



## Taze Doğranmış Kırmızılahananın Raf Ömrünün Analitik ve Matematiksel Olarak Belirlenmesi

Fulya Şimşek, Özlem Kızılırmak Esmer\*

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova/İzmir, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 16 Ocak 2017  
Kabul 19 Ocak 2017

#### Anahtar Kelimeler:

Taze doğranmış kırmızılahana  
Analitik raf ömrü  
Matematiksel raf ömrü  
AYPE film  
Pasif modifiye atmosferde ambalajlama

\* Sorumlu Yazar:

E-mail: ozlem.kizilirmak@ege.edu.tr

### ÖZET

Taze doğranmış meyve sebzeler uygun geçirgenlikteki filmlerle ambalajlandıklarında, daha uzun bir raf ömrüne sahip olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, ülkemizde üretilen ve farklı geçirgenlik özelliklerine sahip sekiz adet film kullanılarak taze doğranmış kırmızılahanaya en uygun ambalaj malzemesinin ve ürünün analitik ve matematiksel raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla üründe tepe boşluğu analizleri, mikrobiyolojik ve duyu analizler ile pH, kütle kaybı (%) ve renk analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda oksijen geçirgenliği 12776 cc/m<sup>2</sup>-gün olan 20 µm kalınlıkta alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) film, taze doğranmış kırmızılahananın ambalajlanmasına en uygun materyal olarak belirlenmiştir. Taze doğranmış kırmızılahana için mikrobiyolojik matematiksel raf ömrü 12,33 gün, analitik mikrobiyolojik ve duyu raf ömrü her ikisi için de 12 gün olarak belirlenmiştir. Analitik ve matematiksel raf ömrü sonuçlarının birbiriyle uyumlu olması Gompertz denkleminin ürünün mikrobiyolojik raf ömrünün belirlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Taze doğranmış kırmızılahananın 20 µm kalınlıktaki AYPE malzeme ile ambalajlanmasında matematiksel raf ömrünün belirlenmesi için kullanılacak olan denklem  $\log(N_t/N_0) = 6,83 \times \exp\{-\exp\{[(0,80 \cdot e)(6,83-t)/6,83]+1\}\}$  olarak belirlenmiştir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(4): 425-434, 2017

### Analytical and Mathematical Determination of Shelf-life of Fresh-cut Red Cabbage

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 16 January 2017  
Accepted 19 January 2017

#### Keywords:

Red cabbage  
Analytical shelf life  
Mathematical shelf life  
Passive modified atmosphere packaging  
Fresh-cut vegetables

\* Corresponding Author:

E-mail: ozlem.kizilirmak@ege.edu.tr

### ABSTRACT

Fresh-cut fruits and vegetables have longer shelf lives when appropriate packaging materials having proper permeability properties are used. For this reason eight different packaging materials having different permeability properties were used and it was aimed to determine the appropriate packaging material and analytical and mathematical shelf lives of fresh cut red cabbage. Head space analysis, microbiological and sensorial analysis together with pH, weight loss (%) and colour analysis were performed. As a result of the study, it was determined that low density polyethylene (LDPE) film having 20 µm of thickness and 12276 cc/m<sup>2</sup>-day of oxygen permeability was determined as the most suitable packaging material for packaging of fresh-cut red cabbage. Mathematical microbiological shelf life was determined as 12.33 days and both analytical microbiological and sensorial shelf lives were determined as 12 days. It was shown that Gompertz equation can be used in determination of microbiological shelf life of fresh-cut red cabbage since the analytical and mathematical shelf life results fit to each other. Also, the equation that can be used in calculation of shelf life of fresh-cut red cabbage when packaged with AYPE film having 12276 cc/m<sup>2</sup>-day oxygen permeability was determined as  $\log(N_t/N_0) = 6,83 \times \exp\{-\exp\{[(0,80 \cdot e)(6,83-t)/6,83]+1\}\}$ .

## Giriş

Büyüyen şehirleşme trendi, kadın nüfusunun iş hayatına katılım payının artması tüketim alışkanlıklarını ve tüketici beklentilerini değişime uğratmış ve hipermarket, süpermarket zincirlerinden ambalajlanmış ürünlere olan talep oldukça artmıştır. Her ne kadar dondurma, konserveleme gibi klasik işleme teknolojileri ile meyve-sebzeler mikrobiyolojik olarak daha güvenilir üretilse de, tüketicilerin taze ürünlere olan talebi, bu ürünlerin besin değerlerinin daha yüksek olması nedeniyle daha fazladır. Bu doğrultuda kullanıma hazır halde, ambalajlanmış taze doğranmış meyve ve sebzelerin kullanımı da giderek yaygınlaşmakta ve hem tüketiciler hem de restoranlar ve hızlı gıda tüketim firmaları tarafından artan bir talep görmektedir.

Kullanılmadan önce ek bir işleme gerek olmayan ve yıkandıktan sonra soyma, doğrama, dilimleme vb. mekanik işlemlerden geçirilip ambalajlanarak tüketime hazır hale getirilmiş ürünler olan taze doğranmış ürünler; besleyici ve sağlıklı olmalarının yanı sıra ekonomik değeri nedeniyle de önemlidir. Taze doğranmış ürünün değeri ise tazelik ve kolaylık sağlama gibi başlıca temel karakteristik özelliklerine bağlı olmakla birlikte (Gonzales-Aguilar ve ark., 2004), uygulanan ön işlemler nedeniyle canlı dokulardaki solunum, terleme, enzimatik aktivite ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların varlığı nedeniyle bu ürünlerin raf ömrü birkaç gün ile sınırlı olmakta (Nguyen-the ve Carlin, 1994) ve genellikle bütün halde meyve ve sebzelere göre daha kısa raf ömrüne sahip olmaktadır. Halbuki bu ürünlerin dağıtım alanlarını genişleterek ekonomik değerlerinin artırılması bakımından raf ömürlerinin uzatılması oldukça önemlidir.

Taze doğranmış meyve ve sebzelerde istenmeyen değişimlerin önlenmesi ve raf ömrünün uzatılabilmesi amacıyla uygulanabilecek kontrol yöntemlerinden birisi bu ürünlerin ambalajlanmasıdır. Ürünlerde istenilen kalite özelliklerinin sağlanması, fiziksel ve kimyasal bozulmaların önlenmesi, mikrobiyolojik gelişimin durdurulması ve raf ömrünün uzatılması, uygun ambalajlama sisteminin seçimi ile gerçekleştirilmektedir (Del Nobile ve ark., 2009a). Bu bağlamda uygun gaz geçirgenlik özelliklerine sahip ambalaj malzemeleri kullanılarak modifiye atmosferde ambalajlama teknolojisi ile ambalajlama yapıldığında, ambalaj içerisinde ürün için uygun denge gaz bileşimine ulaşılarak gerçekleşen ortam modifikasyonu ürünün solunum hızını azaltmakta, bozulma reaksiyonlarını yavaşlatmakta ve böylelikle ürünün raf ömrü daha uzun olmaktadır (Kader ve ark., 1989; Philips, 1996; Watkins, 2000; Fonseca ve Brecht, 2002; Del Nobile ve ark., 2008)

Modifiye atmosferde ambalajlama teknolojisinde, taze doğranmış meyve ve sebzeler için genellikle uygulanan yöntem, ambalaj atmosferinde herhangi bir değişiklik yapılmadan, atmosfer koşullarında ambalajlama yapılan “pasif modifikasyon” tekniğidir. Bu yöntemde, ürünün solunumu sonucunda ambalaj içerisindeki O<sub>2</sub> konsantrasyonu azalacak, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artacak ve böylelikle ürünün solunum hızı, etilen üretimi ve bozulma reaksiyonlarının hızı azalacaktır (Oms-Oliu ve ark., 2008). Pasif modifikasyon uygulamasında önemli nokta O<sub>2</sub> konsantrasyonunun anaerobik solunumun başlayacağı kritik konsantrasyonlara düşmeden ambalaj içerisinde

denge gaz bileşiminin sağlanmasıdır (Jacxsens ve ark., 2000; Artes-Hernandes ve ark., 2006; Del Nobile ve ark., 2009, Watkins, 2000; Fonseca Oliveira ve Brecht, 2002). Bu denge ne kadar erken sağlanabilirse, solunum hızının düşmesine bağlı olarak, enzimatik reaksiyonlar geciktirilecek, fizyolojik bozulmalar azalacak ve ürünün raf ömrü daha uzun olacaktır (Soliva-Fortuny ve Martin-Belloso, 2003). Bu da uygun bariyer özelliklerine sahip ambalaj filmlerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle uygun bariyer özelliklerine sahip ambalaj filminin seçimi; ambalajlanmış ürüne uzun bir raf ömrü sağlama ve kalitesini sürdürmede etkili gaz kompozisyonunu sağlamak için kritik bir öneme sahiptir (Martinez-Romero ve ark., 2003; Smith ve ark., 1987). Bununla beraber, çoğu ticari uygulamada, ürünler yetersiz geçirgenlik özelliklerine sahip filmlerle ambalajlanmakta ve dolayısıyla istenen raf ömürleri sağlanamamaktadır (Day, 2003).

