



ETİLEN TUTUCU İÇEREN AKTİF AMBALAJLAMANIN VE DEPOLAMA SICAKLIĞININ KİRAZ DOMATESİN HASAT SONRASI KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Tuncay Tiribolulu, Zehra Ayhan*

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Geliş / Received: 27.03.2023; Kabul / Accepted: 15.08.2023; Online baskı / Published online: 28.08.2023

Tiribolulu, T., Ayhan, Z. (2023). Etilen tutucu içeren aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin hasat sonrası kalitesi üzerine etkileri. GIDA (2023) 48 (5) 934-951 doi: 10.15237/gida.GD23042

Tiribolulu, T., Ayhan, Z. (2023). The influence of ethylene scavenging-active packaging and storage temperature on post harvest quality of cherry tomatoes. GIDA (2023) 48 (5) 934-951 doi: 10.15237/gida.GD23042

ÖZ

Bu çalışmanın amacı kiraz tipi domatesin (*Lycopersicon esculentum* L.) hasat sonrası kalitesi ve raf ömrüne etilen tutucu-aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının etkisinin belirlenmesidir. Kiraz tipi domates, yapısında etilen tutucu katkı içeren düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalajda ve katkısız LDPE ambalajda pasif modifiye atmosfer paketlenme (MAP) altında, 4°C ve 10°C'de %60 bağıl nemde 32 gün süreyle depolanmıştır. Ambalajsız domates kontrol grubunu oluşturmuştur. Depolama sürecinde tepe boşluğu oksijen, karbondioksit ve etilen konsantrasyonu, ağırlık kaybı, fiziksel analizler (renk, tekstür), kimyasal analizler (%briks, pH, titrasyon asitliği, likopen) ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Aktif ambalajlanmış kiraz domatesinde 4°C'de %6.5 oksijen oranında denge atmosferi sağlanmıştır, ancak 10°C'de oksijen oranı riskli seviyenin (%2'nin) altına düşmüştür. Depolama sonunda en az etilen üretimi 4°C'de etilen tutucu içeren aktif ambalajlarda gerçekleşmiştir. Fiziksel, kimyasal ve duyu analiz sonuçları da dikkate alındığında etilen tutucu içeren aktif ambalajlarda kiraz domatesin 4°C'de 32 gün raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Aktif ambalajlama, depolama sıcaklığı, etilen tutucu, hasat sonrası kalite, kiraz domates, raf ömrü, soğuk zararı

THE INFLUENCE OF ETHYLENE SCAVENGING-ACTIVE PACKAGING AND STORAGE TEMPERATURE ON POST HARVEST QUALITY OF CHERRY TOMATOES

ABSTRACT

The influence of ethylene scavenging-active packaging and storage temperature on the postharvest quality and shelf life of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.) was investigated. The tomatoes were packaged with ethylene absorber incorporated LDPE bags and control LDPE under passive modified atmosphere (MAP), and stored at 4°C and 10°C and 60% relative humidity for 32 days. Unpackaged products were the control groups. During storage, headspace gas analysis, ethylene concentration, mass loss, physical (color and texture) and chemical analyses (brix, pH, titratable acidity, lycopene) and sensory evaluation were performed. Active packages were successfully reached

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: zehraayhan@sakarya.edu.tr

☎: (+90) 264 295 3858

☎: (+90) 264 295 5601

Tuncay Tiribolulu; ORCID no: 0009-0008-9867-1983

Zehra Ayhan; ORCID no: 0000-0001-9114-4445

equilibrium atmosphere with 6.5% oxygen content (O_2 %) at 4°C. However, O_2 % decreased below critical level of 2% at 10°C. The minimum ethylene concentration was determined in active packages at 4°C. In conclusion, considering physical, chemical and sensory properties, the shelf life of the cherry tomatoes was suggested as 32 days at 4°C in active packages.

Keywords: Active packaging, cherry tomato, chilling injury, ethylene scavengers, post-harvest quality, shelf life, storage temperature

GİRİŞ

Gerek üretim hacmi, gerekse beslenmedeki ayrıntılı katkısı dolayısıyla dünyadaki en önemli tarımsal ürünlerden biri olan domates, taze veya işlenmiş olarak kullanılabilir (Kadalk vd., 2001). Domates gibi hasattan sonra renk değişimi ile birlikte, tadı değişen ve yumuşayan meyveler klimakterik meyveler olarak adlandırılmakta ve bu meyvelerde olgunlaşma ile birlikte, solunum ve etilen üretimi de artmaktadır (Kasım ve Kasım, 2007). Domates gibi meyvelerin en önemli özellikleri, hasat yapıldıktan sonra canlılıklarını ve fizyolojik olarak solunumlarını devam ettirmeleridir (Sousa vd., 2017). Solunumda alınan oksijen, hücrenin yapısında bulunan nişasta, şeker ve organik asit gibi karmaşık bileşiklerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken; çevreye karbondioksit (CO_2 , su ve etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ile bir miktar ısı bırakırlar. Meyve ve sebzelerde solunumun devam etmesi sonucunda ortama verilen etilen ve CO_2 gibi ürünler kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra üründe su ve renk kayıpları yanı sıra olgunlaşmanın da hızlanmasına neden olmakta, bu da ürünün raf ömrünü kısaltmaktadır (Batu, 1999). Dolayısıyla domateste hasat sonrası muhafaza teknolojilerinde, solunum hızının yavaşlatılması ve etilen üretiminin kontrol edilmesi çok önemlidir (Fagundes vd., 2015).

Solunum hızı ne kadar yavaş olursa ürünün olgunlaşması, yumuşaması ve genel olarak bozulması yavaşlamaktadır (Sousa vd., 2017; Demir, 2015). Solunumu etkileyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklıktır. Ancak her bahçe ürününün tolere edebileceği bir sıcaklık derecesi vardır. Hasat sonrası dönemde ürün kayıplarına neden olan önemli fizyolojik bozulmalardan birisi soğuk zararlanmasıdır. Soğuk zararlanmasının ana nedeni, hücre membranının zarar görmesidir. Bu da etilen üretimi, solunumun hızlanması, fotosentezde azalma, enerji üretiminde sorunlar,

etanol ve asetaldehit gibi bileşiklerin birikimine yol açar (Küşümler, 2011; Halloran vd., 1996).

Domates düşük sıcaklıklarda depolandığında soğuk hassasiyetine sahip bir üründür ve 10°C'nin altındaki sıcaklıklara maruz kaldığında üşüme zararına uğrayabilmektedir. Üşüme zararı ürünlerde buruşmaya, siyah ve beyaz noktalara ve sararmaya sebebiyet vermektedir. 15°C'nin üzerinde ise çürümelere ve sararmalara neden olduğu belirtilmiştir. Bu sebeplerle ürünlerin muhafazası için kritik sıcaklıkların dışına çıkılması ürünlerde kalite kayıplarına yol açmaktadır (Li ve vd., 2014; Kasım ve Kasım, 2007; Sabır ve Ağar, 2008). Bu kalite kayıplarının önüne geçilebilmesi için MAP gibi ambalajlama teknolojileri uygulanmaktadır (Farber vd., 2003).

MAP meyve ve sebzelerde üşüme zararını hafifletmek için kullanılan yöntemlerden biridir. Modifiye atmosferin, solunum hızını, etilen üretimini, etanol ve asetaldehit birikimini ve su kaybını azaltarak soğuk zararının önlenmesinde faydalı olduğu tespit edilmiştir (Fahmy ve Nakano, 2014). MAP'ta ambalaj içi atmosfer bileşimi ürüne uygun olarak değiştirilerek olgunlaşmayı yavaşlatmakta ve bu nedenle birçok meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömrünü uzatmak için muhafaza, taşıma ve dağıtım sürecinde kullanılmaktadır (Şen vd., 2016). Ancak taze meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılması ve kalite kayıplarının önlenmesinde MAP kullanımının tek başına yeterli olmadığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda MAP'ın aktif ambalajlama ile beraber kullanılmasının ürünlerdeki kalite kayıplarını en aza indirdiği ve raf ömrünün uzatıldığı tespit edilmiştir (Ayhan, 2010; 2019).

Aktif ambalajlama, emici veya yayıcı sistemlerdir ve poşetlerde (şase olarak), veya doğrudan ambalaj malzemesine dâhil edilerek uygulanmaktadır. Önemli aktif ambalajlama

sistemleri; etilen tutucular, oksijen tutucular, etanol yayıcılar, karbondioksit tutuculardır ve antimikrobiyal ambalajlamadır (Charles vd., 2004; Ayhan 2010). Meyve ve sebze grubu ürünlerin raf ömrünün uzatılmasında ürünün etilen gazı üretiminin baskılanması veya üretilen etilenin ise ortamdaki uzaklaştırılması en önemli hususlardan biridir (Li vd., 2014). Bu amaçla etileni absorbe eden çeşitli etilen tutuculardan yararlanılmaktadır. Zeolit, potasyum permanganat ve paladyum gibi bileşikler etilen tutucu maddeler olup bunlardan en yaygın kullanılanı zeolittir (Yıldırım vd., 2018).

