

Inna CHISACOVA
Özlem KIZILIRMAK ESMER

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda
Mühendisliği Bölümü, 35100 İzmir / Türkiye
sorumlu yazar: ozlem.kizilirmak@ege.edu.tr

Etilen Tutucu Kullanımının Pasif Modifikasyonla Ambalajlanmış Taze Doğranmış İspanağın Raf Ömrü Üzerine Etkisi

Effect of Ethylene Absorber on the Shelf Life of Passive
Modified Atmosphere Packaged Fresh Cut Spinach

Alınış (Received): 26.05.2016

Kabul tarihi (Accepted): 13.06.2016

Anahtar Sözcükler:

Taze doğranmış İspanak, mikroporeli
ambalaj, modifiye atmosfer, etilen tutucu

Key Words:

Fresh cut spinach, micro perforated
packaging, modified atmosphere, ethylene
absorber

ÖZET

Taze doğranmış İspanak; kolay hazırlanabilen ve besin değeri yüksek bir ürün olmasının yanı sıra üretim aşamasında maruz kaldığı kesme, doğrama, yıkama gibi ön işlemlerin etkisiyle bütün halde işlem görmemiş İspanağa göre daha kolay bozulabilen bir üründür. Pasif modifikasyonla modifiye atmosferde ambalaj uygulamalarında önemli nokta ambalaj içerisinde denge gaz bileşiminin sağlanmasıdır. İstenen denge gaz bileşimlerini sağlayabilmek için ambalaj malzemesinin gaz geçirgenlik özelliği önemlidir. Bu çalışmada; değişik gaz geçirgenlik değerlerine sahip yedi farklı ambalaj malzemesi kullanılarak, taze doğranmış İspanağın pasif modifikasyon uygulamasıyla modifiye atmosferde ambalajlanması teknolojisine uygun ambalaj malzemesinin belirlenmesi ve etilen tutucu kullanımının taze doğranmış İspanağın raf ömrüne etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Örnekler 4°C, % 90 bağıl nemde 12 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Tüm ambalaj malzemeleri içerisinde mikroporeli ambalaj malzemesi İspanak için önerilen denge gaz bileşimlerini sağlamak açısından en iyi sonucu verirken, mikroporeli ambalaj malzemeleri kullanılarak pasif modifikasyonla ambalajlamada deneysel raf ömrü 9 gün, etilen tutucu kullanılarak pasif modifikasyon altında ambalajlamada ise deneysel raf ömrü 10 gün olarak belirlenmiştir.

ABSTRACT

Fresh-cut packaged spinach is easy to use and prepare and rich in nutritive value. However it has a shorter shelf life than the whole unprocessed spinach due to the exposure to the processes such as cutting, washing, sanitizing. The most important point in passive modified atmosphere packaging process is obtaining and maintaining equilibrium gas concentrations inside the package and the permeability properties are important to obtain and maintain the equilibrium gas concentration in the package. The objective of this study was to determine the most suitable packaging material to maintain the equilibrium gas concentration for passive modified atmosphere packaged and fresh cut spinach among seven packaging material having different permeability property and to determine the effect of ethylene absorber on the shelf life of fresh cut spinach. The samples were stored at 4°C and 90% relative humidity during twelve days. Desired equilibrium gas concentration in the package was obtained in samples packaged with micro perforated packaging material. Experimental shelf life of fresh-cut spinach was determined as 9 days for passive modified atmosphere packaged fresh cut spinach and 10 days for samples packaged with ethylene absorber.

GİRİŞ

Minimum işlem görmüş meyve ve sebzeler; kullanılmadan önce ek bir işleme gerek olmayan ve yıkandıktan sonra soyma, doğrama, dilimleme,

rendeleme gibi mekanik işlemlerden geçirilip ambalajlanarak tüketime hazır hale getirilen ürünlerdir. Bu ürünler günümüz koşullarında kullanışlı ve kolay hazırlanabilir olması ve diğer işlem görmüş ürünlere

göre daha besleyici olması gibi pek çok avantaj sunmakta ve tüketiciler tarafından tercih sebebi olmaktadır (Ohlsson, 1994; Odumeru ve ark., 1997; Corbo ve ark., 2006; Martin Diana ve ark., 2006). Ancak az işlem görmüş olarak nitelendirilebilen bu ürünler, kabuk kısmının olmaması, kesme, dilimleme, rendeleme gibi uygulanan mekaniksel işlemler sonucu hücre ve zarların zarar görmesi, solunum hızının ve yüzey alanının artması sonucu ürüne göre değişmekle beraber enzimatik kararma gibi renk bozuklukları, kuruma, aroma ve tekstürde kayıplar gibi bozulma reaksiyonları nedeniyle bütün haldeki meyve-sebzelerle göre daha kolay bozulmaktadır (Sinigaglia ve ark., 1999; Lucera ve ark., 2010). Bu ürünlerin modifiye atmosferde ambalajlanması ve soğukta depolanması, modifiye atmosfer uygulamasının anaerobik fermantasyona sebep olmayacak ve ürüne uygun denge gaz bileşimini sağlayacak şekilde dizayn edilmiş olması durumunda, taze doğranmış ürünün duyuşal ve mikrobiyolojik kalitesinin sürdürülmesinde ve raf ömrünün uzatılmasında etkili bir yöntem olarak görülmektedir (Kader ve ark., 1989; Philips, 1996; Watkins, 2000; Fonseca ve ark., 2002; Del Nobile ve ark., 2008). Taze meyve ve sebzelerin pasif modifikasyon yöntemiyle modifiye atmosferde ambalajlanmasında, uygun gaz geçirgenlik özelliğine sahip ambalaj malzemelerinin kullanılması durumunda, ürünün solunumu sırasında O_2 kullanılması ve CO_2 açığa çıkması ile ambalaj ortamında denge gaz bileşimi oluşturmaktadır (Jacxsens ve ark., 2000; Allende ve ark., 2004). Ürünün raf ömrünü uzatabilmek amacıyla ambalaj içinde mümkün olduğunca erken bir denge gaz bileşiminin sağlanmasının ambalajlama yoluyla ürünün raf ömrünü uzatmada daha etkin olacağı belirtilmektedir. Aynı zamanda ürüne göre değişmekle beraber ambalaj içerisindeki oksijen konsantrasyonunu genellikle % 1-5 oranında ve karbondioksit konsantrasyonunun da % 3-10 arasında olmalıdır (Kader, 1986; Kader, 1989; Jacxsens ve ark., 2000; Barth ve ark., 2009). Zagary ve Kader (1988) tarafından da belirtildiği gibi birçok meyve ve sebzelerin tolere edebileceği en düşük O_2 ve CO_2 miktarları %2-5 arasında değişmektedir.