Anaerobik solunumun başladığı kritik oksijen konsantrasyonu ürün çeşidine göre farklılık göstermekle beraber, pasif MAP uygulamasında solunum hızının düşürülebilmesi için oksijenin genellikle %1-5 oranında ve karbondioksitin de %3-10 arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Kader, 1980; Zagory ve Kader, 1988; Kader ve ark., 1989; Amanatidou, 2000; Jacxsens ve ark., 2001; Jacxsens ve ark., 2002).

Taze doğranmış meyve ve sebzelerin bozulmasında değerlendirilen kriterlerin en önemlilerinden birisi mikroorganizma gelişimidir. Soğukta depolama sırasında taze doğranmış ürünlerin bozulması ile mikrobiyal hücre sayıları arasında lineer bir ilişki bulunduğu belirtilmektedir. Türk Gıda Kodeksi, 2011 tarihli Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde (TGK, 2011), taze doğranmış ürünler için, yalnızca bazı patojenlere ilişkin sınır değerler belirtilmekte; ancak raf ömrünün belirlenmesi için gıda kalitesinin belirlenmesinde kullanılacak bir mikrobiyal kriter bulunmamaktadır. Fransa’da 1988 yılında çıkan yönetmelikle (Ministere de l’Economie des Finances et du Budget) taze meyve ve sebzelerin raf ömrünün sonunda maksimum izin verilen toplam mikrobiyal yük 5\*10<sup>7</sup> kob/g olarak belirlenmiştir. Bu yönetmelik bu anlamda çıkarılan ilk yönetmeliktir ve pek çok ülke tarafından referans yönetmelik olarak uygulanmaktadır (Martin-Belloso ve ark., 2007). Pek çok çalışmada mikrobiyolojik olarak raf ömrünün sonunu belirleyici değer, bu yönetmelik esas alınarak 5x10<sup>7</sup> kob/g olarak alınmıştır (Corbo ve ark., 2004; Corbo ve ark., 2006; Barth ve ark., 2009; Del Nobile ve ark., 2009b; Lucera ve ark., 2010a; Lucera ve ark., 2010b, Del-Nobile ve Conte, 2012).

Raf ömrünün belirlenmesinde bazı matematiksel modellerden de yararlanılmaktadır. Tahminleyici matematiksel modeller; sıcaklık, pH ve su aktivitesi gibi farklı fiziksel ve kimyasal koşullar altında mikroorganizmaların davranışlarını belirlemekte kullanılırlar. Bu modeller; ürünlerin mikrobiyal açıdan güvenli olduklarını ya da raf ömrünü belirlemeye, üretim ve dağıtım proseslerinde kritik noktaları belirlemeye, üretim ve dağıtım zincirlerinin optimizasyonuna olanak sağlar. Taze ürünlerde meydana gelebilecek mikrobiyal gelişimin davranışını, zamana bağlı gelişim eğrisinin

değişimini ve denklemdeki parametreleri belirlemek, farklı örneklerde parametreler arasındaki değişimi incelemek ve birbirleriyle karşılaştırmak matematiksel modellerin kullanımındaki temel prensiptir. Bu modelleri oluşturmak için mikrobiyal gelişim ölçülmeli ve modellenmelidir. Bakteriyel gelişim; mikroorganizmaların ortama adaptasyon süresi ( $\lambda$ ) olarak adlandırılan ve spesifik büyüme hızı zamana bağlı olarak sıfırdan başlayıp maksimum değere ( $\mu_{max}$ ) ulaşan bir faz göstermektedir. Ayrıca büyüme eğrileri, hızı azalan ve sonunda sıfıra ulaşan (A) bir final fazı içerir. Zwietering ve ark. (1990)'nın yaptıkları çalışmada, istatistiksel olarak karşılaştırılan birçok matematiksel model arasından mikroorganizma gelişim eğrisinin tanımlanmasında, Gompertz modelinin en iyi ve yeterli model olduğu ifade edilmekte ve mikrobiyal üremede bu üç faza ait sabitler kullanılarak modifiye edilmiş Gompertz denklemi ile başlangıç mikrobiyal yük ve mikrobiyolojik sınır değeri kullanılarak raf ömrü süresi hesaplanabilmektedir.

$$y = A \exp \left\{ -\exp \left[ \frac{\mu_{max}}{A} (\lambda - 1) + 1 \right] \right\} \quad (1)$$

(Zwietering ve ark., 1990).

y :logNt/N<sub>0</sub> (Nt: t zamanındaki mikrobiyal yük (kob/g)),

N<sub>0</sub> :Başlangıç mikrobiyal yük (kob/g)

A :Durağan faz ve lag fazı arasındaki eğrinin asimptotu (kob/g)

$\mu_{max}$  :Maksimum büyüme hızı ( $\Delta \log(kob/g)/gün$ )

$\lambda$  :lag fazı süresi (gün)

t :Raf ömrü (MMR değeri)(gün)

Taze doğranmış birçok meyve ve sebzenin raf ömürlerinin hesaplanmasında “modifiye edilmiş Gompertz denklemi” (1) sıkça kullanılmaktadır (Lanciotti ve ark., 1999; Sinigaglia ve ark., 1999; Soliva-Fortuny ve Martin-Belloso, 2003; Corbo ve ark., 2004; Soliva-Fortuny ve ark., 2004; Corbo ve ark., 2006; Liu ve Li, 2006; Lu ve ark., 2006; Bevilacqua ve ark., 2007; Del Nobile ve ark., 2008; Oms-Oliu ve ark., 2008; Conte ve ark., 2009a; Conte ve ark., 2009b; Del-Nobile ve Conte, 2012; Lucera ve ark., 2012). Gompertz denkleminde elde edilen kinetik parametreler, taze doğranmış ürünlerin mikrobiyolojik açıdan raf ömrünün sonunda kabul edilebilir maksimum kontaminasyon değeri dikkate alınarak, az işlem görmüş birçok sebzenin raf ömrünün belirlenmesinde kullanılabilir (Lanciotti ve ark., 1999; Riva ve ark., 2001; Sinigaglia ve ark., 2003; Corbo ve ark., 2004; Corbo ve ark., 2006; Del Nobile ve ark., 2009b; Lucera ve ark., 2010a; Lucera ve ark., 2010b; Lucera ve ark., 2012).

*Brassica oleracea* türünün *Capitata* kültür grubuna ait olan kırmızılaha, güz dönemine ait mevsimsel bir sebzedir. Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilmekte olan kırmızılaha taze veya pişmiş olarak tüketilmektedir. Kırmızılaha fenolik bileşikler açısından oldukça zengin (Wu ve ark., 2004) özellikle de antosiyaninler nedeniyle yoğun mor/kırmızı renkte olan ve besleyici özellikleri nedeniyle beslenme amacıyla diyetlerde çok kullanılan bir sebzedir (Wickzkowski ve ark., 2015; Leja ve ark.,2005). Salatalardaki kullanım sıklığı ve tüketim öncesi doğrama gibi ön işlemlerle hazırlanmasının zorluğu nedeniyle,

kullanıma hazır halde taze doğranmış kırmızılahaanın tüketiciye sunulması önemli bir alternatiftir. Bu nedenle bu çalışmada; taze doğranmış kırmızılahaanın ambalajlanmasına en uygun malzemenin belirlenmesi ve hem deneysel hem de matematiksel olarak raf ömrünün hesaplanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

*Brassica oleracea* familyasının *capitata* kültür grubuna ait olan kırmızılaha, tarladan hasat edildiği gün soğuk zincir uygulamasıyla İzmir Büyükşehir Belediyesi Yaş Meyve ve Sebze Hali'nden temin edilmiştir.