Domates yüksek sıcaklık derecelerinde muhafaza edildiğinde hızlı bozulması, hem etilen hem de soğutma sıcaklıklarına (10°C altı) karşı hassas olması nedeniyle, hasat sonrası kaliteyi korumak ve raf ömürlerini uzatmak için farklı ambalajlama teknolojilerine ihtiyaç vardır (Li vd., 2014). Bu tür gıdaların muhafazası ile ilgili çalışmaların büyük bir bölümünde kontrollü atmosferde depolama üzerine çalışılmış, özellikle etilen tutucu içeren ambalaj malzemesinin kullanımına yönelik çalışmalar daha sınırlı sayıda kalmıştır (Sezer vd., 2017).

Bu çalışmada etilen tutucu içeren aktif polietilen (PE) ambalaj ile farklı depolama sıcaklığının pasif modifiye atmosfer paketlenme altında kiraz domatesin hasat sonrası fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerine ve raf ömrüne etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan kiraz domates 1 gün önce meyve sebze halinden tedarik edilmiştir. Çalışmada 2 farklı ambalaj materyali kullanılmıştır. Yapısında etilen tutucu içeren düşük yoğunluklu polietilen (aktif LDPE) ambalajlar PEAKfresh (Peakfresh Products, Almanya) firmasından tedarik edilmiştir. PEAKfresh ambalajın kalınlığı 25 µm, oksijen geçiş hızı (OTR) 22°C ve % 0 bağıl nemde 23000-24000 cc/m²/gün, su buharı geçiş hızı (WVTR) 22°C ve % 90 bağıl nemde 25-27 g/m²/gün, etilen tutma oranı 22°C ve % 90 bağıl nemde 3900 cc/m²/gün'dür. Katkısız LDPE ambalaj filmi Sümer Plastik A.Ş.' den (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir. Ambalaj filminin

kalınlığı 25µm, oksijen geçiş hızı (OTR, 22°C ve %0 bağıl nemde) 4500 cc/m²/gün, su buharı geçiş hızı (WVTR, 37.8±1.1°C ve %90 bağıl nemde) 7.36 g/m²/gün'dür.

Yöntem

Ürünlerin Hazırlanması ve Ambalajlanması

Katkısız LDPE, bobin olarak temin edilmiş olup ısı yapıştırma makinesi (ME-400 CFN, Mercier Corporation, Tayvan) ile 100°C'de yapıştırılarak torba ambalaj haline getirilmiştir. Elde edilen ambalaj boyutları 17×20 cm² dir. Torba haline getirilen ambalajlarda ısı kaynak sızdırmazlığı boya penetrasyon testi (sızdırmazlık) ile belirlenmiştir (Arndt, 2001).

Kullanılacak atmosfer koşullarının belirlenmesi amacıyla çalışmaya başlamadan önce ambalajlarda denge atmosferi sağlamak amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Ön denemelere göre ürün:tepe boşluğu oranı ve uygulanacak atmosfer koşulları belirlenmiştir. Ön denemelerde aktif ve pasif modifiye atmosfer koşullarında 1:1 ve 1:1,5 ürün:tepe boşluğu oranları denenmiştir. Ön denemelerde elde edilen sonuçlar ışığında 1:1 tepe boşluğunda pasif MAP (%79 N₂ and %21 O₂) uygun bulunmuştur. Kiraz domates (450 ± 50 g) etilen tutucu içeren LDPE (Peakfresh, P4°C ve P10°C) ve katkısız LDPE (ambalajlı kontrol, K4°C ve K10°C) ile ambalajlanmıştır. Ambalajsız domatesler (açık kontrol, A4°C ve A10°C) ikinci kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Hazırlanan domates ambalajları tek odalı ambalajlama makinesi (Reepack rv 300, İtalya) kullanılarak pasif MAP (%21 O₂, %79 N₂) altında kapatılmıştır. Ambalajlı domatesler iki gruba, ayrılarak 4° ve 10°C'de muhafaza edilmiştir. Muhafazanın 0, 8, 16, 24 ve 32. günlerinde kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Her analiz günü için her uygulamadan 3 paralel hazırlanmıştır. Ağırlık kaybı ölçümleri için her uygulamadan 3 paralel farklı bir set olarak hazırlanmıştır.

Ağırlık Kaybı

Depolama öncesi ağırlıkları belirlenen örneklerin ağırlığı her analiz gününde ±0.1 g hassasiyetindeki terazi (Sartorius, GE 2101, Almanya) ile tartılarak yüzde (%) ağırlık kaybı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Denklem 1).

$$\% \text{ Ağırlık Kaybı} = \frac{0.\text{gün örnek ağırlığı} - \text{analiz günü örnek ağırlığı}}{0.\text{gün örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

Tepe Boşluğu Oksijen, Karbondioksit ve Etilen Konsantrasyonu Analizi

Analiz günlerinde tepe boşluğu oksijen ve karbondioksit (%v/v) konsantrasyonları gaz analizörü (Witt Oxybaby, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Ambalajın üzerine ölçüm öncesinde yapıştırılan septumdan analizörün iğnesi ile girilerek ölçüm yapılmıştır. Her bir paralelden 2 ölçüm yapılmış olup, her uygulama için 6 ölçümün ortalaması alınmıştır (Sezer ve Ayhan, 2017).

Etilen konsantrasyonunun belirlenebilmesi için %99 saflığında etilen gazı içeren tüpten 5 farklı konsantrasyon olacak şekilde (20 µL etilen standardı+ 80 µL hava, 40 µL etilen standardı+ 60 µL hava, 60 µL etilen standardı+ 40 µL hava, 80 µL etilen standardı+ 20 µL hava, 100 µL etilen standardı) 100 µL gaz kaçırmaz şırınga ile çekilmiş ve alev iyonizasyon dedektörüne (FID) sahip gaz kromatografisine (GC) (Shimadzu, Model GC-2010, Japonya) enjekte edilmiş ve 5 farklı konsantrasyonun alkonma süreleri dikkate alınarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak ambalajlanan örneklerde tepe boşluğu etilen konsantrasyonu (ppm) belirlenmiştir. Ambalaj içindeki etilen gaz konsantrasyonunu belirlemek için ambalajlı kontrol ve PEAKfresh ambalajdan gaz kaçırmaz şırınga ile 1 mL etilen gaz örneği alınarak etilen konsantrasyonu gaz kromatografisi ile belirlenmiştir (Tian vd., 2004). GC' de kolon olarak Poropak-Q (1.8m) kullanılmıştır. Kullanılan kromatografik koşullar: Taşıyıcı gaz; azot, fırın sıcaklığı; 50°C, enjektör sıcaklığı; 210°C, dedektör sıcaklığı: 250°C olarak ayarlanmıştır.

Fiziksel Analizler

Domateste fiziksel analiz olarak renk ve tekstür ölçümü yapılmıştır. Renk ölçümünde her bir paralelden 3 meyve alınarak karşılıklı orta noktasından iki ölçüm, renk ölçüm cihazı (PCE-CSM 7, Meschede, Almanya) ile yapılmış olup, L*

(L= 0 siyah, L= 100 beyaz), a* (-a= yeşillik, +a= kırmızılık) ve b* (-b=mavilik, +b= sarılık) değerleri belirlenmiştir (Guine vd., 2014). Her ambalajdan 3 örnek alınmış olup, her bir uygulama için 18 ölçümün ortalaması hesaplanmıştır.

Üründe meydana gelen yumuşama ve sertleşmeyi belirlemek için tekstür analizi yapılmıştır. Her bir domatesin karşılıklı 2 noktasında 2mm çapında silindirik prob ve 5mm/s hız ve 7mm penetrasyon mesafesi kullanılarak tekstür analiz cihazı (TA.XT Plus, İngiltere) ile ölçüm yapılmıştır (Choi vd., 2015). Elde edilen maksimum penetrasyon kuvveti (N) ürünün yumuşaklık/sertliğinin ifade edilmesinde kullanılmıştır. Her bir paralelden 3 domates alınmış olup, her uygulama için 18 ölçümün ortalaması alınmıştır.

Kimyasal Analizler

Kimyasal analizlerden suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), pH ölçümü ve titrasyon asitliği AOAC (2005)'e göre yapılmıştır. Ayrıca domateste likopen konsantrasyonu (Choi vd., 2014) ölçülmüştür. Her paralelden 2 ölçüm yapılmış, her uygulama için 6 ölçümün ortalaması alınmıştır. Kimyasal analizler için öncelikle her bir ambalajdan 3 domates alınarak karıştırıcı (Waring, Almanya) yardımıyla homojenize edilmiştir. Kimyasal analizlerde her paralelden 2 ölçüm yapılmış ve her uygulama için 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.