Taze doğranmış meyve ve sebzelerin kendi yapısından kaynaklanan, raf ömrünü ve kaliteyi etkileyen önemli faktör solunum hızıdır. Meyve ve sebzeler canlılıklarını sürdürebilmek için hücresel reaksiyonlara ihtiyaç duyarlar ve bu reaksiyonlar için gerekli olan enerjiyi ise solunum sonucu elde ederler. Biyolojik aktiviteleri doğrultusunda meyve ve sebzeler hasat sonrası solunuma devam etmektedir. Solunumda şekerler ve bir oranda asitler kullanılmaktadır. Büyük moleküllü karbonhidratlar kendini oluşturan şekerlere parçalanır. Proteinlerde kısmi bir hidrolizasyon görülür. Glikozitler kendini oluşturan unsurlara parçalanır. Pektik maddeler parçalanarak doku yumuşar. Renk maddelerinde kayıplar belirlenir. Özellikle klorofil

parçalanır ve yeşil renkli ürünler yeşil-sarı bir renge dönüşür. Bu değişimler belli ölçülere ulaşıncaya lezzet, renk ve aroma bozularak meyve ve sebzelerde bir "bayatlama" yani; tazeliğini kaybetme olgusu görülür (Cemeroğlu, 2009). Solunum ve olgunlaşma sırasında etilen hormonun gaz fazına geçerek meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını kolaylaştırması pozitif bir etki olmasına karşın; solunum hızlarını artırarak söz konusu ürünlerin raf ömürlerini kısaltması ve ayrıca klorofil bozumunu da hızlandırıcı rol oynaması negatif etkilerdir. Etilen üretimi sonucunda enerji kaynakları kullanarak olgunlaşma ve dokularda yumuşama hızlanır; bunun sonucunda ürünlerde kalite kayıpları daha fazla görülür ve raf ömrü kısalmaktadır (Varoquaux, 1997). Solunum hızı, etilen üretimi, olgunlaşma derecesi, su kaybı, enzimatik bozulma nedeniyle solma, mikrobiyal bozulma nedeniyle çürüme, hazırlanma sırasında mekaniksel işlemler, taşıma ve işleme gibi prosesler taze meyve ve sebzelerin hasat sonrası kalite kaybından sorumludur (Pandrangive Laborde, 2004; Conte ve ark., 2008).

Solunum sonucu biriken etilen gibi metabolizma ürünü gazlar ambalaj içerisinde artmadan uzaklaştırılmalıdır. Bu amaçla aktif ambalajlama yönteminden yararlanarak, ambalaj içine potasyum permanganat, paladyum klorür içeren aktif karbon gibi bir gaz adsorbantı içeren küçük geçirgen kesecikler yerleştirilmektedir (Abe ve Watada, 1991; Zagory, 1995; Mehryar ve Han, 2010; Üçüncü, 2011).

Taze doğranmış ıspanakta ise depolama süresince ambalaj içerisinde kötü kokunun oluşması, pörsüme, çürüme, renk kaybı ve dokunun yumuşaması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır (Zagory ve Kader, 1988; Bolin ve Huxsoll, 1991; Heimdal ve ark., 1995; Willox, 1995; Lopez-Galvez ve ark., 1997). Yapılan çeşitli araştırmaların sonucunda taze doğranmış ıspanağın depolanması sırasında kötü kokunun oluşması ve çürüme karşılaşılan en önemli bozulma kriterleridir (Mc Gill ve ark., 1966; Medina ve ark., 2012). Depolama sırasında ambalaj içerisinde solunum nedeniyle biriken uçucu bileşikler kötü koku oluşmasına neden olmaktadır (Kader ve ark., 1989). Örneğin etanol ve asetaldehit gibi bileşiklerin birikmesi ambalaj içerisindeki anaerobik ortamının oluşmasıyla gerçekleşmektedir (Sandhya, 2010). ıspanaklarda depolama sırasında proteinlerin katabolizma (yıkımı) nedeniyle amonyağın üretilmesi ve zamanla ambalaj içerisinde birikmesi yaprakların koyu renge dönüşmesi ve çürümeye neden olmaktadır (Tudela ve ark., 2013). Doku yumuşaması, renk değişimi gibi kalite kriterleri tüketicinin tercihini etkileyen önemli parametrelerdendir (Ferrante ve ark., 2004). Yeşil yapraklı sebze ve meyvelerin yeşil rengini veren klorofil, klorofil a (mavi-yeşil) ve klorofil b (sarı-yeşil) olarak iki gruba ayrılır ve genelde 3:1 oranında bulunmaktadır. Yapraklı sebzelerin yeşil renginin yoğunluğunu veren

klorofil pigmenti yapraklara uygulanan işlemlerden ve depolama süresinden etkilenerek degradasyona uğramaktadır. Klorofil; stabil olmayan bileşiklerden olup özellikle asit, ısı ve bazı metal iyonlarının etkisiyle çeşitli türevlere dönüşerek sebzenin kendine özgü yeşil rengini kaybetmesine neden olur (Cemeroğlu, 2009). Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı meyve ve sebzelerin ambalajlanmasında etilen tutucu kullanımıyla klorofil miktarındaki azalmanın en az seviyede gerçekleştiği belirlenmiştir (Abe ve Watada, 1991; Bailen ve ark., 2007; Cao ve ark., 2015). Taze doğranmış ıspanağın pasif modifi-kasyon yöntemiyle modifiye atmosferde ambalajlama uygulamaları için denge gaz bileşiminde %3 O₂ ve %10 CO₂ olması gerektiği bilinmektedir (Gorny, 1997; Toivonen ve ark., 2009).

Bu nedenlerden dolayı, gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada; taze doğranmış ıspanağın pasif modifikasyon yöntemiyle modifiye atmosfer ambalajlama teknolojisi uygulanarak ambalajlanmasında, istenen denge gaz bileşimini sağlamaya yönelik en uygun ambalaj malzemesinin belirlenmesi ve etilen tutucu kullanımının taze doğranmış ve pasif modifikasyon yöntemiyle modifiye atmosferde ambalajlanmış ıspanağın raf ömrü üzerine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Materyal olarak İzmir'in Menemen ilçesinde kış mevsiminde yetişen Reis çeşidi ıspanak tarladan hasat edildiği gün temin edilip kullanılmıştır. Ambalajlama işleminde ise Çizelge 1'den görüldüğü gibi farklı geçirgenlik değerlerine sahip yedi farklı ambalaj materyali kullanılmıştır. Etilen tutucu olarak 5 g/lık potasyum permanganat bazlı ve 6.5 cm x 6.5 cm boyutlarında etilen tutucu poşetler, SENSITECH NCX Drahorad SRL İtalyan firmasından tedarik edilmiştir.

Çizelge 1. Taze doğranmış ıspanağın ambalajlanmasında kullanılan filmlerin 23 °C'deki oksijen ve 38 °C'deki su buharı geçirgenlik değerleri

Table 1. Oxygen permeability (at 23 °C) and water vapor permeability (at 38 °C) values of packaging materials used for packaging of fresh-cut spinach

Film	Kalınlık (µm)	OTR (23 °C - % 0 RH cc/m ² .gün)	WTR (38 °C - % 90 RH g/m ² .gün)
BOPP1	40	1300	4.00
BOPP 2	20	2100	7.00
MP	110	1419.5	2.92
HDPE	7.5	40761	52.5
LDPE1	60	4092	5.9
LDPE2	40	6138	8.3
LDPE3	20	12276	12.4

Örneklerin hazırlanması

Tarladan temin edilen ıspanakların önce kökleri kesilip, kullanılmayacak durumunda olan yapraklar

uzaklaştırdıktan sonra çeşme suyu ile 2 defa ön yıkama işlemi uygulanmış, doğranmış ve dezenfeksiyon amacıyla 180 ppm'lik klorlu suda 2 dk bekletilerek sonrasında 2 dk süreyle çeşme suyunda durulanmıştır. Ardından fazla suyu uzaklaştırmak amacıyla santrifüj uygulanmıştır. Örnekler daha sonra 4 °C'de iki saat süreyle ortam sıcaklığında kurutulmuştur.