Taze doğranmış kırmızılahaanın ambalajlanmasında; taze meyve ve sebze ambalajlanmasında ticari olarak kullanılan, antifog (buğulanmayı önleyici) özellikte ve farklı firmalardan temin edilmiş; çift yönlü gerdirilmiş polipropilen filmler (BOPP) ve alçak yoğunluklu polietilen filmler (AYPE) kullanılmıştır. AYPE; renksiz, yarısaydam, esnek, erime noktası düşük, su buharı geçirgenliği düşük ve oksijen geçirgenliği yüksek bir plastiktir. Bu özelliklerinden dolayı taze meyve sebze ambalajlanmasına uygun bir plastiktir (Üçüncü, 2007a). BOPP ise, polipropilenin çift yönlü olarak gerdirilmiş ve böylelikle fiziksel dayanıklılık, gaz ve nem geçirmezliği özellikleri iyileştirilmiş malzemelerdir. Antifog özellikte olanları taze meyve ve sebze ambalajlanmasında kullanılmaktadır (Üçüncü, 2007a). Kullanılan filmlerin oksijen geçirgenlik değerleri 1300 ile 12276 cc/m<sup>2</sup> gün arasında değişmektedir (Çizelge 1). BOPP filmler Superfilm (Gaziantep, Türkiye), Polinas (Manisa, Türkiye) firmalarından, AYPE filmler ise Fersan Fermentasyon Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. (İzmir, Türkiye) ve Maraton Plastik (Mersin, Türkiye) firmasından sağlanmıştır.

Çizelge 1 Taze doğranmış kırmızılaha için kullanılan ambalaj filmlerinin özellikleri.

Film	Kalınlık (µm)	OTR (cc/m <sup>2</sup> gün)	WVTR (g/m <sup>2</sup> gün)
BOPP 1	40	1300	3,50
BOPP 2	30	1600	4,00
BOPP 3	30	1700	6,00
BOPP 4	20	2100	7,00
BOPP5	20	2300	-
BOPP 6	30	2900	8,50
AYPE 1	80	3069	3,5
AYPE 2	20	12276	18,5

BOPP: Çift yönlü gerdirilmiş polipropilen, AYPE: Alçak Yoğunluklu Polietilen, OTR: Oksijen geçirgenlik hızı, WVTR: Subuharı geçirgenlik hızı

### Yöntem

#### Deneme planı

1. aşama: Taze doğranmış kırmızılaha Çizelge 1'de özellikleri belirtilen farklı ambalaj filmlerine pasif modifikasyon yöntemiyle ambalajlanarak, ambalajların tepe boşluğu gaz konsantrasyonları periyodik olarak ölçülmüş ve denge gaz bileşimleri değerlendirilmiştir.

2. aşama: Denge gaz bileşimine en kısa sürede ulaşan ve bu gaz kompozisyonunu en iyi muhafaza eden filmlerle, ürünler pasif modifikasyon yöntemi ile

ambalajlanmış ve  $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de %80 bağıl nemde depolanarak depolama süresi boyunca raf ömrü analizleri gerçekleştirilmiştir. Ürünün raf ömrü hem analitik olarak hem de Gompertz denklemi yardımıyla matematiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu aşamada ürünün raf ömrünün belirlenmesinde yararlanılacak olan mikrobiyolojik ve duyu analizlerin yanı sıra, ürünün depolama süresi boyunca bazı kimyasal ve fiziksel analizler de yapılarak ürünün depolama süresi boyunca bazı kalite özellikleri de belirlenmiştir.

Tüm analizler en az iki paralel ve en az iki tekrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### *Örneklere uygulanan ön işlemler*

Tarlardan hasat edildiği gün temin edilen kırmızılahana işletme koşullarında hazırlanmıştır. Bu amaçla, önce baş kısımları kesilip, kullanılmayacak durumda olan dış yapraklar uzaklaştırıldıktan sonra, ikiye bölünüp otomatik bıçaklarla (Urschell) 3 mm kalınlığında dilimlenmiş, çeşme suyu ile ön yıkama işlemi gerçekleştirilip, dezenfeksiyon amacıyla 170 ppm'lik hidrojen peroksit çözeltisinde yıkama yapılarak fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla santrifüj uygulanmıştır.

#### *Örneklerin ambalajlanması*

**Birinci aşamada;** Çizelge 1'deki farklı geçirgenlik değerlerine sahip ambalaj filmlerinden hazırlanan ambalajlara yaklaşık 50 g örnek tartılarak pasif modifikasyonda ambalajlama işlemi gerçekleştirilmiştir (Gandus sealers, Milan, Italy). Ambalajlanmış ürünler  $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de %80 bağıl nemde depolanmıştır.

**İkinci basamakta;** ilk basamakta performansı en iyi olarak seçilen ambalaj filmi/filmleri kullanılarak, aynı ön işlemlere tabi tutulan örnekler pasif modifikasyon yöntemiyle ambalajlanmış ve  $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de %80 bağıl nemde depolanmıştır.

#### *Örneklere uygulanan analizler*

Örneklerin raf ömrünün ve kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak; tepe boşluğu gaz analizleri, mikrobiyolojik ve duyu analizlerin yanı sıra kütle kaybı, pH analizleri ve renk analizleri yapılmıştır.

#### *Tepe boşluğu gaz analizi*

Tepe boşluğu analizleri ile ambalaj atmosferinde bulunan  $\text{O}_2$  ve  $\text{CO}_2$  miktarları, tepe boşluğu gaz analizörü (PBI Dansensor, Checkmate 9900, Ringsted, Denmark) kullanılarak, üç tekrür ve en az iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### *Kütle kaybı analizi*

Kütle kaybı; dijital hassas terazi (Gibertini Europe, Italy) kullanılarak (2) no'lu denklemden belirlenmiştir.

$$\%ML = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

%ML:t zamanındaki kütle kaybı yüzdesi

$M_0$  :Örneğin başlangıçtaki kütlesi

$M_t$  :Örneğin t zamanındaki kütlesi

#### *pH*

Peptonlu su ile %10'luk çözelti halinde homojen hale getirilen taze doğranmış ürünlerin pH'ı, depolama süresince asitlikteki değişimi incelemek amacıyla direkt olarak pH metre (Hanna, USA) ile ölçülmüştür.

#### *Mikrobiyolojik analiz*

Mikrobiyolojik analizlerde, taze doğranmış ürünlerin ambalajlandığı her bir paketten, örnek stomacher

torbasına aseptik olarak tartılıp, peptonlu su çözeltisi koyularak %10'luk solüsyon hazırlanmış ve homojenize edilmek üzere Stomacher LAB Blender 400 (PBI International, Milan, Italy) cihazına yerleştirilmiştir. Homojenize edilen örnekten yayma plak yöntemi ile PCA (Plate Count Agar) besiyerlerine ekim yapılarak, besiyerleri mezofilik bakteriler için  $30^\circ\text{C}$ 'de 24-48 saat, psikrofilik bakteriler için ise  $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 5-7 gün olacak şekilde inkübe edilmiştir (ICMSF, 1978).

#### *Duyusal analiz*

Bu amaçla panelistler öncelikle eğitim panelleri yapılarak taze doğranmış kırmızılahananın depolama süresince duyu özelliklerini değerlendirebilmek amacıyla eğitilmiştir. Duyusal analizde depolama süresi boyunca örneklerin görünüm, doku, koku ve genel izlenim özelliklerini değerlendirmek için 1-5 skalası kullanılarak puanlama testi (Altuğ ve Elmacı, 2005) uygulanmış ve 1:çok kötü, 5:çok iyi olacak şekilde kantitatif olarak değerlendirme yapılmıştır. 3 değeri ürünün kabul edilebilirliğinde eşik değer olarak dikkate alınmıştır.

#### *Renk analizi*

Renk analizleri taze doğranmış kırmızılahana için, HunterLab ColorFlex (Reston Virginia, USA) kolorimetresi kullanılarak yapılmıştır. Her bir paketten ikişer paralel örnek analiz edilerek  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (kırmızılık) ve  $b^*$  (sarılık) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca (3) no'lu denklem ile beyazlık indeksi hesaplanmıştır (Bolin ve Huxoll, 1991).

$$\text{Beyazlık indeksi} = 100 - ((100 - L)^2 + a^2 + b^2)^{0.5} \quad (3)$$

#### *Raf ömrünün belirlenmesi*

Ürünün raf ömrünün belirlenmesi için mikrobiyolojik ve duyu analiz sonuçları kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerden elde edilen veriler ile hem deneysel olarak (AMR) raf ömrü belirlenmiş hem de deneysel sonuçların uygun programda Gompertz denklemine uyarlanmasıyla kinetik parametreler ( $A$ ,  $\lambda$ ,  $\mu_{\max}$ ) hesaplanarak, bu kinetik parametrelerin, başlangıç mikrobiyal yükün ( $N_0$ ) ve mikrobiyal üreme için sınır değerin ( $N_t$ :  $5 \times 10^7$  kob/g) (1) nolu denklemde yerine konulmasıyla mikrobiyolojik matematiksel raf ömrü (MMR) hesaplanmıştır. Duyusal analizlerden elde edilen verilerden ise analitik duyu raf ömrü (ADR) belirlenmiştir. Bu üç değer arasındaki en kısa raf ömrü değeri, ürünün raf ömrünün belirlenmesinde kullanılmıştır.

