C)	160-175
Camsı geçiş sıcaklığı (T <sub>g</sub> ), (°C)	-20
Yoğunluk (d), (kg/m <sup>3</sup> )	0,895-0,910
Gerilme mukavemeti (MPa)	31-42
Sertlik (MPa)	1140-1550
Bükülme mukavemeti (MPa)	42-55
Başlangıç yırtılma mukavemeti (MPa)	386-579
Yırtılma mukavemeti (kN/m)	0,53-1,75
Su buharı geçirgenliği (37,8 °C) [g.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa]	16,5
Oksijen geçirgenliği (25 °C) [cm <sup>3</sup> (STP).µm/m <sup>2</sup> .d.kPa]	620
Karbondioksit geçirgenliği (25 °C) [g.mil/100 in <sup>2</sup> .d.atm]	2100
Asitliğe dayanımı	İyi
Alkalilere dayanımı	İyi
Yağlara dayanımı	İyi
Suya dayanımı	Çok iyi

Ayrıca iki yönlü gerdirme ile malzemenin saydamlığı artırılabilenekte, su buharı ve oksijene karşı bariyer özellikleri iyileştirilebilmektedir. Yönlendirme-gerdirme işleminin polipropilen filmlerin özelliklerine etkisi ve çift yönlü gerdirilmiş polipropilen filmlerin fiziksel, mekanik ve bariyer özellikleri sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’ de gösterilmiştir.

Polipropilenin en yaygın olarak kullanıldığı alanların başında esnek ambalajlar gelmektedir. Çift yönlü gerdirilmiş polipropilen filmlerin kullanım alanlarını üç alanda toplamak mümkündür. Bunlar; gıda başta olmak üzere, tütün ve tekstildir. Gıda ambalajlama sektöründe özellikle cips ve bisküvi ambalajı olarak kullanılan esnek polipropilen ambalajların kullanımını polipropilen filmlerin özelliklerinin geliştirilmesi ile artmıştır. Günümüzde polipropilen gıda ambalaj malzemesi olarak şekerlemeler, kurutulmuş meyveler, kuruyemişler, unlu mamuller, kahve, kakaolu ürünler ve benzerlerinin ambalajlanmasında başarı ile kullanılmaktadır.

#### **1.4. Perforasyon**

Perforasyon, filmin üzerinde düzenli aralıklarda, belirli boy ve biçimdeki deliklere verilen isimdir. Uzun yıldır kağıtların ve plastik filmlerin delinmesinde bazı teknikler kullanılmaktadır. Bunların tümüne birden perforasyon denilmektedir.

Perfore filmler 3 ana başlık halinde sıralanabilir;

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

##### **1.4.1. Perforasyon Yöntemleri**

Perforasyon birçok yolla yapılır. Filmler, sıcak iğne işlemiyle, sıvı veya gaz başlıklarıyla, yüksek frekans veya ultrasonla, lazer ışınlarıyla ve elektrostatik akımla perfore edilebilmektedir.

1. Mekanik iğne metodunda küçük iğneler materyale baskı yaparak delme gerçekleştirir. Bu iğneler ısı veya ısı olmadan çalışabilmektedir. Fakat işlem hızı düşüktür. Delikler büyük ve gözle fark edilebilir. Sıcak iğne yöntemi PP, LDPE, HDPE materyaller için uygundur. En büyük por büyüklüğü 200–300 µm arasındadır. Soğuk iğne aşamasında da aynı yöntem geçerlidir sadece ısı uygulaması yoktur. Kısmen yırtılan materyal delik üstüne düşer ve bu yüzden delik çaplarında farklılıklar oluşur.
2. Gaz ve sıvı başlıkları daha karmaşık bir tekniktir ve yalnız yumuşak materyalleri kesmek için uygundur. Bu yöntemde başlıklardan yüksek basınçta verilen sıvı yada gaz, film üzerinde delikler oluşturmaktadır. Başlıkların çapı ile oluşan deliklerin çapı doğru orantılıdır. Başlıklardan çıkan gaz veya sıvı filme değdiği noktada az da olsa dağıldığından por büyüklüklerindeki varyasyon geniştir. Ayrıca maliyeti de yüksek bir sistemdir.
3. Ultrasonik işlemlerde PVC, PE, PP için uygundur. Yüksek frekansla 5–30 µm' lik delikler elde etmek mümkündür.
4. Elektrostatik metotlar ise sadece elektriksel özelliğe sahip materyallerde kullanılabilir. Porların büyüklüğü ve kalitesi, dielektrik gücüne, dielektrik sabitine, materyal kalınlığına ve moleküler yapısına bağlıdır.
5. CO<sub>2</sub> perforasyonu ise yeni bir metottur. Bu sistemde CO<sub>2</sub> lazerlerinin oluşturduğu ışık yoğunluğu film tarafından absorbe edilir. Film ısınır erir ve anında buharlaşarak film üstünde istenilen büyüklükte delik oluşur. Lazerin yoğunluğuna bağlı olarak büyüklük değişebilir.

#### **1.4.2. Makroperfore Filmler**

Delik çapları 50 ile 500 µm arasında değişen perfore edilmiş filmler Makroperfore film olarak adlandırılır. Farklı polimerik materyaller için kullanılabilir. Gıda sanayinde genellikle paletlerin ve kasaların etrafının sarılmasında kullanılmaktadır.

**1.4.2.1. Makroperforasyon Avantajları**

- İç yoğunlaşmayı engeller
- İyi bir havalandırma ortamı yaratır
- Ürünlerin fazla ısınmasını engeller
- Çabuk soğuma sağlar (Sıcak dolumdan sonra ambalajlanan ürünler için uygundur).

**1.4.3. Mikroperfore Filmler**

Mikroperfore ambalaj filmleri de günümüz teknolojileri kullanılarak üretilen yeni ambalaj ürünlerine güzel örneklerden birisidir. Mikroperfore filmler ürün ambalajının gaz konsantrasyonun istenilen düzeyde tutulmasında kullanılmaya başlanılan yeni bir teknolojidir. Mikroperfore filmler özellikle solunum yapan taze meyve ve sebzeler ile ekmek gibi pişirilmiş gıda ürünlerinin ambalajlanması için özel olarak hazırlanmaktadır. Meyve ve sebze gibi solunum yapan ürünlerde pasif MAP sisteminde istenilen gaz kompozisyonu ürünün solunumu ile sağlanır. Solunum sonucunda oksijen konsantrasyonu % 21'den % 2-5'e düşürülürken, karbondioksit oranı % 0,03'den % 15-20 kadar yükseltilecektir. Meyveler hızla karbondioksit ürettiklerinden, karbondioksit oranı düşük olsa bile hızla karbondioksit üretmekte ve enzimatik bozulmalara yol açmaktadır (Ronk ve ark., 1989; Jayas ve Jeyamkondan, 2002). Yüksek oksijen geçirgenliğini sağlamak ve üretilen CO<sub>2</sub>'in ambalaj içinden çıkması için ambalaj yüzeyi gaz değişimini sağlayacak kadar yeterli değilse, bu filmlere farklı delik çaplarında porlar (mikro delikler) açılır (Caner, 2008).

Mikroperfore filmler, mikro delikler sayesinde ürünün ambalaj içinde dışarıyla 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. Bunun için yapışma özelliği iyi olan ama bariyer özelliği yüksek olan filmler mikroperforasyon ile geçirgenlik değerleri arttırılmaktadır. Bu yüzden mikroperfore filmler normal plastik filmlere göre daha fazla gaz alışverişine olanak sağlamaktadırlar. Filmlerdeki mikro delikler ambalaj materyalinin gaz geçişini etkilemektedir. Özellikle meyve ve sebzelerde, filmlerin mikro delikler oluşturularak yüksek oksijen geçişi sağlanması yeni teknolojiler arasındadır. Bu filmlerdeki deliklerin bazı fiziksel limitleri bulunmaktadır. CO<sub>2</sub> gazı plastik filmlerden oksijene göre 2–6 kat daha hızlı geçmektedir. Bu yüzden CO<sub>2</sub> ambalajdan oksijen geçişine göre daha hızlı çıkmaktadır. Bu da düşük O<sub>2</sub> atmosferinde ve oldukça düşük CO<sub>2</sub> oranında dengeye ulaşmasıyla sonuçlanır. Plastik filmlerin CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> geçirgenlik oranı (%) aralığını ambalaj içinde bu CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> konsantrasyonu sağlar. Meyve ve sebzelerin artan CO<sub>2</sub> toleransları birbirinden farklıdır. Mikro deliklerin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> transferi benzer orandadır ve bu yüzden ambalaj içindeki gaz oranları sınırlıdır (Oliveira ve ark., 1998).

Mikroperfore ambalaj filmleri günümüz teknolojileri kullanılarak üretilen yeni ambalaj ürünlerinden birisidir. Mikroperfore ambalaj filmleri özellikle solunum yapan taze meyve ve sebzeler ile ekmek gibi pişirilmiş gıda ürünlerinin ambalajlanması için özel olarak hazırlanmaktadırlar.

Yüksek CO<sub>2</sub> (% 15–20) oranı oluşmadan düşük O<sub>2</sub> (% 1–5) oranına ulaşmak imkansızdır. Bu filmler bu yüzden yüksek CO<sub>2</sub> tolere edebilecek ürünler için uygundur. Birçok meyve yüksek CO<sub>2</sub> oldukça toleranslıdır. Aslında çilek, yaban mersini ve bazı meyvelerde küf üremesini azalttığı ve sertliği geliştirdiği için faydalıdır (Caner, 2008; Abbott, 1999; Kader ve ark., 1998; Lange, 2000; Allan-Wojtas ve ark., 2008; Lee ve ark., 1998).

Mikroperfore filmler, kısaca solunum yapan ürünlerin ambalaj içi atmosfer ortamının dengelenmesinde yardımcı olduğundan ambalaj içinde biriken fazla CO<sub>2</sub>'in çıkmasını sağlar ve ürünün raf ömrünü uzatır. İstenilen ambalaj filme kolaylıkla uygulanabilir. Mikroperfore filmler, diğer ambalaj filmlerden çok daha yüksek bir gaz transferine izin verir.

Perfore filmlerde, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'in film boyunca yayılma hızı, düşük yoğunluklu polietilen filme göre çok daha yüksektir (Mannapperuma ve ark., 1989; Gonzalez ve ark., 2008; Özdemir ve ark., 2005).

Plastik ambalaj filmleri yeni lazer teknolojileri sayesinde mikroperfore hale getirilebilmektedir. Bunlardan en yenisi lazer perforasyon yöntemidir. Lazer teknolojisiyle homojen, çok küçük boyutta ve film ile temas etmeden ve ısınmadan film üzerine delik açabilmektedir. Lazerlerin sahip olduğu avantajlardan dolayı, plastik filmler 300 m/dak hızla mikroperfore hale getirilebilmektedirler. Gıda ambalaj filmlerinin mikroperforasyon işlemi için en uygun lazer karbondioksit lazerdir. Lazer perforasyon sayesinde plastik filmlerin, yüksek seviyede solunum yapan meyve ve sebzelerin ihtiyaç duyduğu oksijen miktarına göre oksijen geçirgenlikleri ayarlanabilmektedir (Emond ve ark., 1991). Böylece, mikroperfore edilmiş filmler özellikle taze meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin uzatılmasında önemli avantajlar sağlamaktadır (Anantheswaran ve Ghosh, 2002).

Modifiye atmosfer paketlenme (MAP) uygulamalarında lazer teknolojisi CO<sub>2</sub> ışınıyla sağlanmakta ve bunlar yüksek ışın şiddetine sahip olmaktadır. Bu yüksek şiddetteki ışın; filmi ısısal olarak kesmekte ve böylece delikler oluşmaktadır. Lazerin optimum ışın gücü 100–2000 Watt arasında değişmektedir. Özel çokgen aynalarıyla yüksek hacimdeki üretimlerde sağlanır. Oluşturulan delikler havalandırma yanında kolayca yırtılmayı da sağlar. Sistemlerin özelliklerine bağlı olarak minimum 40 µm çapında ve saniyede maksimum 500,000 delik açılabilir. Delik çapı 40–300 µm arası olabilir. Dönen poligon aynalar aracılığıyla aynı anda 8,16 perforasyon ışını verebilir. Her odak kafası tek başına ayarlanabilir. Perforasyon performansı ihtiyaca göre 12,000 ile 150,000 delik arasında değişebilir.

#### **1.4.3.1. Mikroperforasyonun Avantajları**

- Ambalajlama ekipmanında modifikasyona gerek duymaz,

- Perfore olmayan veya makroperfore filme göre daha fazla raf ömrü sunar,
- Oksijen ve su buharı geçiş oranında hassastır,
- Oksijeni geçirirken kontaminasyon riski yoktur,
- Müşteriye görünmeyen delikler sayesinde ürünün nefes almasını sağlar,
- İstenilen ambalaj filme kolaylıkla uygulanabilir.

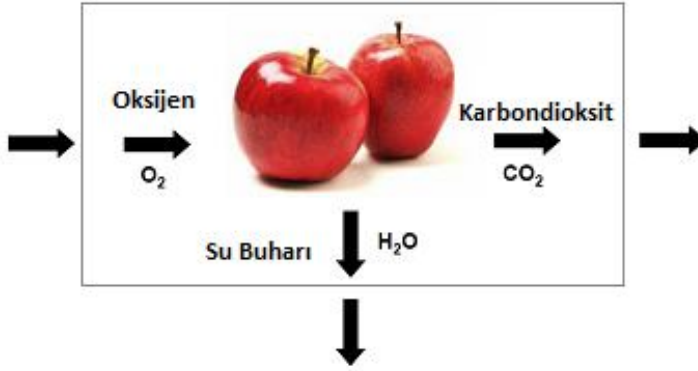
Mikroperfore ambalaj filmi üreten firmalar, müşterilerinin talep ettikleri oksijen geçirgenliğine sahip mikroperfore filmleri üretmek için pilot ölçekte birçok deneme üretimi yapmaktadır. Bu durum, fazla miktarda hammadde, zaman ve iş gücü kaybına neden olmaktadır. Teorik modeller yardımıyla bu kayıplar azaltılabilmektedir. Mikroperfore deliklerden gaz geçişinin ifade edilebilmesi için birçok teorik model geliştirilmiştir.

### **1.5. Modifiye Atmosfer Ambalajlama**

Modifiye atmosfer paketleme tekniği son yıllarda başta taze meyve-sebze ve et ürünleri olmak üzere pek çok farklı gıda maddesinde yaygın olarak kullanılan, gıdaların raf ömrünü arttıran ve ürün imajını geliştiren önemli bir gıda muhafaza yöntemidir. Modifiye atmosfer paketleme gıdaların çevresini saran atmosferin bazı yöntemlerle değiştirilerek gıdalarda oluşabilecek kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik reaksiyonların önlenmesi ve böylece ürünün kalite özelliklerinin korunarak raf ömrünün uzatılması prensibine dayanır.

Modifiye atmosferde paketleme meyve ve sebze gibi hasattan sonra fizyolojik yaşamlarına devam eden ürünlerin raf ömrünün uzatılmasında duyuşal ve ticari kalitelerinin korunmasında etkili bir yöntemdir. Taze-kesilmiş meyve ve sebzelerin kalite değerlerini uzun süre koruyabilmeleri normal koşullarda oldukça zordur. Bunun için taze meyve ve sebze gibi solunum yapan ürünleri modifiye atmosferde paketleme (MAP) yaparak “doğala yakın” üstün kalite değerlerini uzun süre koruması mümkündür. Taze meyvelerin MAP tekniğiyle ambalajlanmasıyla oksijen

konsantrasyonu % 21' den % 2-5'e düşürülürken, karbondioksit konsantrasyonu %25 ve azot oranı % 80'lere kadar yükseltilecektir. Meyveler hızla karbondioksit ürettiklerinden, karbondioksit oranı düşük olsa bile hızla karbondioksit üretmekte ve bu da enzimatik bozulmalara yol açmaktadır. MAP tekniği ile solunum hızını 4 kata kadar yavaşlatabilmektedir (Şekil 2) (Ronk ve ark., 1989; Jayas ve Jeyamkondan, 2002).



Şekil 2. Ambalajlanmış meyve ve sebze de solunum.

Taze ürünlerin raf ömürlerinin artırılmasında modifiye atmosferin dizaynında birçok faktör göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Filmin özelliği ( $O_2$ ,  $CO_2$  ve  $N_2$  geçirgenliği, kalınlık, yüzey alanı), sıcaklık, serbest hacim, ürün ağırlığı ve solunum oranı.

Kısaca modifiye atmosfer paketleme (MAP), paketin içerisindeki oksijenin uzaklaştırılması ve farklı konsantrasyonlarda gaz ( $CO_2$  ve  $N_2$ ) ile doldurulmasıyla ürünün raf ömrünün uzatılması için uygun atmosfer koşullarının oluşturulmasıdır. Bunun için ortam atmosferinin modifikasyonu “pasif” (meyve ve sebzeler için uygulanan) ve “aktif” (tüm gıdalara uygulanabilen) modifikasyon olmak üzere iki ana yolla gerçekleştirilmektedir.

Aktif modifikasyonda, ürün çeşidine bağlı olarak istenilen gaz kombinasyonu direk ambalaj içine verilerek (enjekte edilmesiyle) sağlanmaktadır.

Pasif yöntemde (EMAP); gıda uygun bir ambalaj materyali ile ambalajlandıktan sonra iç atmosferdeki gazlar gıdanın solunumu sonucu kendiliğinden dengeye ulaşarak ambalaj içi modifiye edilmiş olur. Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlama (EMAP) taze ve minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin artırılmasında ideal ve etkili bir yöntemdir. EMAP üreticilere kimyasal madde kullanmadan raf ömrünün artırılmasına izin verdiğinden organik ürünler için de ideal bir çözümdür.

### **1.5.1. Denge Modifiye Atmosfer (EMAP)**

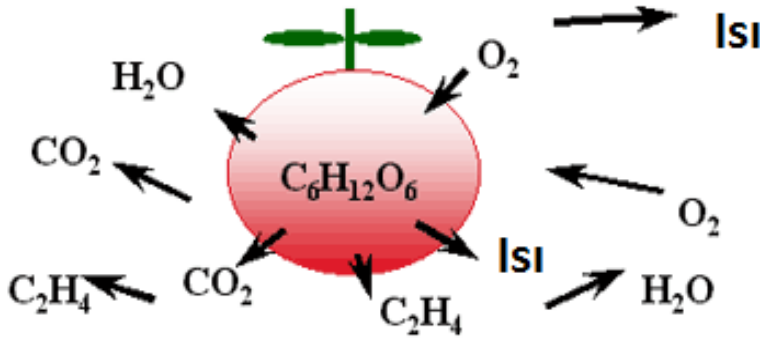
Denge modifiye atmosfer (EMA) taze-kesilmiş meyve ve sebze gibi ürünlerin solunum oranlarını yavaşlatarak kalite kriterlerinin ve raf ömürlerinin uzatılmasını sağlayan yeni gıda ambalajlama teknolojilerinden birisidir. Meyve ve sebzeler diğer gıdalardan (örneğin et ve balık) farklı olarak hasat sonrasında da metabolik faaliyetleri devam ettirmektedirler. EMAP, ambalajlanmış meyve ve sebzelerin (taze-kesilmişler de dahil), solunum hızı ve kullanılan filmlerin geçirgenlik oranları eşleştirilerek, ambalaj (ortam) içindeki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> oranlarının bir denge halinde tutulmasıdır.

Ambalaj içerisinde meyve ve sebzeler, solunum yaparak (O<sub>2</sub> alınması ve CO<sub>2</sub> çıkması) ambalaj iç atmosferini modifiye edecektir. EMAP'ta O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu dengeye ulaşacak ve ambalaj filmi boyunca gaz geçirgenlik değerleri ürün solunum oranına eşit olacaktır. Ambalajdaki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarlarının dengede tutulmasıyla EMAP'ta solunumun, olgunlaşmanın ve etilen oluşumunun yavaşlatılması, ürünlerin daha uzun yaşamasını sağlayacaktır. Bu da enzimatik esmerleşmeyi yavaşlatacak, tekstürel yumuşamayı azaltacak, vitamin miktarını koruyacak ve ambalajlanmış ürünlerin genel tazeliğinin korunmasını sağlayacaktır.

Solunum yapan “yaşayan” taze meyve ve sebzelerin Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlama ile paketlenmesi et, balık, tavuk ve fırın ürünleri için dizayn edilen MAP' tan farklıdır. Geleneksel gaz püskürtülen, bariyer filmlerin kullanıldığı MAP ambalaj sistemleri taze meyve ve sebzeler için uygun değildir. Pasif modifikasyonda (EMAP) ürünlerin özelliklerine göre

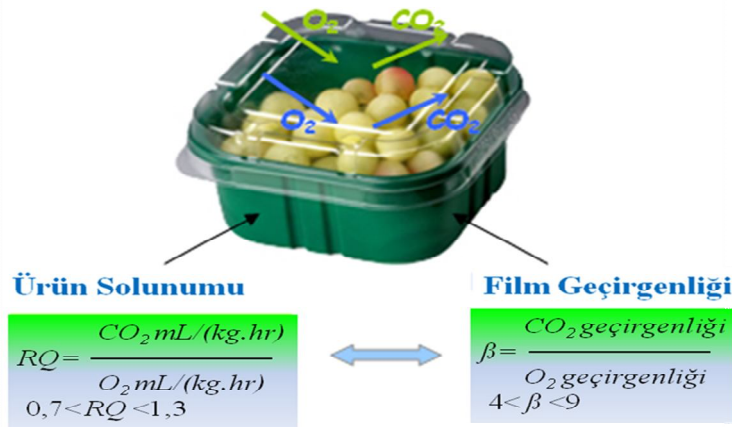
uygun filmin seçilmesi, gerekli olan O<sub>2</sub>- CO<sub>2</sub> atmosferinin sağlanması için en önemli faktörlerden birisidir (Charles ve ark. 2003; Özdemir ve ark. 2005).

Film gaz geçirgenliği (O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>), EMAP oluşmasında ana belirleyici unsurlardan birisidir. Gaz geçirgenliği düşük olan filmlerde ambalaj içinde CO<sub>2</sub> istenilenden fazla birikir. Bunun sonucu olarakta düşük geçirgenliğe sahip ambalajda, anaerobik şartlar oluşarak fermantasyon meydana gelir. Oldukça yüksek geçirgenlik değerine sahip ambalaj sisteminde, ambalaj içi dış ortama benzetecektir ve solunum azalmayacaktır (Kartal ve ark., 2010)



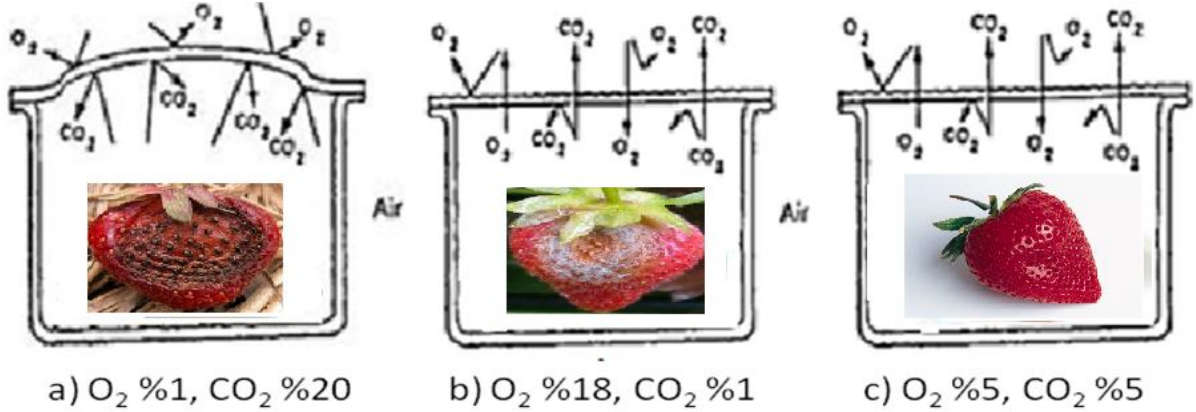
Şekil 3. MAP Etkisi.

Ambalajlamada kullanılan filmin gaz geçirgenlik değerleri, ürünün solunum oranına göre ayarlanabilirse, ürünün kendisi için istenilen gaz kompozisyonu kendiliğinden oluşacaktır. Bu nedenle denge atmosferi ürün solunumu ve filmin geçirgenlik değerlerinin sinerjist etkisiyle oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 4. Ürün solunum hızı ve film geçirgenliklerinin hesaplanması.

Bu sayede ambalajlanmış üründe solunum giderek yavaşlar ve solunum hızıyla gaz bileşimi arasında bir denge oluşur. Bu gaz karışımı ambalaj içinde bulunan ve solunum yapan meyve ve sebzelerin metabolik aktivitelerinin düzgün doğrusal olarak devam etmelerini sağlamaktadır. EMAP ile ortamda bulunan  $O_2$ 'nin konsantrasyonunun %21'den % 1-3'e ve  $CO_2$ 'nin ise % 0.03'ten %10 değerlerine kadar inerek bu aralıkta dengede kalması sağlanır (Şekil 4 ve 5).