Deney tasarımı

1. aşama: En uygun ambalaj filminin belirlenmesi amacıyla, taze doğranmış ıspanak örnekleri Çizelge 1'de belirtilen farklı ambalaj filmleriyle pasif modifikasyon yöntemleriyle modifiye atmosferde ambalajlanmış ve +4°C % 90 bağılı nemde depolanmıştır. 15 günlük depolama süresi boyunca birer günlük aralıklarla tepe boşluğu gaz konsantrasyonları analiz edilmiştir.

2. aşama: Deneysel raf ömrünün belirlenmesi amacıyla, örnekler pasif modifikasyon yöntemiyle (PM) veya etilen tutucu poşetler kullanılarak (AA) ambalajlanmış ve +4°C'de % 90 bağılı nemde 12 gün süreyle depolanmış ve periyodik olarak analize alınmıştır.

Analizler

Tepe Boşluğu Analizi

Tepe boşluğu analizi; ambalaj atmosferindeki O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarındaki değişimi belirlemek amacıyla PBI Dansensor Check Pointer marka (Ringsted, Danimarka) dijital tepe boşluğu analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Etilen Gaz Analizi

Ambalaj içindeki etilen gaz konsantrasyonu belirlemek için ölçüm için belirlenen kontrol örneklerde ve MP ambalajda 4°C'de gaz geçirmez mikro şırınga ile 100 µl gaz örneği alınarak etilen konsantrasyonu, Shimadzu marka GC-2010 model gaz kromatografisi (GC) ile belirlenmiştir.

Renk Analizi

Örneklerdeki renk değişimi HunterLab ColorFlex model Colorimetre (Reston, Virginia, ABD) marka renk cihazı ile L*, a*, b* değerlerini belirleyerek gerçekleştirilmiştir.

Ağırlık Kaybı Analizi

Depolama öncesi ve depolama süresince örneklerin ağırlıkları dijital hassas terazi (Gibertini Europe, İtalya) ile ölçülerek ağırlık kaybı % olarak aşağıdaki denklem kullanılarak değerlendirilmiştir.

$$\% \text{Ağırlık kaybı} = \frac{\text{Başlangıç ağırlık} - \text{Son ağırlık}}{\text{Başlangıç ağırlık}} \times 100$$

pH Analizi

% 10'luk sulu çözelti olarak hazırlanmış ve homojen hale getirilmiş taze doğranmış ıspanak örneklerinin pH'ı depolama süresince asitlikteki değişimi incelemek

amacıyla direkt olarak pH metre (Hanna, ABD) ile ölçülmüştür.

Mikrobiyolojik Analiz

Mikrobiyolojik analizlerde, taze doğranmış ıspanakların ambalajlandığı her bir paketten, 10 g örnek stomacher torbasına aseptik olarak tartılıp, peptonlu su çözeltisi ilave edilerek % 10'luk çözelti hazırlanmış ve 90 s homojenize edilmek üzere Stomacher LAB Blender 400 (PBI Interntional, İtalya) cihazına yerleştirilmiştir. Homojenize edilen örnekten dökme plak yöntemiyle ekimler yapılmıştır. Toplam mezofilik bakterilerin sayımı için PCA besiyerine, uygun dilisyonlardan 1 ml ilave edilerek petri kapları 30 °C'de 24-48 saat; psikrotrof bakteriler için ise 4±1 °C'de 5-7 gün; maya ve küf sayımı için PDA besiyerine ekim yapılarak 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Medina ve ark., 2012; Tudela ve ark., 2013). Mezofilik bakteri sayımı için eşik değer 5x10⁷ kob/g ürün olarak alınmıştır (MEFB, 1988).

Duyusal Analiz

Duyusal analizler için yaşları 20-42 arasında 7 panelist önce eğitim paneline alınmıştır. Taze doğranmış ıspanağın farklı ambalaj yöntemleriyle soğukta depolanması sırasında duyuusal bakımından değişebilecek olan *görünüm*, *koku*, *tekstür* ve *genel kalite* özellikleri, skalası 1 ile 5 arasında değişen puanlama yöntemi ile kantitatif olarak değerlendirilmiştir (Gimenez ve ark., 2003; Altuğ ve Elmacı, 2011). 3 değeri, ürünün kabul edilebilirliğinde eşik değer olarak dikkate alınmıştır.

İstatistiksel Analiz

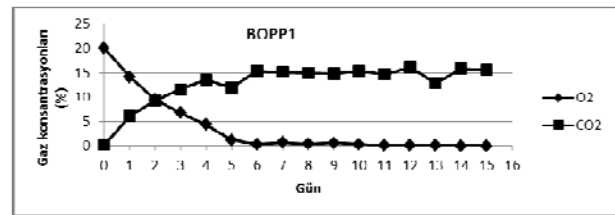
Windows SPSS/PASW18 paket programı kullanarak, tek yönlü varyans analizi ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasında Duncan çoklu farklılık testi uygulanarak, % 95 güven aralığında farklılıklar belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

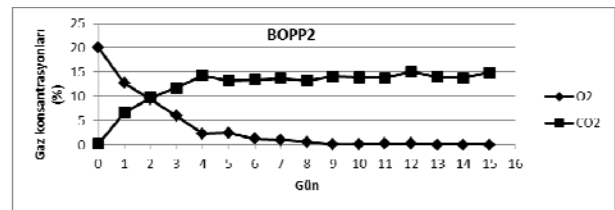
Ambalajların Tepe Boşluğundaki Gaz Bileşimleri

Şekil 1- 4'den görüldüğü gibi, oksijen geçirgenliği değerleri 1300-6138 cc/m²gün arasında değişen BOPP1, BOPP2, LDPE1 ve LDPE2 ambalaj filmlerinde 4. ve 7. günlerde denge gaz bileşimine ulaşılmış, ancak O₂ konsantrasyonları 5. günden sonra %1'in altına düşmüştür. O₂ konsantrasyonunun %1'in altına düşmesi anaerobik bozulmanın nedeni olan istenmeyen metabolitlerin üretilmesi ve fizyolojik bozulmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Zagory ve Kader, 1988; Soliva-Fortuny ve ark., 2002; Soliva-Fortuny ve Martin-Belloso, 2003). Bu yüzden taze doğranmış ıspanakların ambalajlanmasında bu filmlerin uygun olmadığı saptanmıştır. Oksijen geçirgenliği 12276 cc/m²gün olan LDPE3 ambalaj filminde ise 11. gün itibarıyla % 2 O₂ ve % 5 CO₂ olacak