#### *Geçirgenlik testleri*

Filmlerin oksijen geçirgenlik hızı (OTR) ve su buharı geçirgenlik hızı (WVTR); sırasıyla ASTM D 3985 ( $23^\circ\text{C}$ , 0% RH) ve ASTM E 96-desikant ( $38^\circ\text{C}$ , 98% RH) yöntemlerine göre belirlenmiştir (ASTM, 2004; ASTM, 2000).

ASTM D 3985 yönteminde; %1'in altında nem içeren ortamda şartlandırılan ambalaj filmi geçirgenlik hücrelerine her iki tarafında iki ayrı gaz akış sistemi oluşturulacak şekilde yerleştirilir. Filmin bir tarafından azot gazı diğer taraftan oksijen gazı verilir. Filmden geçen oksijen, kolorimetrik dedektör tarafından algılanarak filmin oksijen geçirgenlik değeri otomatik olarak belirlenir.

ASTM E 96 desikant yönteminde ise film bir tarafında  $\text{CaCl}_2$  gibi bir kurutucunun bulunduğu düşük basınç altındaki bir bölmenin ve diğer tarafında normal

atmosferik havanın bulunduğu bir hücreye yerleştirilir. Basınç farkından dolayı geçen su buharı miktarı periyodik olarak alınan tartımlarla otomatik olarak belirlenir.

#### *İstatistiksel analizler*

Her bir örnekte depolama süresi faktör olarak alınarak, kütle kaybı, pH, renk parametreleri, mikrobiyal analiz sonuçları ve duyu analizi sonuçlarındaki farklılıkların önemli olup olmadığının belirlenmesi için ( $P<0,05$ ) tek yönlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Farklılıkların hangi süreler arasında olduğunu belirlemek için de Duncan testi uygulanmıştır. Bu amaçla SPSS® programı (versiyon 15) kullanılmıştır.

Raf ömrü ile ilgili matematiksel olarak hesaplanan MMR değerleri, mikrobiyolojik analizlerden elde edilen analitik verilerin (1) no'lu Gompertz denklemine uyarlanmasıyla elde edilmiştir, bu amaçla STATISTICA® programı (versiyon 7) kullanılmıştır.

### **Sonuçlar ve Tartışma**

#### *1. Aşama: Uygun Ambalaj Filminin Belirlenmesi*

##### *Tepe boşluğu gaz analizi*

Taze doğranmış kırmızılahananın ambalajlanmasına uygun olan filmin belirlenmesi amacıyla kullanılan, geçirgenlik değerleri Çizelge 1'de belirtildiği gibi olan sekiz farklı film için, depolama süresince ambalajlardaki tepe boşluğu O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gaz konsantrasyonları Şekil 1'deki gibidir. Oksijen geçirgenlik değerleri 1300-2900 cc/m<sup>2</sup>gün arasında değişen BOPP1-6 filmlerinde 3., 4., veya 5. günlerde O<sub>2</sub> konsantrasyonunun %1'in altına düştüğü görülmektedir. Bu sonuç itibarıyla, filmlerin oksijen geçirgenliklerinin ambalajın içinde %1'in üzerinde O<sub>2</sub> konsantrasyonunu sağlamada yeterli olmadığı görülmektedir. Hâlbuki oksijen ve karbondioksit miktarları değişiminin, ürünün anaerobik solunuma geçmesini engelleyecek şekilde olması gerekmektedir. Ambalaj içindeki oksijen miktarının %1'in altına düşmesi ya da yüksek karbondioksit konsantrasyonları (>%20), anaerobik solunumun başlaması nedeniyle raf ömrünü azaltmakta ve kararım gibi fizyolojik bozukluklara sebep olabilmektedir (Oms-Oliu ve ark., 2008). Bu nedenle bu ürünlerin raf ömrünü uzatabilmek için, aerobik solunumun kontrol altında tutulması gerekmektedir. Anaerobik solunumun başladığı kritik oksijen konsantrasyonu ürün çeşidine göre farklılık göstermekle beraber, pasif MAP uygulamasında solunum hızının düşürülebilmesi için oksijenin genellikle %2-5 oranında ve karbondioksitin de %3-10 arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Kader, 1980; Zagory, 1988; Kader ve ark., 1989; Amanatidou ve ark., 2000; Jacxsens ve ark., 2002; Jacxsens ve ark., 2001). Bu nedenle bu filmlerin taze doğranmış kırmızılahananın pasif MAP uygulamasıyla ambalajlanmasına uygun olmadıkları belirlenmiştir. Oksijen geçirgenlik değeri 3069 cc/m<sup>2</sup>gün olan AYPE 1 filminde 4.gün itibarıyla O<sub>2</sub> konsantrasyonu yaklaşık %2 ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaklaşık %12 olacak şekilde denge gaz bileşimine ulaşılmış, bu denge 7.güne kadar muhafaza edilmiş ancak 8.günde oksijen konsantrasyonu sıfırlanmıştır. Geçirgenlik değerleri kullanılan diğer filmlere göre çok daha yüksek olan AYPE 2 filminde (OTR: 12276 cc/m<sup>2</sup>gün) ise oksijen konsantrasyonu diğer filmlere nazaran daha yavaş düşmüş ve 7.günden itibaren yaklaşık %3,5 oranında O<sub>2</sub> ve %8

oranında CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile denge gaz bileşimine ulaşmış ve depolama süresi boyunca bu değerler muhafaza edilmiştir. Bu nedenle tepe boşluğu gaz konsantrasyonlarının değişimi göz önünde bulundurularak, taze doğranmış kırmızılahananın ambalajlanmasında en iyi koşulları sağlayabilecek film olarak hem AYPE 1 hem de AYPE 2 seçilerek raf ömrü analizleri her iki filmle ambalajlanmış örneklerde gerçekleştirilerek her iki filmin taze doğranmış kırmızılahananın raf ömrüne etkisi değerlendirilmiştir.

#### *2. Aşama: Raf Ömrünün Belirlenmesi*

##### *Kütle kaybı*

Örnekler arasında depolama süresi boyunca kütle kaybındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı ( $P<0,05$ ) olmasına rağmen, her iki örnekte de depolama süresince kütle kaybı değerleri çok düşük çıkmış ve depolama süresi sonunda AYPE 1 ve AYPE 2 örneklerinde sırasıyla maksimum %0,54 ve %0,62 değerine ulaşmıştır (Çizelge 2). Bu anlamda ambalaj filmlerinin su buharı geçirgenlik özelliğinin ürünlerdeki kütle kaybının engellenmesi açısından yeterli olduğu düşünülmektedir.