Suda çözünür kuru madde miktarı (%briks)

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) tayini için homojenize edilen örneklerden refraktometreye (Atago N-50, Japonya) 1-2 damla alınarak okunan değer, %Briks olarak ifade edilmiştir...

pH analizi

pH ölçümleri için homojenize edilen çözeltilerden 20g alınıp 200mL'lik balon jodede saf su ile çizgisine kadar tamamlanmış ve ardından hazırlanan çözelti filtre kâğıdından geçirilmiştir. Oluşan çözeltilerden bir behere 20 ml alınarak pH metre (WTW-315i, Weilheim, Almanya) ile ölçüm yapılmıştır.

Titrasyon asitliği

Titrasyon asitliği (%) için homojenize edilen çözeltilerden 20 g alınıp 200 ml'lik balon jode saf su ile çizgisine kadar tamamlanmış ve ardından hazırlanan çözeltiler filtre kâğıdından geçirilmiştir. Oluşan çözeltilerden 25 ml bir erlene alınarak 0.1N NaOH ile pH 8.1'e kadar titre edilmiş ve % sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Denklem 2).

$$\text{Titrasyon Asitliği \%} = \frac{V \cdot F \cdot E \cdot 100}{M} \quad (2)$$

V: Harcanan NaOH miktarı, ml

F: 0.1 N Baz çözeltilisinin faktörü

E: 1 ml 0.1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı, g

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml veya g

Likopen konsantrasyonu

Likopen analizi için homojenize edilen domatesten 1g örnek alınmıştır. Alınan örneğe 2:1:1 oranında 16 ml'lik hekzan/etanol/aseton karışımı ilave edilmiştir. 1 saat boyunca oda sıcaklığında çalkalanmasının ardından tüpe 1 ml deiyonize su ilave edilmiş ve 3 dk çalkalanmıştır. Numuneler daha sonra her iki fazın ayrılması için oda sıcaklığında 10 dk bekletilmiş ve oluşan üst tabaka UV-vis spektrofotometresinde 503 nm'de absorbansı okunarak aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır (Denklem 3) (Choi vd., 2015).

$$\text{Likopen (mg/kg)} = \frac{A_{503} \cdot 536,9 \cdot 16 \cdot 0,5}{1 \cdot 172} \quad (3)$$

A_{503} , 503 nm'de ölçülen absorbans olup, likopenin molekül ağırlığı 536.9 g/mol, karışım solventinin hacmi 16 ml, solventte altta kalan ile üst kısmın birbirine oranı 0.5, hekzan içinde likopen için molar sönümlenme katsayısı (extinction coefficient) 172 mM^{-1} , eklenen domates miktarı 1 g olarak alınmıştır.

Duyusal Değerlendirme

Her analiz gününde renk, tat, tekstür, koku ve genel ürün beğenisi deneyimli 6 panelist tarafından 1-5 dereceli skalada değerlendirilmiştir. Yüzey rengi değerlendirmesinde (1 = çok kötü/buruşuk/reng kaybı, 3 = kabul edilebilir, 5 = çok iyi/pürüzsüz/istenen kırmızı renk), tekstür değerlendirmesinde (1 = yumuşak, 3 = orta, 5 = sıkı/sert), tat değerlendirmesinde (1 = bozuk/istenmeyen tat/tat kaybı, 3 = kabul edilebilir, 5 = istenen/yoğun ürün tadı), genel

ürün beğenisi (1 = hiç beğenmedim, 3 = kabul edilebilir, 5 = çok beğendim) olarak belirlenmiştir.

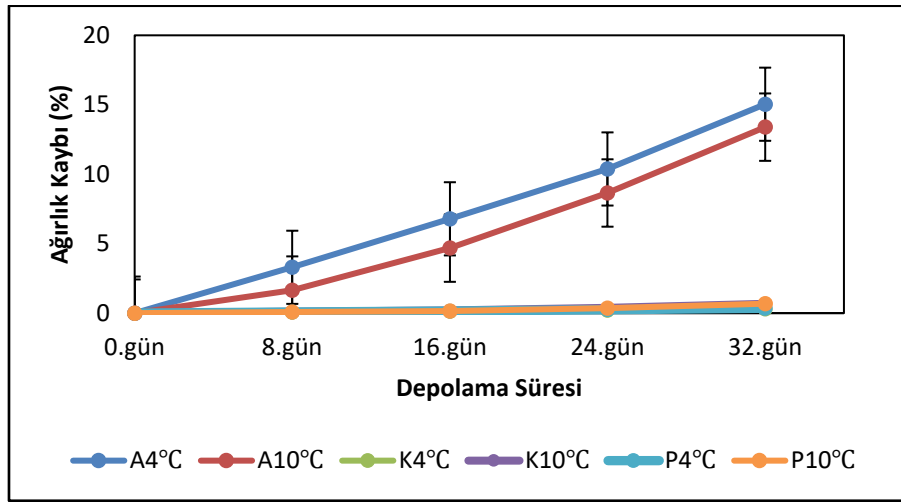
İstatistiksel Analiz

Çalışma parametrelerinin (uygulama, sıcaklık ve depolama süresi) incelenen ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyu kalitesi üzerindeki etkileri IBM SPSS 20 istatistik programı kullanılarak varyans analizi ile belirlenmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen istatistik analiz sonuçları $P \leq 0.05$ önem düzeyine göre değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı

Aktif ambalajlama ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi Şekil 1.'de verilmiştir. Ağırlık kaybı taze meyve ve sebzelerde ekonomik kayıp ve raf ömrünün kısalması ve birçok biyokimyasal olayı etkilemesi nedeniyle önemli bir parametredir. Ağırlık kaybı artışı ile meyve albenisi ve pazar kalitesi de olumsuz etkilenmektedir (Sezer vd., 2017). Ağırlık kaybı 4°C 'de depolanan, etilen tutucu içeren LDPE ve katkısız LDPE gruplarda sırasıyla %0.35 ve %0.30'dur. 10°C 'de depolanan gruplarda ise katkılı ve katkısız LDPE gruplarda sırasıyla %0.68 ve %0.67 bulunmuştur. Ambalajsız gruplarda ise 4° ve 10°C 'de sırasıyla %15.04 ve %13.39'dur. Ambalajsız ürünlerde meydana gelen yüksek düzeydeki ağırlık kaybına yüzeyden gerçekleşen su kaybı yol açmaktadır. Ambalajlı gruplarda gerçekleşen ağırlık kaybı ihmal edilebilecek düzeyde bulunmuştur ve istatistiksel açıdan aralarında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($P > 0.05$). Choi vd. (2015) yaptıkları çalışmada kiraz tipi domatesteki çalışmamıza benzer bir şekilde 9 günlük depolama sonunda kontrol grubunda %3 ağırlık kaybı bulurken, pasif MAP ile ambalajlanan grupta ihmal edilebilecek düzeyde ağırlık kaybı gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Ağırlık kaybının ambalajlı gruplarda düşük olması kullanılan PE bazlı malzemelerin nem geçirgenliğinin düşük olması ile ilişkilendirilebilir. Genellikle ambalajsız olarak satışa sunulan kiraz tipi domateslerde %10 ve üzerinde gerçekleşen ağırlık kaybının çok önemli ekonomik kayıplara neden olduğu belirtilmiştir (Sezer vd., 2017).



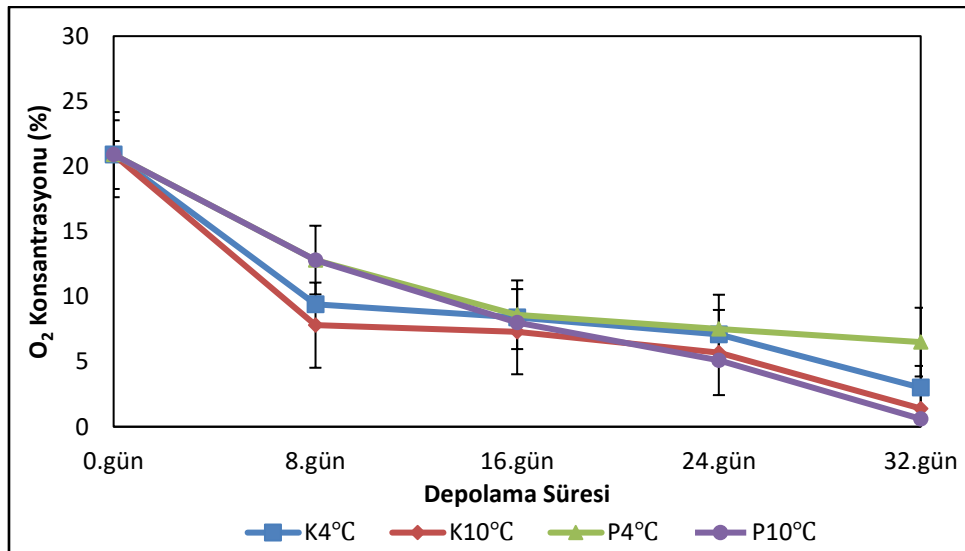
Şekil 1. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin ağırlık kaybına etkisi (A4°C:4°C'de ambalajsız, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE K10°C: 10°C'de katkısız LDPE P4°C: 4°C'de etilen tutucu içeren LDPE P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE)