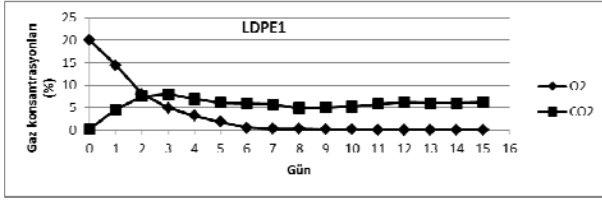
şekilde denge gaz bileşimine ulaşırken, oksijen geçirgenliği 40761 cc/m²gün olan HDPE filminde ise depolama süresince O₂ konsantrasyonu % 10'a düşmüş, CO₂ konsantrasyonu ise % 3 değerine yükselmiş (Şekil 5-6) ve ambalaj malzemesinin yüksek gaz geçirgenliğine sahip olması nedeniyle istenen denge gaz bileşimleri sağlanamamıştır. Geçirgenliği 1419.5 cc/m²gün olan mikro perforeli (MP) ambalaj filminde ise Şekil 7'den de görüldüğü gibi O₂ konsantrasyonu 5. gün itibarıyla % 3.5 civarında, CO₂ konsantrasyonu ise % 10 civarında denge gaz bileşimine ulaşılmıştır. Mikroperforeli ambalaj kullanarak yapılan pasif modifikasyon yöntemiyle ambalajlanmada, ambalaj içerisindeki O₂ ve CO₂ gaz konsantrasyonlarının dengeye ulaşması hızlı bir şekilde gerçekleşmiş ve ıspanak için istenen denge gaz bileşimi sağlanmıştır. Bu nedenle taze doğranmış ıspanağın pasif modifikasyon yöntemiyle ambalajlanmasında denge gaz bileşimini sağlamaya en uygun film olarak MP filmi seçilmiştir. Mikroperforeli ambalajlarda O₂ ve CO₂ geçirgenlik değerleri oranının 1'e yakın olması nedeniyle istenen denge gaz bileşimi daha iyi bir şekilde sağlanabilmekte ve solunum hızı yüksek taze ürünlerin ambalajlanmasında uygun ambalaj malzemesi olarak değerlendirmektedir (Larsen ve Liland, 2013; Tudela ve ark., 2013; Hussein ve ark., 2015). Halbuki perforasyon yapılmamış olan ambalaj malzemelerinde CO₂ geçirgenlik değeri O₂ geçirgenlik değerinin yaklaşık 3-3.5 katıdır.



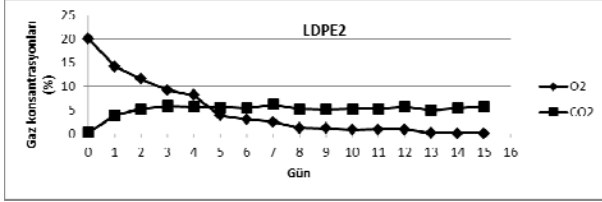
Şekil 1. Pasif modifikasyonda BOPP1 filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 1. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in BOPP1 film.



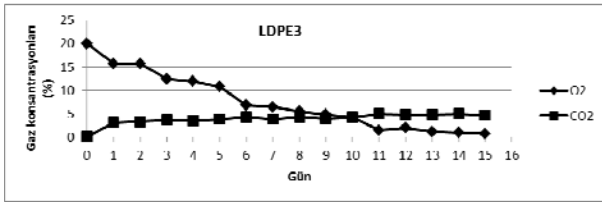
Şekil 2. Pasif modifikasyonda BOPP2 filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 2. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in BOPP2 film.



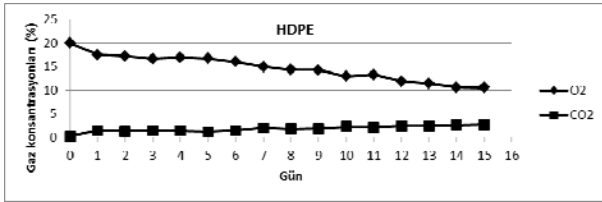
Şekil 3. Pasif modifikasyonda LDPE1 filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 3. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in LDPE1 film.



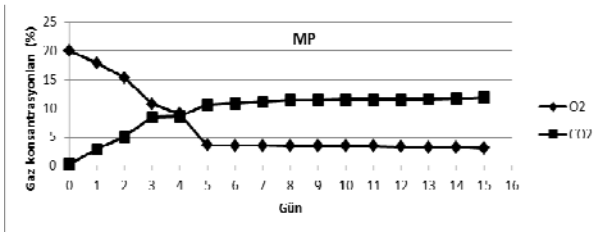
Şekil 4. Pasif modifikasyonda LDPE2 filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 4. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in LDPE2 film.



Şekil 5. Pasif modifikasyonda LDPE3 filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 5. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in LDPE3 film.



Şekil 6. Pasif modifikasyonda HDPE filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 6. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in HDPE films.



Şekil 7. Pasif modifikasyonda MP filmi ile ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin tepe boşluğu gaz konsantrasyonları
Figure 7. Head space gas concentrations of passive modified atmosphere packaged fresh-cut spinach in MP film.

Depolama Süresince Gerçekleştirilen Analizler

Etilen gaz analizi

PM ve AA'da 12 gün boyunca depolanan taze doğranmış ıspanak örneklerinde, depolama süresi boyunca ambalaj tepe boşluğunda bulunan etilen miktarı Çizelge 2'de verilmektedir. Kontrol grubunda (cam kavanozlarda) etilen miktarı 1.gün 2.43 ppm, PM'de 0.99 ppm olarak belirlenmesine rağmen, AA örneklerinde etilen tutucu olmasından dolayı oluşan etilenin ambalaj içerisinden uzaklaştırıldığı görülmektedir. Depolamanın 5. ve 12. günlerinde ise etilen konsantrasyonunun ölçülebilir miktarlarda olmadığı görülmüştür. Bu durumun; ambalaj içerisindeki oksijen konsantrasyonunun % 5'in altına düşmesinden dolayı solunumun ve etilen üretiminin yavaşlamasından ve ıspanağın klimakterik olmayan bir sebze olmasından dolayı hasat sonrasında etilen üretiminin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi kontrol örneklerinde etilen miktarındaki azalma literatürde farklı araştırmacılar tarafından da belirtildiği gibi (Abe ve Watada, 1991; Terry ve ark., 2007; Meyer ve Terry, 2010; Bhutia ve ark., 2011; Cao ve ark., 2015) etilen tutucu kullanılmadığı kontrol örneklerinde ürüne (klimakterik olup olmadığı) bağlı olarak etilen miktarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Depolama süresi boyunca taze doğranmış ıspanak örneklerinin etilen konsantrasyonu (ppm)

Table 2. Ethylene concentrations (ppm) of fresh-cut spinach during storage period

Ambalaj	Depolama süresi C ₂ H ₄ (ppm)			
	0.gün	1.gün	5.gün	12.gün
Kontrol	n.d	2.43	n.d	n.d
PM	n.d	0.99	n.d	n.d
AA	n.d	n.d	n.d	n.d