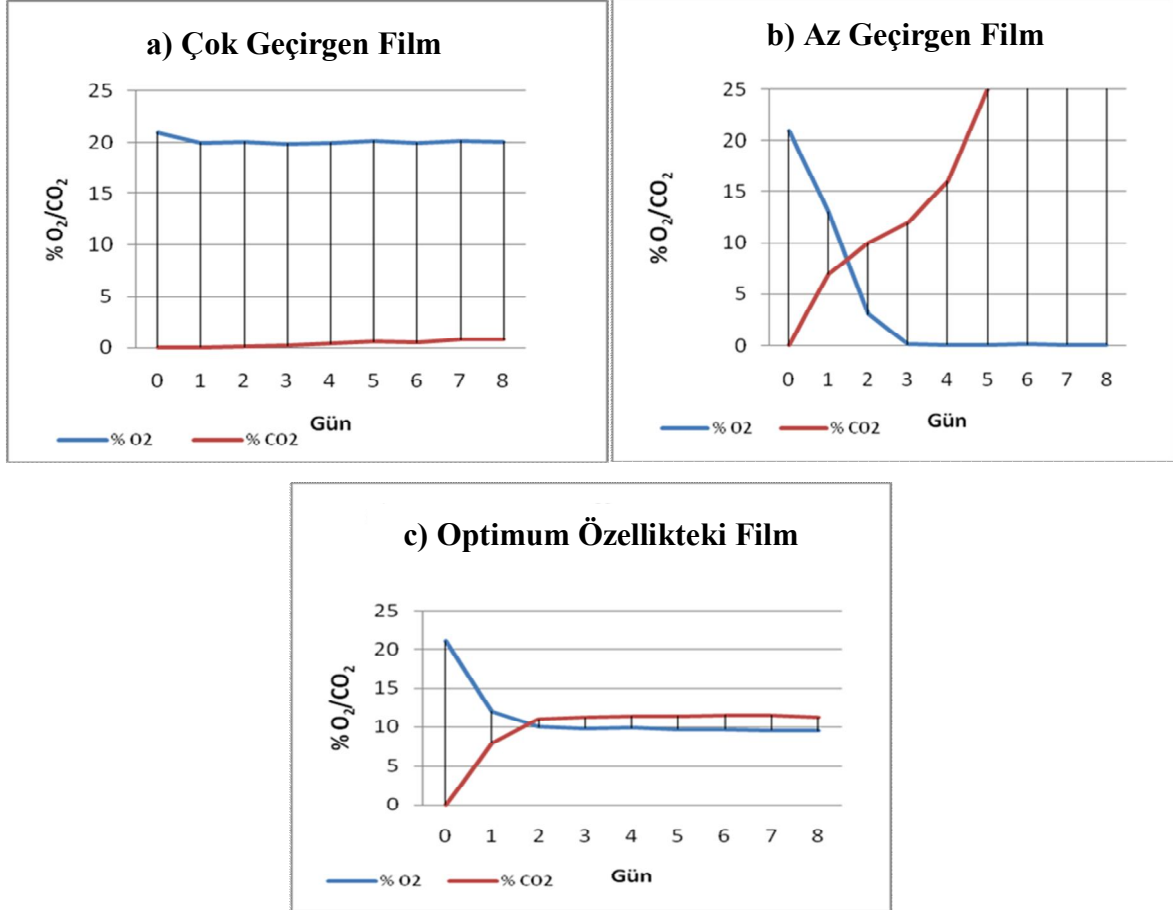
Şekil 5. Farklı MAP Etkisi ve film geçirgenliği a) bariyer çok düşük, b) çok yüksek ve c) optimum film.

Değişik ambalaj filmlerinin kullanıldığı çileklerin film geçirgenlikleri kıyaslandığında (Şekil 5);

a) Kullanılan filmin gaz geçirgenliklerinin çok düşük olduğu ve ambalaj içinde anaerobik koşulların olduğu gözlenmiştir. Film bariyer özelliğinden dolayı, az geçirgen olan bir film kullanımı ile ambalaj içindeki  $O_2$  miktarı tamamıyla tükenecek ve bunun sonucu olarak anaerobik solunum başlayarak ürün kalitesi bozulacaktır. Ayrıca çileğin ürettiği  $CO_2$  miktarı ambalajda aşırı birikerek şişmeye (bombaj) yol açacaktır (yüksek  $CO_2$  zararlanmasına da uğrayacaktır).

b) Kullanılan film çok geçirgen olduğu ve paket içinde arzu edilen denge gaz seviyesinin oluşturulması bakımından pek fayda sağlamadığı, ambalaj içindeki gaz bileşiminin normal hava kompozisyonundan farkı olmadığı görülmektedir.

c) İstenilen gaz geçirgenliğe sahip bir film kullanıldığı ve böylece ambalaj içinde arzu edilen denge gaz seviyesinin oluşturulduğu görülmektedir. Böylece en uygun film geçirgenlik değerinin seçilmesinin önemi gözlenmiş olmaktadır. Ambalaj da kullanılacak olan plastiklerin uygun bir geçirgenliğe sahip olmaları gerekmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Film geçirgenliği a) çok yüksek, b) çok düşük, c) optimum film geçirgenliği.

Meyve ve Sebzeler Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamayla;

- Azaltılmış O<sub>2</sub>/artırılmış CO<sub>2</sub>
- Azaltılmış solunum oranı
- Olgunlaşmanın gecikmesi
- Etilen üretiminin azaltılması
- Tekstürel yumuşamanın geciktirilmesi
- Olgunlaşma ile ilgili kompozisyonel değişimin yavaşlatılması
- Klorofil parçalanması ve enzimatik esmerleşmenin azaltılması



- Rengin muhafazası
- Vitaminlerin korunması sağlanır

### **1.5.2. Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamaya Etki Eden Faktörler**

#### **1.5.2.1. Ambalaj Filmi**

EMAP sisteminde kullanılan ambalaj filmi büyük önem taşımaktadır. Meyve ve sebzelerin EMAP ile ambalajlanmasında kullanılacak filmleri seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli özellikler; seçici gaz geçirgenliği, su buharı geçirme oranı, mekaniksel özellikler (yırtılma ve esneme oranı), şeffaflık ve iyi yapışma derecesidir. Meyve ve sebzeler solunum yapan ürünler oldukları için ambalaj materyalinin gaz geçirgenliğinin olması gerekmektedir (Anonim, 2010 a; Anonim, 2010 b; Zanderighi, 2001).

EMAP'ta kullanılan alt (tepsi) ve üst filmler bu sistemin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Meyve sebzenin solunum oranlarına bağlı olarak uygun O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliğine sahip filmlerin kullanılması gerekmektedir. Gelişen teknolojiyle beraber üretilen uygun gaz geçirgenliğine sahip filmlerin kullanılmasıyla, taze-kesilmiş meyve ve sebzelerin EMAP sistemiyle ambalajlanmasında iyi sonuçlar alınabilir (Anonim, 2010 a; Anonim, 2010 b; Forney, 2007).

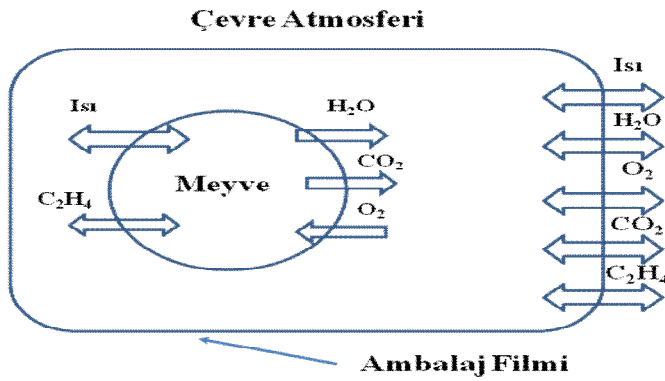


Şekil 7. EMAP ile farklı ambalaj filmlerinin (mikroperfore) çileğin raf ömrüne etkisi (4. hafta) a) Kontrol b) BOPP+O<sub>2</sub> c) 90µm-BOPP

mikroperfore film 9 delikli d) 90µm-BOPP mikroperfore film 9 delikli + O<sub>2</sub> tutucu e) 90µm-BOPP mikroperfore film 7 delikli f) 90µm-BOPP mikroperfore film 7 delikli + O<sub>2</sub> tutucu (Şekil 7).

### 1.5.2.2. Difüzyona Dayanım

Ürünlerin dokularındaki O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, ve C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> hareketi konsantrasyon farkındaki gaz moleküllerinin difüzyonu ile gerçekleşir. Çevredeki O<sub>2</sub> dokunun dış yüzeyini hızlıca çevirerek deriden et kısmına doğru difüz eder; et kısmından hücresel solüsyona difüz olur (Şekil 8). Farklı ürünler farklı iç hava boşluğuna sahiptirler (Patates %1-2, domates %15-20, elma %25-30). Sınırlı hava boşluğu gaz difüzyonunu artmasına yol açarak EMAP için kullanılabilir atmosferi etkileyecektir (Allan-Wojtas ve ark., 2008; Tomkins, 1967; Wakins ve Thompson, 1992).



Şekil 8. Ambalajlamada kullanılan filmin gaz difüzyonu.

### 1.5.2.3. Solunum Oranı

Bitkiler, solunum sonucunda nişasta, şeker ve organik asitlerden enerji üreterek, ortama karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri-daha küçük birimlere oksidatif parçalanmasıyla bir miktar ısı üretilmesine neden olur. Bu enerjinin bir kısmı ısı olarak ve bir kısmı metabolik enerji olarak serbest bırakılır. EMAP'ın asıl etkilerinden birisi substrat azalma oranını düşürerek solunum oranını yavaşlatmaktır. Kapalı ortam (ambalaj) içindeki atmosfer zaman boyunca ölçülür ve bu bilgiden hem O<sub>2</sub> kullanımını hem de CO<sub>2</sub> üretimi (solunum hızı) hesaplanabilir.

Meyve-sebzenin solunum hızları, dokunun metabolik aktivitesinin bir göstergesidir. Meyve ve sebzelerin solunum hızları ile depolama ömürleri arasında yakın bir ilişki vardır (Çizelge 3 ve Şekil 9). Ürünün solunum hızı ne kadar yüksekse depolama ömrü o kadar kısalmaktadır. Solunum hızı, ürün cinsine ve büyüklüğüne, hazırlama derecesine, üretim çeşidine, gelişim koşullarına, olgunluk ve doku tipine, atmosferik kompozisyon ve sıcaklığa kadar birçok faktöre bağlıdır (Anonim, 2010 a; Anonim, 2010 b; Wakins ve Thompson, 1992).

Çizelge 3. Bazı Sebze ve Meyvelerin Relatif Solunum Hızlarına Göre Gruplandırılması (Anonim, 2010 a; Anonim, 2010 b; Wakins ve Thompson, 1992).

Sınıf	Solunum Oranı (mg/kg/h)	Ürün
Çok Düşük	10 Altı	Kurutulmuş meyve ve sebzeler, fındık, patates ve kök ürünleri
Düşük	10 - 20	Lahana, bazı elma ve armut çeşitleri, domates
Orta	20 - 40	Havuç
Orta Yüksek	40 - 70	Marul turp
Yüksek	70 - 100	Ispanak
Çok Yüksek	100 Üzeri	Brokoli, kuşkonmaz, mantar, tatlı mısır, çilek, ahududu, doğranmış ve dilimlenmiş meyve ve sebzeler

Solunum oranı ve biyokimyasal prosesleri (Wakins and Thompson, 1992; Tomkins, 1967; Anonim 2010 b; Day, 1996);

1. Ürün büyüklüğüne,
2. Çeşide,
3. Olgunluğuna,
4. Doku tipine,
5. Sıcaklığa,
6. Ambalajlama teknolojisine (Modifiye atmosfer v.b),
7. Olgunluk değişime,
8. Klimanterik meyvelere (elma, armut, avokado, domates) göre değişmektedir.



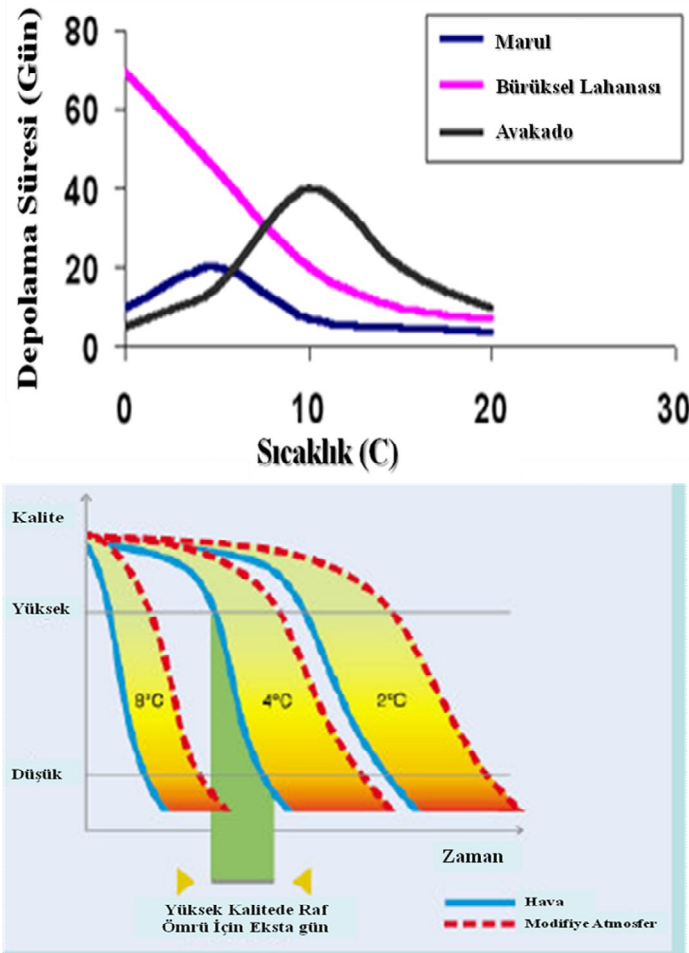
Şekil 9. Farklı meyve ve sebzelerin solunum hızı-dayanıklılık ilişkisi.

Solunumun azaltılması, tekstürün korunması, yumuşamanın geciktirilmesi, etilen üretiminin ve duyarlılığının azaltılması, klorofil yıkım hızının azaltılması, fiziksel bozulmaların yavaşlatılmasında; tüm bu bozulma mekanizmalarının engellenmesinde etkilidir (Tomkins, 1967).

#### 1.5.2.4. Optimum Sıcaklık

Düşük sıcaklık; enzim aktivitesini, biyokimyasal olayları, solunumu, nişasta parçalanmasını, tatlanmayı, aromatik madde salgılama hızını, kabuk renklenmesini, protopektin ve hemiselüloz parçalanmasını, yağların oksidasyonunu, asit kaybını, burukluk yapan maddelerin azalmasını yavaşlatır

veya geciktirir. Bu şekildeki ürün metabolizmasını yavaşlatıcı etkisi nedeni ile ürünün patojene karşı daha dayanıklı kalır. Kayıplarını azaltmada en önemli faktör düşük sıcaklıktır. Bu nedenle depolama için en uygun düşük sıcaklık derecesi uygulanır (Anonim 2010 b; Forney, 2007). Solunum oranı ve olgunlaşma oranı gibi metabolik faaliyetler sıcaklığa hassastırlar. Biyolojik reaksiyonlar her 10°C sıcaklık artması 2-3 kat artar, bu yüzden sıcaklık kontrolü MAP ve EMAP sisteminin etkin çalışması için önemlidir. Optimum depolama sıcaklığının anlaşılması EMAP sisteminin başarısı için kritiktir (Şekil 5). Film geçirgenliği sıcaklık artıkça artacak, CO<sub>2</sub> geçirgenliği O<sub>2</sub> geçirgenliğinden daha fazla olacaktır. EMAP koşulları için uygun olan bir film diğer bir sıcaklıkta farklı sonuçlar verebilmektedir (Anonim 2010 a; Anonim 2010 b; Tomkins, 1967).



Şekil 10. Depolama sıcaklığının kalite ve raf ömrüne etkisi.

### **1.5.2.5. Optimum Nispi Nem (RH)**

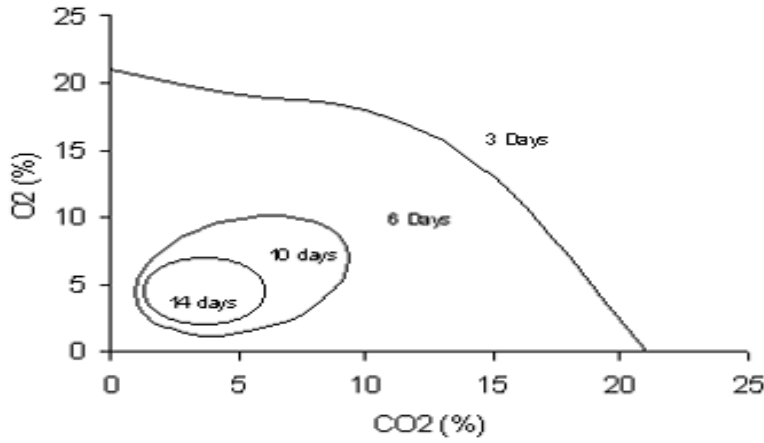
Oransal nem su kaybı hızını belirleyen en önemli ortam faktörüdür. Fiziksel bir faktör olarak olgunlaşma ve yaşlanma üzerine doğrudan bir etkisi olmasa da, düşük bağıl nem aşırı su kaybına neden olarak meyve kabuğunun gaz geçirgenliğini azaltarak, solunumu ve metabolizmayı yavaşlatır. Yüksek bağıl nem ise su kaybını azaltır, aşırı yüksek ise aromatik madde çıkışını bozar, aroma bileşimini değiştirir. Yüksek bağıl nem; ayrıca aromatik maddelerin kabukta birikimi ile duyarlı çeşitlerde kabuk yanığına neden olur. Çünkü su uçucu maddeler için taşıyıcı görevi görür. Düşük nispi nem su kaybına yol açar, solunumu hızını arttırır ve bunun sonucu olarakta ürünün raf ömrünün kısa olmasına yol açar (Anonim 2010 b). Ambalaj içindeki yüksek nem ise film yüzeyinde yoğuşmaya neden olur. Yoğuşmanın miktarı ambalaj iç ve dış sıcaklık farkına, ambalaj hacmine ve polimer filmin özelliklerine (antifog) bağlıdır. Terleme ile açığa çıkan su, ürünün tazeliğinin azalması, buruşma ve sıklık kaybına neden olmaktadır. Denge modifiye atmosferde paketlenmede yüksek bağıl nem (RH) bu nedenle önemlidir. Ambalajın üzerinde su buharı birikimi, üründen su kaybı oranına bağlıdır (Yüzey alanı, su buharı iletim oranı (WVTR) film ve dış ortam sıcaklığı) (Forney, 2007; Zanderighi, 2001; Wakins ve Thompson, 1992).

İç nispi neminin bağlı olduğu faktörler:

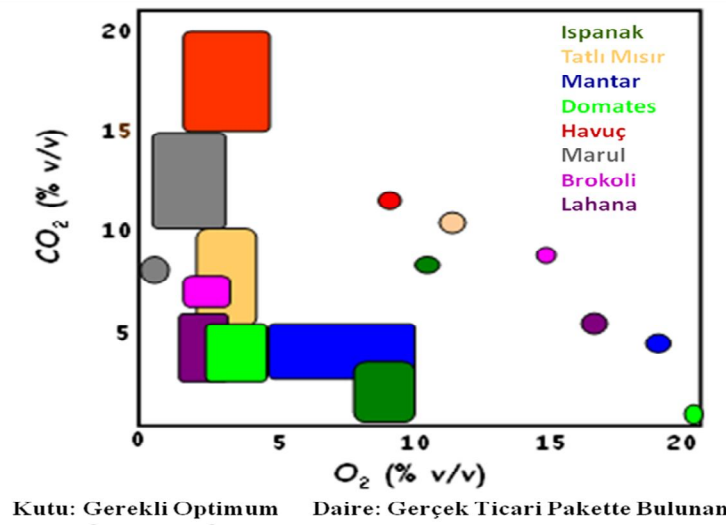
- Ürün su buharı kayıp oranı ve iç nispi nem oranı
- Ambalaj filmin su buharı geçirgenlik oranıdır.

### **1.5.2.6. Optimum O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları**

Optimum atmosfer solunumu minimize etmeli ve böylece raf ömrünü metabolik hasar vermeden arttırmalıdır (Şekil 10). Ambalaj içindeki ‘‘pratik’’ atmosfer ‘‘optimum’’ atmosferden az şekilde oynadığından ortam atmosferi hasar verici seviyeye yakın olmamalıdır. Her ürünün optimum O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri vardır (Şekil 11 ve 12) (Anonim 2010 a; Anonim 2010 b; Forney, 2007).



Şekil 11. Atmosferin raf ömrüne etkisi.



Şekil 12. Gerçek ve olması gereken O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranları.

### 1.5.2.7. Etilen Üretimi ve Hassasiyeti

Etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) bitkilerde bulunan doğal bir hormondur. Olgunlaşma başlangıcında önemli rol oynar ve iz miktarda (0,1 ppm) fizyolojik olarak aktiftir. Etilen meyvelerin bazılarında; olgunlaşma sırasında doğal olarak üretilmektedir. Klimanterik meyve-sebzelerde olgunlaşma ile etilen üretimi dolayısıyla solunum hızlanmakta ve ürünün raf ömrü azalmaktadır. Klimanterik olmayan türlerde ise renk değişimine neden olmakta ancak tat kalitesini etkilememektedir. O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> hareketi için gereklidir ve C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> reseptör (alıcılara) kısımlarına bağlanması, O<sub>2</sub> konsantrasyonu yaklaşık %8 azaltıldığında C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> üretimi (O<sub>2</sub> seviyesi yaklaşık %2,5 düştüğünde % 50) azalmaktadır. Bu düşük O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> hareketini ve üretimini inhibe ederek



ürünün olgunlaşmasını azaltır. Kısaca, EMAP'da sistemi olgunlaşma için gerekli olan otokatalitik etilenin reseptörlere bağlanmasını engelleyerek muhafaza ömrünü uzatmaktadır (Anonim 2010 a; Anonim 2010 b; Day, 1996).

Düşük O<sub>2</sub> (<% 5) ve yüksek CO<sub>2</sub> (>% 5) dokuların yaşlanmasının teşvikinde önemli olan bitki hormonu olan etilenin etkilerinin inhibe edilmesine yardımcı olmaktadır. Kesim ve dilimleme ile hemen C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> biyosentezi tetiklenir ve ürün dokusunda morarmalar oluşur. Bu nedenle hızlı bir MAP kurulması (düşük O<sub>2</sub> ve yüksek CO<sub>2</sub>) taze kesilmiş ürün içerisinde indüklenen C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> biyosentezinin etkilerini azaltacaktır. Çeşitli endüstriyel girişimler sonucunda C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> üretiminin sınırlandırılması taze ve kesilmiş meyve-sebzelerin raf ömrünü uzattığı düşüncesiyle esnek ambalaj filmleri içine etilen emiciler katılabilir. MAP içinde zaten düşük O<sub>2</sub> ve yüksek CO<sub>2</sub> oranları ile sağlandığı için etilen emiciler gereksiz bir maliyet fazlalığına neden olmasına rağmen, EMAP sisteminde O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranının dengeye ulaşması zaman alabildiğinden gerekli olabilir (Wakins ve Thompson, 1992).

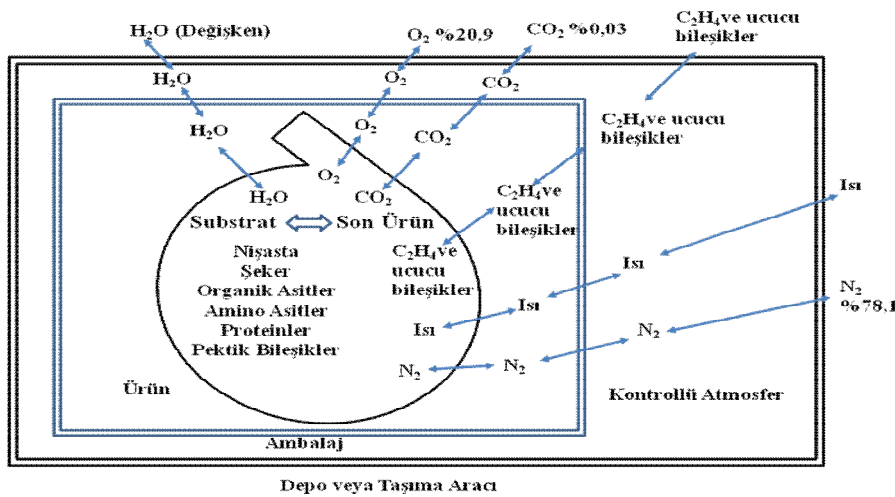
Genel olarak sebzelerin etilen üretim oranı düşük olmakla birlikte etilene maruz kaldıklarında, değişik nedenlerle kalite kaybına uğramakta ve satış kaliteleri azalmaktadır. Sebzeler etilene duyarlı ürünler arasında yer almaktadır. Sebzelerde etilene maruz kalma ile gelişme, olgunlaşma ve yaşlanma hızlanmakta, buna bağlı olarak ürünlerin raf ömrü ve kalitesi azalmaktadır (Tomkins, 1967; Wakins ve Thompson, 1992). Günümüzde etilenin etkisini azaltmaya yönelik olarak geliştirilmiş, yeni bir bileşik olan 1-metilsiklopropan (MCP)'de bu amaçla kullanılmaktadır. 1-MCP bitkiye uygulandığında etilen alıcılarına bağlanır. Bu etilenin neden olduğu biyokimyasal değişimlerin yavaşlamasına yada durmasını sağlamaktadır. Etilen algılanmasını önleyen 1-MCP; meyve, sebze ve süs bitkilerinde olgunlaşma ve yaşlanma üzerinde etkili olmaktadır. 1-MCP uygulamaları ile olgunlaşma geciktirilirken, olgunlaşmaya bağlı olarak oluşan kalite kayıpları da azaltılabilmektedir (Tomkins, 1967; Wakins ve Thompson, 1992).

### 1.5.2.8. Işık

Çoğu ürünler için ışık, hasat sonrası için önemli değildir. Buna rağmen yeşil sebzeler, yeterli ışıkta, fotosentez yapabilirler. Bu reaksiyon solunum işleminin zıttı ve ambalaj atmosferini ters yönde değiştiren bir etkiye neden olur (fotosentezle CO<sub>2</sub> harcanarak O<sub>2</sub> üretilir) ( Anonim, 2010 b).

### 1.5.2.9. Şok ve Titreşim

Şok ve titreşim ürünlerin hücrelerinde hasarlara neden olur. Bu da solunumun artmasına ve enzimlerin serbest kalarak esmerleşme reaksiyonlarına yol açar. Hasar kısmı bakteriyel ve fungal enfeksiyona da yol açabilir (Şekil 13.) (Anonim, 2010 b).



Şekil 13. Ürünün çevresiyle kütle transferini şematik olarak gösterimi; 1) Ürünün dermal sistemi ve üzerindeki bariyerler (film), 2) MAP sisteminde ambalajın gaz geçirgenliği, 3) Deponun veya taşıma aracının etkisi.

### 1.6. Aktif Ambalajlama

Gıdaların muhafazasında, üründe meydana gelebilecek biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyal faaliyetleri kontrol altına alarak, gıda kayıplarını azaltmak, tüketiciye sağlıklı ve uzun ömürlü gıdalar sunmak için uygun ambalaj malzemesinin kullanımı her zaman gıda ambalajlamasının önemli bir hedefi olmuştur (Coulom ve Louis, 1989).