##### *pH*

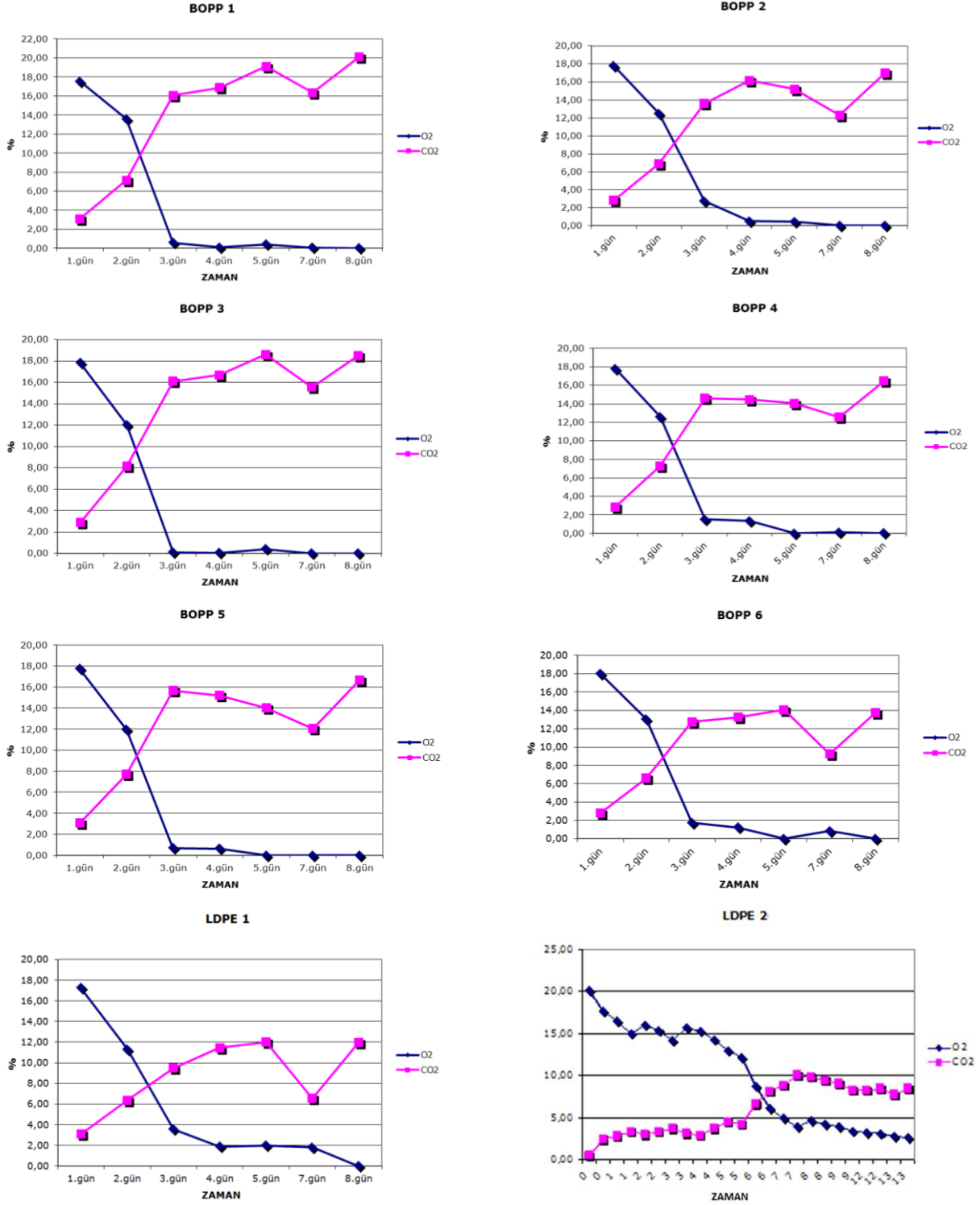
Taze doğranmış kırmızılahana pH'sı 4,5-6,5 arasında olan gıdalar için tanımlanan düşük asitli gıdalar sınıfına girmektedir (Arıcı ve Yılmaz, 2006, Üçüncü, 2007b). 12 günlük depolama süresi boyunca her iki örnek için de taze doğranmış kırmızılahananın, pH değeri az miktarda değişime uğramış ve 0.günde 6,5 değerinde olan pH, 12.günde AYPE 1 örneği için 6,98±0,01, AYPE 2 örneği içinse 7,05±0,02 değerine yükselmiştir. (Çizelge 2). Literatürde lahananın ve marul, brokoli gibi diğer salatalık sebzelerin depolama süresince pH değerlerindeki artış pek çok çalışmada görülmektedir (Gomez-Lopez ve ark., 2008; Gomez-Lopez ve ark., 2007; Fantuzzi ve ark. (2004); Olarte ve ark., 2009; King ve ark., 1991). Depolama süresince pH değerlerindeki artışın, sebzelerin depolama süresinin sonuna doğru daha fazla dokusal hasara uğramasından (Olarte ve ark., 2009) ve mikrobiyolojik gelişmeye bağlı olarak proteinlerin parçalanması nedeniyle açığa çıkan bileşenlerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Gomez-Lopez ve ark., 2008; Gomez-Lopez ve ark., 2007).

##### *Renk*

Beyazlık indeksi, L\*, a\* ve b\* değerleri arasında örnek bazında önemli bir farklılık görülmemekle beraber, depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ( $P<0,05$ ) olduğu görülmüştür. Çizelge 3'ten de görüldüğü gibi beyazlık indeksi depolama süresi boyunca azalmış ve AYPE 1 örneğinde 0.günde 28,62±1,40 değerinden 12.günün sonunda 22,25±0,73 değerine düşerken, AYPE 2 örneğinde ise 27,51±0,18 değerinden 21,69±0,60 değerine düşmüştür. Örnekler parlaklık açısından değerlendirildiğinde, örneklerin L\* değerlerinde azalma olduğu, AYPE 1 örneği için 0.günde 29,94±1,69 değerinden 12.günün sonunda 22,73±1,07 değerine düştüğü, AYPE 2 örneği içinse 29,12±0,51 değerinden 21,69±0,60 değerine düştüğü görülmektedir. Kırmızılahananın yüzey kısmında görülen kırmızı/mor renkteki değişimi değerlendirmek açısından a\* değerinin değişimi incelendiğinde, a\* değerlerinin doğrusal olarak azalan bir trendde olmadığı dikkati çekmektedir. Benzer durum b\* değeri için de gözlenmiştir. Bu durumun

doğranmış kırmızılahanada yüzeyde kırmızı/mor, kesit yüzeyinde ise beyaz bölgeler olması ve bu bölgelerin her örnekte homojen olarak dağılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte her iki örnek için de a\* değerinde genel olarak bir azalma olduğu, b\*değerinde ise artış olduğu görülmektedir. Bu durum Lopez-Galvez ve ark., (1997) tarafından da belirtildiği gibi taze doğranmış kırmızılahana için önemli bir görsel bozulma kriteri olan

kesilmiş beyaz dokuların kahverengileşmesinden kaynaklanmaktadır. Kırmızılahananın kırmızı rengi önemli oranda antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır (Song ve Thornalley, 2007) ve depolama süresince antosiyaninlerin bozunması sonucunda kırmızılık azalmaktadır (Wiczowski ve ark., 2015; Berba ve Uchanski, 2012).



Şekil 1 Taze doğranmış kırmızılahana ambalajlarının tepe boşluğu gaz konsantrasyonları (%)

Çizelge 2 Taze doğranmış kırmızılaha örneklerinde depolama süresi boyunca kütle kaybı ve pH'daki değişim

Zaman (gün)	Kütle kaybı (%)		pH	
	AYPE 1	AYPE 2	AYPE 1	AYPE 2
0	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	6,50±0,02 <sup>a</sup>	6,53±0,04 <sup>a</sup>
2	0,33±0,01 <sup>b</sup>	0,32±0,03 <sup>b</sup>	6,60±0,03 <sup>b</sup>	6,57±0,03 <sup>a</sup>
4	0,52±0,07 <sup>c</sup>	0,44±0,10 <sup>bc</sup>	6,64±0,05 <sup>b</sup>	6,70±0,02 <sup>b</sup>
7	0,49±0,00 <sup>c</sup>	0,55±0,07 <sup>cd</sup>	6,75±0,07 <sup>c</sup>	6,71±0,07 <sup>b</sup>
9	0,49±0,07 <sup>c</sup>	0,59±0,06 <sup>d</sup>	6,76±0,01 <sup>c</sup>	6,79±0,04 <sup>bc</sup>
10	0,48±0,07 <sup>c</sup>	0,54±0,06 <sup>cd</sup>	6,74±0,04 <sup>c</sup>	6,88±0,01 <sup>c</sup>
11	0,53±0,05 <sup>c</sup>	0,53±0,04 <sup>cd</sup>	6,81±0,02 <sup>c</sup>	7,0±0,01 <sup>d</sup>
12	0,54±0,02 <sup>c</sup>	0,62±0,00 <sup>d</sup>	6,98±0,01 <sup>d</sup>	7,05±0,02 <sup>d</sup>

± Standart sapma, <sup>a-b-c</sup> Aynı kolonda farklı harf içeren ortalamalar istatistiki olarak farklıdır (P<0,05).