* n.d miktar belirlenmemiş

Renk

Depolama süresince L* ve b* değerlerindeki istatistiksel açıdan (p≤0.05) önemli azalışlar ve a* değerinde ise artış olmuştur. L* değeri 40,22±0,0'den PM'de 22,54 ±2,36'ya ve AA'da 23,32 ±1,44'de düşmüş, parlaklık azalmış ve koyu yeşil renk artmıştır. b* değeri 22,04±0,0'den PM'de 4,9±0,25'a ve AA'da 5,05±0,81'e düşmüş, a* değeri ise -8,48 ±0,0'den PM'de -3,74±1,23'e ve AA'da -4,01±1,16'e yükselmiştir (Çizelge 3). İstatistiksel açıdan gruplar arasındaki farkın anlamlı olduğu saptanmıştır (p≤0.05). Benzer sonuçlar literatürde farklı araştırmacılar tarafından da belirtilmektedir (Luo ve ark., 2009; Medina ve ark., 2012). Ispanakta bulunan ve kesme gibi dokunun parçalanmasını sağlayan işlemler nedeniyle klorofil_a ve klorofil_b'nin yapılarında yer alan magnezyumun parçalanması sonucunda feofitin_a ve feofitin_b'ye dönüşmekte ve bunun sonucunda renk parlak yeşil renginden zeytin yeşiline gri-kahve rengine dönerek

ıspanak örneklerinin renginde kayıplara neden olduğu bildirilmiştir (Watada ve Qi, 1999).

Ağırlık kaybı

Depolama süresince PM ve AA yöntemleri ile ambalajlanan örneklerde ağırlık kaybında artış meydana geldiği ve 12 günlük depolama süresinin sonunda ağırlık kaybının AA'da % 2,08'i ve PM'de % 2,16'ya ulaştığı Çizelge 4'den de görülmektedir. Taze doğranmış ıspanak örneklerinde ambalajlama yöntemleri arasında ve depolama süresince meydana

gelen ağırlık kaybındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolama süresinin sonunda uygulamalar arasındaki % ağırlık kaybı sonuçları arasında belirgin farkın olmaması, mikro perfore ambalaj malzemesinin düşük su buharı geçirgenliğine (WTR: 2,92 g/m².gün) sahip olması nedeniyle ambalaj içerisindeki su buharının transferinde bariyer özellik göstermesi ve ambalaj içerisindeki nemi daha iyi muhafaza ederek ağırlık kaybını engellemesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. Depolama süresi boyunca ambalajlanmış taze doğranmış ıspanak örneklerinin L*,a*,b* değerindeki değişimi
Table 3. The differences in color values L*,a*,b* of fresh-cut spinach samples during storage

Günler	PM			AA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	40,22 ±0,0 ^a	-8,48 ±0,0 ^a	22,04 ±0,0 ^a	40,22 ±0,0 ^a	-8,48 ±0,0 ^a	22,04 ±0,0 ^a
1	38,89 ±0,01 ^a	-7,86 ±0,21 ^{ab}	20,8 ±1,7 ^a	37,26 ±3,92 ^a	-7,63 ±0,86 ^{ab}	19,54 ±2,52 ^a
3	34,30 ±0,0 ^b	-7,27 ±0,71 ^{abc}	13,69 ±1,87 ^b	31,12 ±0,0 ^b	-7,19 ±1,13 ^{abc}	14,71 ±4,24 ^b
4	30,53 ±2,82 ^c	-6,35 ±1,98 ^{abcd}	10,85 ±3,95 ^{bc}	31,05 ±0,0 ^b	-6,83 ±0,98 ^{abcd}	13,25 ±2,35 ^b
6	29,26 ±1,57 ^{cd}	-6,24 ±1,9 ^{abcd}	10,48 ±3,58 ^{bcd}	30,40 ±0,4 ^b	-6,59 ±0,8 ^{abcde}	12,32 ±1,24 ^{cb}
7	28,73 ±1,01 ^{cde}	-5,59 ±1,22 ^{abcd}	10,06 ±3,45 ^{bcd}	29,35 ±1,37 ^{bc}	-5,89 ±0,88 ^{bcdde}	11,03 ±2,87 ^{bcd}
8	26,92 ±0,55 ^{def}	-5,18 ±1,46 ^{bcd}	7,15 ±0,71 ^{cde}	28,11 ±0,0 ^{bcd}	-5,62 ±0,71 ^{bcdde}	8,52 ±0,28 ^{cde}
9	25,65 ±0,75 ^{efg}	-4,57 ±0,78 ^{cd}	6,19 ±0,0 ^{cde}	27,07 ±0,07 ^{cd}	-5,14 ±0,92 ^{cde}	7,03 ±0,49 ^{de}
10	25,35 ±0,4 ^{fg}	-4,03 ±1,27 ^d	5,78 ±0,06 ^{de}	26,60 ±0,52 ^{cd}	-4,7 ±1,33 ^{de}	6,08 ±0,92 ^e
11	23,95 ±1,27 ^{fg}	-3,99 ±1,27 ^d	5,47 ±0,22 ^{de}	25,16 ±0,81 ^{de}	-4,34 ±1,13 ^e	5,57 ±0,5 ^e
12	22,54 ±2,36 ^g	-3,74 ±1,23 ^d	4,9 ±0,25 ^e	23,32 ±1,44 ^e	-4,01 ±1,16 ^e	5,05 ±0,81 ^e

*Aynı kolonda farklı harf içeren ortamlar istatistiksel olarak farklıdır ($p\leq0.05$)

Çizelge 4. Depolama süresi boyunca ambalajlanmış taze doğranmış ıspanak örneklerinin ağırlık kaybını ve pH değişimi
Table 4. The differences in weight loss and pH values of fresh-cut spinach samples during storage

Günler	Ağırlık kaybı (%)		pH	
	PM	AA	PM	AA
0	0,0±0,0 ^a	0,0±0,0 ^a	6,24±0,04 ^a	6,24±0,04 ^a
1	1,01±0,65 ^b	1,01±0,27 ^b	6,408±0,01 ^b	6,38±0,02 ^b
3	0,97±0,23 ^b	1,02±0,74 ^b	6,41±0,01 ^b	6,39±0,02 ^b
4	1,32±0,31 ^{bc}	1,15±0,4 ^{bc}	6,42±0,01 ^b	6,4±0,01 ^b
5	1,4±0,18 ^{bc}	1,38±0,13 ^{bcd}	6,47±0,03 ^b	6,47±0,06 ^b
7	1,82±0,3 ^{cd}	1,78±0,55 ^{cd}	6,82±0,19 ^c	6,76±0,15 ^c
8	1,98±0,14 ^d	2,04±0,21 ^d	6,84±0,18 ^c	6,79±0,12 ^c
9	2,08±0,28 ^d	1,99±0,37 ^d	7,02±0,01 ^d	6,85±0,1 ^{cd}
10	2,08±0,47 ^d	2,02±0,3 ^d	7,02±0,01 ^d	6,92±0,01 ^d
11	2,13±0,33 ^d	2,03±0,27 ^d	7,03±0,01 ^d	6,94±0,02 ^d
12	2,16±0,41 ^d	2,08±0,82 ^d	7,03±0,01 ^d	6,96±0,03 ^d