Tüketicinin son on yıl içinde daha kaliteli, sağlıklı ve tazeye yakın özelliklere sahip gıdaları talep etmesi de gıda ambalajlamasında yeni gelişmelere yol açmıştır. Bu gelişmelerden en önemlisi de akıllı veya aktif ambalajlama olarak adlandırılan teknolojidir. Aktif ambalajlama şu andaki müşteri talebi ve piyasa eğilimindeki bu değişime cevap olarak çıkan yeni gıda ambalajlama fikirlerinden birisidir (Floros ve ark., 1997). En sade ifadeyle, aktif ambalajlama ürünü çevresinden aktif şekilde koruyan ve ambalajlamanın temel fonksiyonuna değer ilavesi yapan ambalajlama formu olarak ifade edilebilir. Gıda ile ambalaj materyali veya gıda ile ambalaj atmosferi arasındaki etkileşime dayanarak daha uzun raf ömrüne sahip gıdayı kaliteli ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaştırılması esasına dayanır.

Aktif ambalajlama, bozulma reaksiyonlarının hızının azaltılması ve gıdanın raf ömrünün uzatılması için ambalaj içindeki ortamın değiştirilmesi veya ürünü dış etkilerden korumada kullanılan ambalaj malzemesine emici-tutucu veya salıcı yayıcı sistemlerle yeni özelliklerin kazandırılmasıdır.

### **1.6.1. Oksijen Tutucular**

Ambalaj içindeki oksijen gıdaların bozulmalarını hızlandırmaktadır. Genelde gıdanın bozulmasında en önemli etkeni, oksijen varlığında gelişebilen mikroorganizmalar ve ürün bileşenlerinin oksidasyona uğramasıdır. Ambalajlanmış gıdada mevcut oksijen birçok gıdanın bozulmasını hızlandırdığı için tat ve lezzet bozukluğu, renk değişimi, besin kaybı ve dolayısıyla gıdanın raf ömrünü azaltmaktadır. Oksijene duyarlı ürünler için modifiye atmosfer (MAP) uygulanarak oksijen oranı, azaltılarak etkisi kısmen önlenirse bile tamamen uzaklaştırılmazlar. Ambalaj filmleri belirli derecede gaz geçirgen olduklarından dolayı oksijenlerin bu tekniklerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Ambalajlamadan sonra ambalaj materyalinden girecek olan yada kalan O<sub>2</sub> kalıntıları oksijen tutucular vasıtasıyla tutulabilirler ve oksijene hassas gıdalardaki kalite değişimini minimize edebilirler (Ailen, 2002; Jashi, 2002).

Gıda ambalajlarının içinde yüksek düzeyde oksijen bulunması, mikrobiyel gelişmeyi, istenmeyen tat ve koku oluşumlarını, renk değişimlerini ve besin ögesi kayıplarını arttırmakta ve buna bağlı olarak ürün raf ömrünü kısaltmaktadır. Ambalaj içindeki oksijen miktarının kontrolü, bozulma tepkimelerinin kontrol altına alınabilmesi açısından önemlidir (Özdemir ve ark., 2004).

Oksijen emici sistemler; kimyasal olarak oksijene reaktif olan maddelerden oluşan, gaz geçirebilen materyal içerisinde paketlenmiş keseciklerdir. Kapalı bir kap içerisine yerleştirilen bu paketler gıdanın bulunduğu ambalajın içerisinden oksijeni tamamen uzaklaştırmaktadır. Oksijenin absorblanmasında demir tozu, askorbik asit, oksitletici enzim (glikoz oksidaz, alkol oksidaz) ve doymamış hidrokarbonları kapsayan çok sayıda madde kullanılmaktadır. Oksijen tutucular, üründe kullanıldığında ilk önce tepe boşluğundaki oksijen absorblanmakta ve oksijenin bir bölümü de gıdanın yapısındaki suda eriyebilmektedir. Oksijen gıda ürünlerinde solunum gibi anabolik reaksiyonlara ve ayrıca katabolik veya bozulma reaksiyonlarına katılır. Paket bünyesindeki oksijenin uzaklaştırılması üründe meydana gelebilecek istenmeyen bu bozulmaların önlenmesini sağlar ve oksijene duyarlı vitaminler (A, B, C vitaminleri) gibi besin bileşenlerinin korunmasını da sağlayabilmektedir.

Günümüzde değişik yapıdaki oksijen tutucular kullanılmakta ve bunlardan en yaygın olanı kapalı bir kap içerisine yerleştirilen oksijen reaktif maddelerden oluşan ve içerisine gaz geçirebilen paketlenmiş kesecikler olmaktadır. Bu materyallerden her biri farklı fonksiyona sahip çok sayıdaki tabakadan oluşmuş olup, oksijen absorblayıcı madde çok yoğun oksijen geçiren matriks tabakasında bulunmaktadır. Oksijen genellikle paketin iç yüzeyi doğrultusunda absorblanmakta ve bunun en büyük nedeni de matriks tabakasının dışına doğru kalın bir oksijen sınır tabakasının yer alması ile açıklanmaktadır. Bununla birlikte, oksijen tutucuda bulunan kontrol tabakası da, gıdada az absorbe eden maddelerce oksijen migrasyonunu en aza indirgemektedir. Bunlara ilave olarak, oksijen absorblayıcıların kullanımını sınırlayan bazı faktörlerde bulunmaktadır.

Oksijen tutucular genellikle paketin iç yüzeyinden oksijeni tamamen uzaklaştırmakta, ancak paket açıldıktan sonra iç yüzeye oksijenin nüfuz etmesi nedeni ile absorber yeniden absorblayıcı kapasitesini kazanıncaya kadar üründe bozulmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle, oksijen absorberleri, ürünün depolanması sırasında son derece faydalı olmasına karşın, tüketici ambalajı açıldığında, meydana gelen kısmi vakumda ambalajın elastikiyetinin kaybolmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte, oksijen absorber kullanımı ile ilgili diğer bir oluşumda, gıda güvenliği konusudur. Bu da ambalaj içerisinde anaerobik koşulların oluşumunun, *Clostridium spp*'leri gibi anaerobik ya da *Listeria spp*'leri gibi fakültatif anaerobik bakterilerin gelişimine olanak sağlaması ile ilgilidir. Söz konusu yöntemi kısıtlayan diğer bir faktör de, yanlışlıkla absorblayıcı aktif kimyasal madde içeren bu keseciklerin kaza ile tüketilmesi olasılığıdır.

Oksijen tutucular tek başına veya MAP' la birlikte kullanılmaktadır. Tek başına kullanılması MAP makinelerindeki gaz tanklarına olan ihtiyacı azaltmakta ve paketleme hızını arttırmaktadır. Bununla birlikte ticari olarak kullanımında olan sistemde ortamdaki oksijen MAP'la (vakumla) uzaklaştırılmakta ve daha sonra geriye kalan oksijen, oksijen tutucular ile uzaklaştırılmaktadır (Vermeiren ve ark., 1999).

#### **1.6.1.1. Oksijen Tutucuların Doğru Seçilmesi**

Oksijen emici sistemler birkaç ihtiyaca uygunluğuna göre seçilmektedir.

Bunlar;

- İnsan vücudu için zararsız olmalı. Yine de oksijen absorberler kendileri ne gıda ne de gıda katkı maddesidir, onlar gıda ile birlikte ambalaja yerleştirilir ve aynı ambalaj içinde bulunduğundan tüketiciler tarafından kazara tüketilme olasılığı vardır.
- Oksijen tutucu oksijen oranını uygun oranda ve hızda absorbe etmelidir. Eğer oksijen ile oksijen tutucu çok hızlı reaksiyon verirse,

ambalaj içine giriş sırasında oksijen tutma kapasitesinde kayıplar olabilir. Eğer yavaş reaksiyona girerse, gıdayı oksijen zararlanmalarından yeterli şekilde koruyamaz.

- Toksik maddeler veya istenmeyen gaz ve koku üretmemelidir.
- Oksijen tutucular küçük boyutlarda olmalı ve iyi bir performans göstermelidir.
- Oksijen tutucular fazla miktarda oksijen absorblamalıdır.
- Oksijen tutucuların fiyatı uygun olmalıdır (Nakamura ve Hashino, 1983; Abe, 1994; Rooney, 1995).

Uygun oksijen tutucular tepe boşluğundaki oksijen miktarına bağlı olarak, başlangıçta gıdadan ne kadar oksijen uzaklaştıracağı ve depolama sırasında ambalaj içindeki çevrede havadan taşımının miktarına göre seçilir. Oksijen emicilerin seçiminde önemli faktörler gıdanın özellikleri (örneğin boyut, şekil, ağırlık), su aktivitesi ve raf ömrü olarak istenmektedir. Oksijen emicinin etkili olabilmesi için bazı zorunlu olan şeyleri yerine getirmesi gerekir. İlk önce yüksek oksijen bariyerli ambalajlama kapları veya filmleri ile kullanılmak zorundadır, yoksa oksijen emici hızlıca doymuş hale gelir ve oksijen absorblama kabiliyeti azalır.

Filmlerin oksijen geçirgenliği oksijen tutucu kullanılan ambalajlar için önerilen  $20 \text{ mL/m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$  düzeyini aşmamalıdır. Örneğin oksijen tutucu ile kullanılan bariyer tabakaları EVOH (etilen vinil alkol) ve PVDC (polivinildiklorid)'dir (Nakamura ve Hoshino, 1983; Rooney, 1995). Eğer yüksek oksijen geçirgenliğine sahip filmler kullanıldığında ( $>100 \text{ mL/m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$ ), ambalaj içindeki oksijen konsantrasyonu bir hafta içinde sıfır değerine yaklaşır. Depolama sürecinde kütle transferinden dolayı oksijen miktarı giderek artar ve normal hava oranına çıkar (oksijen tutucu doymuş olur). Eğer yüksek bariyerli filmler ( $<10 \text{ mL/m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$ ) kullanıldığında, tepe boşluğundaki oksijen 1-2 gün içerisinde  $100 \text{ ppm}$  değerine kadar azalabilmekte ve depolama periyodu süresince bu değerde kalmak şartıyla ambalaj güvenirliliği devam ettirilir (Rooney, 1995). İkinci olarak fleksibil ambalajlama için tamamen ısıyla kapatılabilen bölümden

ambalaja hava girmez. Bu fleksibil ambalajlama depolama periyodunun başından sonuna kadar ambalaj güvenilirliğinin ve tepe boşluğunda az miktarda kalan oksijenin güvencesinin kontrolünde hızlı, ucuz ve iyi çalışan metot olan redoks indikatörü (örn. Ageless<sup>®</sup>, Eye<sup>®</sup>) ile birleştirilmiştir. Ageless<sup>®</sup>-Eye<sup>®</sup> tableti oksijenin varlığını renk değişmesi şeklinde gösterir. Ambalaj içine yerleştirildiğinde, renk değişimleri oksijen konsantrasyonu sıfır değerine yaklaştığı zaman renk değişimi maviden pembe renge doğru olur. Eğer indikatör mavi renge geri dönerse, ambalajlama güvenilirliğinin az olduğunun belirtisidir (Smith ve ark., 1990; Nakamura ve Hoshino, 1983; Rooney, 1995).

Son olarak oksijen emicinin uygun çeşidi ve boyutu seçilmek zorundadır. Emicinin uygun boyutu aşağıda belirtilen formülle hesaplanabilir (Roussel, 1999). Ambalajlama aşamasında oksijen varlığının hacmi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir.

$$A = ( V - P ) \times [O_2] / 100 \quad (1.1)$$

V: suya batırılarak saptanan ambalajlanmış ürünün hacmi (ml),

P: ambalajlanmış ürünün ağırlığı (g),

[O<sub>2</sub>] : ambalajda bulunan ilk oksijen konsantrasyonu ( = %21 havada)

Ek olarak, ürünün raf ömrü süresince ambalaja oksijenin olası sızıntı hacminin de hesaplanması gereklidir (B). Bu değer mL olarak belirtilen formülle hesaplanabilir;

$$B = S \times P \times D \quad (1.2)$$

S: ambalajın yüzey alanı( m<sup>2</sup>),

P: ambalajın geçirgenliği (ml/m<sup>2</sup>/24 h/atm)

D: ürünün raf ömrü (gün)

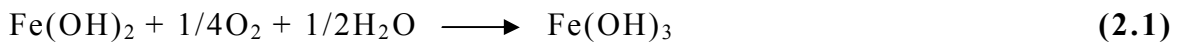
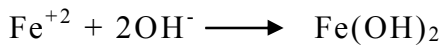
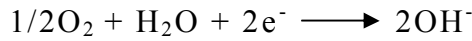
A ve B değerlerine ilaveten absorbe edilen oksijenin hacmi de elde edilebilir. Bu temel hesaplamalar, oksijen emicinin boyutu ve saketlerin sayısı ile saptanabilir.

### **1.6.1.2. Oksijen Absorblama Teknikleri**

Aktif ambalajlama sisteminde oksijen tutulması tekniği ile gıdanın ambalajlandığı ortamdaki oksijenin konsantrasyonun azaltılması için oksijen tutucu bileşikler aracılığıyla absorblanma uygulanır. Oksijen konsantrasyonunun azaltılması demir tozu oksidasyonu, askorbik asit oksidasyonu, fotosensitif renk oksidasyonu, enzimatik oksidasyon (glikoz ve alkol oksidaz), doymamış yağ asitleri (oleik asit veya linolenik asit v.b.) oksidasyonu gibi tekniklerinin tek başına veya beraber kullanılması ile gerçekleştirilir (Vermeiren ve ark., 1999).

#### **1.6.1.2.1. Demir Oksidasyonu Sistemi**

Yaygın olarak kullanılan ticari oksijen tutucular demir oksidasyonu prensibine göre geliştirilmişlerdir.



Bu tip oksijen tutuculardan biri olan Ageless® (Mitsubishi Gas Chemical Co, Japonya) etken maddesi demir(II) oksit olan bir sakettir (draje). Demir(II) oksit yüksek oksijen ve su buharı geçirgenliğine sahip materyale yerleştirilerek gıdaya renk vermesi engellenir. Saket 1 g demirin 300 cm<sup>3</sup> oksijenle reaksiyona girmesine bağlı olarak, ambalaj içerisine yerleştirildikten sonra ambalaj ortamındaki oksijen konsantrasyonu birkaç saat içinde % 0,01 seviyesine düşmektedir. Oksijen tutucunun bu teknik yardımıyla aerobik koşullarda yaşayabilen mikroorganizmaların çoğalması



azaltılmakla birlikte lipit oksidasyonu nedeniyle oluşabilecek ransit tat oluşumu da engellenmektedir (Abdelhag ve Labuza, 1987; Nielsen ve ark., 1997; Vermeiren ve ark., 1999). Demir için LD<sub>50</sub> (lethal doz, popülasyonun %50'sini öldüren doz) 16g/kg vücut ağırlığıdır. Ticari olarak en yaygın kullanılan saketler 7 g demir içermektedir ki bu miktar da 70 kg vücut ağırlığındaki bir insan için sadece 0,1g/kg'dır veya 160 kere kullanımdan daha az lethal doz demektir (Labuza ve Breene, 1989). Demir esaslı oksijen tutucuların tek dezavantajı, genellikle oksijen tutucular ambalajlama hattında yerleştirildiğinden metal dedektörden geçemezler. Bu problem askorbik asit veya enzim esaslı oksijen tutucular kullanılarak önlenmektedir (Hurme ve Ahvenainen, 1998).

#### **1.6.1.2.2. Kateşol Oksidasyonu Mekanizması**

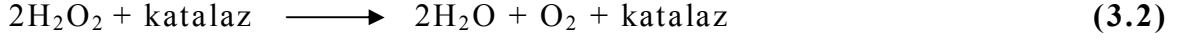
Diğer oksijen tutma teknolojisi kateşol oksidasyonu esaslıdır. Kateşol gibi organik bileşik, metal dedektörden geçebilir. Ticari olarak bu teknolojiyi Japonya Tomatsu adı ile üretmektedir (Abe, 1994). Tomatsu D tipi oksijen tutucular baharatlar, dondurarak kurutulmuş gıdalar, çay gibi kuru ürünler için kullanılır. Bu saketler oksijen tutma reaksiyonu için neme gereksinim duymaktadırlar.

#### **1.6.1.2.3. Enzim Oksidasyonu Mekanizması**

Oksijen tutucu olarak gıda ambalajlamada kullanılan diğer bir teknik enzimlerdir. Oksijeni uzaklaştırmak için glikoz oksidaz ve katalaz enzim kombinasyonu kullanılır. Ortamda nem varlığında glikoz oksidaz glikozu oksitler, reaksiyon sonunda ortamda glukonik asit ve hidrojen peroksit oluşmaktadır (Greenfield ve ark., 1975; Labuza ve Breene, 1989; Nielsen, 1997). Bu reaksiyon aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleşir.



Son üründe hidrojen peroksit bulunması zararlı olduğundan, katalaz enzimi oluşan hidrojen peroksidi parçalar (Rooney, 1995; Vermeiren ve ark., 1999).



Enzimatik sistemler genellikle pH, su aktivitesi, sıcaklık değişimlerine çok duyarlıdır ve çözümlerle birlikte kullanılabilirler. Çoğu sistemler faaliyetleri için neme gereksinim duyarlar ve bu nedenle düşük nem içeren gıdalarla birlikte etkili kullanılamazlar (Floros ve ark., 1997). Glikoz oksidaz ve alkol oksidaz enzimlerin ambalaj filminin bir parçası veya ayrı bir poşet içinde yerleştirilmiş olarak kullanılmaktadır. Genellikle polipropilen (PP) ve polietilen (PE) filmlerle birlikte kullanılırlar. Ticari olarak bulunan enzim esaslı oksijen tutucu saket Bioka'dır (Bioka Ltd. Finlandiya). Saket ambalaj içine yerleştirildiği zaman, sıcaklık 60°C'yi aşmamalıdır. Çünkü enzimler protein yapısında olduklarından sıcaklık artışı ile denatüre olurlar (Bioka teknik bilgi, 1999). Bu enzim sisteminin avantajı ise demir tozu içermemesi ve bu mikrodalga uygulamaları için ve üretim hattındaki metal dedektörler için problem oluşturmazlar. Diğer oksijen tutucu enzim ise alkol oksidazdır. Alkol oksidaz enzimi etanolu kullanarak asetaldehite okside eder. Geniş su aktivitesi aralığındaki gıda ürünleri için kullanılabilirdiği için çalışması için su gerekmez. Eğer ambalajdan çok fazla oksijen uzaklaştırılacaksa, önemli miktarda etanol gerekir ki bu da ambalaj içinde kötü koku oluşumuna neden olur. Ayrıca, oldukça fazla miktarda aldehit üretilebilir ve bu gıdada yoğurt benzeri koku oluşumuna neden olur (Labuza ve Breene, 1989).

#### **1.6.1.2.4. Askorbik Asit Uygulaması**

Demir oksidasyonuna bağlı olan oksijen tutuculardan başka kullanılan diğer bir yöntem ise askorbik asit kullanımınıdır. Daha çok, içeceklerin bulunduğu şişelerin kapaklarında kullanılır. Oksijen absorberli şişeler ise, bira, şarap ve yumuşak alkollü içeceklerin aromalarının korunmasında yarar sağlamaktadır.

#### **1.6.1.2.5. Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin Oksidasyon Sistemi**

Ortamdan oksijeni temizlemenin diğer bir tekniği de çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidasyonudur. Kuru gıdalar için çok iyi oksijen

tutucudur. Çoğu oksijen tutucuların bilinen dezavantajı su yokluğunda oksijen tutma reaksiyonlarını gerçekleştirememeleridir. Su yokluğunda çalışamayan oksijen tutucu sistemlerin varlığında, kuru gıda ürünlerinin kalitesi hızla kötüye gidebilir çünkü oksijen tutucudan gıdaya su migrasyonu olabilir. Çoklu doymamış yağ asitleri, tercihen oleik, linoleik veya linolenik yağ asidi içeren soya fasulyesi, susam veya pamuk çekirdeği yağı gibi taşıyıcı yağlardır. Bu yağ veya PUFA geçiş metali ile katalizör ve taşıyıcı madde (kalsiyum karbonat) eklenerek katılaştırılmış oksijen tutma bileşimidir. Bu yolla oksijen tutucu granül veya toz halde üretilebilir ve saketlere ambalajlanmış olarak bulunabilir.

### **1.6.1.3. Oksijen Tutucuların Gıdalarda Uygulama Yerleri**

Günümüzde oksijen tutucu uygulamalarının, tam olarak geliştirilmiş ve ticari olarak çok sayıda gıdada kullanıldığı görülmektedir.

- Oksijen tutucu sistemler daha çok, taze pasta, fındık ve kurutulmuş domuz bifteğindeki ransiditenin önlenmesinde kullanılmaktadır.
- Ayrıca ekmek, pasta, peynir ve pizza hamurlarının yüzeyinde küf gelişiminin engellenmesinde kullanılmaktadır.
- Kurutulmuş meyvelerin renk bozulmalarının önlenmesinde kullanılır.
- Kavrulmuş kahvenin aromasının korunmasında kullanılmaktadır.
- Oksijen absorberli şişelerden ise, bira, şarap ve yumuşak alkollü içeceklerin aromalarının korunmasında yararlanıldığı görülmektedir.
- Film şeklindeki oksijen absorberlerinin en yaygın ticari uygulaması ise, dilimlenmiş ekmeklerin paketlenmesidir. Bu uygulama küf gelişiminin önlenmesi yanında, raf ömrünü de 3 yıla çıkartabilmektedir.
- Sözü edilen absorberler özellikle silahlı kuvvetlerin ihtiyaçları doğrultusunda hazır yemeklerin korunmasında da kullanılmaktadır. Öte yandan son yıllarda, şerit şeklinde ambalajın içerisine yerleştirilen oksijen absorberlerinin de kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

Oksijen absorblayıcı, kırmızı ve beyaz et içeren et ürünlerinin ransidite ve renk bozulmalarından korunmasında da kullanılmaktadırlar.

### **1.7. Meyve ve Sebzeler**

Ülkemiz, dünya'da meyve ve sebze üretimi açısından tüketimini karşılayan ender ülkelerden biridir. Ancak sahip olduğu meyve ve sebze yetiştirme potansiyelini gereği gibi kullanamamaktadır. Meyve ve sebze sektöründeki en ciddi problem ise üretim-tüketim zincirindeki ciddi kayıplardır. Gelişmiş ülkelerde taze meyve ve sebzelerde; tarladan müşteriye kadar olan zincirde toplam kayıp oranı % 5-7 civarındadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise, ürün kayıpları % 25'den aşağı değildir. Sonuçta üretilen ürünlerinin ciddi bir oranı tüketilememektedir. Bu da her yıl milyonlarca doların kaybına neden olmaktadır (Anonim, 2005).

Tarımsal üretim alanlarının ve artan nüfusun besin maddesi ihtiyacının karşılanmasında birim başına düşen üretimin arttırılması yanında, kayıpların en aza indirilerek üstün kalitenin korunması gibi alternatif yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde taze meyve ve sebzelerde; üretimden (bahçe-tarladan) tüketiciye kadar olan zincirde toplam hasar (kayıp) oranı % 10'dan az iken; gelişmekte olan ülkelerde ürün kayıpları % 25'den aşağı değildir. Bu nedenle gıda ürünlerinin dayanma sürelerinin uygun muhafaza ve ambalajlama ile kayıplarının en aza indirerek raf ömürleri arttırılması gerekmektedir. Tüketiciye cazip gelecek, yüksek besleyicilik değerine sahip, kalitesi muhafaza edilmiş gıdaların geliştirilmesi gıda endüstrisinin önemli bir görevi olmuştur.

Meyve ve sebzeler diğer gıdalardan farklı olarak hasattan sonra solunumlarını sürdürürler yani fizyolojik yaşamlarına devam ederler. Solunumda alınan oksijen hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi kompleks bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken; çevreye karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ile bir miktar ısı bırakırlar. Ürünün solunum hızı, dokunun metabolik aktivitesinin bir göstergesi olup bu hızı tüketilen O<sub>2</sub>

veya CO<sub>2</sub> cinsinden ölçebilmek mümkündür. Meyve ve sebzelerde solunumun devam etmesi sonucunda ortama verilen etilen, CO<sub>2</sub> gibi ürünler kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra üründe su ve renk kayıplarına neden olmakta ve ürünün raf ömrü kısalmaktadır (Caner ve ark., 2009).

Böyle ürünlerin, düşük O<sub>2</sub> ve yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda saklanmasıyla solunum hızları ve etilen üretimleri yavaşlar. Böylece olgunlaşma gecikir, bileşimindeki şeker ve asitlerin tüketilmesi sınırlanır, solunuma bağlı olarak gelişen nem ve ısı oluşumu azalır, klorofil yıkımı ve enzimatik esmerleşmeler önlenmiş olur.

### **1.7.1. Meyve ve Sebzelerde Kaliteyi Etkileyen Etmenler**

#### **1.7.1.1. Meyve ve Sebzelerde Solunum**

Meyve ve sebzeler yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için solunum yaparlar. Solunumda alınan oksijen hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi kompleks bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken; çevreye karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ile bir miktar ısı bırakırlar. Ürünün solunum hızı, dokunun metabolik aktivitesinin bir göstergesidir. Meyve ve sebzelerde solunumun devam etmesi sonucunda ortama verilen etilen, CO<sub>2</sub> gibi ürünler kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra üründe su ve renk kayıplarına neden olmakta ve ürünün raf ömrü kısalmaktadır. Meyve ve sebzelerin solunumunda birincil öneme sahip metabolizmalar glikoliz yolu, sitrik asit döngüsü (krebs döngüsü) ve mitokondrial elektron taşıma zinciridir. Solunumla tam reaksiyon sonucunda nişasta veya sakkaroz karbondioksit ve suya kadar dönüşür (Ball, 1997).

**1.7.1.1.1. Solunum Sonucunda Meydana Gelen Değişiklikler**

Meyve ve sebzelerin solunumu sonucunda;

- Harcanan nişasta ve şekerlere bağlı olarak dokuda yumuşama kuru maddede azalma,
- Asitlerin parçalanması sonucunda pH artması ve asitliğin azalması,
- Klorofil vb renk maddelerinin parçalanması sonucunda renk kayıplarının meydana gelmesi,
- Solunum sonucunda açığa çıkan etilen sonucunda yaşlanmanın hızlanması,
- Terleme ile ürünün su kaybetmesi ve bunun sonucunda üründe büzüşme, kabukta büzüşme v.b. değişiklikler ortaya çıkmaktadır.