Çizelge 3 Taze doğranmış kırmızılaha örneklerinde depolama süresi boyunca renk parametrelerindeki değişim

Zaman (gün)	Beyazlık indeksi		L*		a*		b*	
	AYPE 1	AYPE 2	AYPE 1	AYPE 2	AYPE 1	AYPE 2	AYPE 1	AYPE 2
0	28,62±1,40 <sup>a</sup>	27,51±0,18 <sup>a</sup>	29,94±1,69 <sup>a</sup>	29,12±0,51 <sup>a</sup>	12,29±0,66 <sup>a</sup>	14,12±3,24 <sup>a</sup>	-5,72±1,72 <sup>a</sup>	-5,02±0,72 <sup>a</sup>
2	27,68±1,34 <sup>ab</sup>	26,90±0,74 <sup>a</sup>	28,40±1,11 <sup>ab</sup>	27,72±0,57 <sup>ab</sup>	9,65±1,47 <sup>a</sup>	10,40±0,89 <sup>ab</sup>	-2,99±1,19 <sup>a</sup>	-3,23±1,05 <sup>ab</sup>
4	26,88±1,01 <sup>ab</sup>	26,38±1,27 <sup>ab</sup>	28,10±2,09 <sup>ab</sup>	27,87±0,53 <sup>ab</sup>	11,41±3,45 <sup>a</sup>	13,88±3,68 <sup>a</sup>	-5,09±2,75 <sup>a</sup>	-4,20±0,92 <sup>ab</sup>
7	25,04±1,29 <sup>bc</sup>	26,06±0,58 <sup>bc</sup>	25,78±1,31 <sup>bc</sup>	26,56±0,77 <sup>bc</sup>	9,56±0,10 <sup>a</sup>	8,12±1,65 <sup>b</sup>	-4,30±0,33 <sup>a</sup>	-2,34±0,32 <sup>b</sup>
9	24,92±0,85 <sup>bc</sup>	24,25±1,00 <sup>cd</sup>	25,07±0,41 <sup>bc</sup>	25,07±0,92 <sup>c</sup>	8,86±1,86 <sup>a</sup>	10,65±0,54 <sup>ab</sup>	-3,83±0,82 <sup>a</sup>	-2,98±0,22 <sup>b</sup>
10	23,69±1,28 <sup>c</sup>	24,90±0,55 <sup>bcd</sup>	23,83±0,58 <sup>c</sup>	25,76±0,87 <sup>c</sup>	8,96±0,05 <sup>a</sup>	10,74±1,97 <sup>ab</sup>	-4,04±0,14 <sup>a</sup>	-3,17±0,79 <sup>ab</sup>
11	22,88±1,44 <sup>c</sup>	23,98±1,05 <sup>d</sup>	23,38±1,84 <sup>c</sup>	24,91±1,25 <sup>c</sup>	7,84±3,55 <sup>a</sup>	11,18±0,90 <sup>ab</sup>	-2,87±0,75 <sup>a</sup>	-3,56±1,04 <sup>ab</sup>
12	22,25±0,73 <sup>c</sup>	21,69±0,60 <sup>e</sup>	22,73±1,07 <sup>c</sup>	22,56±0,27 <sup>d</sup>	7,57±2,68 <sup>a</sup>	11,03±2,20 <sup>ab</sup>	-3,50±1,61 <sup>a</sup>	-3,23±0,60 <sup>ab</sup>

Çizelge 4 Taze doğranmış kırmızılaha örnekleri için mikrobiyolojik verilerden Gompertz denklemiyle hesaplanan sabitlerin değeri

Örnek	A (kob/g)	$\mu_{max}$ ( $\Delta \log(\text{kob/g})/\text{gün}$ )	$\lambda$ (gün)
AYPE 1	5,54	1,46	6,07
AYPE 2	6,83	0,80	6,83

Çizelge 5 Taze doğranmış kırmızılaha örneklerinin raf ömrü değerleri

Örnek	AMR (gün)	MMR (gün)	ADR (gün)
AYPE 1	9	9,33±1,69	10
AYPE 2	12	12,34±1,57	12

#### Mikrobiyolojik analiz

Her iki örnek arasında toplam mezofilik bakteri sayısı açısından önemli bir fark elde edilmiştir (P<0,05). Şekil 2'den de görüldüğü gibi, toplam mezofilik bakteri sayısı, 0.günden ( $2,81 \times 10^3$  kob/g) itibaren giderek artmış ve AYPE 1 örneği için 10.günde  $5,27 \times 10^7$ , AYPE 2 örneği için 13.günde  $5,20 \times 10^7$  kob/g değerine ulaşmış ve analitik olarak elde edilen mikrobiyolojik raf ömrü (AMR) sırasıyla 9 gün ve 12 gün olarak belirlenmiştir. Deneysel verilere (1) no'lu denklemin fit ettirilmesiyle elde edilen sabit değerler Çizelge 4'te görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Matematiksel olarak elde edilen mikrobiyolojik raf ömrü (MMR) değerleri Çizelge 5'te görüldüğü gibi AYPE 1 ve AYPE 2 örnekleri için sırasıyla 9,33 gün ve 12,34 gün olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda AMR değeri ile MMR değerinin beklenildiği gibi birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Analitik ve matematiksel olarak elde edilen raf ömrü değerleri arasındaki uyum pek çok çalışmada gösterilmiştir (Lanciotti ve ark., 1999; Riva ve ark., 2001; Sinigaglia ve ark., 2003; Corbo ve ark., 2004; Corbo ve ark., 2006; Conte ve ark., 2009; Del Nobile ve ark., 2009; Lucera ve ark., 2010a; Lucera ve ark., 2010b; Costa ve ark., 2011; Lucera ve ark., 2012). Taze doğranmış kırmızı lahana örneklerinde 0.günde  $1 \times 10^2$  kob/g olan psikrotrofik bakteri sayısı, mezofilik bakterilere benzer

şekilde zamanla artan bir trend göstermiş ve depolama süresi sonunda AYPE 1 ve AYPE 2 örnekleri için sırasıyla  $3,68 \times 10^6$  kob/g ve  $2,65 \times 10^6$  kob/g değerine yükselmiştir (Şekil 2). Literatürde salatalık sebzelerin ambalajlanmasıyla ilgili çalışmalarda başlangıç mezofilik bakteri yükü  $5,15 \log \text{cfu/g}$  dan,  $+5^\circ\text{C}$ 'de 10 günlük depolama süresi sonunda  $7,1 \log \text{cfu/g}$ 'a (Lopez-Galvez ve ark., 1997), başlangıç psikrofilik bakteri sayısı  $1,07 \times 10^5$  kob/g'dan,  $+4^\circ\text{C}$ 'de 9 günlük depolama süresi sonunda  $1,48 \times 10^7$  kob/g'a (Garcia-Gimeno, ve Zurera-Cosano, 1997) yükseldiği belirtilmektedir. Gomez-Lopez ve ark., (2007); taze doğranmış lahanada başlangıç toplam mezofilik bakteri sayısını  $4,44 \log \text{cfu/g}$ , toplam psikrofilik bakteri sayısını  $4,67 \log \text{cfu/g}$  olarak belirlemişlerdir ve  $+4^\circ\text{C}$ 'de 14 günlük depolama sonucunda da mikroorganizma sayılarındaki artış da elde ettiğimiz sonuçlarla benzerdir. Arıcı ve Yılmaz (2006) ise yaptıkları çalışmada taze doğranmış kırmızılaha başlangıç mikrobiyal yükünü  $4,44 \times 10^4$  kob/g olarak daha yüksek bulmuşlardır. Yaptığımız çalışmada gerek başlangıç mikrobiyal yük gerekse mikrobiyal yükün zamana bağlı değişiminin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılığın ön işleme tabii tutulmamış kırmızılaha örneklerinin başlangıç mikrobiyal yükünün daha düşük olmasından veya uygulanan dezenfeksiyon

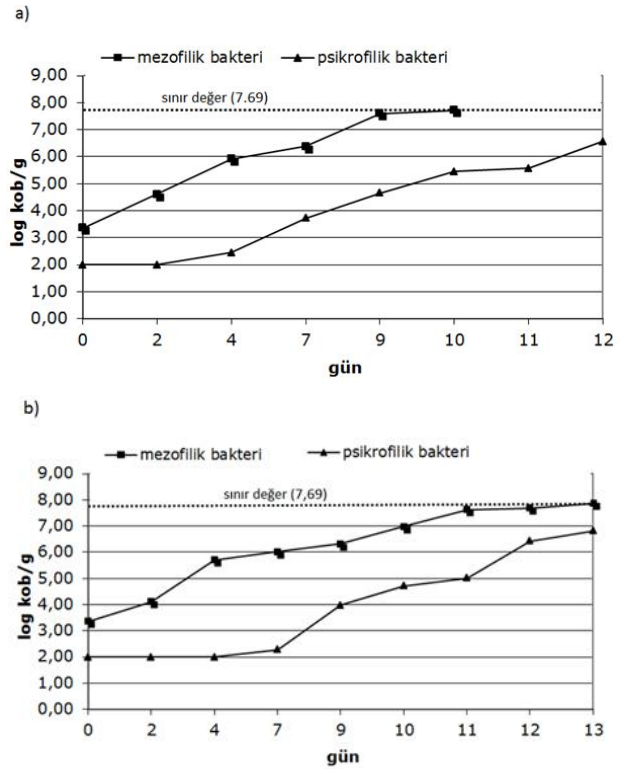
işleminin etkinliğinden ya da ambalaj ortamındaki düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonlarının taze meyve ve sebzelerin solunum hızının azaltılmasında, renk bozulmalarının geciktirilmesinde, mikrobiyal gelişme, oksidasyon reaksiyonu gibi reaksiyonların hızının azaltılmasında olumlu anlamda etkili olduğu bilinmektedir (Sandhya, 2010; Farber ve ark., 2003)