*Aynı kolonda farklı harf içeren ortamlar istatistiksel olarak farklıdır ($p\leq0.05$)

pH

12 günlük depolama süresince örneklerin pH'ı 6,24±0,04'den; PM'de 7,03±0,01'e ve AA'da 6,92±0,01'ye yükselmiştir (Çizelge 4). Taze doğranmış ıspanak örneklerinde gruplar arasında meydana gelen pH değişim farkı istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda depolama süresince pH değerlerindeki artışın, sebzelerin depolama süresinin sonuna doğru giderek dokusal hasara daha fazla uğramasından ve ortamdaki

CO₂ konsantrasyonunun artmasından kaynaklandığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Jacxsens ve ark., 2000; Rico ve ark., 2007; Tudela ve ark., 2013). Ayrıca, pH değerinin 7'ye yaklaşmasıyla nötr ortam oluşması sonucu polifenol oksidaz enzimi katalize olup ıspanak örneklerinin kesim yerlerindeki dokuda renk kaybına neden olmaktadır (Rico ve ark., 2007).

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

PM ve AA ambalajlama yöntemleriyle 12 günlük depolama süresi boyunca depolanan örneklerindeki

toplam mezofilik bakteri sayıları Şekil 8'de verilmiştir. Toplam mezofilik bakteri sayısının; depolamanın 10. gününde PM'de 8.05 log kob/g ve depolamanın 11. gününde AA'da 7.95 log kob/g değerlerine çıkarak, taze meyve sebzeler için mikrobiyal eşik değeri olan 7.70 log kob/g'ı aştığı görülmektedir. Toplam mezofilik bakteri sayısındaki değişim depolama süresi boyunca örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Literatürde yer alan çalışmalarda genellikle 8 gün depolama sonrasında, ıspanak örneklerinde, toplam mezofilik bakteri sayısındaki artış hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve mikrobiyal limiti (5×10^7 kob/g) aşılmaktadır (Babic ve Watada, 1996; Allende ve ark., 2004; Pandrangi ve Loberde, 2004; Conte ve ark., 2008; Medina ve ark., 2012; Tudela ve ark., 2013). Arıcı ve Yılmaz (2006) yaptıkları çalışmada; ıspanak örneklerinde 4 °C'de 7 gün depolama süresince toplam aerobik bakteri sayısının sınır değeri aşarak tavsiye edilen raf ömrünü 5 gün olarak belirlemişlerdir.

Toplam psikrofilik bakteri sayısındaki değişim Şekil 9'da görüldüğü gibi mikrobiyal eşik değeri sadece PM örneklerinde 8.12 log kob/g değerine ulaşarak 12. günde aştığını, AA örneğinde ise mikrobiyal eşik değerinin üzerine çıkmadığı görülmektedir. Depolama süresi boyunca örnekler arasında küf maya değerindeki artış Şekil 10'da verilmiştir. Depolama süresi sonunda PM'de 6.53 log kob/g, AA'da ise 6.14 log kob/g küf maya değerlerine ulaşılmıştır. Toplam psikrofilik ve küf-maya değerlerindeki değişim depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p \leq 0.05$), örnekler arasındaki fark ise istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

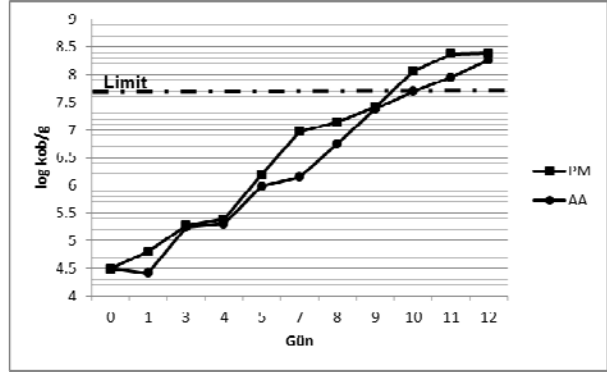
Literatürde yer alan çalışmalarda genellikle 8 gün depolama süresi sonunda ıspanak örneklerindeki toplam mesofilik ve psikrofilik bakteri sayısındaki artış hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve mikrobiyal limiti (5×10^7 CFU/g) aşmaktadır (Babic ve Watada, 1996; Allende ve ark., 2004; Pandrangi ve Laborde, 2004; Conte ve ark., 2008; Medina ve ark., 2012; Tudela ve ark., 2013). Literatürde yer alan çalışmalarla bağlantılı olarak küf-maya miktarındaki değişim toplam canlı miktarına nazaran daha düşük olduğu bildirilmiştir (Babic ve Watada, 1996; Allende ve ark., 2004; Conte ve ark., 2008).

Duyusal Analiz Sonuçları

PM ve AA yöntemleriyle ambalajlanan taze doğranmış ıspanak örneklerinin depolama süresi boyunca *görünüm*, *koku*, *tektür* ve *genel kalite* özelliklerinde meydana gelen değişimin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu ($p \leq 0.05$), örnekler arasında ise istatistiksel açıdan fark olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

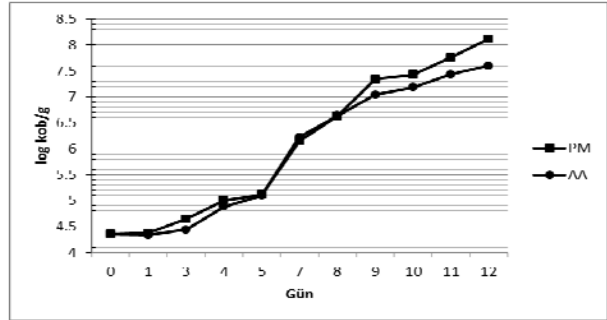
Şekil 11, 12, 13'den de görüldüğü gibi *görünüm*, *koku*, *tektür* kriterleri açısından limit değer 3'ün altına; PM'de 10. günde, AA'da ise 11. günde düşmüştür. Özellikle depolama süresinin sonuna doğru panelistler tarafından ıspanak örneklerindeki

istenmeyen bir kokunun oluşması ve bu kokunun bozuk koku, çürümüş koku gibi tanımlanarak örneklerin raf ömrüne etkileyen en önemli parametre olduğu belirlenmiş ve bu durum diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Allende ve ark., 2004; Medina ve ark., 2012; Tudela ve ark., 2013; Kou ve ark., 2014). *Genel kalite* özelliği bakımından ise kalite değerleri 11. günden sonra kabul edilebilirlik değerinin altına düşmüştür (Şekil 14).