**1.7.1.2. Terleme**

Meyve ve sebzelerin canlılığının en önemli belirtilerinden bir diğeri de terlemedir. Terleme, ürünün depolama sırasında devamlı olarak su kaybetmesidir.

*Terleme hızı;* ortamın sıcaklık derecesine, solunum hızına bağlı olarak değişir. Terlemeyle kaybedilen suyun tümü, meyve veya sebzenin doğal hücre suyu değildir (Merizalde, 2004).

Yaş meyve ve sebzeler büyük oranda sudan oluşur. Hasattan sonra sürekli su kaybına (ağırlık kaybı) uğrarlar ve diriliklerini yitirirler. Terleme sırasında su ile birlikte bazı uçucu metabolizma ürünleri de dokudan uzaklaşıp ayrılmaktadır. Eğer terleme, depo neminin gereğinden fazla yükseltilmesi yoluyla durdurulursa, bazıları zararlı olan bu metabolizma ürünleri, meyve ve sebzelerin dış doku ve kabuklarında birikerek, kabuk ve ette esmer leke veya bölgeler oluşur. Bu olguya "*fizyolojik zararlanmalar*" denir ve böylece ürünün kalitesi ve ticari değeri kaybolur.

Su kaybı, kabukta buruşma ve sapta kuruma şeklinde ortaya çıkar ve kaliteyi önemli derecede düşürür. Su kaybı ortam ile ürün arasındaki buhar basıncı farkına bağlıdır. Bu nedenle, ortam sıcaklığını düşürmek ve oransal nemi artırmak su kaybını önemli derecede azaltır.

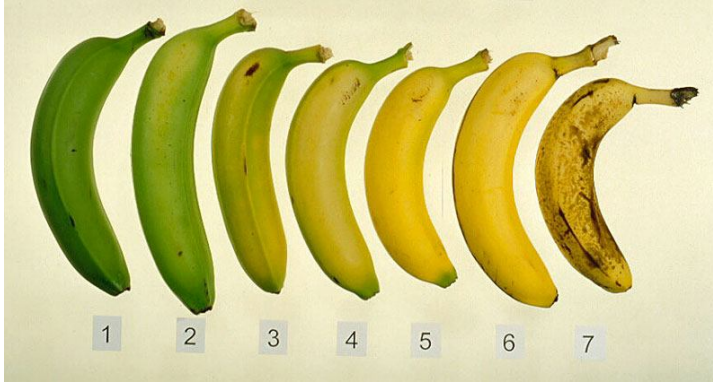
### **1.7.1.3. Etilen Üretimi**

Basit bir bileşik olan etilen ( $C_2H_4$ ) bitkinin kendisi tarafından üretilen gaz formunda yüksek etkili bir bileşiktir. Olgunlaşmakta olan meyvelerin dokularında, kök nodüllerinde, yaşlanan yapraklarda ve çiçeklerde bulunur. Gaz halinde bulunan tek hormondur. Etilen tüm dokularda üretilmektedir. Etilen sentezi birçok çevre faktörüne bağlı olarak artabilir.

*Etilenin bitkilerdeki başlıca etkileri;*

- Meyvenin olgunlaşması
- Yaprak ve çiçek yaşlanması
- Yaprak ve meyve dökümü
- Çiçeklerin açılması

Etilenin çeşitli meyve ve sebzelerde olgunlaşmayı çabuklaştırması ekonomik açıdan çok önemlidir. Etilen meyve saplarında ayırıcı bir doku oluşturarak hasadın oldukça hızlı ve kolay yapılmasını sağlar. Etilen çimlenen tohumlarda ve olgun meyvelerde aminoasitlerin parçalanması ile meydana gelen bir doğal hormondur. Etilen gazının taşınması hücreler arası boşluklar ile gerçekleşir. Işık etilen oluşumunu artırır.



Şekil 14. Etilenin muzun olgunluğuna etkisi.

Etilen gaz formunda olduğundan sadece içinde bulunduğu bitkiyi değil komşu bitkileri de yayılarak etkiler. Örneğin olgunlaşmış ve olgunlaşmamış muzlar bir araya getirilse olgunlaşmamış olanların çabuk olgunlaştıkları görülür (Şekil 14). Bu yönü ile etilen hasat sonrası olgunlaşmayı teşvik amacıyla da kullanılmaktadır. Bu amaçla genellikle etephon denilen etilen doğurucular kullanılmaktadır. Bunlar bitkilere tatbik edildikleri zaman etilen fosfat ve HCl elde edilmektedir.

Yumru gibi vegetatif depo organlarının oluşumunda etilenin düzenleyici olduğu sanılmaktadır. Ayrıca bitkilerin su düzeyleriyle etilen sentezlenmesi arasında ters bir ilişki vardır. Yani su düzeyi azaldıkça etilen sentezi artmaktadır. Bunun ise ek kök oluşumunu teşvik ettiği bilinmektedir. Çiçek açmayı düzenleyici etkisi ile de bilinen etilen süs bitkilerinde homojen çiçek oluşumunu sağlaması bakımından önemlidir.

## **1.7.2. Meyve ve Sebzelerde Depolama Süresince Görülen Kalite Kayıplar**

### **1.7.2.1. Renk Kayıplar**

Renk ışığın spektral dağılımından meydana gelen görsel bir özelliktir ve önemli bir kalite kriteridir. Çünkü tüketiciler bir gıdanın kalitesine ilk önce rengine bakarak karar vermekte ve buna göre yorum yapmaktadırlar. Renk değişimleri birçok faktörden etkilenmekte ve gıdanın olgunluğu, tazeliği ve dayanıklılığı hakkında bilgi vermektedir. Renk; tekstür ve



aromaya kıyasla tüketici tercihinde daha büyük ve önemli bir rol oynamaktadır (McDougall, 2002). Gıdalarda rengin oluşumundan renk pigmentleri sorumludur; bunlar klorofiller, karotenoidler ve antosiyaninlerdir (McDougall, 2002).

#### **1.7.2.1.1. Klorofil**

Klorofil meyve ve sebzelere yeşil rengi veren bir renk pigmentidir. Fotosentez sırasında önemli rol oynayan ve ışığı kimyasal enerjiye çeviren bir yapıdadır. Klorofiller kimyasal olarak porfirin gruplarından meydana gelmektedir ve bu gruplar birbirlerine Mg iyonu ile bağlıdırlar (Eskin ve Robinson, 2001).

Klorofil pigmentleri yüksek yapılı bitkilerde özelleşerek kloroplast adlı yapıları oluşturmaktadır (Delgado ve Parades, 2002). Parçalanmasında klorofil molekülünde bulunan Mg + iyonu asitlerin etkisiyle molekülden ayrılmakta ve bunun yerine H + bağlanarak 'feofitinler' oluşmaktadır. Bunun yanında olgunlaşmada da klorofiller parçalanmaktadır. Meyvelerin olgunlaşması sırasında klorofiller kloroplast oluşturmak üzere kaybolurlar. Klorofil parçalanması birkaç saat ile birkaç hafta arasında değişmektedir. (Steele, 2004).

Meyve ve sebzelerin yeşil renklerini korumak için pH kontrolü, tuz ilavesi, sıcaklık kontrolü, modifiye atmosfer teknikleri ve yenilebilir film ve kaplamalar kullanılmaktadır (Steele, 2004).

#### **1.7.2.1.2. Karatenoidler**

Karatenoidler, sarı kırmızı ya da viyoleye kadar değişen renk maddeleridir. Karatenoidler yağda çözünen bileşenlerden oluşmuşlardır. Karatenoidler kendi aralarında iki gruptan meydana gelirler. Bunlardan birincisi düşük polariteye sahip olan karotenler; diğeri ise ksantofiller yani oksijenizasyona uğramış bileşiklerdir (Delgado ve Parades, 2002).

Karatenoidlerin rengi olan sarı, turuncu ve kırmızı renk yapılarında bulunan konjuge karbon karbon çift bağlarından meydana gelmektedir. Konjuge yapıların fazlalaşması rengin daha fazla belirgin olmasına neden olmaktadır. Havuç ve domateslerdeki renk maddeleri bu gruba girmektedir (Delgado ve Parades, 2002). Karatenoidlerin parçalanması oksidasyon, otooksidasyon ve fotooksidasyon yolu ile olabilmektedir. Bunlar karatenoidlerin renklerinin açılmasına ve renk kayıplarına neden olmaktadır (Steele, 2004).

### **1.7.2.1.3. Antosiyaninler**

Antosiyaninler gıdalarda kırmızı ve pembe rengin oluşmasında görev alan ve hücre özsuyunda glikozit formunda bulunan suda çözülebilir vakuol pigmentleridir (Steele, 2004). Epidermal hücrelerde vakuollerin içinde antosiyanoplastların çözünmesiyle oluşmaktadırlar. Genel olarak antosiyanin içeriği; gıdalarda kuru madde içeriğinin % 0,11'i kadardır (Eskin ve Robinson, 2001).

Antosiyaninler antosiyanidin, şeker ve bazen de fenolik veya minör organik asitlerin karışımından meydana gelmektedirler. 24 antosiyanidin çeşidi bilinip bunların 18 tanesi doğal olarak oluşmaktadır. Şekerler ise glukoz, ramnoz, galaktaz, arabinoz, ksiloz veya glukuronik asit olarak bulunmaktadır. Fenolik asit olarak ise ferulik asit, sinamik asit, kafeik veya alifatik asitleri ya da asetik asidi içerebilmektedir. Bununla birlikte rengi etkileyen başka bir kavram ise hidroksil ve metoksi gruplarıdır. Eğer hidroksil grupları fazla ise renk mavimsi olmakta; metoksi gruplar fazla ise renk kırmızıya kaymaktadır (Steele, 2004).

Antosiyaninler stabil olmayan bileşiklerdir ve pH, ışık, ısı, oksijen, demir veya askorbik asit varlığından etkilenmektedirler. 3 veya altındaki pH derecelerinde turuncu, kırmızı veya pembe kationlar bulunmaktadır. pH arttıkça kinetik ve termodinamik faaliyetler sonucunda renksiz bileşenlere dönüşüm başlamaktadır. Sıcaklık arttıkça antosiyaninlerin parçalanma hızı artmaktadır (Delgado ve Parades, 2002).

### **1.7.3. İstenmeyen Aroma Oluşumları**

Meyve ve sebzelerde istenmeyen aroma oluşumları iki faktörün etkisiyle meydana gelmektedir. Bunlar; mikroorganizmalar ve lipit oksidasyonundan oluşan aroma maddeleridir (Wilkes ve ark., 2000).

#### **1.7.3.1. Mikroorganizmalar Tarafından Üretilen Aroma Maddeleri**

Gıdalarda istenmeyen aroma maddelerinin çoğunluğu mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir.  $\text{NH}_3$ , amin, indol, skatol ve  $\text{H}_2\text{S}$  üretilen bileşiklerden bazılarıdır (Wilkes ve ark., 2000).

#### **1.7.3.2. Oksidasyon Sonucu Üretilen Aroma Maddeleri**

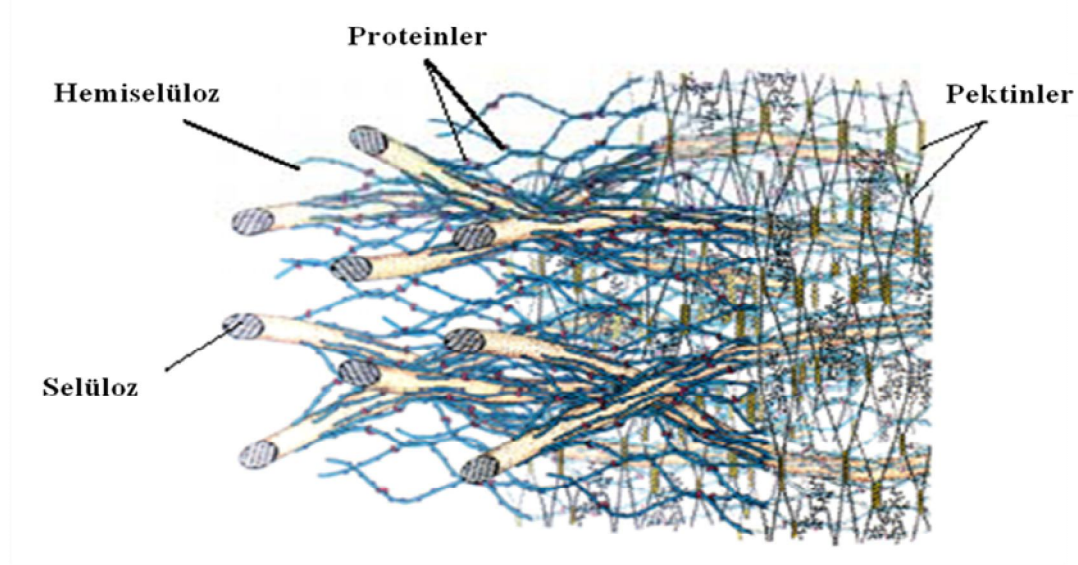
Lipit oksidasyonu en önemli aşamadır; sadece kötü kokuların oluşmasına neden olmayıp ayrıca besinsel içeriğin düşmesini de sağlamaktadır. Düşük sıcaklıklarda bile meydana gelmesi önemini daha da arttırmaya neden olmaktadır (Wilkes ve ark., 2000).

### **1.7.4. Tekstürde Meydana Gelen Kayıplar**

Tekstür gıdanın mekaniksel ve yapısal özellikleriyle ilişkili kalite özelliklerini kapsar. Depolama sırasında meydana gelen tekstürel değişimlerin sebebi enzimatik reaksiyonlar, nem miktarındaki değişimler ve gıda polimerlerindeki çapraz bağlardır. Depolama süresince dokularda yumuşama meydana gelmektedir. Bunun nedeni ise orta lamelde ve ana hücre duvarındaki enzimatik parçalanma ve pektik maddelerinin çözünürlüğünün artmasıdır. Bunun sonucunda da nem kaybı meydana gelmekte ve bu da tekstürde kayıpları sağlamaktadır. Yüksek oksijen varlığında dokuların yumuşaklığı artmaktadır. Soğuk depolama tekstürde meydana gelen kayıpları azaltmada kullanılan bir yöntemdir fakat soğuğa hassas ürünlerde ters bir etki yapmaktadır (Merizalde, 2004).

Bitki hücre duvarları pektik ve hemiselülozik polisakkaritler, zengin hidroksiprolin glikoproteinleri, ligninler, düşük molekül ağırlıklı çözünen maddeler ve sudan oluşan selüloz mikrofibrillerine gömülü matriksten

oluşmaktadır. Hücre duvarının kompozisyonunda plasmalemma ile sitoplazmayı ayıran orta lamel bulunur. Birincil duvarda pektik maddeler, selüloz ve hemiselülozların yüzdeleri birbirine yakındır. Su hücre duvarında dört önemli işlevlere sahiptir. Birincisi yapısal jel matrikste, ıslatma ajanı olarak, polimerler arasında doğrudan hidrojen bağları kurarak, düşük molekül ağırlıklı polimerler, organik bileşikler, tuzlar ve enzimler arasında çözücü olarak görev yapar (Van Buren 1979).



Şekil 15. Hücre duvarının üç boyutlu moleküllerle selüloz arasındaki etkileşimlerinin modeli; hemiselüloz (mavi), pektinler (sarı) ve duvar proteinleri (kırmızı).

Hemiselüloz, protein ve ksiloglikan içerir ve hücre duvarları % 34 pektin, % 38 hemiselüloz ve % 26 selülozdan oluşur (Keegstra ve ark., 1973). Basit olarak selülozun sertlik verici ve destek sağlayıcı işlevi vardır (Şekil 15). Pektik maddeler ve hemiselüloz ise plastikleştirici görevi görürler (Van Buren, 1979).

Meyve dokusundaki değişiklikler tam olarak anlaşılammış olmakla birlikte, kortikal parankimal hücre duvarlarındaki orta lamel yıkımı önemli yumuşama nedenlerindedir. Hemiselüloz ve selüloz bozulması da yumuşamaya katkıda bulunabilir (Perkins-Veazie, 1995).

Üzümsü meyvelerin gelişim aşamaları genel olarak hamken yeşil, olgunlaştıkça yeşil, sırasıyla beyaz, pembe veya kırmızı olarak sınıflandırılır (Perkins-Veazie, 1995). Çileklerde pektin içeriği yeşil ve dönüm aşamalarında değişmez olgunlaşma aşamalarında azalır (Kwang ve ark., 1998). Olgunlaşmamış meyvede pektik maddelerin çoğu çözünmez formdadır (protopektin). Büyüme ve olgunlaşma süreçleri sırasında protopektin yavaş yavaş suda çözünebilen pektine dönüşür. Bu dönüşüm olgunlaşma süresince dokuların yumuşamasına neden olur (Molyneux, 1971).

Yumuşama pektinin enzimatik parçalanmasıyla oluşmaktadır. Pektin protopektinden oluşmaktadır. Protopektinaz enzimi protopektini pektine çevirmekte daha sonraki aşamalarda pektinaz enziminin etkisiyle pektik aside çevrilmektedir (Merizalde, 2004).

Mikroorganizmalar ise pektin liyaz enzimi ile pektini parçalamakta böylece glikozidik bağlar parçalanarak tekstürün azalmasını sağlayan pektik asit oluşmaktadır (Merizalde, 2004).

Kimyasal çalışmalarda hücre duvarlarında protein varlığı da belirlenmiştir. Kuru maddede organik bağlı azot miktarı %0,5 ile 2,0 arasında değişmektedir. Hücre duvarında hidroksprolince zengin glikoprotein bulunduğu, bunun yanında prolince zengin glikoprotein glisince zengin protein ve arobinogalaktan protein bulunduğu belirtilmiştir. Proteinler karbonhidratlar etrafında ağ oluşturarak dokunun sertliğini sağlar (Peña ve ark., 2001). Kwang ve ark. (1998) göre çilekte su ve tuzda çözünebilir protein yoktur. Ancak hücre duvarının protein içeriği olgunlaşma boyunca azalır.

#### **1.7.5. Vitamin Kayıpları**

Meyve ve sebzeler vitamince zengin gıdalardır ve kayıplarının sebebi olarak enzimler gösterilebilir. Oksidatif ve hidrolitik enzimler hücre duvarı geçirgenliğini arttırmakta ayrıca enzimatik parçalamalar sonucunda da vitaminlerde değişimler meydana gelmektedir. Örnek olarak verilecek

olursa B<sub>6</sub> vitamininin defosforilizasyonu, poliglutamil folatın dekonjugasyonu sonucunda olmaktadır. Ayrıca fiziksel zararlar, sıcaklık koşulları, hasat ve işleme zamanı arasında geçen periyot da kayıplara neden olur. Oksidatif değişimlerden olan lipoksigenaz enziminin etkisiyle vitaminlerin konsantrasyonu azalabilmektedir. Alkalın uygulamaları da askorbik asit, tiamin ve folat vitaminlerinde azalmaya neden olabilmektedir. Sıcaklık artışlarıyla, pH, nem ve metaller etkisiyle de vitamin kayıpları meydana gelebilmektedir. Fakat işlem koşullarından etkilenen en önemli vitamin olarak askorbik asit görüldüğü için aşağıda bununla ilgili açıklama verilmiştir (Eitenmiller ve Landen, 1999).

#### **1.7.5.1. Vitamin C Kayıpları**

Askorbik asit vitaminler içinde en az stabil olandır ve oksidasyon, redüksiyondaki önemi nedeniyle hemen hemen tüm canlı dokularda bulunmaktadır (Man, 1999). L-askorbik asit yüksek polarlıkta suda çözünebilir fakat nonpolar çözücülerde çözünmeyen bir bileşiktir. Askorbik asidin karakteristik özelliğini C<sub>3</sub> hidroksi grubu oluşturmaktadır. İki elektronun oksidasyonu sonucunda ise L-askorbik asit L-dehidroaskorbik aside dönüşmektedir. L-askorbik asit ve askorbik asit genellikle gıda bileşenlerine antioksidant etkilerinden dolayı eklenmektedir (Man, 1999).

#### **1.8. Çilek**

Çilek *Rosaceae fragaria* cinsine ait çok yıllık bir bitki olup, otsu bitki yapısı ile üzüksü meyveler içinde yer alır. Çilekte çiçek tablasının gelişmesi sonucu oluşan kısma meyve denilmektedir. Ancak, asıl çilek meyveleri bu etli kısmın üzerindeki küçük cevizciklerdir. Bu özelliği nedeniyle çilek botanik olarak aynı zamanda toplu bir meyvedir (Ağaoğlu, 1986; Maas, ve ark., 1993).

Dünyada çilek kültürünün tarihi çok eskilere dayanmaz. İlk olarak M.S. 1300 tarihlerinde Avrupa'da çilek kültürü yapıldığı tespit edilmiştir. Orman çileği olarak adlandırılan *Fragaria Vesca* ilk kültüre alınan çilek türü olmuş ve Fransızlar yabani çilekleri bu tarihlerde ormandan sökerek

bahçelere dikmeye başlamıştır. Çilek M.S. 1500 yıllarında bahçe kültürü açısından bilimsel olarak tamamen incelenmeye başlanmış ve bu asır sonlarında üç Avrupa türü olan *F.Vesca*, *F.Moschata* ve *F. Viridis* tespit edilmiştir. Aynı şekilde *F.Vesca*'nın 2 alt türü bu dönemde tanımlanmıştır (Darrow, 1966).

Çilek genel olarak şu şekilde sınıflandırılır:

**Üstalem:** Eukarya

**Alem:** Plantae

**Bölüm:** Magnoliophyta

**Sınıf:** Magnoliopsida

**Takım:** Rosales

**Familya:** Rosaceae

**Altfamilya:** Rosoideae

**Cins:** *Fragaria*

Kuzey Yarımkürenin ılıman bölgeleriyle birlikte, Güney Yarımkürede geniş ölçüde tarımı yapılmaktadır. ABD, Avrupa, Güney ve Doğu Afrika Ülkeleri, Yeni Zelanda, Avustralya ve Japonya en çok çilek yetiştiren ülkelerdir. Deniz seviyesinden 3255 m yükseklikte, soğuk yörelerde, Subtopik bölgelerde, sulanabilir çöllerde, yaz aylarında gece gündüz aydınlık olan Artrik bölgelerde, Ekvator'da, çok değişik ekolojik koşullarda doğal olarak yetişebilmektedir. Çilek yetiştiriciliğinin özellikle son yıllarda dünyada ve ülkemizde giderek önem kazanmasında en büyük etken değişik iklim ve toprak koşullarında ekonomik olarak yetiştirilmesi olmuştur. Ayrıca çilek, pazarda taze meyvenin az olduğu dönemlerde olgunlaşması nedeniyle iyi bir pazar avantajına sahiptir. Taze olarak tüketilmesinin yanında işlenerek tüketilebilen, vitamince zengin bir

meyvedir. Bu meyve yatırımların kısa zamanda geriye dönmesi nedeniyle küçük aile işletmeciliğine de uygundur. Bunun yanında çilek yetiştiriciliğinde birim alandan elde edilen gelir de öteki ürünlere göre daha fazladır.

Ülkemizde çilek üretimi 1970'li yıllarda başlamış olup 1975 yılında üretim 16,000 ton iken 1995 yılında 76,000 tona ulaşmıştır. Türkiye çilek üretiminin % 47,54'ünü Marmara, %30,39'unu Akdeniz, %13,71'ini Ege Bölgesi karşılamaktadır. Marmara yöremizde daha çok derin dondurmaya uygun çilekçilik, diğer bölgelerimizde ise sofralık çilek yetiştiriciliği yapılmaktadır.

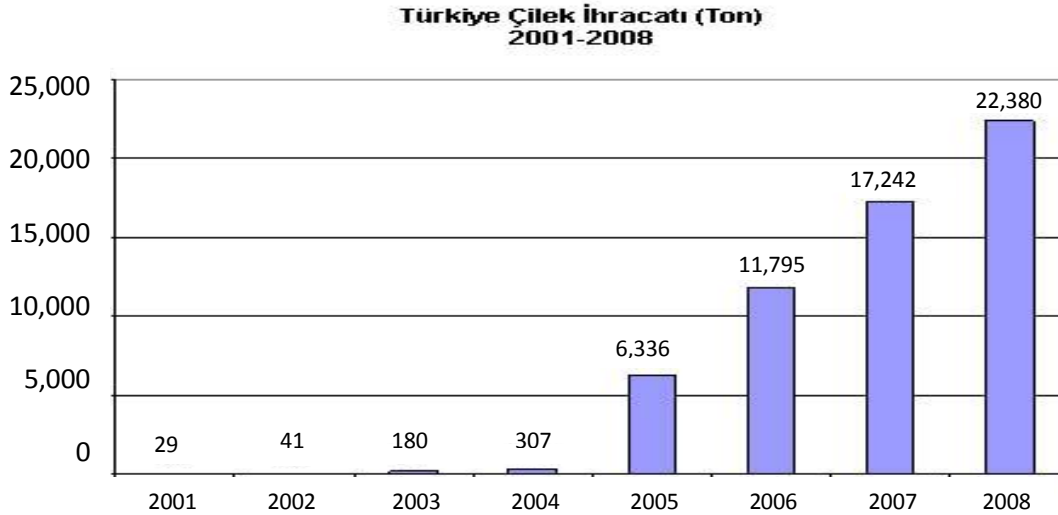
Çizelge 4. 100 g taze çileğin içerdiği besin değerleri (Anonim, 2010 c)

<b>Besin İçeriği</b>	<b>Miktar</b>
Kalori	37 kal/100g
Protein	0,7 g/100g
Karbonhidrat	8,4 g/100g
Kolesterol	0/100g
Yağ	0,5 g/100g
Lif	1,3 g/100g
<b>Mineral Madde</b>	
Fosfor	21 mg/100g
Kalsiyum	21 mg/100g
Demir	1 mg/100g
Sodyum	1 mg/100g
Potasyum	164 mg/100g
Magnezyum	12 mg/100g
<b>Vitamin</b>	
A vitamini	60 IU A/100g
B1 vitamini	0,03 mg/100g
B2 vitamini	0,07 mg/100g
B3 vitamini	0,6 mg/100g
B6 vitamini	0,055 mg/100g
Folik asit	4,6 mg/100g
C vitamini	77 mg/100g
E vitamini	0,2 mg/100g



### 1.8.1. Türkiye Çilek Üretim ve İhracatı

Türkiye değişik iklim ve toprak karakterleri yönünden çilek yetiştiriciliğinde önemli bir potansiyele sahiptir. Bahçe ürünleri arasında, ilk yıldan itibaren verime başlaması, birim alandan yüksek gelir sağlaması gibi özellikleri ile popüler olmuş, yakın bir geçmişe kadar sadece İstanbul, Bursa, Karadeniz Ereğlisi yörelerinde yetiştirilen çilek günümüzde giderek yaygınlaşmıştır. Üretimin büyük bir kısmını Akdeniz, Marmara, Ege bölgeleri karşılamaktadır. En fazla çilek üretimi yapan illerin başında Mersin gelmekte olup toplam üretimin % 45'ini karşılamaktadır. Diğer çilek üreten önemli iller ise sırasıyla; Bursa (% 21), Antalya (% 14), Aydın (% 7) ve İzmir (% 3)'dür.