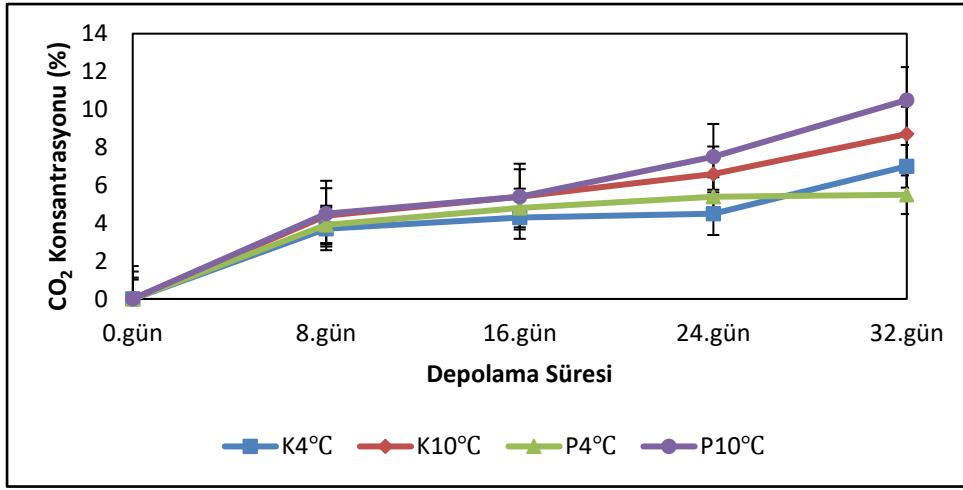
Figure 1. The effects of active packaging and storage temperature on mass loss of cherry tomatoes (A4°C: unpackaged at 4°C, A10°C: unpackaged at 10°C, K4°C: control LDPE without additive at 4°C, K10°C: control LDPE without additive at 10°C, P4°C: active LDPE with ethylene scavenger at 4°C, P10°C: active LDPE with ethylene scavenger at 10°C)

Tepe Boşluğu Gaz Bileşimi

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının tepe boşluğundaki oksijen (% O₂) ve karbondioksit (CO₂) üzerine etkileri Şekil 2'de verilmiştir. Domates gibi hasat sonrası

solunumunu devam ettiren meyve-sebze grubu ürünlerde oksijen seviyesinin anaerobik fermantasyonun başlamasına neden olabilecek %2 düzeyinin üzerinde kalması ve denge atmosferin oluşması amaçlanmıştır.





Şekil 2. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin tepe boşluğu oksijen ve karbondioksit oranına etkisi (K4°C: 4 °C’de katkısız LDPE, K10°C: 10 °C’de katkısız LDPE, P4°C: 4 °C’de etilen tutucu içeren LDPE, P10°C: 10 °C’de etilen tutucu içeren LDPE)

Figure 2. The effects of active packaging and storage temperature on headspace oxygen and carbon dioxide (K4°C: control LDPE without additive at 4°C, K10°C: control LDPE without additive at 10°C, P4°C: active LDPE with ethylene scavenger at 4°C, P10°C: active LDPE with ethylene scavenger at 10°C)

Şekil 2’de görüldüğü gibi %O₂ konsantrasyonu tüm uygulamalarda 8. günde hızlı bir düşüş göstermiştir. 10°C’de depolanan ambalajlı ürünlerde depolamanın sonunda O₂ seviyesinin kritik değer olan %2’nin altına düştüğü görülmüştür. 10°C’de domateslerin solunum hızının artmasına bağlı olarak oksijen tüketiminin artması sebebiyle oksijen oranı açısından depolama boyunca denge atmosfer oluşmamıştır. 4°C’de katkısız LDPE ile ambalajlanan (K4°C) ürünlerde ise depolama boyunca denge atmosfer sağlanamamıştır. 24. günün ardından %O₂ seviyesinde önemli derecede düşüş meydana gelmiştir. 24. günde %7.1 olan O₂ seviyesi depolamanın sonunda %3’e düşmüştür. Depolamanın 24. gününden itibaren bu grupta etilen konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak ürünün solunumu hızlanmış ve O₂ seviyesinin düşmesine neden olmuştur. 4°C’de etilen tutucu içeren LDPE ile ambalajlanan (P4°C) ürünlerde ise 16.günde denge atmosfer sağlanmış olup O₂ oranı 32. günde %6.5’te kalmıştır. Zeolit içeren LDPE’nin yüksek oksijen geçirgenliğine sahip olması, etilenin ortamdaki uzaklaştırılması ve 4°C’de ürünün solunum hızının daha düşük olması gibi nedenlerle ambalaj içerisindeki oksijen seviyesi kritik seviyenin (%2) altına düşmemiştir.

Genellikle pasif MAP’ta denge atmosferin sağlanması için solunumun yavaşlaması ve CO₂’nin belli bir miktar artıp. O₂’nin azalması istenir (Maleki vd., 2018). Çalışmamızda bu etkiye 4°C’de etilen tutucu içeren aktif LDPE ambalajlarda (P4°C) ulaşılmıştır.

Şekil 2 incelendiğinde ise başlangıçta %0 olan CO₂ seviyesi depolamanın 16.gününde tüm uygulamalarda %5 seviyesindeyken depolamanın sonunda sadece P4 °C uygulamasında %5 seviyesinde kalmıştır. Katkısız kontrol ambalajda malzemenin geçirgenliğinin daha düşük olması ve ürünün solunumu nedeniyle %CO₂’nin arttığı düşünülmektedir. P4°C grubunda ise malzemenin OTR’sinin daha yüksek olması ve etilen tutucunun varlığı ürünün solunum hızını kontrol altına almış ve CO₂ konsantrasyonunun artmasına engel olmuştur. P10°C uygulamasında ise sıcaklık artışına bağlı olarak ürünün solunum hızının arttığı ve buna bağlı olarak %CO₂’nin arttığı düşünülmektedir.

Domateste tepe boşluğu gaz analizi sonuçları incelendiğinde 4°C’de depolanan ambalajlarda (K4°C ve P4°C) oksijen seviyesi %2’nin üzerinde kalmıştır. Ancak katkısız LDPE ile ambalajlanan

grupta denge atmosfer oluşmamıştır. Etilen tutucu içeren LDPE ile ambalajlanan grupta solunum yavaşladığı ve etilen konsantrasyonu kontrol altına alındığı için denge atmosfer oluşmuştur. Demir (2015) yaptığı çalışmada aktif ve pasif modifiye atmosfer paketlenme altında kiraz domatesleri etilen tutucu şase içeren ve içermeyen polietilen ile ambalajlamışlardır. 28 günlük depolama sonunda etilen tutucu içeren pasif ambalajlarda O₂ düşüşünün yavaş gerçekleştiği belirtilmiştir. Etilen tutucu içeren uygulamalarda O₂ konsantrasyonu düşüşünde görülen bu farklılık etilen tutucu içeren ürünün solunum ve olgunlaşma üzerinde etkili olan etilenin ortamdaki uzaklaştırılarak solunumun yavaşlatılması, bunun sonucunda da O₂ kullanımının daha az olması ile açıklanmaktadır. Aktif modifiye atmosfer paketlenmede ise başlangıçtaki %5 O₂ konsantrasyonunun depolama sonunda %2.3'e düştüğü gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada etilen tutucu içeren ve içermeyen tüm gruplarda CO₂ oranının %9-10 aralığında değiştiği ve etilenin CO₂ üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Tüm gruplarda CO₂ oranındaki yükselmenin mikrobiyal yükün artmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada etilen konsantrasyonu rapor edilmemiştir.

Etilen Konsantrasyonu

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının tepe boşluğu etilen konsantrasyonu üzerine etkisi Şekil 3'te verilmiştir. Tüm uygulamalarda ilk 8 günde etilen konsantrasyonunda artış meydana gelmiştir. Etilen konsantrasyonu depolamanın 8. gününde K4°C ve P4°C uygulamaları için sırasıyla 1.04 ppm ve 1.00 ppm olarak ölçülmüştür. 10°C'de depolanan ürünlerde ise K10°C ve P10°C uygulamaları için sırasıyla 1.45 ppm ve 1.05 ppm olarak ölçülmüştür. Etilen konsantrasyonu açısından 4°C'de depolanan gruplar arasında 32. günde anlamlı bir değişim oluşmazken, 10°C'de depolanan uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur (P≤0.05). Farklı depolama sıcaklıklarının etilen konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir (P≤0.05). Depolama sonunda 4°C'de depolanan ürünlerde K4°C ve P4°C uygulamaları için etilen konsantrasyonu sırasıyla 1.18 ppm ve 0.96 ppm iken, 10°C'de depolanan

ürünlerde sırasıyla 1.67 ppm ve 1.30 ppm'dir. 10°C'de depolanan ürünlerde solunum hızının yüksek olması etilen konsantrasyonunun yükselmesine sebep olmuştur. Fagundes vd. (2015) kiraz tipi domateste yaptıkları çalışmada çalışmamıza benzer şekilde 7. günde 1.00 ppm olan etilen konsantrasyonunu, depolama sonunda kontrol grubunda (pasif MAP) 1.50 ppm, aktif MAP (%5 O₂ - %5 CO₂ - %90 N₂) uygulanan grupta ise 1.20 ppm olarak rapor etmişlerdir. Ticari etilen tutucu filmler genellikle etilen tutucu olarak zeolit içermektedir, ancak Tzeng vd. (2019) zeolitin adsorpsiyon kapasitesinin sınırlı olduğunu belirtmiştir. Tzeng vd (2019) paladyum esaslı zeolit (Pd/zeolit) içeren etilen tutucu sistemi muz için test etmiş ve depolamanın ilk 11 gününde etilen üretimi olmadığını ve 28. günde etilen oranının Pd/zeolit içermeyen kontrol grubuna göre %83 düzeyinde daha düşük olduğunu rapor etmiştir.