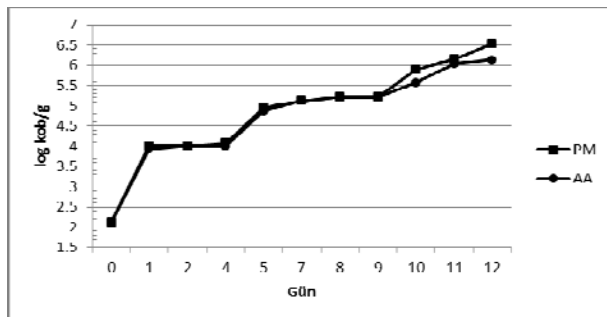
Şekil 8. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinde toplam mezofilik bakteri sayısındaki değişim

Figure 8. Mesophilic bacteria counts of fresh-cut spinach during the storage



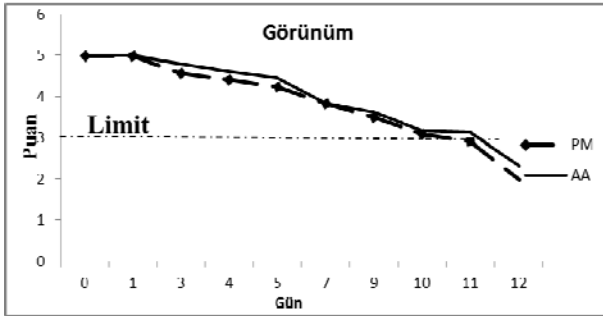
Şekil 9. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinde psikrofilik bakteri sayısındaki değişim

Figure 9. Psychophilic bacteria counts of fresh-cut spinach during the storage



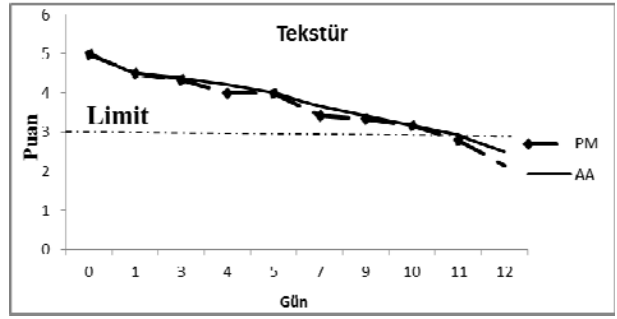
Şekil 10. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinde küf-maya sayısındaki değişim

Figure 10. Yeast and mold counts of fresh-cut spinach during the storage



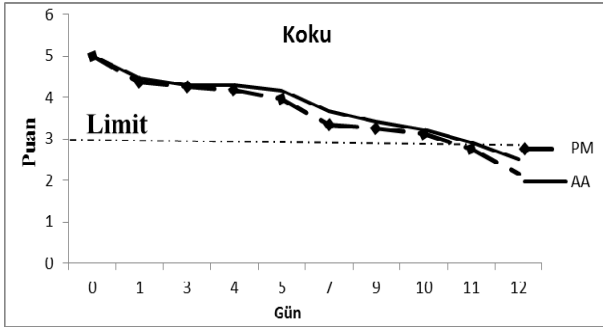
Şekil 11. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinin görünüm verileri

Figure 11. Appearance scores of fresh-cut spinach during the storage



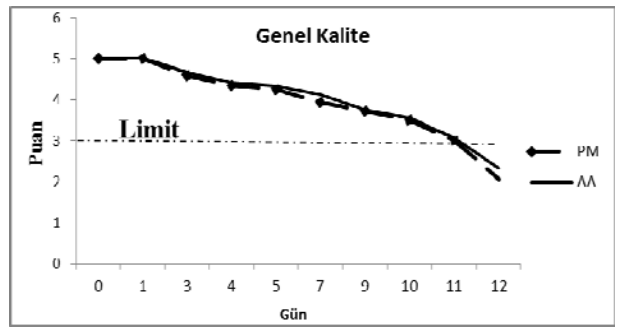
Şekil 13. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinin tekstür verileri

Figure 13. Texture scores of fresh-cut spinach during the storage



Şekil 12. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinin koku verileri

Figure 12. Flavor scores of fresh-cut spinach during the storage



Şekil 14. Depolama süresince taze doğranmış ıspanak örneklerinin genel kalite verileri

Figure 14. Overall quality scores of fresh-cut spinach during the storage

SONUÇ

Taze doğranmış ürünlerin doğal olgunlaşma süreçlerinin yavaşlatılması ve kalitelerinin muhafazası için, uygun ambalaj malzemeleriyle ve uygun ambalaj yöntemiyle ambalajlanmaları gerekmektedir. Farklı gaz geçirgenlik değerlerine sahip 7 farklı ambalaj malzemesiyle yapılan pasif modifiye atmosferde ambalajlamada en uygun ambalaj malzemesinin mikroperfore ambalaj olduğu belirlenmiştir. Mikroperfore ambalaj malzemelerinin

kullanılmasıyla pasif modifiye atmosferde ve etilen tutucu ile ambalajlanmanın (AA) 12 günlük depolama süresince taze doğranmış ıspanağın mikrobiyolojik ve duyu özelliklerinin korunmasında, etilen tutucu kullanılmayan ambalaja göre (PM) nispeten daha iyi olduğu belirlenmiştir. Taze doğranmış ıspanak örneklerinin deneysel raf ömrü mikroperforeli ambalaj malzemeleri kullanılarak PM ambalajlamada 9 gün, AA ambalajlamada ise 10 gün olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abe, K. and Watada, A.E. 1991. Ethylene Absorbent to Maintain Quality of Lightly Processed Fruits and Vegetables. *Journal of Food Science* 56 (6).
- Arıcı, M., ve Yılmaz, S., 2006. Paketlenmiş Taze Sebzelerin Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri Ve Raf Ömrünün Belirlenmesi *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* (1) 9-21.
- Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J.L., Artes, F., Wang, C.Y.(2004). Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under süper atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 33, 51-59.
- Altuğ, T.O., Elmacı, Y., 2011. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas, İzmir.
- Babic, I., Watada, A.E., 1996. Microbial populations of fresh-cut spinach leaves affected by controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 9, 187-193.
- Bailén, G., Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P.J., Serrano, M., Valero, D., Martínez-Romero, D., 2007. Use of a palladium catalyst to improve the capacity of activated carbon to absorb ethylene, and its effect on tomato ripening. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(4), 579-586.
- Barth, M., Hankinson, T.R., Zhuang, H., Breidt, F., 2009. Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables. In *"Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages"* Food Microbiology and Food Safety, pp. 163-164. Doi: 10.1007/978-1-4419-0826-1_6.