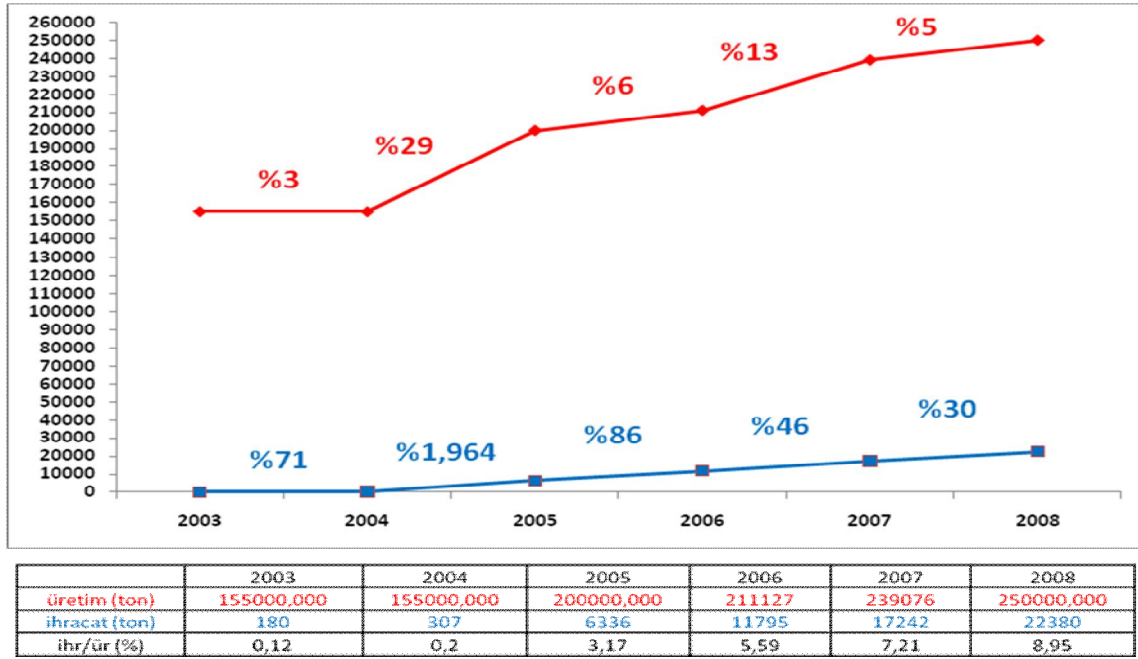


Şekil 16. Türkiye çilek ihracatı (2001-2005 FAOSTAT; Anonim, 2009 a).

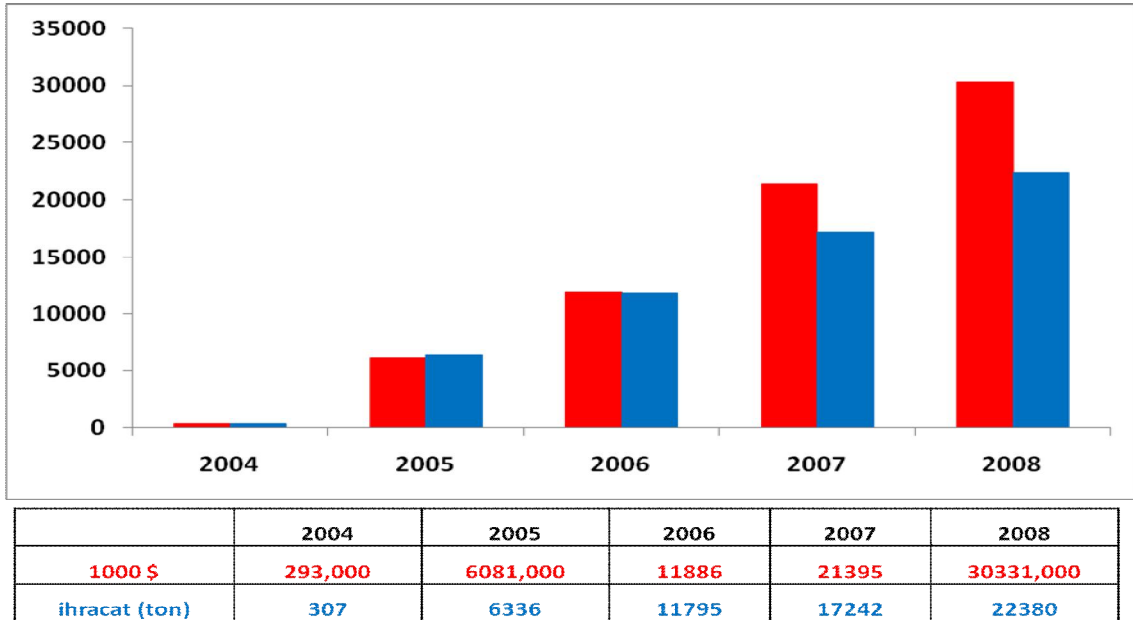
2001-2006 yılları arasında çilek ihracatı 10 bin ton olurken, (12 milyon dolar), 2007 yılında 17 bin tona (22 milyon dolar) ulaşmıştır (Şekil 16). 2007 yılında Türkiye genelinde 239,76 ton, 2008 yılında ise toplam 112,785 dekar alanda 261,078 ton çilek üretimi gerçekleşmiştir (Şekil 17).

Türkiye, ABD, Rusya ve İspanya'nın ardından dünya çilek üretiminde 4. sırada yer almakta, yüksek üretime karşı ihracatta dünya sıralamasında ancak 12. sırada bulunmaktadır. 2008'de Rusya başta olmak üzere Romanya, Polonya, Ukrayna, Bulgaristan, Hırvatistan, Macaristan,

Sırbistan, Almanya ve Letonya'ya 30,000 tonun üzerinde çilek ihracatı yapılmıştır (Çizelge 5).



Şekil 17. Türkiye çilek üretim-ihracatı (ton) (%) (Anonim, 2009 a).



Şekil 18. 2004-2008 yıllarında Türkiye çilek ihracatı (ton), (\$) (Anonim, 2009 a).

Çizelge 5. Türkiye'nin Çilek İhracatında İlk 10 Ülke (Anonim, 2009 a)

Ülke bazında Türkiye geneli çilek ihracat kayıtları									
NO	Ülkeler	2007 Yılı		2008 Yılı		Art./Azl. (%)		Pay (08)(%)	
		Ton	1000\$	Ton	1000\$	Ton	1000\$	Ton	1000\$
1	Rusya	12.014	15.683	11.954	17.887	-1	14	53	59
2	Romanya	4.165	4.296	5.807	6.493	39	51	26	21
3	Polonya	539	814	1.142	1.873	112	130	5	6
4	Ukrayna	0	0	838	1.064	100	100	4	4
5	Bulgaristan	162	193	966	1.003	498	420	4	3
6	Hırvatistan	145	115	460	514	218	347	2	2
7	Macaristan	112	141	371	485	232	245	2	2
8	Sırbistan	23	24	361	290	1.472	1.132	2	1
9	Almanya	0	2	131	244	31.750	14.873	1	1
10	Letonya	18	34	78	111	332	230	0	0
	Diğerleri	65	94	274	367	323	289	1	1
	TOPLAM	17.242	21.395	22.380	30.331	30	42	100	100

2004–2008 yılları arasında Türkiye'den Rusya Federasyonu'na gerçekleştirilen çilek ihracatı değerlendirildiğinde; miktar bazında % 6,932, değer bazında % 11,746 gibi muazzam oranda artış ile en fazla çilek ihraç edilen ülkedir. Aynı şekilde 2004–2008 yılları arasında Romanya'ya gerçekleştirilen ihracat rakamları, miktar bazında % 5,039, değer bazında % 5,311'lik büyük bir artış kaydetmiş ve en fazla çilek ihraç edilen ikinci ülke olmuştur. Diğer yandan 2004 senesinde ihracatımız olmamasına rağmen 2005–2008 yılları arasında Polonya'ya gerçekleştirilen çilek ihracatında miktar bazında % 1,15, değer bazında % 3,022 oranında artış kaydedilerek en fazla çilek ihraç edilen üçüncü ülke konumuna gelmiştir. 2008 yılından önce Ukrayna'ya gerçekleştirilen çilek ihracatı yok denecek kadar az iken (2006 senesinde 4 ton ve 8,000 \$), 2008 yılında 838 ton ve 1,1 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. Bu ihracat rakamıyla Ukrayna, çilek

ihracatı en fazla yapılan ülkeler arasında dördüncü sırada yer almaktadır (Çizelge 5).

### 1.8.2. Dünya Çilek Üretimi

Dünya genelinde en fazla çilek üreten ülke Amerika'dır. Onu Rusya ve İspanya izlemekte, Türkiye 4. sırada yer alarak çilek arzında önemli bir rol oynamaktadır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Dünya çilek üretimi (FAO, 2008)

No	Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007	Art./A	Pay
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	zl. (%)	(07)(%)
1	ABD	977.945	1.004.163	1.053.242	1.090.436	1.115.000	2,3	29,17
2	Rusya	198.500	207.000	221.000	235.000	324.000	37,9	8,48
3	İspanya	264.237	334.892	320.853	333.500	263.900	-20,9	6,90
4	Türkiye	150.000	155.000	200.000	211.127	239.076	13,2	6,25
5	Kore	205.427	202.500	201.995	205.307	200.000	-2,6	5,23
	Cum.							
6	Japonya	202.900	198.200	196.200	190.600	193.000	1,3	5,05
7	Polonya	131.332	185.583	184.627	193.666	168.200	-13,1	4,40
8	Meksika	150.261	177.230	162.627	154.893	160.000	3,3	4,19
9	Almanya	95.278	119.384	146.500	173.230	153.000	-11,7	4,00
10	Mısır	79.771	104.971	100.000	105.000	104.000	-1,0	2,72
	Diğerleri	896.291	967.384	1.002.657	1.016.219	902.813	-11,2	23,62
	TOPLAM	3.351.942	3.656.307	3.789.701	3.908.978	3.822.989	-2,2	100

#### 1.8.2.1. Dünya Çilek İhracatı

Dünya genelinde ihracat rakamlarına bakıldığında ise en fazla çilek ihracatı yapan ülkenin İspanya olduğu ve onu ABD ve Meksika'nın izlediği görülmektedir. Çilek üretiminde 4. sırada bulunan Türkiye ihracat söz

konusu olduğunda, dünya sıralamasında ancak 12. sırada yer almaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Dünya çilek ihracatı (Trademap 2008, Türkiye rakamı kayıtlı rakamdır)

İhracatçı Ülkeler	2004	2005	2006	2007
	Miktar (Ton)	Miktar (Ton)	Miktar (Ton)	Miktar (Ton)
Dünya Genel	587430	641103	624587	617531
İspanya	251231	237614	216871	207178
ABD	86454	97383	110675	116744
Meksika	37394	52357	70970	66910
Belçika	45622	51152	39088	39112
Hollanda	32168	40499	30833	35820
Fransa	32476	40933	34439	23878
Fas	24271	27961	19494	18066
İtalya	19639	23035	22937	17724
<b>Türkiye</b>	<b>307</b>	<b>6336</b>	<b>11795</b>	<b>17242</b>
Polonya	23349	22315	9433	16620
Mısır	8792	10058	11222	13520
Almanya	7358	12709	17311	12215
Tayland	181	166	103	3994
Yunanistan	232	500	1654	3981
İsrail	3792	3590	3634	2897

### 1.8.3. Çilek İthal Eden Ülkeler

Dünya genelinde en fazla çilek ithal eden ülke 110,096 tonla Fransa'dır. O'nu sırasıyla Kanada, Almanya ve İngiltere izlemektedir. ABD en fazla çilek üreten ülke olmakla birlikte çilek ihraç eden ülkeler için önemli hedef pazarlardan biridir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Çilek ithal eden ülkeler (Trademap, 2008).

İthalatçı Ülkeler	2007 Yılı Dünya Çilek İthalatı		
	Değer (1000 Dolar)	Miktar (Ton)	Pay
Dünya Genel	1.623.884	645.351	100,00
Fransa	256.263	110.096	15,78
Kanada	219.482	68.986	13,52
Almanya	199.162	81.101	12,26
İngiltere	177.407	64.879	10,92
ABD	137.276	71.518	8,45
Belçika	81.509	28.861	5,02
İtalya	78.478	32.033	4,83
Hollanda	55.164	25.774	3,04
Rusya	44.533	22.630	2,74
İsviçre	37.636	10.377	2,32
Avusturya	36.591	17.465	2,25
Japonya	33.185	3.842	2,04
Danimarka	28.445	8.939	1,75
Meksika	26.483	20.572	1,63
Norveç	23.056	4.598	1,42
Hong Kong	18.098	3.519	1,11

#### 1.8.4. Çileğin Kalite Kriterleri

Kaliteli bir çileğin pazara sunulması için en önemli faktörlerin başında depolama şartları ve hızlı nakliye gelmektedir. Çilek üretilen meyveler içinde en popüler ve aynı zamanda da çok hızlı bozulan bir meyvedir. Çilek çok ince kabuklu olduğundan mekanik zararlanmalara ve aynı zamanda düşük nemde depolamada çok hızlı su kaybederek bozular. Bu nedenle çileklerin uygun koşullarda depolanması ve pazarlanması önemli bir unsurdur (Mitcham, 1996).

Çileğin kalitesi için en önemli faktörler şunlardır;

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

**BÖLÜM 2****MATERYAL VE METOT****2.1. Materyal****2.1.1. Çilek**

Bu çalışmada, 20 kg çilek kullanılmış olup, analizler 2 tekerrür ve 2 paralel şeklinde yapılmıştır. Çilekler Adapazarı ili, Taraklı ilçesinden Eylül 2009' da daha önce anlaşmaya varılan üreticiden günlük olarak toplanmıştır. Çilekler yıkandıktan sonra içlerindeki bereli, çürük ve bozulmuş olanlar ayrılmıştır. Daha sonra çilekler;

1. Kontrol (BOPP),
2. BOPP+O<sub>2</sub> tutucu,
3. 90 µm mikroperfore film (BOPP) 9 delikli,
4. 90 µm mikroperfore film (BOPP) 9 delikli + O<sub>2</sub> tutucu,
5. 90 µm mikroperfore film (BOPP) 7 delikli,
6. 90 µm mikroperfore film (BOPP) 7 delikli + O<sub>2</sub> tutucu,

olarak 6 gruba ayrılmış ve PVC/PE (220×175) kaselere 180 gr konulduktan sonra ReePack RV 200 odalı vakum makinesi ile kapatılmıştır. Çilekler daha sonra ise Sanyo MIR 152 inkübatörde (Japan) (4±0,1 °C) muhafaza edilmiştir.

**2.1.2. Üst Film Ve Alt Sert Tepsi**

Yapılan çalışmada, kontrol için BOPP ve 90 µm (7 ve 9 delikli) BOPP mikroperfore filmler tepsilerin üst kısmı (yüzey) için kullanılmış (Koroza firması bu çalışma için üretmiştir) ve polivinil klorid-polietilen (PVC/PE) ambalajlar alt tabak (tepsi) olarak kullanılmıştır.



**2.1.2.1. Mikroperfore Filmler**

Bu çalışma kapsamında, üst mikroperfore filmler Koroza Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş AR-GE ile birlikte planlanan ve aşağıdaki tabloda özellikleri gösterilmiş olan BOPP (Bioryante Polipropilen) kullanılmıştır.

BOPP film Türkiye’de özel sektörün en fazla ürettiği filmler arasında olup teknik özellikleri meyve ve sebze gibi solunum yapan ürünlere uygun gaz geçirgenlik değerlerine sahip olduğu için seçilmiştir. Çileğin solunum oranı göz önünde bulundurularak, delik çapları 90 µm olarak hazırlanmıştır.

*Not:* BOPP filmler sert tepsilerin üst kısmı (yüzeyi) için kullanılmıştır. Belirlenen teknik özellikler alt tepsisi PVC-PE’ ye 180 gr çilek yerleştirilecek şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 9. 30µ kalınlığındaki mikroperfore BOPP’ nin (90 µm, 7 ve 9 delikli) teknik özellikleri

Kullanılacak ambalaj filminin cinsi	BOPP	Birim
Kullanılacak ambalaj filminin kalınlığı	30	µ
Kullanılacak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği (7 delikli)	8770	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün
Kullanılacak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği (9 delikli)	11039	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün
Ambalajın eni	22	cm
Ambalajın boyu	17,5	cm
Ambalajın solunum yapabilir yüzey alanı	0,0385	m <sup>2</sup>
Ambalaj içindeki denge oksijen konsantrasyonu	8	%
Ambalaj içindeki ürün ağırlığı	0,18	kg
Ürün muhafaza sıcaklığı	4	°C
Muhafaza sıcaklığında çileğin solunum hızı	40	mg.CO <sub>2</sub> /kg.saat
	29,09	cm <sup>3</sup> .CO <sub>2</sub> /kg. saat
	14,84	cm <sup>3</sup> .O <sub>2</sub> /kg. saat
Delik çapı	90	µ



#### **2.1.4. O<sub>2</sub> Tutucu Sistemler**

Bu çalışmada, EMCO Packaging Systems'den tedarik edilen ve ortak çalışma sonucu belirlenmiş ATCO 100 ve 220 oksijen tutucular kullanılmıştır. Ticari O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> tutucu sakatler (ATCO ECO-100,220 ve ATCO ECO-210/10) Standa Endüstriden (Fransa) tedarik edilmiştir. O<sub>2</sub> tutucu demir tozu içermekte olup O<sub>2</sub> ile reaksiyona girmektedir.

#### **2.1.5. Çileklerin Depolanması ve Örnekleme**

Farklı ambalaj filmleri ile ambalajlanan çilekler Sanyo MIR 152 inkübatörde (Japan) 4±0,1 °C muhafaza edilmiştir. Çilekler 5 hafta depolanmışlar ve her hafta (0, 1, 2, 3, 4 ve 5. hafta) periyodik olarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Her hafta için her uygulamadan 2 kase rastgele örnekleme yapılarak seçilmiştir.

### **2.2. Metot**

#### **2.2.1. Yapılan Analizler**

##### **2.2.1.1. pH Tayini**

Çileklerde pH analizleri, oda sıcaklığında pH metre ile periyodik olarak belirlenmiştir. pH tayininde aynı gruptan rastgele seçilen 2-3 tane çileğin önce blendır ile parçalanarak çilek suyu çıkartılır. Bu su tülbentle sıkılarak oda sıcaklığında beher içerisine konulur. Çileğin suyuna PP 50 Sartorius (Sartorius PP50, Goettingen, Almanya) pH metresinin probu beherlerin içine daldırılarak belirlenir (Caner ve ark., 2008; Caner ve Aday, 2009).

##### **2.2.1.2. Suda Çözünebilir Kuru Madde Tayini**

Her uygulamadaki çilekler (her birinden üçlü-dörtlü gruplar halinde) blendırda parçalanıp tülbentte sıkılarak beher içine konulur ve Atago refraktometresinde "0" ayarlaması saf suyla yapıldıktan sonra (Shanghai,

Optical Instrument Company, Hong Kong) ölçülen değer °Briks cinsinden ifade edilmiştir (Caner ve ark., 2008, Caner ve Aday, 2009).

### **2.2.1.3. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi (Tepe boşluğu)**

Çilekler ambalajlanma sonrası solunumla O<sub>2</sub> miktarı azalacak, CO<sub>2</sub> oranı artacak ve pasif bir denge MAP oluşacaktır. Ayrıca oluşacak pasif MAP'ın izlenmesi için gaz değişiminin ölçülmesi gerekmektedir. Ambalaj içi atmosferindeki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu periyodik olarak ambalaj açılmadan önce gaz analizörü (Oxybaby) tarafından periyodik olarak ölçülmüştür. MAP üst film kısmına Oxybabay izolasyon bandı yapıştırılarak aletin iğnesi batırılmış ve ambalaj içi gaz değişimi belirlenmiştir (Caner ve Aday, 2009).

### **2.2.3.4. Focus Grup Analizi**

Panelistlere çileğin görünüş, renk, koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerleri sorulmuş ve üzerinde 1'den 10'a kadar değer olan hedonik skalalar seçilerek yapılmıştır. Panelist olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden, daha önce çeşitli ürünlerde gerçekleştirilen duyu analiz panellerine katılmış öğrencilerden 10 kişi seçilmiştir.

### **2.2.1.5. İletkenlik**

Çileklerde iletkenlik analizleri, elde edilen çilek sularına (oda sıcaklığında) PP 50 Sartorius (Sartorius PP 50, Goettingen, Almanya) iletkenlik probu batırılarak ölçülmüştür (Caner ve ark., 2008; Caner ve Aday, 2009).

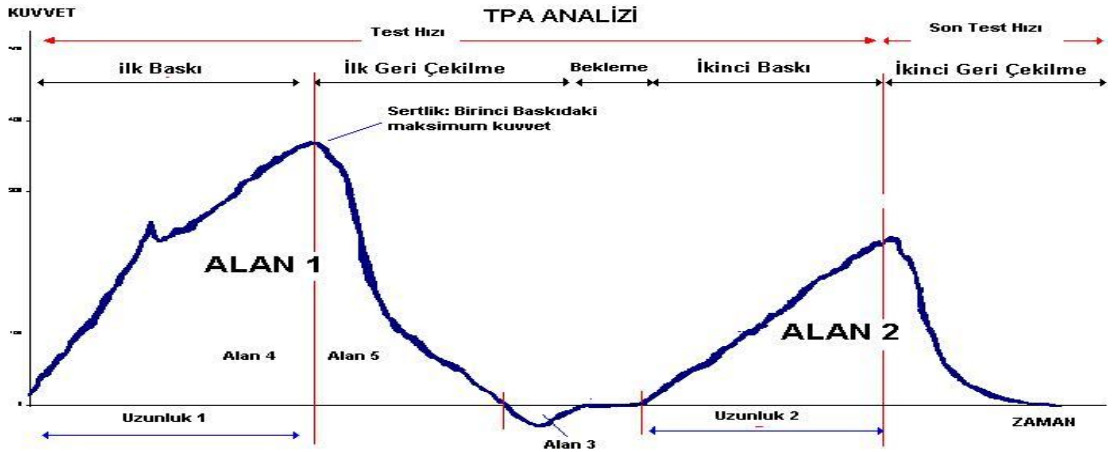
### **2.2.1.6. Renk**

Dış görünüşündeki değişimin göstergesi olan ve müşteri beğenilirliğinde önemli rol oynayan meyve dış eti rengi, Minolta Chroma Meter model CR-400 (Minolta. Co. Ltd. Japan) kullanılarak depolama sonunda belirlenmiştir (Caner ve ark., 2008). Sonuçlardan L (beyazlık,

parlaklık/siyahlık) ve **a** (kırmızılık/yeşillik) değerleri elde edilerek, farklı uygulamaların etkileri incelenmiştir.

### 2.2.1.7. Tekstür Doku Analizi

Çileklerde doku en önemli faktörlerden biri olduğu için Tekstür Doku Profil Analizi (TPA) TA-XT2i texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd. UK) the SMS-P/10 CYL. Delrin probe kullanılarak, aşağıdaki parametrelere göre yapılmıştır: ön test hızı: 5,0 mm/s, test hızı 1,0 mm/s, test sonrası hız 8,0 mm/s, delme mesafesi 4 mm ve her iki dönüş arasında durma süresi 5 s, trigger kuvveti 1,0 N belirlenmiştir (Serrano ve ark., 2005). Tek bir çileğin 4 farklı yerinden ölçüm yapılmıştır (Caner ve ark., 2008; Caner ve Aday, 2009). Sertlik, yaylanma (Uzunluk 2/Uzunluk 1), yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızımsılık ve esneme bilgisayarın software tarafından otomatik olarak algılanmaktadır. Gıdalarda TPA analizlerinde bu metotlar kullanılmaktadır. TPA analizlerinde elde edilen şekil ve parametreler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 21. TPA analiz grafiği.

Alan 1= İlk ısırılma alanı

Alan 2= İkinci ısırılma alanı

Alan 3= İlk ısırılma sonucundaki negatif alan

Çizelge 10. TPA analiz grafiğinin yorumlanması

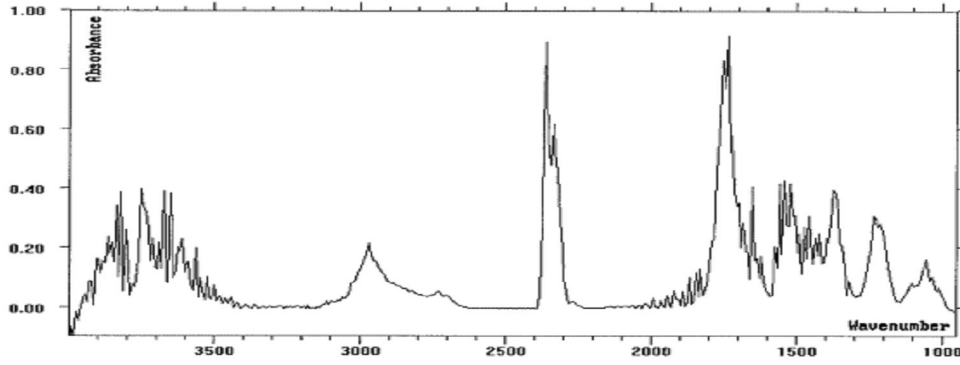
---

Sertlik	İlk baskı sonucu ürünün gösterdiği maksimum kuvvet
Kırılma	İlk baskıda görünen en büyük pik noktası
Yapışkanlık	İlk baskıda gösterdiği direncin, ikinci geri çekilişle olan ilişkisi (Alan 2/ Alan 1)
Yaylanma	İlk baskıdan sonra ürünün kendi haline geçmesi için gösterdiği etki ( Uzunluk 2/ Uzunluk 1)
Çiğnenebilirlik	Sadece sert gıdalarda kullanılan ve ürünün çiğnenmeye karşı gösterdiği direnç (Sakızımsılık * Yaylanma)
Sakızımsılık	Yarı katı gıdalarda kullanılan yapışkanlık terimi (Sertlik * Yapışkanlık )
Esneme	Ürünün orijinal hale gelmek için gösterdiği etki (Alan 5/Alan 4)

---

### **2.2.1.8. FT-NIR Spektroskopik Ölçümler**

Her bir uygulamadan elde edilen çilekler oda şartlarına (20-25 °C) getirildikten sonra, spektral ölçümler FT-NIR spektrometrenin fiber optik algılayıcısı ile yansıma (reflectance) yöntemi kullanılarak karanlık bir ortamda yapılmıştır. Fiber optik algılayıcı örneğe 90°'lik açıyla temas ettirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Fiber optik (IN-261) algılayıcı ile taranan dalga boyu aralığı 780-2500 nm arasında değişmektedir.