Fiziksel Analizler

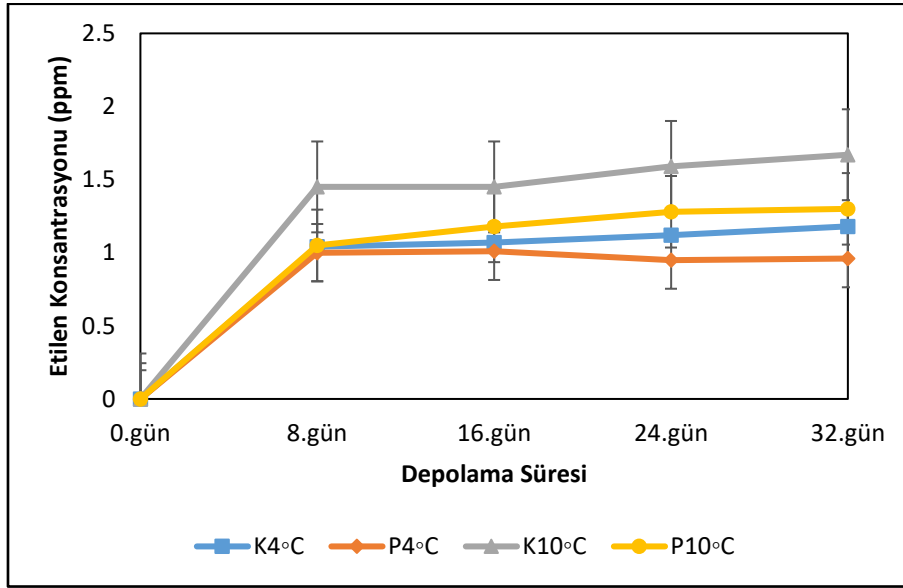
Renk

Aktif ambalajlama, depolama sıcaklığı ve süresinin renk (L*, a*, b*) üzerine etkisi Çizelge 1.'de verilmiştir. Renk. olgun meyve ve sebzelerde raf ömrünü etkileyen en önemli parametrelerden biridir (Fagundes vd., 2015). Depolama süresinin ve sıcaklık*depolama süresinin L* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (P≤0,05). 4°C'de etilen tutucu içeren polietilen (P4°C) ile ambalajlanan ürünlerin L* değerinde depolama boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik görülmezken (P>0,05), diğer uygulamalarda depolama süresince yaşanan düşüş önemli bulunmuştur (P≤0,05). L* değerindeki düşüş mikrobiyal gelişme veya depolama sonunda muhtemel üşüme zararına bağlı ürün yüzeyinde meydana gelen değişiklikler ile ilişkilendirilebilir. Depolamanın sonunda uygulamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklar bulunmuş ve domateste L* değeri 34.46 olarak en iyi P4°C grubu ambalajlarda korunmuştur.

Aktif ambalajlama ve depolama süresinin domateste a* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (P≤0.05) (Çizelge 1). Domateste kırmızılığı ifade eden a* değerinde depolama süresince etilen tutucu içeren uygulamalarda

önemli bir değişim olmazken, katkısız kontrol ve ambalajsız gruplarda düşüş yaşanmıştır. Depolama sonunda ambalajsız gruplar ile katkısız kontrol grupları arasındaki fark ise önemsizdir ($P>0.05$). a^* değerinde meydana gelen düşüş, artan etilen konsantrasyonuna bağlı hızlı

olgunlaşma ile ilişkilendirilebilir. Domateste hızlı olgunlaşma ürünün rengini olumsuz etkilemekte ve ürünün esmerleşmesine yol açmaktadır. a^* değerinde yaşanan bu değişimi b^* değerinde elde edilen sonuçlar da desteklemektedir.



Şekil 3. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin etilen konsantrasyonu üzerine etkisi (K4°C: 4°C’de katkısız LDPE, K10°C: 10°C’de katkısız LDPE, P4°C: 4°C’de etilen tutucu içeren LDPE, P10°C: 10°C’de etilen tutucu içeren LDPE)

Figure 3. The effects of active packaging and storage temperature on headspace ethylene concentration (K4°C: control LDPE without additive at 4°C, K10°C: control LDPE without additive at 10°C, P4°C: active LDPE with ethylene scavenger at 4°C, P10°C: active LDPE with ethylene scavenger at 10°C)

Aktif ambalajlama, depolama süresi ve uygulama*depolama süresinin b^* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P\leq 0.05$) (Çizelge 1). Üründe sarılığı ifade eden b^* değerinde etilen tutucu içeren gruplar P4°C ve P10°C hariç depolama boyunca anlamlı derecede düşüş gözlenmiştir. b^* değerinde meydana gelen düşüş ürünlerde renk değişiminin arttığını göstermektedir ki, bu durum a^* değerinin azalmasıyla da desteklenmektedir. Sonuç olarak P4°C ve P10°C uygulamalarında kiraz domatesler depolama boyunca kırmızı rengini daha iyi korumuştur.

gününde arttığı, ardından düştüğü belirtilmiştir. En az değişimin aktif modifiye atmosfer paketeleme yapılan ambalajlarda ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Etilen tutucu içeren aktif MAP uygulamasının kokteyl domatesin olgunlaşmasını geciktirdiği ve rengini koruduğu belirtilmiştir. Kontrol uygulamalarında ise etilen üretiminin olgunlaşmayı hızlandırarak renk değişimini engelleyemediği belirtilmiştir. b^* değerinde de depolama süresi sonunda en fazla düşüşün kontrol uygulamalarında olduğu, etilen tutucu içeren aktif MAP uygulamasından en iyi sonucun alındığı belirtilmiştir (Demir, 2015).

Yapılan bir çalışmada başlangıçta 19.90 olan a^* değerinin 28 günlük depolama süresinin ilk 14

Domateste etilen tutucu içeren aktif ambalajlama uygulaması

Çizelge 1. Aktif ambalajlama ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin L*, a* ve b* renk değerlerine etkisi

Table 1. Effects of active packaging and storage temperature on L a* and b* values of cherry tomatoes*

L* değeri (L* value)					
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	34.07 ± 1.50Aa	33.37 ± 1.07Ca	33.97 ± 1.52Ba	33.95 ± 2.91BCa	31.40 ± 1.08CDb
K4°C	34.07 ± 1.50Aab	33.25 ± 1.22Cb	34.34 ± 1.43ABab	35.37 ± 1.27Aa	31.54 ± 0.99CDc
P4°C	34.07 ± 1.50Aa	35.28 ± 1.13ABa	35.07 ± 1.25Aa	34.47 ± 1.46Ca	34.46 ± 1.37Aa
A10°C	34.07 ± 1.50Aa	35.03 ± 0.95Ba	34.50 ± 0.92ABa	31.89 ± 1.67Db	32.82 ± 2.28Bb
K10°C	34.07 ± 1.50Aa	34.52 ± 1.36Ba	34.25 ± 1.75ABa	34.78 ± 1.25ABa	31.25 ± 1.00Db
P10°C	34.07 ± 1.50Ab	36.08 ± 2.50Aa	34.33 ± 2.38ABb	33.88 ± 1.41Ab	32.13 ± 1.25BCc

a* değeri (a* value)					
	0.gün	8.gün	16.gün	24.gün	32.gün
A4°C	21.88 ± 2.34Aab	22.71 ± 2.20Aa	20.44 ± 2.85Abc	17.46 ± 2.91Bd	18.62 ± 2.30Bcd
K4°C	21.88 ± 2.34Aab	23.32 ± 2.35Aa	19.54 ± 2.18Ac	16.29 ± 2.24Bd	18.60 ± 1.15Bc
P4°C	21.88 ± 2.34Aab	23.33 ± 1.70Aa	20.30 ± 2.65Abc	19.82 ± 3.16Ac	21.11 ± 2.88Aab
A10°C	21.88 ± 2.34Aab	22.92 ± 2.55Aa	21.20 ± 2.42Ab	16.22 ± 3.02Bc	17.74 ± 1.23Bc
K10°C	21.88 ± 2.34Aab	23.32 ± 1.84Aa	20.40 ± 2.55Ab	16.83 ± 2.90Bc	18.34 ± 1.11Bcd
P10°C	21.88 ± 2.34Aab	23.81 ± 2.50Aa	22.55 ± 2.38Aa	17.00 ± 3.54Bc	19.68 ± 2.79ABb