#### Duyusal analiz

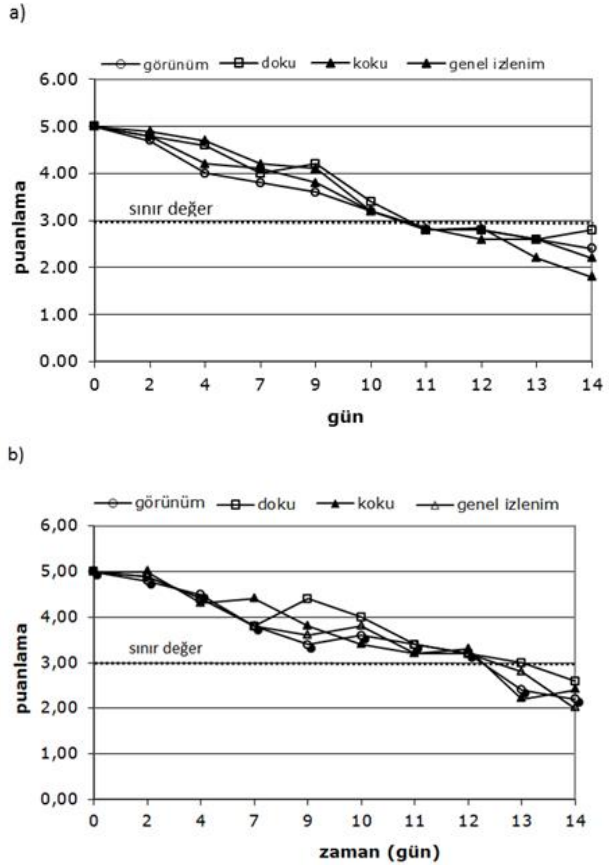
Taze doğranmış kırmızılahana örneklerinde Şekil 3'ten de görüldüğü gibi depolama süresince AYPE 1 örneğinde; görünüm, doku, koku ve genel izlenim puanları 11.günden itibaren sınır değer altına düşerken, AYPE 2 örneğinde ise görünüm, doku ve genel izlenim puanları 13. günde, koku puanları ise 14.günde sınır değer altına düşmüştür. Bu sonuçlar itibarıyla duyuşal açıdan AYPE 1 örneğinin analitik duyuşal raf ömrü (ADR) değeri 10 gün iken, AYPE 2 örneğinde ADR değeri 12 gün olarak belirlenmiştir. Duyusal olarak değerlendirilen görünüm, doku ve koku özellikleri açısından taze doğranmış kırmızılahanada; depolamanın son günlerinde örneklerin kesit yüzeylerinde kısmen kahverengileşme ve sarılık olduğu, karakteristik lahanada kokusunun azaldığı ve yabancı koku oluştuğu görülmüştür. AYPE 1 örneğinde tepe boşluğu analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi ambalaj içindeki oksijen atmosferinin sıfırlanması ve ürünün anaerobik fermentasyona geçmesi nedeniyle örneğin duyuşal açıdan kabul edilebilirliğinin AYPE 2'ye göre daha kısa sürede olduğu düşünülmektedir. Bezer şekilde Lopez-Galvez ve ark., (1997), ticari olarak üretilen taze doğranmış kırmızı lahanada için duyuşal bozulma kriteri olarak kesilmiş beyaz dokularda kahverengileşme ve fermentatif koku oluşumunu, Berbe ve Uchanski (2012) ise bütün haldeki kırmızı lahanada duyuşal bozulma kriteri olarak çürüme kokusunu belirtmişlerdir.

#### Sonuç

Ülkemizde taze doğranmış meyve ve sebzelerin ambalajlanmasına yönelik olarak üretilen farklı kalınlık ve geçirgenlik özelliklerine sahip BOPP ve AYPE filmler ile ambalajlanan taze doğranmış kırmızılahana için, uygun filmin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen ilk aşamada, AYPE 1 ve AYPE 2 filmlerinin, bu filmler içerisinde denge gaz bileşimini sağlaması açısından en uygun değerleri verdiği görülmüştür. Böylelikle çalışmanın raf ömrünü belirlemeye yönelik olarak yapılan ikinci aşamasında, AYPE 1 ile ambalajlanan taze doğranmış kırmızılahana örneklerinde AMR ve MMR değerleri sırasıyla 9 gün ve 9,33 gün olarak belirlenirken, ADR değeri 10 gün olarak belirlenmiştir. AYPE 2 örneğinde ise AMR ve MMR değerleri sırasıyla 12 gün ve 12,34 gün olarak, ADR değeri ise 12 gün olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda taze doğranmış kırmızılahananın pasif modifikasyon yöntemi ile ambalajlanmasında oksijen geçirgenliği oldukça yüksek olan AYPE 2 filminin daha uygun olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 20 µm ve 80 µm kalınlıkta ve belirtilen geçirgenlik özelliklerine sahip AYPE film kullanılması durumunda taze doğranmış kırmızılahananın matematiksel olarak raf ömrünün hesaplanmasında kullanılacak sabitler belirlenmiştir.



Şekil 2 Depolama süresince a) AYPE 1 ve b) AYPE 2 ile ambalajlanmış taze doğranmış kırmızılahana örneklerinde mezofilik ve psikrofilik bakteri sayılarındaki değişim



Şekil 3 Depolama süresince a) AYPE 1 ve b) AYPE 2 ile ambalajlanmış taze doğranmış kırmızılahana örneklerinde duyuşal özellik puanlarındaki değişim



Ayrıca değerlerinin birbirleriyle uyumlu olması, modelin doğruluğunu ve kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, gün geçtikçe tüketimi daha fazla artan fakat tabiatı itibarıyla raf ömrü kısa olan taze doğranmış sebzelerin tazeliğini, kalitesini, hijyenik koşullarını korumak, raf ömrünü uzatmak ve pazarlama alanını genişletme olanağı sağlamak adına uygun ambalajlama filmlerinin belirlenmiş olması, bu gıdaların güvenli, kaliteli tüketimini sağlamanın yansıra pazar oranlarının artmasını mümkün kılacaktır.

### Teşekkür

Bu çalışma; 12/MÜH/018 proje numarasıyla Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Ayrıca projeye desteklerinden dolayı Superfilm (Gaziantep, Türkiye), Polinas (Manisa, Türkiye) ve Fersan Fermentasyon Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. (İzmir, Türkiye)'ne teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

Altuğ T, Elmacı Y. 2005. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Meta Basımevi, İzmir.

Amanatidou A, Slump RA, Gorris LGM, Smid EJ. 2000. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. *J. Food Sci.*, 65, No.1.

Arıcı M, Yılmaz S. 2006. Paketlenmiş taze sebzelerin bazı mikrobiyolojik özellikleri ve raf ömrünün belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 9-21.

Artés-Hernández F, Tomás-Barberán FA, Artés F. 2006. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO<sub>2</sub>-free 'Superior seedless' table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 39: 146-154.

ASTM. 2004. Standard test method for oxygen transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor. American Society for Testing and Materials. Standard number: ASTM D 3985.

ASTM. 2000. Standard test method for water vapour transmission of materials. American Society for Testing and Materials. Standard number: ASTM E 96.

Barth M, Hankinson TR, Zhuang H, Breidt F. 2009. Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables. In: (Sperber WH, Doyle MP). *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*. Springer Science + Business Media. LLC. New York Dordrecht Heidelberg London. pp:135-183. ISBN: 978-1-4419-0825-4 (Print) 978-1-4419-0826-1 (Online)

Berba KJ, Uchanski ME. 2012. Post-harvest physiology of microgreens, *Journal of Young Investigators*, 24 (1): 1-5.

Bevilacqua A, Corbo MR, Sinigaglia M. 2007. Combined effects of modified atmosphere packaging and thymol for prolonging the shelf life of caprese salad. *J. Food Prot.*, 70: 722-728.

Bolin H, Huxsoll C. 1991. Effect of preparation and storage parameters on quality retention of salad-lettuce. *J. Food Sci.*, 56: 60-62.

Conte A, Scrocco C, Brescia I, Del Nobile MA. 2009a. Packaging strategies to prolong the shelf life of minimally processed lampascioni (*Muscari comosum*). *J. Food Eng.*, 90: 199-206.

Conte A, Gammariello D, Di Giulio S, Attanasio M, Del Nobile MA. 2009b. Active coating and modified atmosphere packaging to extend the shelf life of Fior di latte cheese. *J Dairy Sci.*, 92: 887-894.

Corbo MR, Altieri C, D'Amato D, Campaniello D, Del Nobile MA, Sinigaglia M. 2004. Effect of temperature on shelf-life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 31: 93-104.