Şekil 22. FT-NIR spektrumu.

Çileğin, klasik FT-NIR spektrumu 4000–3600  $\text{cm}^{-1}$  su bandıdır. 3000  $\text{cm}^{-1}$  pik (band) C-H aroma uçucularının yayılma bandı. 2350  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pik  $\text{CO}_2$  pikidir (band) (Hakala ve ark., 2001). 1680  $\text{cm}^{-1}$  ve 1552  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pikler proteinleri göstermektedir. Ayrıca 1460-1330  $\text{cm}^{-1}$  selülozu, 1200-1000  $\text{cm}^{-1}$ 'de karbonhidratlara ait piklerdir (Suutarinen, 2002).

#### 2.2.1.9. İstatistik Analizler

Bu araştırma sonunda tespit edilecek kalite kriterlerine, söz konusu faktörlerin etkilerinin araştırılmasında varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Hesaplamalar, SAS istatistiksel paket programlarından yararlanılarak yapılmıştır (Caner ve Aday, 2009).

**BÖLÜM 3****BULGULAR VE TARTIŞMA****3.1. pH Analizi**

Çileklerde depolama boyunca pH' da artış meydana gelmektedir. Bu artış çileğin solunumu sırasında alınan oksijenin, organik asitleri okside ederek karbondioksit, su, etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ile bir miktar ısı açığa çıkması ve bunun sonucunda asitliğin azalması yani pH'nın artmasına neden olmaktadır (Certel ve ark., 2004).

Uygulamaların kontrole göre pH değişimleri istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ( $P<0,05$ ). Kontrol grubunda solunum hızlı gerçekleştiği için pH değeri uygulamalara oranla daha fazla arttığı görülmüştür. BOPP+O<sub>2</sub> uygulamasında solunum hızının yüksek olduğu bu nedenle de organik asitlerin hızlı oksidasyonu ile pH değerinin hızla arttığı gözlenmiştir (0. hafta 3,55 ve 5. hafta 3,75).

Mikroperfore uygulamalarında O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranı dengede devam ettiğinden solunum yavaşlamakta, Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamasına göre pH da daha yavaş olarak artma gözlenmiştir. 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında oksijen tutucuların varlığı fazla oksijeni ilk etapta tutarak solunumu yavaşlattığı ve böylece pH değeri 2. haftaya kadar değişmediği görülmektedir. 3. haftadan itibaren oksijen tutucular doygunluğa ulaştıklarından pH değerinde artış gözlenmiştir. 90µm-BOPP-9 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli uygulamalarında delik sayısı 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli ve 90µm-BOPP-7 delikli uygulamalarından fazla olduğu için CO<sub>2</sub> birikimi daha az düzeydedir. Bu nedenle 90µm-BOPP-7 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında pH artışı daha az düzeydedir (5. hafta sonunda sırasıyla 3,65 ve 3,69).

Kontrol grubunda 2. haftadaki pH değerine 3,67 iken 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulaması bu değere ancak 5. haftada ulaşmıştır (3,69).



Çizelge 11. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında pH üzerine etkileri

Hafta / Uygulama	0	1	2	3	4	5
<b>Kontrol</b>	3,55±0,05 A,a	3,59±0,03 A,a	3,67±0,02 B,a	3,72±0,07 B,C,c	3,77±0,03 C,D,a	3,81±0,03 D,c
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	3,55±0,05 A,a	3,54±0,02 A,a,b	3,62±0,02 B,a,b	3,69±0,04 B,C,a	3,72±0,05 C,D,a,b	3,75±0,07 D,a
<b>90µm (9 dlk)</b>	3,55±0,05 A,a	3,55±0,03 A,a,b	3,63±0,01 B,a,b	3,66±0,02 B,a,b	3,68±0,05 B,b,c	3,65±0,07 B,a,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	3,55±0,05 A,C,a	3,53±0,02 A,b	3,55±0,01 A,C,c	3,60±0,03 C,B,b	3,64±0,04 B,D,c	3,69±0,05 D,b
<b>90µm (7 dlk)</b>	3,55±0,05 A,a	3,51±0,03 A,b	3,64±0,01 B,a	3,65±0,03 B,a,b	3,70±0,01 B,b,c	3,67±0,06 B,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	3,55±0,05 A,C,a	3,50±0,02 A,b	3,58±0,02 C,D,b,c	3,62±0,04 D,B,b	3,68±0,06 B,E,b,c	3,72±0,03 E,a,b

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen uygulamalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05)

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen haftalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05)

### **3.2. Suda Çözünür Kuru Madde**

Çileklerde suda çözünür kuru madde (SÇKM; briks) depolama boyunca azalma göstermiştir.

Çilek örneklerinin depolama süresine bağlı olarak suda çözünür toplam kuru madde miktarındaki değişimler çizelge 12’de görülmektedir. Kontrol ve uygulamaların, kuru madde miktarları bakımından arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Söz konusu çizelge incelendiğinde Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamasında SÇKM değerleri ilk günden itibaren hızla azalmaya başladığı gözlenmiştir. Mikroperfore film ve oksijen tutucu sistem (90µm-BOPP-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli ve 90µm-BOPP-7 delikli) ile ambalajlanan örneklerde ise SÇKM değeri 5. haftada diğer örneklerin (Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub>) 3. hafta değerlerine kadar azalma göstermiştir (8,04 ve 8,26). Mikroperfore filmler O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranını dengede tutarak solunumu yavaşlatmaktadır. Böylece enzimatik reaksiyonlarda solunumla paralel olarak yavaşladığı ve SÇKM oranının Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarına göre daha yavaş azaldığı gözlenmiştir. Oksijen tutucuların ambalaj içindeki fazla oksijeni emerek solunumu yavaşlattığı ve SÇKM oranını daha yavaş azalttığı belirlenmiştir.

Çilekler, solunum sırasında şekerleri enzimatik reaksiyonlarda substrat olarak kullanması nedeniyle suda çözünür kuru madde zamanla azalmaktadır (Caner ve ark., 2008).

Çizelge 12. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında °Briks üzerine etkileri

Hafta / Uygulama	0	1	2	3	4	5
<b>Kontrol</b>	9,72±0,23 A,a	8,88±0,24 B,a	8,34±0,33 C,a	8,04±0,30 C,a	7,33±0,53 D,a	7,25±0,38 D,a
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	9,72±0,23 A,a	8,98±0,27 B,a	8,46±0,31 C,a	8,26±0,36 C,D,a,b	8,00±0,42 D,b	7,48±0,14 E,a
<b>90µm (9 dlk)</b>	9,72±0,23 A,a	8,97±0,19 B,a	8,63±0,16 B,C,a,b	8,53±0,21 C,b	8,27±0,14 C,b,c	8,18±0,14 C,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	9,72±0,23 A,a	9,12±0,24 B,a	8,97±0,25 B,b	8,54±0,23 C,b	8,54±0,18 C,c	8,03±0,18 D,b
<b>90µm (7 dlk)</b>	9,72±0,23 A,a	8,89±0,24 B,a	8,70±0,28 B,C,a,b	8,49±0,35 C,b	8,37±0,20 C,b,c	7,60±0,14 D,a,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	9,72±0,23 A,a	9,26±0,18 A,a	8,83±0,22 B,b	8,49±0,12 B,C,b	8,18±0,16 C,D,b,c	7,74±0,11 D,a,b

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen uygulamalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05) Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen haftalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05)

### **3.3. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi (Tepe boşluğu)**

#### **3.3.1. O<sub>2</sub> Değişimi**

Çilek örneklerinin süreye bağlı olarak O<sub>2</sub> oranındaki değişimler şekil 23'te görülmektedir. Çileklerde O<sub>2</sub> konsantrasyonu zamanla azaldığı gözlenmiştir.

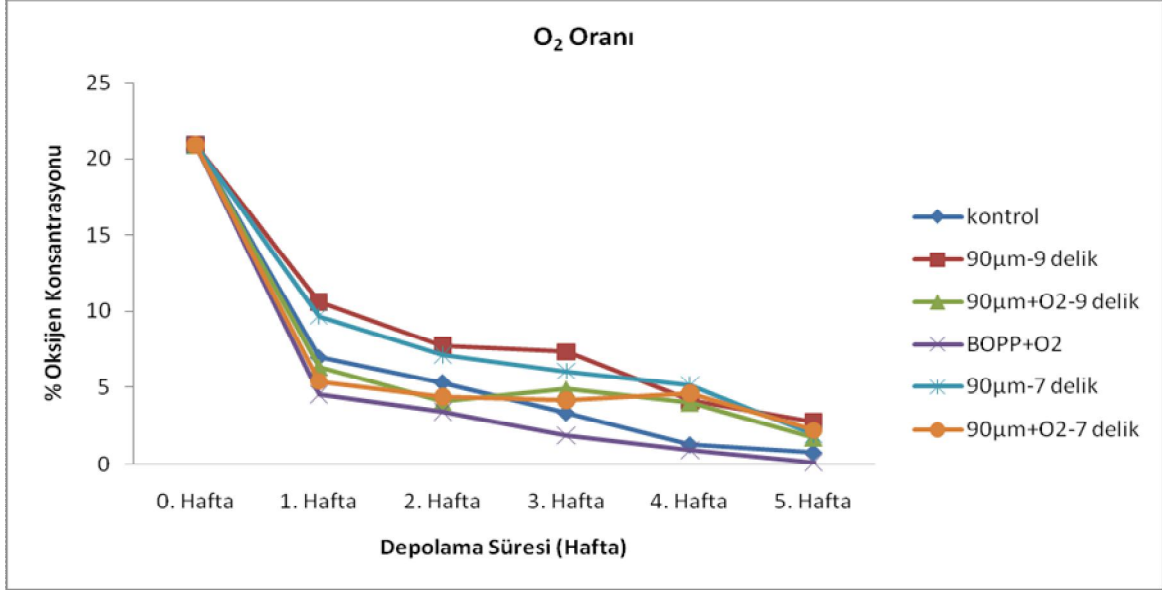
Mikroperfore film kullanılan pasif MAP'ta başlangıçta %20 olan O<sub>2</sub> konsantrasyonu 5. hafta sonunda % 2 seviyelerine indiği gözlenmiştir. Şekil 23'te görüldüğü üzere BOPP+O<sub>2</sub>, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında oksijen tutucular olduğundan O<sub>2</sub> konsantrasyonu 1, 2 ve 3. haftalarda diğerlerinden daha düşük seviyede olduğu gözlenmiştir. 3. haftadan sonra 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7delikli uygulamalarında oksijen tutucular doygunluğa ulaştığından etkinliğini yitirdiği görülmektedir. 1, 2 ve 3. haftalarda 90µm-BOPP-9delikli, uygulamasında delik sayısı, 90µm-BOPP-7delikli uygulamasından fazla olduğu için oksijen konsantrasyonu daha yüksek ölçülmüştür (90µm-BOPP-9 delikli; %10,58, %7,72, %7,32, 90µm-BOPP-7 delikli; %9,67, %7,15, %6,05).

Bilindiği üzere meyve ve sebzelerin hasattan sonra yaşamlarına devam etmesi, yani solunum yapmaları sonucunda dışarıdan alınan oksijen, hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi kompleks bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken, çevreye CO<sub>2</sub>, su buharı gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri bırakırlar (Barmore, 1987).

Çilekler pasif MAP'ta ambalaj içindeki oksijeni solunum yaparak tüketirler. Oksijen oranı sıfırlandığında çilekler yaşamsal faaliyetlerine devam edemezler ve ölürlür. Mikroperfore filmler, ambalaj içindeki oksijen oranını üzerindeki delikler vasıtasıyla dengede tutmaktadır (Anantheswaran ve Ghosh, 2002).

Oksijen tutucu sistemler, hava atmosferinde kapatılan pasif MAP'ta ambalaj içindeki fazla oksijeni emerek çileklerin solunumunu

yavaşlatmakta ve böylelikle raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır (Ailen, 2002).



Şekil 23. O<sub>2</sub> konsantrasyon değişimi.

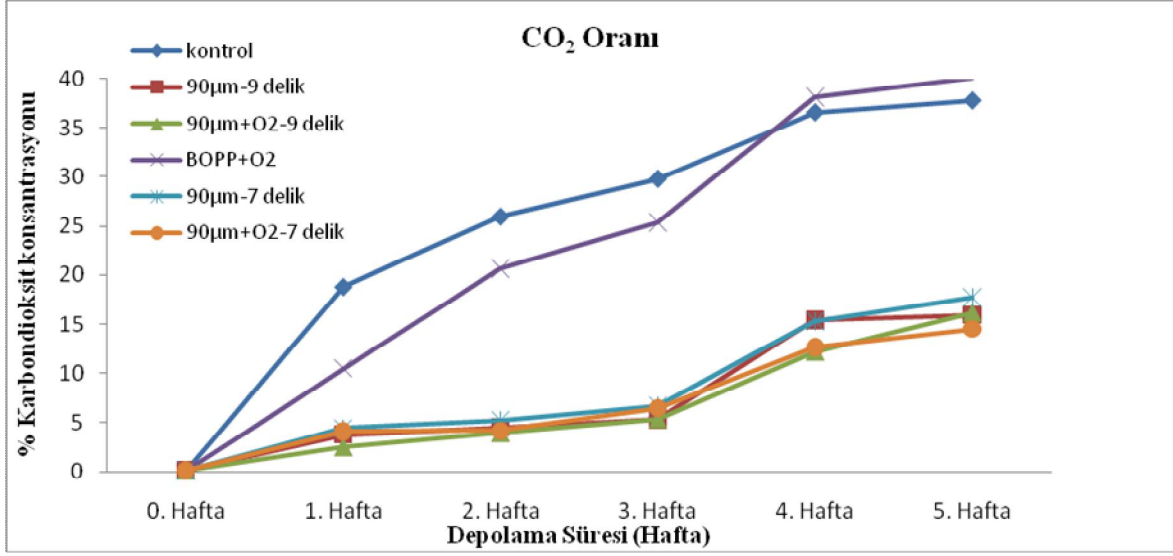
### 3.3.2. CO<sub>2</sub> Değişimi

Çilek örneklerinin süreye bağlı olarak CO<sub>2</sub> oranındaki değişimler şekil 24'te görülmektedir. Çileklerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu zamanla artmıştır.

Karbondioksit miktarı başlangıçta % 0,03'tür. 5. hafta sonunda Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarında % 40 seviyelerinde; 90µm-BOPP-9delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP-7 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında % 15 seviyelerinde dengeye ulaştığı görülmüştür. Şekil 24'de görüleceği üzere 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında CO<sub>2</sub> konsantrasyonu diğer uygulamalardan düşük seviyelerdedir (2,50 ve 4,12). Bu durum 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında bulunan oksijen tutucuların ambalaj içindeki oksijeni bağlayarak solunumu yavaşlatması olarak açıklanabilir.

Çileğin % CO<sub>2</sub> miktar değişimine bağlı solunum hızınının, % O<sub>2</sub> miktar değişimine bağlı solunum hızından yüksek olması Graham'ın difüzyon

kanunu ile açıklanabilir. Bu kanuna göre bir gazın difüzyon hızı, gazın molekül ağırlığının karekökü ile ters orantılıdır (Mason ve ark., 1967).



Şekil 24. CO<sub>2</sub> konsantrasyon değişimi.

### 3.4. Focus Grup Analizi

Çileklerde en önemli kalite kriterlerinden birisi renktir. Çileklerin olgunlaşma ile yeşil olan renkleri sarı-beyaz ve tam olgunlukta ise parlak kırmızıya dönmektedir. Çileklerin parlaklığı su kaybı miktarına bağlıdır. Çilekler hızlı bozulduğundan çürüme ve esmerleşme önemli kalite kriterlerindedir. Ayrıca tüketici açısından çileklerin boyut, şekil ve sertliği de büyük önem taşımaktadır (Mitcham, 1996).

Yapılan test sonucunda BOPP+O<sub>2</sub> uygulaması görünüş bakımından diğerlerinden daha fazla beğenilmiştir. 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamasının Kontrol ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli uygulamasıyla aynı diğerlerinden görsel olarak farklı olduğu bulunmuştur. BOPP+O<sub>2</sub> ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamaları renk bakımından diğerlerinden daha çok beğenilmiştir. Uygulamalar sertlik bakımından değerlendirildiğinde Kontrol, BOPP+O<sub>2</sub> ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli örnekler 90µm-BOPP-9 delikli ve 90µm-BOPP-7 delikli örneklerden daha çok beğenilmiştir. Koku bakımından uygulamalar arasında fark olmadığı belirlenmiştir. Genel olarak panelistler en çok BOPP+O<sub>2</sub> uygulamasını beğenmişlerdir.

Çizelge 13. Farklı uygulamaların çileklerde tüketici üzerine etkileri (n=10)

Hafta / Uygulama	Görünüş	Renk	Sertlik	Koku	Genel
<b>Kontrol</b>	6,28±1,14 B,C	5,92±1,05 B	7,25±0,41 A	6,16±1,16 A	6,33±0,51 B,C
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	8,00±0,65 A	7,92±0,83 A	7,31±0,84 A	6,00±0,75 A	7,64±0,69 A
<b>90µm (9 dlk)</b>	6,00±0,64 C	5,68±0,75 B	5,87±0,69 C	6,58±0,49 A	6,12±0,69 B,C
<b>90µm+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	6,41±0,66 B,C	6,14±0,85 B	6,71±0,48 A,B	6,21±0,90 A	6,33±0,40 B,C
<b>90µm (7 dlk)</b>	5,58±0,88 C	6,06±0,77 B	6,12±0,83 B,C	6,18±1,22 A	5,87±0,79 C
<b>90µm+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	7,00±0,79 B	7,21±0,63 A	7,10±0,22 A	6,25±0,78 A	6,78±0,48 B

\* 10' lu hedonik skala kullanılmış, en kötü değer, 1 en iyi değer ise 10 olarak seçilmiştir.

### **3.5. İletkenlik**

Çilek örneklerinin süreye bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerindeki değişimler çizelge 14'te görülmektedir. Depolama boyunca çileklerde elektriksel iletkenlik değerlerinde literatürle uyumlu olarak artış meydana gelmiştir (Palaniappan ve Sastry, 1991; Castro ve ark., 2003; Tulsiyan ark., 2008).

Bir gıdanın elektriksel iletkenliği, elektrik iletimini sağlamasıyla ilgilidir. Elektriksel iletkenlik ısı, iyon miktarı, iyonik yapı, viskozite ve iyonik olmayan maddelerin (yağlar ve şekerler) varlığına göre değişim göstermektedir (Palaniappan ve Sastry, 1991).

Çizelge 14'te görüldüğü üzere iletkenlik değerlerinde 1. haftadan sonra ciddi bir artış meydana gelmiştir. Çileklerin solunumu sonucunda meydana gelen metabolizmalar sonucunda (kreps döngüsü) organik asitler oluşmaktadır. Bunun sonucunda  $^+H$  iyonu konsantrasyonunda ki artış sebebiyle iletkenlik değerlerin arttığı düşünülmektedir. 1.hafta sonunda 90  $\mu m-9$  delikli filmin iletkenlik değerleri Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamasından daha düşüktür. Bunun nedeni olarak 90  $\mu m-9$  delikli filmin O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranı dengede devam ettiğinden çileklerin solunumu daha yavaşlamakta ve buna bağlı olarak serbest iyon miktarı fazla artmamaktadır. 4. hafta sonunda BOPP+O<sub>2</sub>, 90 $\mu m$ -BOPP-9 delikli ve 90 $\mu m$ -BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli uygulamaların Kontrolden farklı olduğu görülmektedir.

Bütün uygulamalarda 3.haftadan sonra elektriksel iletkenlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu çileklerdeki organik asitlerin enzimatik oksidasyonda substrat olarak kullanılarak  $^+H$  iyonu konsantrasyonundaki azalmadan ileri geldiği düşünülmektedir.



Çizelge 14. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) üzerine etkileri

Hafta / Uygulama	0	1	2	3	4
<b>Kontrol</b>	1,389±0,004 A,a	1,566±0,003 B,c	1,732±0,031 C,a	1,776±0,033 C,a	1,441±0,037 D,a
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	1,389±0,004 A,a	1,554±0,023 B,a,c	1,724±0,031 C,a	1,747±0,068 C,a	1,400±0,0379 A,b
<b>90<math>\mu\text{m}</math> (9 dlk)</b>	1,389±0,004 A,a	1,518±0,024 B,b	1,720±0,025 C,a	1,733±0,032 C,a	1,391±0,042 A,b
<b>90<math>\mu\text{m}</math>+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	1,389±0,004 A,a	1,558±0,005 B,a,b,c	1,726±0,041 C,a	1,733±0,006 C,a	1,400±0,028 A,b
<b>90<math>\mu\text{m}</math> (7 dlk)</b>	1,389±0,004 A,a	1,547±0,010 B,a,b,c	1,711±0,007 C,a	1,728±0,043 C,a	1,402±0,031 A,a,b
<b>90<math>\mu\text{m}</math>+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	1,389±0,004 A,a	1,521±0,041 B,a,b	1,693±0,018 C,a	1,737±0,030 C,a	1,411±0,027 A,a,b

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen uygulamalar istatistiksel olarak farklıdır ( $p<0,05$ )

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen haftalar istatistiksel olarak farklıdır ( $p<0,05$ )

### **3.7. Renk Analizleri**

#### **3.7.1. a Değeri**

Çileklerde a değeri (renk) depolama boyunca azalma göstermiştir (Çizelge 15). Örnekler arasında istatistiksel olarak fark önemli bulunmuştur. Başlangıçtan itibaren 1. haftaya kadar çileklerde olgunlaşma devam ettiğinden dolayı a değerinde artış olduğu gözlenmiştir. 3. haftadan itibaren Kontrol uygulamasında 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP-7 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalara göre önemli düşüş meydana gelmiştir (Kontrol -27,51, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>- 9 delikli-31,43, 90µm-BOPP-7 delikli-31,12, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli-31,15). Bu oksijenin, çileğe rengini veren renk pigmenti olan antosiyaninlerin oksidasyonu sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir. 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarda oksijen tutucular fazla oksijeni emerek bu oksidasyonu yavaşlatmaktadır. Ayrıca mikroperfore filmlerde O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranını dengeleyerek solunumu dolayısıyla antosiyaninlerin oksidasyonunu yavaşlattığı düşünülmektedir. 3. haftadan sonra oksijen tutucuların yavaş yavaş doygunluğa ulaştığı ve etkinliğini yitirdiği görülmektedir.

Taze meyve ve sebzelerin doğal renkleri kalitesinin bir göstergesi olup tüketici beğenisi için önemli etkisi vardır. Depolama boyunca pigmentlerin yıkımı sonucunda renkte büyük değişimler olmaktadır (Caner ve ark., 2008). Renk analizlerinde kullanılan Hunter kolorimetresinde a değeri kırmızı (+) veya yeşilliği (-) göstermektedir (Altuğ, 1993).

Çizelge 15. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında a değeri (kırmızılık/yeşillik) üzerine etkileri

Hafta / Uygulama	0	1	2	3	4	5
<b>Kontrol</b>	33,40±2,830 A,a	39,93±3,265 B,a	30,51±1,351 A,C,a	27,51±2,549 C,D,a	25,56±2,608 D,a	24,76±3,098 D,a
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	33,40±2,830 A,a	37,38±3,180 B,a,b	30,94±2,418 A,C,a	29,89±1,649 A,C,a,b	28,93±2,771 C,a,b	28,33±1,552 C,a,b
<b>90µm (9 dlk)</b>	33,40±2,830 A,a	35,50±2,590 A,a,b	31,36±2,659 B,C,a	30,21±2,299 B,C,a,b	29,79±1,767 B,C,b	28,55±2,232 C,a,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	33,40±2,830 A,a	37,11±2,118 B,a,b	32,62±2,072 A,a	31,43±2,022 A,b	31,00±2,169 A,b	29,88±1,109 A,b
<b>90µm (7 dlk)</b>	33,40±2,830 A,a	35,21±2,434 A,b	33,53±1,932 A,a	31,12±2,481 A,b	30,73±1,848 A,b	29,68±2,259 A,b
<b>90µm+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	33,40±2,830 A,a	36,63±3,047 A,b	33,40±3,541 A,a	31,15±1,956 A,b	30,89±1,694 A,b	29,90±2,595 A,b

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen uygulamalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05)

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen haftalar istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05)

**3.7.2. L Değeri**

Çilek örneklerinin süreye bağlı olarak L değerindeki değişimler çizelge 16'de görülmektedir. Depolama süresi boyunca örneklerin L değerleri düşme eğilimleri gösterdiği gözlenmiştir (Çizelge 16).

Çileklerin parlaklığı azalmış, ancak bu farklar önemli bulunmamıştır. Bütün uygulamalarda L değerlerinde 1.haftada önemli bir düşüş göstermiş daha sonra ise sabit kalmıştır. Benzer eğilimler ve değişim oranları bütün uygulamalarda aynı bulunmuştur (Çizelge 16). En fazla azalma Kontrol uygulamasında olmuştur (Kontrol; 0.hafta-37.46, 5.hafta-27.98). 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarda L değerinde azalma daha az gözlenmiştir. Bulunan sonuçlar Caner ve ark. (2008) ile benzerlik göstermektedir.

Hunter renk sisteminde L değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki aydınlık (parlaklık) derecesini belirtmektedir (Altuğ, 1993).