b* değeri (b* value)					
	0.gün	8.gün	16.gün	24.gün	32.gün
A4°C	19.47 ± 1.59Aa	18.31 ± 1.36Bab	17.97 ± 2.82Ab	15.75 ± 2.27Bc	17.17 ± 0.93Bb
K4°C	19.47 ± 1.59Aa	18.60 ± 2.51Ba	16.24 ± 2.27Ab	11.04 ± 1.40Dc	16.84 ± 1.45Bb
P4°C	19.47 ± 1.59Aa	20.14 ± 1.40Aa	19.53 ± 1.73Aa	18.64 ± 2.25Aab	19.32 ± 2.19Aa
A10°C	19.47 ± 1.59Aa	18.28 ± 1.99Ba	16.71 ± 1.20Ab	15.37 ± 2.39Bb	15.98 ± 2.63Bb
K10°C	19.47 ± 1.59Aa	17.95 ± 1.45Ba	17.61 ± 3.03Ab	12.63 ± 1.96Cd	15.81 ± 1.71Bc
P10°C	19.47 ± 1.59Aa	19.10 ± 2.01ABa	17.91 ± 2.27Ab	18.53 ± 2.42Bab	18.70 ± 2.24Aa

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4°C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*

Tekstür

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının penetrasyon kuvveti (N) üzerine etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Penetrasyon kuvveti (N) ürün sertliği hakkında bilgi vermektedir. Aktif ambalajlamanın, depolama sıcaklığının ve süresinin domateste penetrasyon kuvveti üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir (P≤0.05). 4°C'de depolanan ve etilen tutucu içeren LDPE ile ambalajlanan grupta (P4°C) depolama süresi boyunca meyve kabuk sertliği korunmuştur. Bu grupta başlangıçta 5.81N olan penetrasyon kuvveti, depolamanın sonunda 4.84N ölçülmüş ve en az yumuşamanın meydana geldiği uygulama olmuştur. Diğer gruplarda ciddi oranda

yumuşama gözlenmiştir ve meydana gelen bu yumuşamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0.05). 10°C'de depolanan ürünlerde solunum hızının daha yüksek olmasıyla birlikte gerçekleşen olgunlaşma sonucunda ürünlerde daha fazla yumuşama meydana gelmiştir. 10°C'de depolanan gruplarda en yüksek penetrasyon kuvveti 2.74N ile ambalajsız gruplarda ölçülmüştür. Bu durum ambalajsız üründe su kaybından dolayı gerçekleşen kuruma ile ilişkilendirilebilir. 4°C'de depolanan ürünlerde, 10°C'ye göre daha az yumuşama gerçekleşmiştir. 4°C'de domatesin solunum hızının düşük olması ve olgunlaşmanın gecikmesi ürünlerin yumuşamasını önlemiştir.

Çizelge 2. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin tekstürüne (penetrasyon kuvvetine) etkisi

Table 2. Effects of active packaging and storage temperature on texture (penetration force) of cherry tomatoes

	Penetrasyon Kuvveti (N) Penetration Force (N)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	5.81 ± 0.49Aa	5.40 ± 0.47ABa	4.71 ± 0.54Ab	2.76 ± 0.87Bd	3.68 ± 0.53Bc
K4°C	5.81 ± 0.49Aa	5.44 ± 0.63ABa	4.02 ± 0.92Bb	3.49 ± 0.53Ab	3.61 ± 1.07Bb
P4°C	5.81 ± 0.49Aa	5.19 ± 0.69Ba	4.89 ± 0.46Aab	4.93 ± 0.51Aab	4.84 ± 0.65Aab
A10°C	5.81 ± 0.49Aa	5.68 ± 0.58Aa	5.13 ± 0.41Ab	2.46 ± 0.73Bc	2.74 ± 0.70Cc
K10°C	5.81 ± 0.49Aa	5.48 ± 0.76ABa	2.57 ± 1.23Cb	1.13 ± 0.39Cc	1.67 ± 0.44Dc
P10°C	5.81 ± 0.49Aa	5.64 ± 0.51ABa	4.67 ± 0.68Ab	1.36 ± 0.49Cd	2.51 ± 0.32Cc

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4 °C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. A4°C: unpackaged at 4°C, A10°C: unpackaged at 10°C, K4°C: control LDPE without additive at 4°C, K10°C: control LDPE without additive at 10°C, P4°C: active LDPE with ethylene scavenger at 4°C, P10°C: active LDPE with ethylene scavenger at 10°C

There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day (P > 0.05). There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application (P > 0.05).

Kimyasal Analizler

Suda çözünür kuru madde miktarı (%Briks)

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının suda çözünür kuru madde (SÇKM) üzerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Uygulama*sıcaklık*depolama süresinin briks üzerine etkisi önemli bulunmuştur (P≤0.05). Depolama süresi ilerledikçe tüm uygulamalarda önemli düzeyde düşüş görülmüştür. Depolamanın başlangıcında %5.90 olan SÇKM değeri. depolamanın sonunda K4°C grubunda %3.90'a, P4°C grubunda 4.70'e, K10°C grubunda 4.30'a ve P10°C grubunda ise 3.80'e düşmüştür. Depolama sonunda en az değişim 4°C'de depolanan ve etilen tutucu içeren aktif LDPE ambalajlı (P4°C) ürünlerde meydana gelmiştir. 4°C'de etilen tutucu içeren grupta solunumun yavaş olması ve etilenin uzaklaştırılmasından dolayı olgunlaşmanın kontrol altına alındığı ve bu nedenle %briksteeki değişimin daha az olduğu düşünülmektedir. Depolama sonunda en düşük SÇKM, 4°C ve 10°C'de depolanan ambalajsız gruplarda sırasıyla 3.60 ve 3.30 olarak tespit edilmiştir. Domateste suda çözünür maddelerin %65'ini şeker oluşturmaktadır, suda çözünür diğer maddeler ise organik asitler, tuzlar, vitaminler, serbest amino

asitler ve diğer bazı maddelerdir (Demir. 2015). Depolama süresi boyunca brikste meydana gelen düşüş ürün içeriğindeki şekerlerin solunum ile kullanılmasıyla açıklanabilmektedir (Halloran vd., 1996)

Depolama sonunda P4°C ve K10°C ile diğer uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P≤0.05). Ambalajlı muhafazanın nem kaybını azaltarakta SÇKM'nin korunmasında etkili olduğu bilinmektedir (Sabır ve Ağar, 2008; Halloran vd. 1996).

pH

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının pH üzerine etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Aktif ambalajlama, depolama sıcaklığı ve süresinin pH değeri üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür (P>0.05). 4°C ve 10°C'de depolanan örneklerde depolama boyunca gerçekleşen değişim önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Depolama sonunda uygulamalar arasındaki farklar da önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Demir (2015) yaptığı çalışmada etilen tutucu içeren ve içermeyen aktif ve pasif MAP ile ambalajlanan kiraz domateslerin pH değerinde 28 günlük

depolama boyunca artış meydana geldiğini ve depolama sonunda 4.30 ile 4.50 arasında değiştiğini belirtmiştir. Daş vd. (2006) ise yaptığı çalışmada pH değerlerinin 3.0 ile 4.0 aralığında olduğunu ve depolama süresi boyunca inişler ve çıkışlar olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan

çalışmalara göre domateslerde pH'nın ürün çeşidine göre farklılık gösterdiği, MAP uygulamasının bazı çalışmalarda pH üzerine etkisinin olduğu bazılarında ise herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Gil vd., 2002; Daş vd., 2006).

Çizelge 3. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin suda çözünür kuru madde miktarına etkisi

Table 3. Effects of active packaging and storage temperature on water soluble dry matter of cherry tomatoes

	Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (% Briks)				
	Water Soluble Dry Matter (Brix%)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	5.90 ± 0.23Aa	5.00 ± 0.23ABCb	4.90 ± 0.32Abc	4.50 ± 0.24BCc	3.60 ± 0.20Bd
K4°C	5.90 ± 0.23Aa	5.30 ± 0.28Ab	4.80 ± 0.26Abc	5.10 ± 0.17Abc	3.90 ± 0.30BCd
P4°C	5.90 ± 0.23Aa	4.50 ± 0.45Cb	5.00 ± 0.41Ab	4.80 ± 0.40ABb	4.70 ± 0.27Ab
A10°C	5.90 ± 0.23Aa	5.20 ± 0.41ABb	5.10 ± 0.20Ab	3.90 ± 0.40Bc	3.30 ± 0.30BCd
K10°C	5.90 ± 0.23Aa	4.80 ± 0.46ABCb	4.40 ± 0.24	4.60 ± 0.17ABb	4.30 ± 0.08Abc
P10°C	5.90 ± 0.23Aa	4.70 ± 0.34BCb	4.30 ± 0.24Bc	4.10 ± 0.53CDc	3.80 ± 0.31Bc

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4 °C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE.