- Bolin, H., Huxsoll, C. 1991. Effect of preparation and storage parameters on quality retention of salad-lettuce. *Journal of Food Science*, 56, 60–62, 67.
- Bhutia, W., Pal, R.K., Sen, S. ve Jha, S.K. 2011. Response of different maturity stages sapota (*Manilkara Achras Mill.*) cv. Kallipati to in-package ethylene absorbent. *Journal of Food Science Technology*, 48(6), 763-768.
- Cao, J., Li, X., Wu, K., Jiang, W., Qu, G., 2015. Preparation of a novel PdCl₂-CuSO₄-based ethylene scavenger supported by acidified activated carbon powder and its effects on quality and ethylene metabolism of broccoli during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology* 99, 50–57.
- Cemeroglu, B., 2009. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Cilt 1. Ankara Üniv. Müh. Fak. Gıda Müh. Böl. Dışkapı Kampüsü, Ankara.
- Conte, A., Conversa, G., Scrocco, C., Brescia, I., Laverse, J., Elia, A., Del Nobile, M.A., 2008. Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *Postharvest Biology and Technology* 50, 190–196
- Corbo, M.R., Del Nobile, M.A., Sinigaglia, M., 2006. A novel approach for calculating shelf life of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology* 106, 69-73.
- Del Nobile, M.A., Conte, A., Cannarsi, M., Sinigaglia, M., 2008. Use of biodegradable films for prolonging the shelf-life of minimally processed lettuce. *Journal of Food Engineering* 85, 317–325.
- Ferrante, A., Incrocci, L., Maggini, R., Serra, G., Rognoni, F., 2004. Colour changes of fresh-cut leafy vegetables during storage. *J. Food Agric. Environ.* 2, 40–44.
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecht, J.K., 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal Food Engineering*, 52, 99–119.
- Gimeñez, M., Olarte, C., Sanz, S., Lomas, C., Echañuri, J.F. & Ayala, F. 2003. Relation between spoilage and microbiological quality in minimally processed artichoke packaged with different films. *Food Microbiology*, 20, 231–242.
- Gorny, J.R., 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. *Proc. 7th Intl. Controlled Atmosphere Res. Conf.* 5, pp.30-66.
- Heimdal H, Kuhn BF, Poll L, Larsen LM. 1995. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. *J. Food Sci.* 60:1265-1268, 1276.
- Hussein, Z., Caleb, O.J., Opara, U.L., 2015. Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce-A review. *Food Packaging and Shelf Life* 6, 7–20.
- Jacsens, L., Devlieghere, F., De Rudder, T., & Debevere, J. 2000. Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature. *Journal Food Science Technology*, 33, 178–187.
- Kader, A., 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Journal of Food Technology* 40(5) 99-100 & 102-104.
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28, 1–30.
- Kou, L., Luo, Y., Park, E., Turner, E.R., Barczak, A., Jurick, W.M., 2014. Temperature abuse timing affects the rate of quality deterioration of commercially packaged ready-to-eat baby spinach. Part I: Sensory analysis and selected quality attributes. *Postharvest Biology and Technology* 91, 96–103.
- Larsen, H. and Liland, K.H., 2013. Determination of O₂ and CO₂ transmission rate of whole packages and single perforations in micro-perforated packages for fruit and vegetables. *Journal of Food Engineering* 119, 271–276.
- López-Gálvez, G., Peiser, G., Nie, X., Cantwell, M., 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 205, 64–72.
- Lucera, A., Costa, C., Mastromatteo, M., Conte, A., Del Nobile, M.A., 2010. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11, 361-368.
- Luo, Y., He, Q., McEvoy, J.L., Conway, W.S. 2009. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in the presence of indigenous microorganisms on commercially packaged baby spinach, as impacted by storage temperature and time. *Journal of Food Protection* 72, 2038-2045.
- Martín-Diana, A. B., Rico, D., Mulcahy, J., Frias, J., Henehan, G. T. M., & Barry-Ryan, C. 2006. Whey permeate as bio-preservative for shelf-life maintenance of fresh-cut vegetables. *Innovative Food Science & Technologies*, 7, 112-123.
- McGill, J.N., Nelson, A.I., Steinberg, M.P., 1966. Effects of modified atmosphere on ascorbic acid and other quality characteristics of spinach. *Journal of Food Science* 31, 510-517.
- Medina, M.S., Tudela, J.A., Marin, A., Allende, A., Gil, M.I., 2012. Short postharvest storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimally processed baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology* 67, 1–9
- (MEFB) Ministère de l'Économie des Finances et du Budget, 1988. *Marché consommation, produits végétaux prêts à l'emploi dits de la "IVemme gamme": guide de bonnes pratiques hygiéniques.* 1988. *Journal Officiel de la République Française* 1621, 1–29.
- Mehyar, G.F., Han, J.H., 2010. Active packaging for fresh-cut fruits and vegetables. 14 Chapter of *Handbook of vegetable preservation processing.* CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Meyer, M.D. and Terry, L.A., 2010. Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chemistry*, 1203-1210 pp.
- Odumeru, J. A., Mitchell, S. J., Alves, D. M., Lynch, J. A., Yee, A. J., Wang, S. L., Styliadis, S., & Farber, J. M. 1997. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for the healthcare food services. *Journal of Food Protection*, 60, 945–960.
- Ohlsson, T. 1994. Minimal processing and preservation methods of the future: an overview. *Trends in Food Science and Technology*, 5(11), 341-344.
- Pandurangi, S. and Laborde, L.F. 2004. Retention of Folate, Carotenoids, and Other Quality Characteristics in Commercially Packaged Fresh Spinach. *Food Chemistry and Toxicology* 69 (9).
- Philips, C., 1996. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology* 34, 463–479.
- Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barat, J.M., Barry-Ryan, C., 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology* 18, 373-386.
- Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Journal of Food Science and Technology* 43, 381-392.

- Sinigaglia, M., Albenzio, M., Corbo, M.R., 1999. Influence of process operations on shelf-life and microbial population of fresh-cut vegetables. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 23, 484–488.
- Soliva-Fortuny, R. C., Grigelmo-Miguel, N., Hernando, I., Lluch, M. A., & Martín-Belloso, O. 2002. Effect of minimal processing on the textural properties of fresh-cut pears. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 82, 1682–1688.
- Soliva-Fortuny, R.C., Martín-Belloso, O., 2003. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut conference pears. *Food Research Technology* 217, 4-9.
- Terry, L. A., Ilkenhans, T., Poulston, S., Rowsell, L., and Smith, A. W. J., 2007, Development of new palladium-promoted ethylene scavenger, *Postharvest Biology and Technology*, 45(2), 214–220.
- Toivonen, P.M.A, Brandenburg, J.S., Luo, Y., 2009. Modified atmosphere packaging for fresh-cut produce.
- Tudela, J.A., Marin, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martinez, M.S., Gil, M.I., 2013. Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biology and Technology* 75, 75–85.
- Üçtüncü M., 2011. Gıda Ambalajlama Teknolojisi, 18: 789.
- Varoquaux, P., & Wiley, R. C. 1997. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In R. C. Wiley (Ed.), *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables* (pp. 226–268). New York: Chapman and Hall.
- Watada, A., Qi, L., 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology Technology* 15, 201-205.
- Watkins, C. 2000. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *Horticultural Technology*, 10, 501–506.
- Willox, F., 1995. Evaluation of Microbial And Visual Quality of Minimally Processed Foods: a Case Study on the Product Life Cycle of Cut Endive. Doctoral Thesis. Catholic University of Leuven, Leuven, Belgium.
- Zagory, D. and Kader, A. A., 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, 42, 70-77.
- Zagory, D. 1995. Ethylene-removing packaging. In: *Active Food Packaging*, pp. 38–54. Ed., Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London.