Çizelge 16. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında L değeri (parlaklık) üzerine etkileri

Hafta / Uygulama	0	1	2	3	4	5
<b>Kontrol</b>	37.46±3.365	31.51±3.372	29.99±2.428	28.91±2.853	28.45±2.486	27.98±2.244
<b>BOPP+O<sub>2</sub></b>	37.46±3.365	30.20±2.823	30.54±2.666	29.74±1.634	29.12±1.176	28.24±1.172
<b>90µm (9 dlk)</b>	37.46±3.365	29.66±2.908	30.40±1.659	29.47±2.730	30.20±1.946	29.58±1.895
<b>90µm+O<sub>2</sub> (9 dlk)</b>	37.46±3.365	29.20±2.328	30.71±1.491	30.19±1.616	29.59±1.971	30.01±1.286
<b>90µm (7 dlk)</b>	37.46±3.365	29.94±2.367	30.21±1.548	29.53±1.675	29.54±1.505	28.91±2.845
<b>90µm+O<sub>2</sub> (7 dlk)</b>	37.46±3.365	29.72±4.303	30.79±3.438	29.75±2.319	30.23±1.082	29.82±1.592
<b>Genel</b>	A	B	B	B	B	B

\* Hem haftalar hem de uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuştur.

### **3.8. Tekstür Profil Analizi**

Gıdaların tekstürünü belirlemede kullanılan en yaygın analiz yöntemi tekstür profil analizidir (TPA). TPA, çileklerin EMAP'de depolama süresince meydana gelen doku değişimlerini belirlemek için kullanılan önemli bir yöntemdir. TPA testinde, çene hareketini taklit eden iki aşamalı sıkıştırma eylemi sonucunda çilek örneklerinden yedi parametre elde edilmekte ve bu tekstürel parametreler güç-zaman eğrisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bunlar; sertlik (hardness), elastiklik (springiness), sakızimsılık (gumminess), iç yapışkanlık (cohesiveness), dış yapışkanlık (adhesiveness), dirençlilik (resilience) ve çiğnenebilirliktir (chewiness) (Kahyaoglu ve ark., 2005, Caner ve ark., 2008).

Çileklerde depolama süresince hücre duvarı, orta lamel ve membranda biyokimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Böylece çileklerde yumuşama meydana gelmekte ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Caner ve ark., 2008).

TPA analiz sonuçlarında çilek örneklerinde sertlik (hardness), sakızimsılık (gumminess) ve çiğnenebilirlik (chewiness) azalmış, iç yapışkanlık (cohesiveness), elastiklik (springiness), dış yapışkanlık (adhesiveness) ve dirençlilik (resilience) değerleri artmıştır.

Sertlik (hardness): çileğe birinci sıkıştırmada uygulanan maksimum kuvvettir. Şekil 25'te görüleceği üzere sertlik 1. haftadan itibaren depolama süresince azalma göstermiştir. Çileklerde pektinin enzimatik parçalanması sonucunda yumuşama meydana gelmektedir. Oksijen varlığı bu yıkımı hızlandırmakta ve çileklerin yumuşayarak kalitelerinin azalmasına neden olmaktadır. Uygulamalar sertlik bakımından farklı değerler ortaya çıkarmıştır. Kontrol grubunda çileklerin hızlı solunumu sonucunda sertlik değeri 895,07 (gf)'den 5. hafta sonunda 421,26 (gf) değerine inmiştir. Sertlik bakımından en iyi sonucu 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalar vermiştir. Bunun nedeni olarak başlangıçtaki fazla oksijenin oksijen tutucular yardımıyla emilerek enzimatik reaksiyonların sınırlandırılması olarak açıklanabilir. Ayrıca perfore filmler yardımıyla da O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> dengede tutularak enzimlerin çalışmasının yavaşladığı düşünülmektedir. 90µm-BOPP-9 delik ve 90µm-

BOPP-7 delikli uygulamalarda ise 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli örnekler yakın sonuçlar bulunmuştur. Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarının 3. hafta değerlerine (Kontrol; 534,02 (gf) ve BOPP+O<sub>2</sub>; 618,05 (gf)) ancak 5. hafta sonunda indiği gözlenmiştir (90µm-BOPP-9 delik; 616,35 (gf) ve 90µm-BOPP-7 delikli; 607,28(gf)).

Elastiklik (springiness), birinci sıkıştırma sonrası çileğin eski halini alma oranı olarak ifade edilir. Şekil 25'te görüleceği gibi çileklerin elastiklik değerleri birbirlerine yakın bulunmuş ve benzer durum depolama süresince devam etmiştir. Çileklerde sertlik değeri düştükçe elastikliğin arttığı görülmüştür. Bunun nedeni fazla yumuşama sonucunda yapının elastik bir hal alması olarak düşünülebilir. Yumuşama en fazla Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarında meydana geldiğinden elastiklikte buna ters orantıyla Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarında daha fazla artmıştır (Kontrol; 0,6615 ve BOPP+O<sub>2</sub>;0,6051). Sırasıyla başlangıçtan 5. hafta sonuna kadar ki depolama sonucunda elastikiyet değerleri; Kontrol, BOPP+O<sub>2</sub>, 90µm-BOPP-9 delik, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik, 90µm-BOPP-7 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli için 0,5265'ten, 0,6615, 0,6051, 0,6196, 0,6147, 0,6170 ve 0,5995 olarak bulunmuştur.

Sakızımsılık (gumminess), yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli parçalama kuvveti olarak ifade edilmektedir. Şekil 25'te görüleceği üzere depolama boyunca sakızımsılık değeri azalmıştır. Yani çileklerde meydana gelen yumuşamaya paralel olarak sakızımsılıkta azalmıştır. Depolama boyunca sakızımsılık 365,12'den 173,65 (Kontrol), 181,03 (BOPP+O<sub>2</sub>), 228,58 (90µm-BOPP-9 delik), 190,12 (90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik), 222,77 (90µm-BOPP -7 delikli) ve 175,97 (90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli) değerlerine kadar azaldığı gözlenmiştir.

İç yapışkanlık (cohesiveness), çileğin ikinci sıkıştırmaya gösterdiği mukavemet şeklinin, sıkıştırmadaki davranışına oranı olarak ifade edilmektedir. Tüm uygulamalarda iç yapışkanlık değeri depolama süresince artış göstermiştir. Şekil 25'te görüleceği üzere en fazla artış Kontrol uygulamasında görülmüştür (0,3962'den 0,5337'ye). Bunun nedeni olarak çileklerdeki hücre duvarlarının ve orta lamelin parçalanarak pektinin çözülebilir pektine dönüşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 90µm-

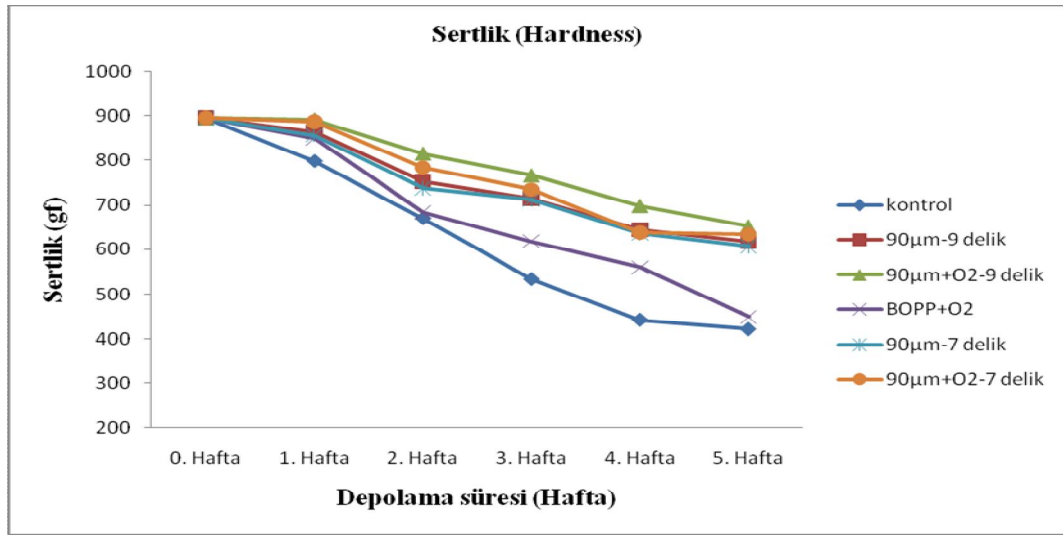
BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP-9 delik mikroperfore uygulamalarında enzimatik parçalanma daha yavaş seyrettiğinden iç yapışkanlık değeri de diğer uygulamalardan düşüktür (5. hafta sonunda sırasıyla 0,4780 ve 0,4762).

Çiğnenebilirlik (Chewiness), katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale getirilmesi için gerekli çiğneme kuvveti olarak tanımlanır. Bu nedenle çileklerde önemli bir kalite parametresi olarak kabul edilmektedir (Caner ve ark., 2008). Çilek yumuşak bir meyve olması nedeniyle ağızda bıraktığı his uygun olmalıdır. Depolama süresince çileklerde meydana gelen yumuşama nedeniyle çiğnenebilirlik değerinde de azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Bulunan bu sonuçlar Caner ve ark. (2008) ile benzerlik göstermektedir. 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delik uygulamalarında pektinizasyon Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarına göre daha yavaş gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu sayede çiğnenebilirlik değerinde Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (5. hafta sonunda; 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik-148,44 (gf), 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delik-144,03 (gf), Kontrol-129,00 (gf), BOPP+O<sub>2</sub>-131,15 (gf)). Bunun nedeni olarak O<sub>2</sub> tutucular ve mikroperfore delikler sayesinde O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranı dengede tutularak enzimlerin çalışması sınırlandırılmış ve pektinizasyonun yavaşlatıldığı düşünülmektedir.

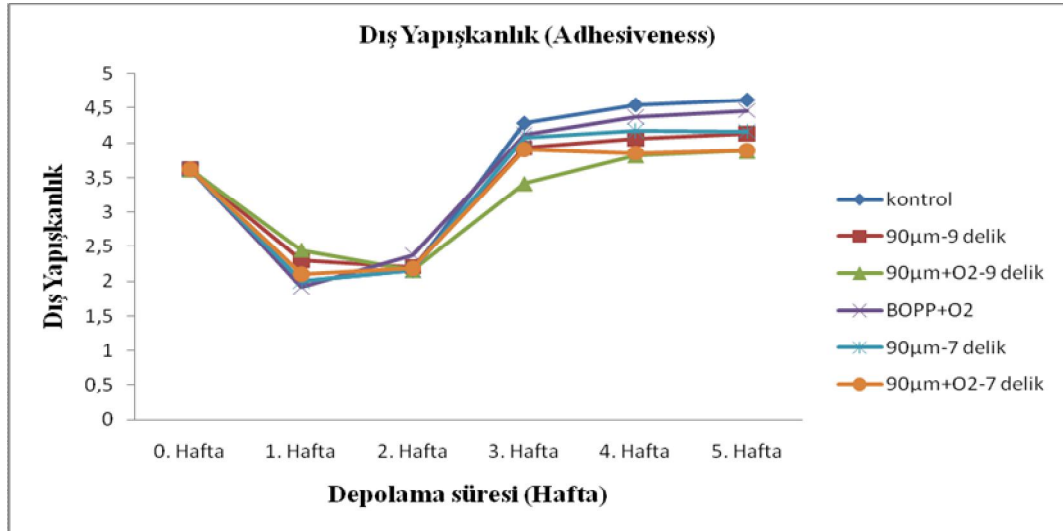
Dış yapışkanlık (adhesiveness), ilk sıkıştırmadan sonra yüzeyden ayrılmaya karşı gösterilen direnç olarak açıklanmaktadır. Şekil 25'te görüleceği üzere uygulamalarda 1. hafta sonunda azalma meydana gelmiştir. Bu azalmanın nedeni olarak çileklerin 1. hafta sonuna kadar olgunlaşmaya devam etmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 1. haftadan sonra çileklerin dış yapışkanlık değerinde dengeli bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Çileklerin yüzeyindeki doğal floranın ürettiği pektik enzimler nedeniyle dış kısımlarda yumuşamalar meydana gelmektedir. 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarda oksijen tutucular fazla oksijeni tutarak mikroorganizmaların faaliyetlerini sınırladığı ve bu sayede de dış yapışkanlığın diğer uygulamalardan daha düşük olduğu görülmüştür (dış yapışkanlık değerleri sırasıyla 3,882 ve 3,889).



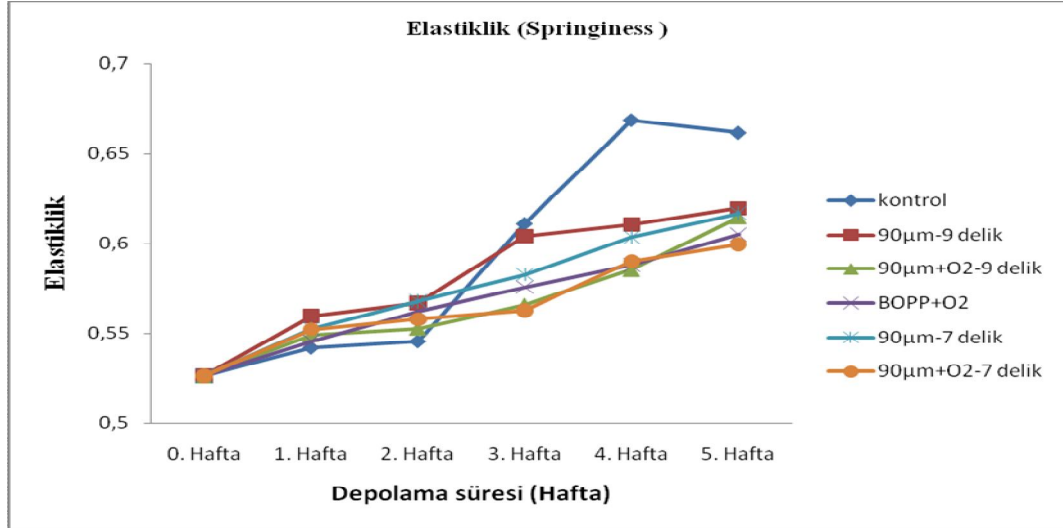
Dirençlilik (resilience), çileklerin ilk baştaki hallerine gelmek için gösterdiği etki olarak açıklanmaktadır. Şekil 25'te görüldüğü üzere dirençlilik değeri depolama süresince artış göstermektedir. En fazla artış Kontrol uygulamasında meydana gelmiştir (0. haftada 0,1822, 5. hafta sonunda 0,2481'e). Kontrol uygulamasında 2. hafta değerine mikroperfore uygulamalarında ancak 4. haftada ulaşılmıştır (2. hafta Kontrol-0,2049, 4. hafta 90µm-BOPP-9 delik-0,2085, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik-0,2058, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli-0,2108 ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli-0,2104).



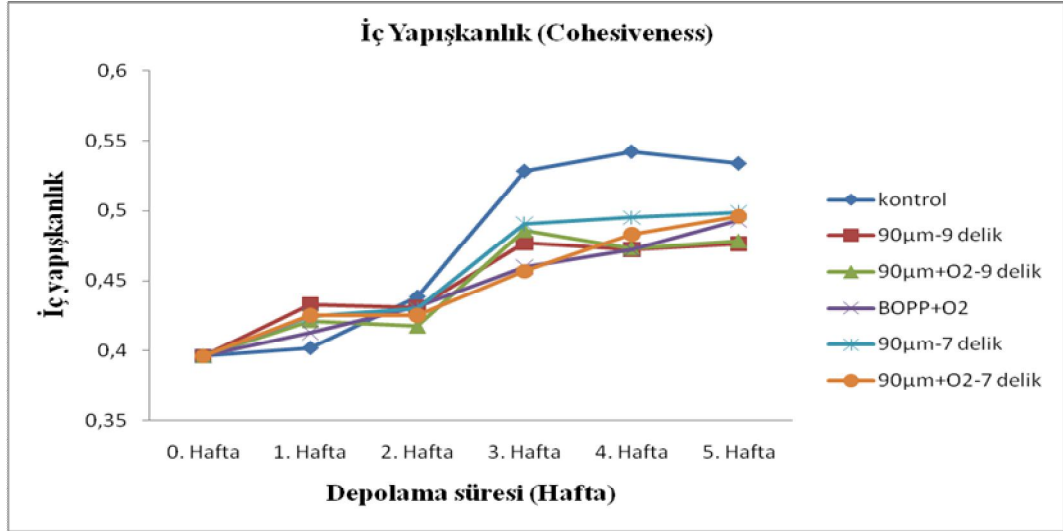
a



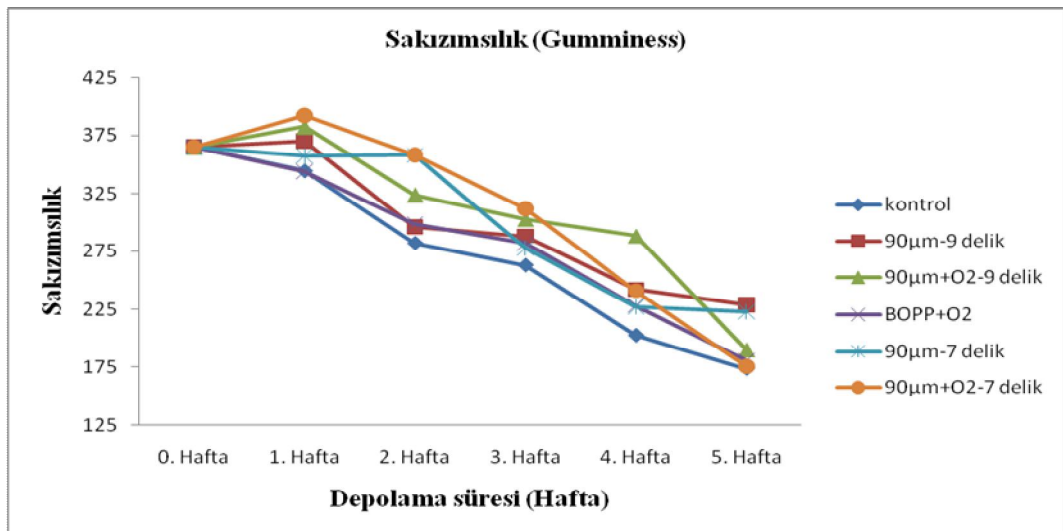
b



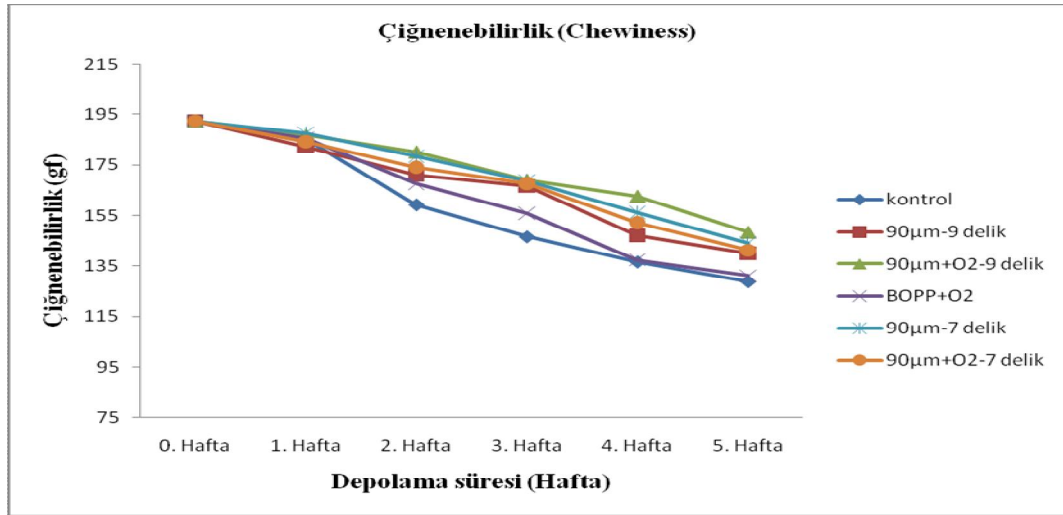
c



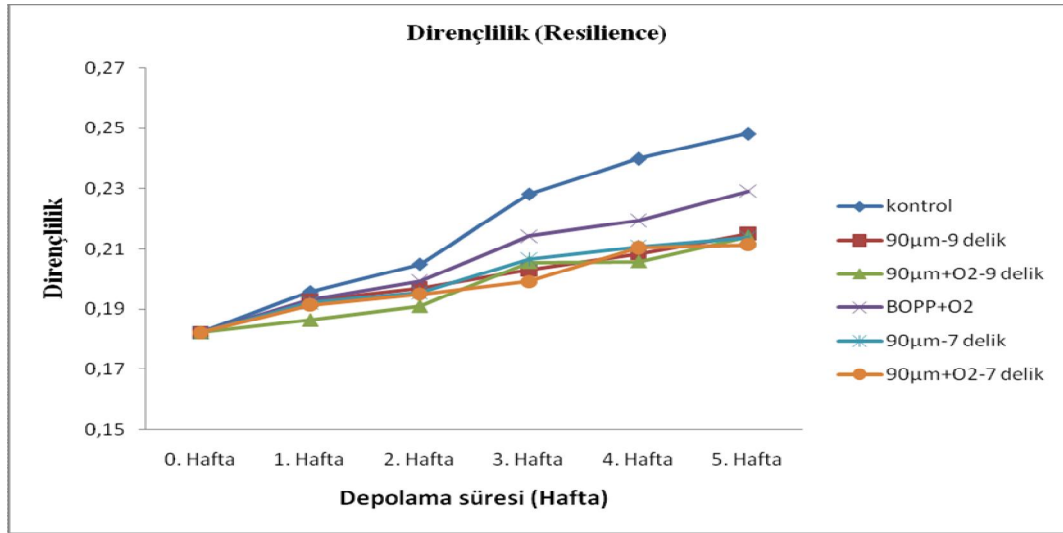
d



e



f



g

Şekil 25. Tekstür profil analiz grafikleri. a) sertlik, b) dış yapışkanlık, c) elastikiyet, d) iç yapışkanlık, e) sakızımsılık, f) çiğnenebilirlik, g) dirençlilik.

### 3.9. FT-NIR Spektroskopik Ölçümler

Süt, patates, kiraz gibi su oranı yaklaşık %80-90 olan gıdalarda, absorpsiyon bandları saf suyun dalga boyuna benzemektedir (Nicolaï ve ark., 2007). Depolama başlangıcındaki çilek örneklerinde ve sonunda elde edilen çileklere ait spektrumlarında farklılıklar olduğu görülmektedir. Absorbans değerleri 800 ile 920 nm aralığına kadar neredeyse düz haldedir (Şekil 26 ve 27). Göze çarpan ilk pik su ve karbonhidrata ait olan 975 nm'deki piktir. Su moleküllerine ait absorpsiyon bandı 1400-1420 nm'de

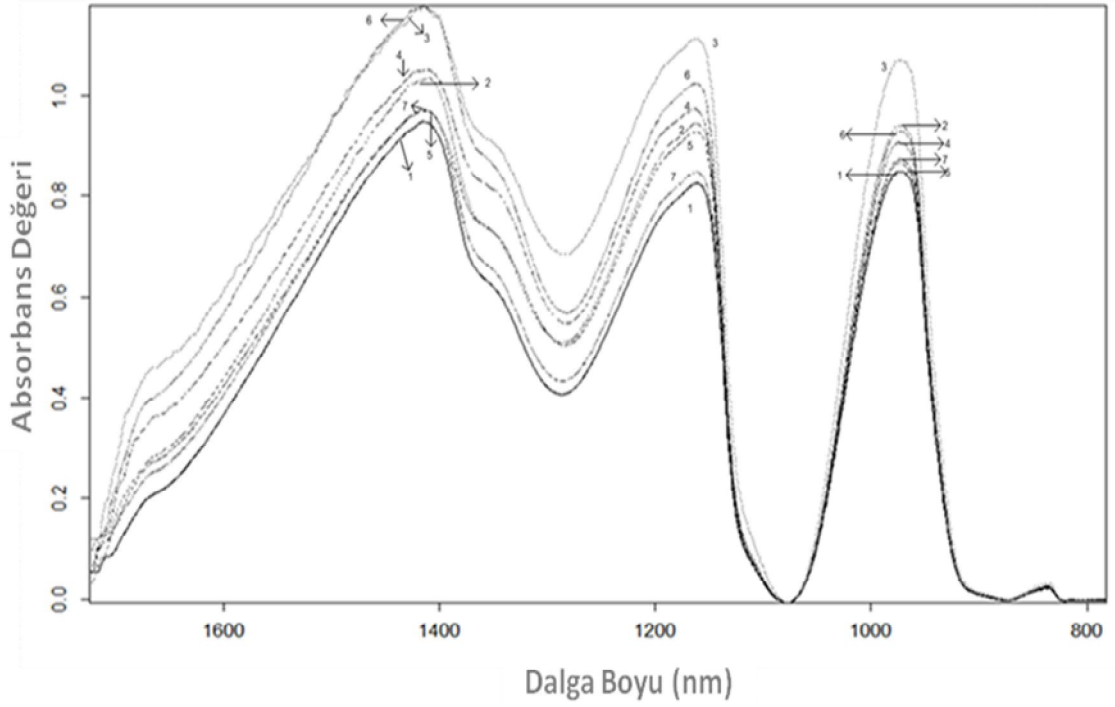
görülmektedir. Hidrojen bağları ve diğer etkileşimlerden dolayı; su absorpsiyon bandı suda çözülen maddeler tarafından etkilenmektedir. Çilek spektrumlarında görülen 975, 1166 ve 1443 nm' deki pikler, meyvedeki suyun oluşturduğu piklere yakındır (Aday ve Caner, 2010). Meyve %80-90 su içeriğine sahip olduğu için, güçlü su absorpsiyon bandı 970 nm, 1197, 1450 nm (OH su titreşimi) 40 ve 1900 nm de su absorpsiyonu ile birleşik band (OH titreşim ve OH deformasyon) kesişmesi gözükmektedir. Su içeriğine göre bandın değiştiği net olarak gözükmektedir. 1650-1850 nm bölgesi CH<sub>3</sub> ve CH<sub>2</sub> gruplarındaki C-H titreşim bölgesi, 2200 ve 2300 nm arasındaki bölge ise karakteristik şeker bandıdır. Şeker absorpsiyonuna bağlı olarak spektral değişimdeki farklılık özellikle göze çarpmaktadır. Şeker ve nişasta alkol ve asit, ve protein gibi bileşik öğeleri sıvı ve katı içinde ölçülebilir (Xie ve ark., 2008; Aday ve Caner, 2010).