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*. There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day (P > 0.05). There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application (P > 0.05).

Çizelge 4. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin pH'sına etkisi

Table 4. Effects of active packaging and storage temperature on pH of cherry tomatoes

	pH				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	4.60 ± 0.02Aab	4.46 ± 0.05Cc	4.77 ± 0.3Aa	4.70 ± 0.07Bab	4.41 ± 0.13Abc
K4°C	4.60 ± 0.02Aab	4.55 ± 0.03Bbc	4.56 ± 0.02Bbc	4.69 ± 0.07Ba	4.57 ± 0.03Abc
P4°C	4.60 ± 0.02Aab	4.60 ± 0.10Aab	4.67 ± 0.09ABa	4.69 ± 0.08Ba	4.50 ± 0.09Ab
A10°C	4.60 ± 0.02Aab	4.64 ± 0.06Aab	4.65 ± 0.05ABab	4.69 ± 0.14Ba	4.56 ± 0.05Aab
K10°C	4.60 ± 0.02Aab	4.64 ± 0.03Aab	4.66 ± 0.02ABab	4.77 ± 0.06Aa	4.58 ± 0.12Aab
P10°C	4.60 ± 0.02Aab	4.61 ± 0.07Aab	4.73 ± 0.09Aa	4.74 ± 0.09Aa	4.54 ± 0.03Ab

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4 °C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE.

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*. There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day (P > 0.05). There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application (P > 0.05).

Titrasyon asitliği (%)

Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının titrasyon asitliği üzerine etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Yalnızca uygulama*sıcaklık etkileşiminin TA değeri üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir ($P \leq 0.05$). Tüm uygulamalarda depolama süresince başlangıç değerine kıyasla önemli bir değişim ortaya çıkmamıştır ($p > 0.05$). Etilen tutucu sistemlerin ve depolama sıcaklığının kiraz domateslerin titrasyon asitliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı

belirlenmiştir ($P > 0.05$). Ayrıca depolama sonunda uygulamalar arasında titrasyon asitliği açısından önemli bir fark olmadığı da görülmektedir ($P > 0.05$). Başlangıçta %0.67 olarak ölçülen TA değeri depolamanın sonunda tüm gruplarda %0.66-%0.70 aralığında ölçülmüştür. Solunum hızı ve etilen üretimi gibi 2 temel faktörün kontrol altına alınması, meyve ve sebzeler için kalite göstergesi olan renk, asitlik ve tekstür gibi temel kalite parametreleri de yakından etkilemektedir (Çavuşoğlu, 2014).

Çizelge 5. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin titrasyon asitliğine etkisi
Table 5. Effects of active packaging and storage temperature on titratable acidity of cherry tomatoes

	Titrasyon Asitliği (%Sitrik asit) Titratable acidity (citric acid %)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	0.67 ± 0.02Ab	0.76 ± 0.06Aa	0.43 ± 0.06ABc	0.40 ± 0.04Bc	0.70 ± 0.05Aab
K4°C	0.67 ± 0.02Aa	0.70 ± 0.05ABa	0.50 ± 0.02Ac	0.40 ± 0.02Bd	0.68 ± 0.06Aa
P4°C	0.67 ± 0.02Aab	0.69 ± 0.08ABa	0.39 ± 0.01Bd	0.46 ± 0.02Ac	0.72 ± 0.03Aa
A10°C	0.67 ± 0.02Ab	0.78 ± 0.06Aa	0.47 ± 0.06ABc	0.38 ± 0.07Bd	0.69 ± 0.07Ab
K10°C	0.67 ± 0.02Aa	0.63 ± 0.07Ba	0.43 ± 0.09ABb	0.36 ± 0.03Bbc	0.71 ± 0.04Aa
P10°C	0.67 ± 0.02Aa	0.72 ± 0.07Aa	0.41 ± 0.03Bc	0.40 ± 0.04Bc	0.66 ± 0.05Aa

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4 °C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE.

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P > 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P > 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*. There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day ($P > 0.05$). There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application ($P > 0.05$).

Likopen konsantrasyonu

Likopen domates ve benzeri ürünlere kırmızı rengini veren ve domateste yüksek miktarda bulunan karotenoidlerden biridir. Günümüzün önemli hastalığı olan kanserin ve kalp hastalıklarının azaltılmasında önemli rol oynadığı bildirilmektedir. Bu sebeplerden dolayı domateste likopenin korunması önemlidir (Ilahy vd., 2011; Demir, 2015). Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin likopen konsantrasyonu üzerine etkisi Çizelge 6'da gösterilmiştir. Depolama sıcaklığı ve süresinin likopen konsantrasyonu üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir ($P \leq 0.05$). Depolama sonunda en fazla likopen kaybı ambalajsız uygulamalarda gözlenmiştir. Atmosferik oksijen ile sürekli temas halinde bulunan ürünlerin

likopen konsantrasyonlarında azalma meydana gelmektedir (İzgi, 2012).. Modifiye atmosfer paketlenen likopen içeriğini koruduğu bilinmektedir (Oliveira-Bouzas vd., 2021). 4°C'de aktif ambalajlama ile modifiye atmosfer paketlenen (P4°C) birlikte kullanılması ürünün likopen içeriğine en olumlu etki eden ortamı oluşturmuştur. Nitekim bu grupta başlangıçta likopen miktarı 20.49 ppm iken depolamanın sonunda 20.77 ppm olmuştur. Etilen tutucu sistemlerin kullanımının likopen konsantrasyonunun korunmasında etkili olduğu görülmektedir. Diğer tüm uygulamalarda depolama süresince azalma meydana gelmiş ve bu azalmanın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Ambalajsız ürünlerde depolamanın başında 20.49 ppm olan likopen konsantrasyonu depolamanın

sonunda A4°C grubunda 15.46 ppm bulunurken, A10°C grubunda 13.71 ppm bulunmuştur. Katkısız LDPE grubu ambalajlarda, depolama sonunda K4°C grubunda 17.51 ppm bulunurken, K10°C grubunda 16.71 ppm bulunmuştur. Sonuç olarak tüm uygulamalarda 4°C'de depolanan örneklerin, 10°C'de depolanan örneklerle göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş ve depolama sıcaklığının likopen konsantrasyonu üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Likopen kaybı üzerine en önemli faktörlerin depolama sıcaklığı ve süresi ile oksijen ve ışık olduğu belirtilmiştir. Depolama süresi uzadıkça likopen kaybı artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda

yapılan depolama işlemlerinde likopen kayıplarının daha fazla olması beklenmektedir (İzgi, 2012).

Likopen domatese kırmızı rengini veren en önemli pigment olduğu için likopendeki değişim domatesin rengini de etkilemektedir. Bu durumda renk analiz sonuçları ve likopen analiz sonuçlarının paralellik göstermesi beklenmektedir. Nitekim aldığımız sonuçlardan P4°C grubunda depolama sonunda likopen miktarı aynı kaldığı gibi a* değerinde de istatistiki olarak önemli farklılık gözlenmemiştir.

Çizelge 6. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin likopen konsantrasyonuna etkisi

Table 6. Effects of active packaging and storage temperature on lycopene concentration of cherry tomatoes

	Likopen Konsantrasyonu (ppm) Lycopene Concentration (ppm)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	20.49 ± 5.67Aa	17.82 ± 2.94Bb	16.10 ± 2.95Bbc	15.53 ± 2.58Cc	15.46 ± 4.03Cc
K4°C	20.49 ± 5.67Aa	18.82 ± 1.39ABb	16.77 ± 2.43Bc	18.91 ± 3.94Ab	17.51 ± 2.44Bbc
P4°C	20.49 ± 5.67Aa	19.42 ± 1.29Aa	17.70 ± 3.84Ab	18.12 ± 2.17Ab	20.77 ± 1.17Aa
A10°C	20.49 ± 5.67Aa	19.61 ± 2.25Aa	17.09 ± 2.85Bb	16.50 ± 0.71Bb	13.71 ± 2.11Dc
K10°C	20.49 ± 5.67Aa	18.56 ± 2.98ABb	18.15 ± 3.88Ab	17.25 ± 3.74Bb	16.71 ± 0.75BCc
P10°C	20.49 ± 5.67Aa	17.69 ± 3.66Bb	17.61 ± 3.48Ab	17.45 ± 2.32Bb	16.74 ± 0.52BCb

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4°C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE.

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P > 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P > 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*.

There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day ($P > 0.05$).

There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application ($P > 0.05$).