Corbo MR, Del Nobile MA, Sinigaglia M. 2006. A novel approach for calculating shelf life of minimally processed vegetables. *Int. J. Food Microbiol.*, 106: 69-73.

Costa C, Lucera A, Conte A, Mastromatteo M, Speranza B, Antonacci A, Del Nobile MA. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *J. Food Eng.*, 102: 115-121.

Day BPF. 2003. Novel MAP Applications for Fresh-Prepared Produce. In: (Ahvenainen R.) *Novel Food Packaging Techniques*. Woodhead Publishing, Abington Hall, Abington. Cambridge CB1 6AH. England. eBook ISBN: 9781855737020

Del Nobile MA, Conte A, Cannarsi M, Sinigaglia M. 2008. Use of biodegradable films for prolonging the shelf-life of minimally processed lettuce. *J. Food Eng.*, 85: 317-325.

Del Nobile MA, Conte A, Scrocco C, Brescia I, Speranza B, Sinigaglia M, Perniola R, Antonacci D. 2009a. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biol. Technol.*, 51: 21-26.

Del Nobile MA, Conte A, Scrocco C, Laverse J, Brescia I, Conversa G, Elia A. 2009b. New packaging strategies to preserve fresh-cut artichoke quality during refrigerated storage. *Innov. Food Sci. & Emerg. Technol.*, 10: 128-133.

Del Nobile MA, Conte A. 2012. Direct models for shelf life prediction. In: (Del Nobile MA, Conte A.) *Packaging for Food Preservation*. Springer. New York. pp: 5-14. e-ISBN: 978-4614-7684-9.

Fantuzzi E, Puschmann R, Vanetti MCD. 2004. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 24: 207-211.

Farber JN, Harris LJ, Parish ME, Beuchat LR, Suslow TV, Gorney JR, Garrett EH, Busta FF. 2003. Microbiological safety of controlled atmosphere and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety*. 2: 142-160.

Fonseca SC, Oliveira FAR, Brecht JK. 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food Eng.*, 52: 99-119.

García-Gimeno RM, Zurera-Cosano G. 1997. Determination of ready-to-eat vegetable salad shelf-life. *International Journal of Food Microbiology*, 36: 31-38.

Gómez-López VM, Ragaert P, Jeyachandran V, Debevere J, Devlieghere F. 2008. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine. *Int J Food Microbiol*, 121: 74-83.

Gómez-López VM, Ragaert P, Ryckebøer J, Jeyachandran V, Debevere J, Devlieghere F. 2007. Shelf-life of minimally processed cabbage treated with neutral electrolysed oxidising water and stored under equilibrium modified atmosphere. *Int J Food Microbiol*. 117: 91-98.

Gonzales-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF, Ruiz-Cruz S, Acedo-Felix E, Diaz-Cinco ME. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *LWT*, 37: 817-826.

ICMSF. 1978. *Microorganisms in Foods. 1. Their significance and methods of enumeration*. 2nd edition. University of Toronto Press, Toronto.

Jacxsens L, Devlieghere F, De Rudder T, Debevere J. 2000. Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature. *J Food Sci Tech Mys*, 33: 178-187.

Jacxsens L, Devlieghere F, Van der Stehen C, Debevere J. 2001. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce. *Int J Food Microbiol*, 71: 197-210.

- Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. 2002. Predictive modeling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. *Int J Food Microbiol*, 73: 331–341.
- Kader AA. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technol.*, 34: 50-54.
- Kader AA, Kasmire R.F, Mitchell FG, Reid MS, Sommer WF, Thompson JF. 1985. Modified atmosphere and low pressure systems during transport and storage. *Postharvest Technology of Horticultura Crops*, 58-67.
- Kader AA, Zagory D, Kerbel E. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 28: 1–30.
- King AD, Magnunson JA, Török T, Goodman N. 1991. Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. *J Food Sci*, 56: 459–461.
- Lanciotti R, Corbo MR, Gardini F, Sinigaglia M, Guerzoni ME. 1999. Effect of hexanal on the shelf-life of fresh apple slices. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (11): 4769–4776.
- Leja M, Wyzgolik G, Mareczek A. 2005. Phenolic compounds of red cabbage as related to different forms of related nitrogen. *Horticulture and Vegetable Growing*, 24 (3): 421-428.
- Liu F, Li Y. 2006. Storage characteristics and relationships between microbial growth parameters and shelf life of MAP sliced onions. *Postharvest Biol Technol*, 40: 262-268.
- Lopez-Galvez G, Peiser G, Nie X, Cantwell M. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205: 64-72.
- Lu Z, Zhang L, Lu F, Bie X, Yu Z. 2006. Model of microbial growth on fresh-cut lettuce treated with chlorinated water during storage under different temperatures. *J Food Process Eng*, 29: 106-118.
- Lucera A, Costa C, Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile MA. 2010a. Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties. *J. Food Eng.*, 102: 122-129.
- Lucera A, Costa C, Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile MA. 2010b. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini. *Innov. Food Sci. & Emerg. Technol.* 11: 361-368.
- Lucera A, Şimşek F, Conte A, Del Nobile MA. 2012. Minimally processed butternut squash shelf life. *J. Food Eng.*, 13(2): 322-328.
- Martin-Belloso O, Soliva-Fortuny R, Oms-Oliu G. 2007. Fresh-cut fruits. In (Hui YH.) *Handbook of Foodproducts Manufacturing*. John Wiley and Sons Inc. Hoboken, Ner Jersey, USA. 880, ISBN: 978-0-470-04964-8.
- Martinez-Romero D, Guillen F, Castillo S, Valero D, Serrano M. 2003. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *J Food Sci*, 68: 1838–1843.
- McLachlan A, Stark R. 1985. Modified atmosphere packaging of selected prepared vegetables. *Technical Memorandum*, No.412. Campden Food Preservation Research Ass. Campden, UK.
- Nguyen-the C, Carlin F. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 34: 371-401.
- Olarte C, Sanz S, Echa'varri JF, Ayala F. 2009. Effect of plastic permeability and exposure to light during storage on the quality of minimally processed broccoli and cauliflower. *LWT*, 42: 402-411.
- Oms-Oliu G, Raybaudi-Massilia Martínez RM, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. 2008. Effect of superatmospheric and low oxygen modified atmospheres on shelf-life extension of fresh-cut melon. *Food Control*, 19: 191–199.
- Philips C. 1996. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *Int J Food Sci Tech*, 34: 463–479.
- Riva M, Franzetti L, Galli A. 2001. Microbiological quality and shelflife modeling of ready-to-eat cicorino. *J Food Prot*, 64 (2): 228–234.
- Sandhy 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT*, 43: 381–392.
- Sinigaglia M, Albenzio M, Corbo MR. 1999. Influence of process operations on shelf-life and microbial population of fresh-cut vegetables. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 23: 484–488.
- Sinigaglia M, Corbo MR, D'Amato D, Campaniello D, Altieri C. 2003. Shelf-life modelling of ready-to-eat coconut. *Int J Food Sci Tech*, 38: 547– 552.
- Soliva-Fortuny RC, Martín-Belloso O. 2003. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut conference pears. *Eur Food Res Technol*, 217: 4-9.
- Soliva-Fortuny R C, Elez-Martí'nez P, Martí'n-Belloso O. 2004. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innov. Food Sci. & Emerg. Technol.*, 5: 215–224.
- Song L, Thornalley PJ. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. *Food Chem Toxicol*, 45: 216–224.
- Smith S, Geeson J, Stow J. 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings. *Hort Science*, 22: 772-776
- Soliva-Fortuny RC, Martín-Belloso O. 2003. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Tech*, 14: 341-353.
- TGK. 2011. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği.
- Watkins C. 2000. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *Hort Technology*, 10: 501–506.
- Wiczowski W, Szawara-Nowak D, Topolska J. 2015. Changes in the content and composition of anthocyanins in red cabbage and its antioxidant capacity during fermentation, storage and stewing. *Food Chem*, 167: 115–123.
- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J Agric Food Chem.*, 52: 4026–4037.
- Üçüncü M. 2007a. Gıda Ambalajlama Teknolojisi, Bölüm 9: Plastikler ve Plastik Esaslı Ambalaj Malzemeleri, sayfa:259-358, Meta Basım. Bornova İZMİR.
- Üçüncü M. 2007b. Gıda Ambalajlama Teknolojisi, Bölüm 8: Teneke Ambalajlar, sayfa:254, Meta Basım. Bornova İZMİR:
- Zagory D, Kader AA. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.*, 42: 70-77.
- Zwietering MH, Jongenburger FM, Roumbouts M, Van't Riet K. 1990. Modelling of the bacterial growth curve. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56: 1875–1881.