Kontrol grubunun ilk değerine ait 970 nm, 1197 (OH su titreşim) absorpsiyon, diğer depolama sonundaki değerlere göre daha yüksek absorpsiyon değeri sergilemektedir (Büning-Pfaue, 2003). 2200-2300 nm arasındaki bölgede spektral, ışığın güçlü absorpsiyonu şekerde mevcut olan güçlü C-O gerilim bandı titreşimden dolayıdır. 1800 nm deki absorpsiyon piki, organik asitte mevcut olan -COOH gerilim bağlarındaki C=O ile ilgilidir (Aday ve Caner, 2010; Nicolaï ve ark., 2007).

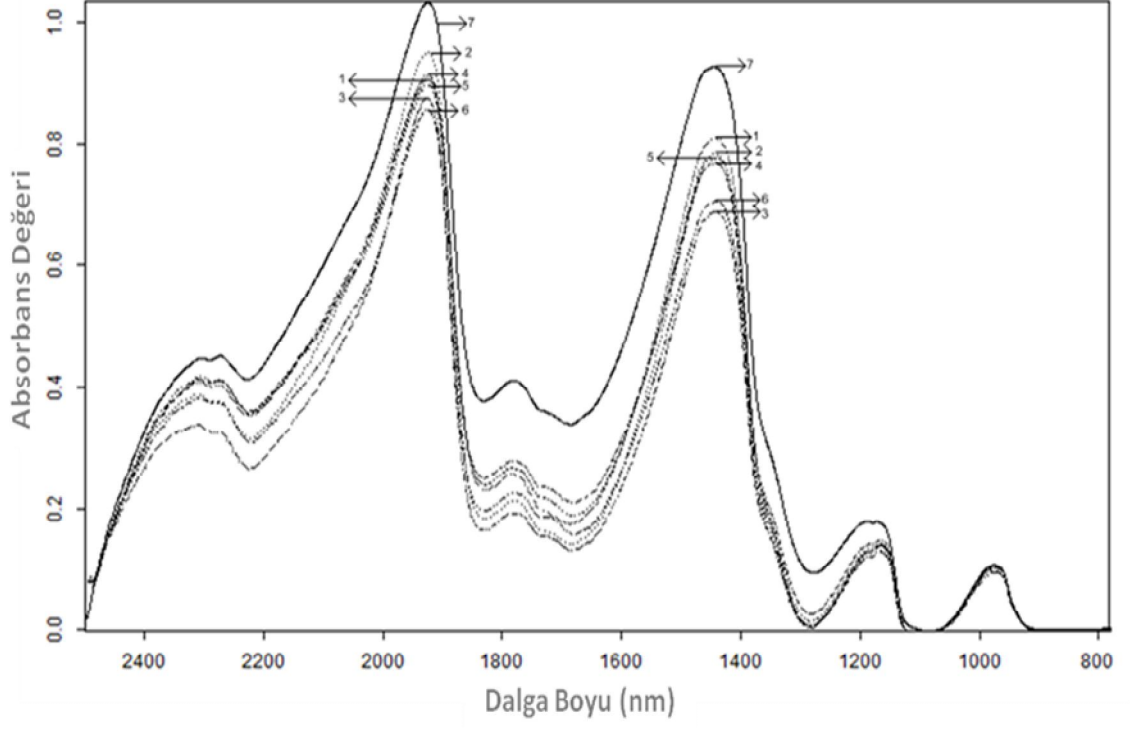
1197 nm'deki absorpsiyon piki, transmit spektra örneklerinde görülmektedir. 1406 nm ve 1190 nm de keskin absorpsiyon bandı su kaybı ile ilgilidir (Şekil 27). Çileğin absorpsiyon spektumu elma yada çilek gibi meyvelerin spektrumuna çok benzemektedir (Xie ve ark 2008).

Genel olarak FT-NIR spektrumu ürünlerin içsel ve/veya yüzeysel kalite özelliklerinin belirlenmesinde çokça kullanılmaktadır. Taze çileklerin kalite kriterlerinin hasarsız tahmininde daha ileri düzeyde çalışmalarla desteklenmesi ve yürütülmesi faydalı olacaktır.

- 90µm-7 delikli+O<sub>2</sub>(1)  
- - - - - 90µm-7 delikli (2)  
- - - - - 90µm-9 delikli + O<sub>2</sub> (3)  
- - - - - 90µm-9 delikli (4)  
- - - - - Kontrol 3.Hafta (5)  
- - - - - BOPP+ O<sub>2</sub> (6)  
- - - - - Kontrol 0.Gün (7)



Şekil 26. FT-NIR spektrumu (12500-5000 cm<sup>-1</sup>) (Transmisyon).



Şekil 27. FT-NIR spektrumu (Fiber).

**BÖLÜM 4****SONUÇLAR VE ÖNERİLER****4.1. Sonuçlar**

Çilek yüksek solunum oranı nedeniyle kısa sürede bozulan bir meyvedir. Çileklerde depolama boyunca meydana gelen yumuşama, ağırlık kaybı ve değişik etmenlerden ileri gelen çürümelere azaltmak için soğuk depolamada denge modifiye atmosfer (EMAP) başarıyla kullanılabilir. Etkin bir EMAP için kullanılan filmlerin gaz geçirgenlikleri (permeabilitesi) önemlidir.

Bu çalışmada farklı ambalaj filmleri (Kontrol BOPP, BOPP+O<sub>2</sub> tutucu, 90 µm mikroperfore film 9 delikli, 90 µm mikroperfore film 9 delikli + O<sub>2</sub> tutucu, 90 µm mikroperfore film 7 delikli, 90 µm mikroperfore film 7 delikli + O<sub>2</sub> tutucu) kullanarak çileğin raf ömrüne etkisi araştırılmıştır.

5 haftalık depolama süresince pH, iletkenlik, renk (L ve a değeri), °Briks, gaz değişimi (O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> değişimi), TPA ve FT-NIR analizleri yapılmıştır.

Depolama süresince mikroperfore film, mikroperfore film+oksijen tutucu uygulamalar Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarına göre kalite kriterleri açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Depolama süresince kontrol grubu çileklerde pH değeri daha fazla artmıştır (3,81). Buna rağmen 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli uygulamalarda ise pH değeri 3,69 değerlerinde olduğu ölçülmüştür. Mikroperfore film ve oksijen tutucu sistem (90µm-BOPP-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli ve 90µm-BOPP-7 delikli) ile ambalajlanan örneklerde °Briks değeri 5. haftada diğer örneklerin (Kontrol ve BOPP+O<sub>2</sub>) 3. hafta değerlerine kadar azalma göstermiştir (8,04 ve 8,26). Mikroperfore film kullanılan pasif MAP'ta başlangıçta %20 olan O<sub>2</sub> oranı 5. hafta sonunda % 2 seviyelerine indiği gözlenmiştir. Oksijen tutucular ilk 3 hafta oksijen seviyesini ciddi oranda düşürmüştür. 3. haftadan sonra doygunluğa ulaşarak etkinliğini yitirmiştir. Başlangıçta karbondioksit miktarı % 0,03 iken 5. hafta sonunda Kontrol ve

BOPP+O<sub>2</sub> uygulamalarında % 40 seviyelerine, 90µm-BOPP-9 delikli, 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delikli, 90µm-BOPP-7 delikli ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalarında ise % 15 seviyelerinde dengeye ulaştığı görülmüştür. Mikroperfore filmlerin ambalaj içindeki fazla CO<sub>2</sub> çıkışını sağlayarak O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> oranını dengelediği görülmüştür.

Tekstür ve renk müşteri beğenilirliği açısından en önemli faktörlerden birisidir. Meyve etindeki yumuşama çileklerin muhafazasındaki en önemli problemlerdendir. EMAP uygulamalarında kullanılan plastik filmler ürün etrafında sınırlayıcı bir atmosfer oluşturduğu için meyve içinden dışarıya doğru difüzyonla su kaybı sınırlandırılmış olur. Böylece çilekler kalite kriterlerini uzun süre muhafaza etmiştir. Bu çalışmada kalite kriteri üzerine etkisi bakımından en etkili uygulama mikroperfore filmler olduğu ortaya çıkmıştır. Meyve eti sertliği ekso ve endo poligalaktronoz aktivitelerindeki artma sonucunda azalmaktadır. Bu etki meyve duvarı parçalayan enzimlerin aktivitelerinin yüksek CO<sub>2</sub> ve düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonları ile ilişkilidir. Çilek örneklerinde sertlik bakımından en iyi sonucu 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-9 delik ve 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamalar vermiştir (652,63 ve 633,31). Çileklerde örneklerin arasında a değeri bakımından istatistiksel olarak fark önemli bulunmuştur. Bu değer bakımından en iyi sonuç 90µm-BOPP+O<sub>2</sub>-7 delikli uygulamada görülmüştür (29,90). L değeri bakımından çilek örneklerindeki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. FT-NIR spektroskopinin ürünlerin içsel ve/veya yüzeysel kalite özelliklerinin hasarsız belirlenmesinde iyi sonuçlar vermiştir. Depolama başlangıcındaki çilek örneklerinde ve sonunda elde edilen çileklere ait spektrumları arasında farklılığın olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, çileklerde ambalaj teknolojisindeki yeni uygulamaların (mikroperfore) kullanılmasının mümkün olduğunu göstermiştir. Farklı gaz geçirgenlik değerlerine sahip olan mikroperfore filmlerin çilek üzerine etkilerinin farklı olduğu görülmüştür.

Mikroperfore filmler, çileklerde kalite kayıplarını yavaşlattığı, oksijen tutucularında daha hızlı EMAP oluşmasına katkı sağladığı görülmüştür.



Günümüzde kullanılan ambalajlama yöntemleri meyve ve sebzelerin raf ömrünü attırmada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı sanayi, katkı maddeleri kullanmadan maliyeti ucuz, kaliteyi uzun süre koruyan ve raf ömrünü arttıran güvenli ambalajlama tekniklerine ihtiyaç duymaktadır. Mikroperfore filmler ve oksijen tutucu sistemler sanayinin bu ihtiyacını karşılayabilecek yeni çözümler arasında yer alabilir. Ülkemizde yaygın kullanım alanına sahip olmayan oksijen tutucular bu şartlarda maliyeti arttırabilir. Ancak oksijen tutucuların kullanımını yaygınlaştıkça maliyetinde makul seviyelere ineceği düşünülmektedir. Ayrıca uygun olmayan depolama şartlarında muhafaza edilen meyve ve sebze kayıpları göz önüne alındığında bu maliyetler göz ardı edilebilir. Yapılan bu çalışmanın, bu yönde yapılacak çalışmalara ve meyve-sebze sektörüne ışık tutacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abbott J.A. 1999, Quality Measurement of Fruits and Vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, 15 (3): 207-225.
- Aday M. S. ve Caner C., Understanding the Effects of Various Edible Coatings on the Storability of Fresh Cherry, *Packaging Technology and Science* (Basımda).
- Ağaoğlu Y. S., 1986, *Üzümsü Meyveler*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ankara, 984: 377.
- Allan-Wojtas P, Forney C.F, Moyls L ve Moreau D.L., 2008, Structure and Gas Transmission Characteristics of Microperforations in Plastic Films, *Packaging Technology and Science*, 21 (4): 217-229.
- Altuğ Tomris, 1993, *Duyusal Test Teknikleri*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Birinci Baskı, İzmir.
- Anantheswaran R. C. ve Ghosh V., 2002, Rapid method to experimentally measure the gas permeability of micro-perforated films, USA, US Patent No. 6, 422, 06.
- Anonim 2005, DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 40-61, Ankara (05.01.2010).
- Anonim 2006, <http://www.ekolojimagazin.com/?id=62&s=magazin> (28.04.2010).
- Anonim 2009 a, Akdeniz İhracatçılar Derneği, Dünya ve Türkiye Çilek Üretimi ve Ticareti (15.01.2010).
- Anonim 2009 b, [http://ekutup.dpt.gov.tr/19\\_imalatsa/plastik/oik563.pdf](http://ekutup.dpt.gov.tr/19_imalatsa/plastik/oik563.pdf) (08.05.2010).
- Anonim 2010 a. <http://www.packinmap.com/mapDesign.aspx> (21.04.2010).
- Anonim 2010 b. <http://www.perfotech.com/default.aspCID=74> (29.03.2010).
- Anonim 2010 c, <http://www.turkcebilgi.net/yemek-icmek/besinler-ve-ozellikleri/cilek-24676.html> (15.01.2010).
- Ball J.A., 1997, Evaluation of Two Lipidbased Edible Coatings for Their Ability to Preserve Post Harvest Quality of Green Bell Peppers , (Yüksek Lisans Tezi), Virginia Polytechnic Institute and State

University.

- Bioka Teknik Bilgi, 1999, <http://www.bioka.fi/products/quality.htm>
- Büning-Pfaue H., 2003, Analysis of water in food by near infrared spectroscopy, *Food Chemistry*, 82(1): 107-115.
- Caner C, Aday M.S ve Demir M., 2008, Extending the Quality of Fresh Strawberries by Equilibrium Modified Atmosphere Packaging, *European Food Research and Technology*, 227 (6): 1575-1583.
- Caner C., 2008. Gıda Ambalaj Ders Notları.
- Caner C., Kartal S. ve Aday M.S., 2009, Taze Meyve ve Sebzelerde Ambalaj Çözümleri: Mikroperfore Filmler, *Ambalaj 2009 Sempozyumu*, 259-263
- Carpita N.C. ve Gibeaut D.M., 1993, Structural models of the primary walls of flowering plants, *Plant J.*, 3: 1-30.
- Castro I., Teixeira J.A., Salengke S., Sastry S.K. ve Vicente A.A., 2003, The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products, *Journal of Food Process Engineering*, 26: 17–29.
- Coles R., McDowell D. ve Kirwan M.J., 2003, *Food Packaging Technology*, Blackwell Publishing, Crc Press, London, UK.
- Darrow G.M., 1966, *The Strawberry*, Holt, Rinehart and Winston, New York, Chicago, and San Francisco, 447.
- Delgado F. ve Paredeslópez O., 2002, Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses , *CRC Pres*, Boca Raton.
- Eitenmiller R.R. ve Landen W.O., 1999, Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences , *Woodhead Publishing*, Cambridge, UK.
- Emond J. P., Castaigne F., Toupin C. J. ve Desilets D., 1991, Mathematical Modeling of Gases in Modified Atmosphere Packaging, *Transactions of ASAE*, 34 (1): 239-245.
- Eskin M. ve Robinson D. S., 2001, Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes , *CRC Press*, London.
- Esteve M.J., Fri'gola A., Rodrigo C. ve Rodrigo D., 2005, Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange

- juices, *Food and Chemical Toxicology*, 43: 1413-1422
- Faostat / Fao Statistics Division, 2009, [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Gonzalez J, Ferrer A, Oria R. ve Salvador M.L., 2008, Determination Of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Transmission Rates Through Microperforated Films for Modified Atmosphere Packaging of Fresh Fruits and Vegetables, *Journal of Food Engineering*, 86 ( 2): 194-201.
- Hernandez R.J.,, 1997, Food Packaging Materials, Barrier Properties, and Selection. In K. J. Valentas, E. Rotstein, & R. P. Singh (Eds.), *Food Engineering Practice*, Boca Raton, Fl, Usa: CRC Press. 291–360
- Jayas D.S. ve Jeyamkondan S., 2002, Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables, *Biosystems Engineering* 82 (3): 235-251.
- Kader A.A., Singh R.P. ve Mannapperuma J.D., 1998, Technologies to Extend The Refrigerated Shelf-Life of Fresh Fruits and Vegetables. In: I.A. Taub and R.P. Singh (Eds.), *Food Storage Stability*, CRC Press, Boca Raton, Fl, 419-434.
- Keegstra K., Talmadge K.W., Bauer W.D. ve Albersheim P., 1973, The structure of plant cell walls, *Plant Physiol.*, 51:188.196.
- Kwang H.L., Kwang S.K., Mi H.K., Seung R.S. ve Kyung Y.Y., 1998, Studies on the softening of strawberry during circulation and storage. I. Changes of cell wall components, protein and enzymes during ripening, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27: 29-34.
- Lange D.L., 2000, New Film Technologies for Horticultural Products, *Hort technology*, 10: 487-490.
- Lee D.S. ve Renault P., 1998, Using Pinholes as Tools to Attain Optimum Modified Atmospheres in Packages of Fresh Produce, *Packaging Technology and Science*, 11: 119-130.
- Maas J., Peuroi J.R. ve Tonjes T., 1993, Intramuscular Selenium Administration in Selenium-Deficient Cattle, *J. Vet. Int. Med.*, 7: 342–348.
- Man J., 1999, Avi Publishing, Westport Connecticut, *Principles of Food Chemistry*.
- Mannapperuma J. D., Zagory D., Singh R.P. ve 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.
- Mason E.A. ve Kronstadt B., 1967, Graham's Laws of Diffusion and Effusion, *J. Chem. Educ.* 44: 740-3
- Mcdougall B. D., 2002, Colour in Food , *Woodland Publishing*, England.
- Merizalde M.L., 2004, Influence of Hand and Machine Processing and Preservatives on Quality of Minimally Processed Vegetables , (Yüksek Lisans Tezi), Mississippi State University.
- Mitcham B., 1996, Quality Assurance for Strawberries: A Case Study, *Perishables Handling Newsletter*, 85: 6-9
- Molyneux F., 1971, Manufacture of jams, sauces and pickles, *Process Biochem.*, 6: 17-18.
- Nicolaï B.M., Beullens K., Bobelyn E., Peirs A., Saeys W., Theron K.I. ve Lammertyn J., 2007, Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review, *Postharvest Biology and Technology*, 46 (2): 99–118.
- Oliveira F.A.R, Fonseca S.C., Oliveira J.C., Brecht J.K. ve K.V. Chau, 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.
- Ozdemir I, Monnet F. ve Gouble B., 2005, Simple Determination of The O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Permeances of Microperforated Pouches for Modified Atmosphere Packaging of Respiring Foods, *Postharvest Biology and Technology*, 36: 209-213.
- Ozdemir M. ve Floros J.D., 2004, Active Food Packaging Technologies Critical Reviews, *Food Science and Nutrition*, 44: 185-193.
- Paine F.A. ve Paine H.A., 1992, *A Handbook of Food Packaging*, (2nd Ed.) Blackie Academic and Professional, London, Uk.
- Palaniappan S. ve Sastry S.K., 1991, Electrical conductivity of selected juices: influences of temperature, solids content, applied voltage

- and particle size, *Journal of Food Process Engineering*, 14: 247-260.
- Peña M.J., Vergara C. ve Carpita N.C., 2001, The structure and architectures of plant cell walls define dietary fibre composition and the textures of foods. In: B.V. McCleary & L. Prosky (eds.), *Advanced Dietary Fibre Technology*, London: Blackwell Science. 42-60.
- Perkins-Veazie, P., 1995, Growth and ripening of strawberry fruit. In: J. Janick Horticultural Reviews. London: John Wiley & Sons. 267-297.
- Ronk R.J, Carson K.L. ve Thompson P., 1989, Processing, Packaging and Regularion of Minimally Processed Fruits and Vegetables, *Food Technology*, 43(2): 136
- Steele, R., 2004, *Understanding and Measuring The Shelf Life of Food*, Woodhead Publishing, Cambridge.
- Trademap, 2008, [www.trademap.org](http://www.trademap.org)
- Tulsiyan P., Sarang S. ve Sastry S.K., 2008, Electrical conductivity of multicomponent systems during ohmic heating, *International Journal of Food Properties*, 11: 1-9.
- Van Buren J.P., 1979, The chemistry of texture in fruits and vegetables, *J. Text. Stud.*, 10: 1-23.
- Wilkes J., Conte E. D., Kim Y., Holcomb M., Sutherland J.B. ve Mille D.W., 2000, Sample Preparation for The Analysis Of Flavors and Offflavors in Foods, *Journal of Chromatography A*, 880: 3-33.
- Xie L, Xingqian Y, Donghong L. ve Yibin Y., 2009, Quantification of glucose, fructose and sucrose in bayberry juice by NIR and PLS, *Food Chemistry*, 114 (3): 1135-1140.

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 1. Gerdirilmiş ve gerdirilmemiş polipropilen filmlerin özellikleri .	8
Çizelge 2. Çift yönlü gerdirilmiş polipropilen filmlerin fiziksel, mekanik ve bariyer özellikleri .....	8
Çizelge 3. Bazı Sebze ve Meyvelerin Relatif Solunum Hızlarına Göre Gruplandırılması .....	23
Çizelge 4. 100 g taze çileğin içerdiği besin değerleri .....	51
Çizelge 5. Türkiye'nin Çilek İhracatında İlk 10 Ülke .....	54
Çizelge 6. Dünya çilek üretimi .....	55
Çizelge 7. Dünya çilek ihracatı .....	56
Çizelge 8. Çilek ithal eden ülkeler .....	57
Çizelge 9. 30µ kalınlığındaki mikroperfore BOPP' nin (90 µm, 7 ve 9 delikli) teknik özellikleri .....	60
Çizelge 10. TPA analiz grafiğinin yorumlanması .....	65
Çizelge 11. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında pH üzerine etkileri .....	68
Çizelge 12. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında briks üzerine etkileri .....	70
Çizelge 13. Farklı uygulamaların çileklerde tüketici üzerine etkileri .....	74
Çizelge 14. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında elektriksel iletkenlik üzerine etkileri .....	76
Çizelge 15. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında a değeri (kırmızılık/yeşillik) üzerine etkileri .....	78
Çizelge 16. Farklı uygulamaların çileklerde depolama sırasında L değeri (parlaklık) üzerine etkileri .....	80

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. İzotaktik, sindiyotaktik, ataktik propilenin yapısı .....	6
Şekil 2. Ambalajlanmış meyve ve sebzede solunum .....	15
Şekil 3. MAP Etkisi .....	17
Şekil 4. Ürün solunum hızı ve film geçirgenliklerinin hesaplanması .....	17
Şekil 5. Farklı MAP Etkisi ve film geçirgenliği a) bariyer çok düşük, b) çok yüksek ve c) optimum film .....	18
Şekil 6. Film geçirgenliği a) çok yüksek, b) çok düşük, c) optimum film geçirgenliği .....	19
Şekil 7. EMAP ile farklı ambalaj filmlerinin (mikroperfore) çileğin raf ömrüne etkisi (4. hafta) .....	21
Şekil 8. Ambalajlamada kullanılan filmin gaz difüzyonu .....	22
Şekil 9. Farklı meyve ve sebzelerin solunum hızı-dayanıklılık ilişkisi .....	24
Şekil 10. Depolama sıcaklığının kalite ve raf ömrüne etkisi .....	25
Şekil 11. Atmosferin raf ömrüne etkisi .....	27
Şekil 12. Gerçek ve olması gereken O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> oranları .....	27
Şekil 13. Ürünün çevresiyle kütle transferini şematik olarak gösterimi; 1) Ürünün dermal sistemi ve üzerindeki bariyerler (film), 2) MAP sisteminde ambalajın gaz geçirgenliği, 3) Deponun veya taşıma aracının etkisi .....	29
Şekil 14. Etilenin muzun olgunluğuna etkisi .....	43
Şekil 15. Hücre duvarının üç boyutlu moleküllerle selüloz arasındaki etkileşimlerinin modeli; hemiselüloz (mavi), pektinler (sarı) ve duvar proteinleri (kırmızı) .....	47
Şekil 16. Türkiye çilek ihracatı .....	52
Şekil 17. Türkiye çilek üretim-ihracatı .....	53
Şekil 18. 2004-2008 yıllarında Türkiye çilek ihracatı .....	53
Şekil 19. Bazı polimer filmlerin oksijen ve karbondioksit geçirgenlikleri	61



Şekil 20. Denge modifiye atmosfer sisteminin temeli .....	61
Şekil 21. TPA analiz grafiği .....	64
Şekil 22. FT-NIR analiz grafiği .....	66
Şekil 23. O <sub>2</sub> konsantrasyon değişimi .....	72
Şekil 24. CO <sub>2</sub> konsantrasyon değişimi .....	73
Şekil 25. Tekstür profil analiz grafikleri .....	86
Şekil 26. FT-NIR spektrumu (Transmisyon) .....	88
Şekil 27. FT-NIR spektrumu (Fiber) .....	89

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Serkan KARTAL

Doğum Yeri: Artova

Doğum Tarihi: 02.10.1981

### EĞİTİM DURUMU

Ön Lisans Öğrenimi: Trakya Üniversitesi (2000-2002)

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2005-2008)

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2008-2010)

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### a) Yayınlar -SCI -Diğer

1. Kartal S., Caner C., 2010, Meyve Ve Sebzelerde Denge Modifiye Atmosferde Ambalajlama, Ambalaj Bülteni, 2010/2 30-32
2. Kartal S., Aday M.S., Caner C., 2010, Ambalaj ve Bariyer Teknolojisi, Ambalaj Plastik, 66-69
3. Kartal S., Aday M.S., Caner C., 2010, Meyve ve Sebzelerde Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlamaya Etki Eden Faktörler, Akademik Gıda (Basımda)

#### b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

1. Kartal S., Aday M.S., Caner C., 2009, Taze Meyve ve Sebzelerde Ambalaj Çözümleri: Mikroperfore Filmler, Ambalaj 2009 Sempozyumu, 259-263

2. Kartal S., Aday M.S., Caner C., 2010, Use Of Equilibrium Modified Atmosphere Packaging With Micro Perforated Films To Maintain Postharvest Fresh Strawberries Quality, 6 th International Packaging Congress
3. Kartal S., Yüceer M., Caner C., 2010, Microwave Susceptors: Inovative Active Packaging, 6 th International Packaging Congress
4. Aday M.S., Kartal S., Caner C., 2010, Combined Effect Of Aqueous Chlorine Dioxide And Modified Atmosphere Packaging On Fresh Strawberries, 6 th International Packaging Congress

c) Katıldığı Projeler

1. Yeni Ürün Geliştirme Ulusal Öğrenci Yarışması; Ayran Turşusu Birincilik Ödülü
2. Yeni Ürün Geliştirme Ulusal Öğrenci Yarışması; Kabonez ve Kaçella Üçüncülük Ödülü
3. Ambalaj Tasarımı Ulusal Öğrenci Yarışması 2008: Portatif Sprey; Teşvik Ödülü

## **İŞ DENEYİMİ**

1. Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Lider Grup (2009-2009)
2. Sofra Yemek Üretim Ve Hizmet A.Ş. (2010-Halen)

## **İLETİŞİM**

E-posta Adresi: gfbserkan\_k@hotmail.com