Duyusal Değerlendirme

Aktif ambalajlamanın ve farklı depolama sıcaklıklarının kiraz tipi domateslerin duyuşal özelliklerine etkisi Çizelge 7'de verilmiştir. Kiraz domateste duyuşal nitelikler olarak kabuk rengi, tekstür, tat ve genel ürün beğenisi değerlendirilmiştir. Domates kabuk renginde tüm gruplarda depolama boyunca azalma meydana gelmiştir. 4°C'de depolanan etilen tutucu içeren ambalajda (P4°C) depolama boyunca domates kabul edilebilir bulunmuştur. Ambalajsız ürünlerin kabul edilebilirliği 4°C'de 8. günle sınırlı kalırken, 10°C'de 16 gündür. K4°C grubu ise 24.

günde kabul edilebilir bulunmuştur. Depolama sonunda 4°C'de etilen tutucu içeren grup renk açısından kabul edilebilirken, kontrol grupları ve ambalajsız gruplar kabul edilebilir bulunmamıştır. Renk analizi de duyuşal analizi desteklemekte olup 32. günde L* değeri en yüksek uygulama P4°C olmuştur. Depolama sıcaklığının ve aktif ambalajlamanın kabuk rengi üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

Tekstür değerlendirmesinde ise depolama sonunda tüm gruplar kabul edilebilirlik sınırının altında kalmıştır. 24. günde P4°C ve K4°C kabul

edilebilir bulunmuş, diğer grupların kabul edilebilirliği 16. günle sınırlı kalmıştır. Tekstür analizi sonuçları da bu sonuçlarla paralellik göstermektedir. P4°C uygulaması hariç diğer uygulamalarda 16. günden itibaren yumuşama meydana gelmiştir. Depolama sıcaklığının ve aktif ambalajlamanın sertlik üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

Kiraz domateslerin tat değerlendirmesinde depolamanın sonunda sadece P4°C grubu kabul edilebilir bulunurken diğer gruplarda 32. günde tadım yapılamamıştır. A4°C ve P10°C grubunun kabul edilebilirliği 8. günle sınırlı kalırken. A10°C ve K10°C grupları 16. günle sınırlı kalmıştır. K4°C ise 24. gün kabul edilebilir olmasına rağmen 32. günde tadım yapılamaz duruma gelmiştir. P10°C grubundaki örneklerde depolamanın 24. gününde meydana gelen ve gözle görünür mikrobiyal gelişim (küf gelişimi) nedeniyle tadım yapılamamıştır. Depolama sıcaklığının ve aktif ambalajlamanın tat üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

Genel ürün beğenisi açısından depolama sonunda kabul edilebilir bulunan domates grubu P4°C olmuştur. Depolama sonunda diğer grupların sınırın altında kalması ürün yüzeyinde meydana gelen görünür mikrobiyal gelişim ile ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak zeolit içeren LDPE ambalajdaki domates 4°C'de tüm duyuşal nitelikler ve genel ürün beğenisi açısından 32 günlük depolama süresince kabul edilebilir bulunmuştur.

Domateste referans sıcaklık 10-12°C olarak önerilmesine rağmen (Oliveira-Bouzas vd., 2021) tüm duyuşal kriterlerde 4°C'de daha iyi sonuçlar alınmıştır. Yapılan diğer analizler de bu durumu desteklemektedir. 4°C'de ürün solunum hızının yavaş olması, etilen üretiminin düşük olması ve tepe boşluğu O₂ konsantrasyonunun denge atmosfer oluşturması sebebiyle 4°C'de duyuşal açıdan ve diğer kalite parametreleri açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7. Aktif ambalajlamanın ve depolama sıcaklığının kiraz domatesin duyuşal özelliklerine etkisi
Table 7. Effects of active packaging and storage temperature on sensory attributes and overall product acceptability

	Renk (Color)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	2.50±0.45Bb	2.00±1.10Bb	1.00±0.32Bc
K4°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	4.30±0.34Aa	3.50±0.55Ab	1.00±0.22Bc
P4°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	4.75±0.22Aa	3.50±0.53Ab	3.00±0.44Ab
A10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	4.50±0.33Aa	1.00±0.87Cb	1.00±0.38Bb
K10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.00±0.78Bb	1.00±0.33Cc	1.00±0.14Bc
P10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.00±0.66Bb	1.25±0.45Cc	1.00±0.13Bc
	Tekstür (Texture)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	5.00±0.0Aa	4.50±0.24Aa	3.50±0.13Abb	2.00±0.55Bc	1.00±0.14Bd
K4°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.14Aa	4.00±0.35Aab	3.00±0.40Ab	1.25±0.23Bc
P4°C	5.00±0.0Aa	4.50±0.26Aa	4.25±0.31Aa	3.00±0.42Ab	2.75±0.32Ab
A10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	4.25±0.40Ab	1.00±0.33Cc	1.00±0.43Bc
K10°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.15Aa	3.25±0.30Bb	1.00±0.20Cc	1.00±0.38Bc
P10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.50±0.40ABb	1.00±0.22Cc	1.00±0.14Bc
	Tat (Taste)				
	0.gün Day 0	8.gün Day 8	16.gün Day 16	24.gün Day 24	32.gün Day 32
A4°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.20Aa	2.75±0.54Bb	2.00±0.48Bb	T.Y
K4°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.20Aa	3.75±0.58ABa	3.00±0.50Ab	T.Y
P4°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.22Aa	4.50±0.33Aa	3.00±0.44Ab	3.00±0.48Ab
A10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.25±0.40Bb	T.Y*	T.Y
K10°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.16Aa	3.00±0.50Bb	1.00±0.22Cc	T.Y
P10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	2.75±0.64Bb	T.Y	T.Y

Domateste etilen tutucu içeren aktif ambalajlama uygulaması

Genel Ürün Beğenisi (Overall Product Acceptability)					
A4°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.00±0.58Bb	2.00±1.15Bc	1.00±0.22Bc
K4°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.75±0.44ABb	3.00±0.57Ab	1.00±0.26Bc
P4°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.19Aa	4.50±0.25Aa	3.25±0.34Ab	3.00±0.45Ab
A10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.50±0.47ABb	1.00±0.33Cc	1.00±0.33Bc
K10°C	5.00±0.0Aa	4.75±0.22Aa	3.00±0.35Bb	1.00±0.55Cc	1.00±0.47Bc
P10°C	5.00±0.0Aa	5.00±0.0Aa	3.25±0.57Bb	1.50±0.75BCc	1.00±0.18Bc

A4°C: 4°C'de ambalajsız, K4°C: 4°C'de katkısız LDPE, P4°C: 4°C'de etilen tutucu içeren LDPE, A10°C: 10°C'de ambalajsız, K10°C: 10°C'de katkısız LDPE, P10°C: 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE.

TY: Tadım yapılmadı.

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

A4°C: *unpacked at 4°C*, A10°C: *unpacked at 10°C*, K4°C: *control LDPE without additive at 4°C*, K10°C: *control LDPE without additive at 10°C*, P4°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 4°C*, P10°C: *active LDPE with ethylene scavenger at 10°C*. There is no statistical difference between applications with the same capital letter in the same column on a given storage day ($P > 0.05$). There is no statistical difference between the storage times with the same lowercase letter in the same line for a given application ($P > 0.05$).

SONUÇ

Kiraz domateste elde edilen veriler dikkate alındığında en etkili uygulamanın 4°C'de depolanan ve etilen tutucu içeren aktif ambalaj olduğu görülmektedir. Bu grupta etilen tutucunun varlığı, 4°C'de solunum hızının düşük olması ve malzemenin oksijen geçirgenliğinin yüksek olması sebebiyle tepe boşluğu oksijen oranı depolama boyunca kritik seviye olan %2'nin altına inmemiştir. 10°C'de depolanan ve etilen tutucu içeren uygulamada (P10°C) ise düşük soğuk zararına rağmen, solunum hızının yüksek olması sebebiyle olgunlaşma geciktirilememiş ve buna bağlı olarak denge atmosfer oluşturulamamıştır. Ayrıca 10°C'de depolanan domateste yumuşamanın daha fazla olması kalitenin olumsuz etkilendiğinin göstergesidir. Etilen tutucu içermeyen katkısız PE ile ambalajlanan gruplarda ise etilen tutucunun olmaması sebebiyle etilen konsantrasyonu yükselmiş ve ürün kalitesini olumsuz etkilemiştir. Bu sonuçlar ışığında, 4°C ve 10°C'de ambalajsız ve etilen tutucu içermeyen LDPE ile ambalajlanan kiraz domateslerin raf ömrü en az 16 gün olarak belirlenirken, 10°C'de etilen tutucu içeren LDPE ambalajdaki domateslerin raf ömrü en az 24 gün, 4°C'de etilen tutucu içeren LDPE ambalajdaki domateslerin raf ömrü ise en az 32 gün olarak tespit edilmiştir. Domates ülkemizde genellikle ambalajsız satılan bir üründür. Yaptığımız çalışmada da görüldüğü gibi ambalajsız ürünlerde yüksek düzeylerde kütle kaybı meydana gelmiştir ve ürünlerin raf ömrünün kılmasına yol açmıştır. Etilen tutucu içeren

LDPE ambalaj malzemesi kullanılarak kiraz domatesin raf ömrü 4°C'de 16 günden 32 güne kadar uzatılmıştır. Ambalajsız ürünlerle kıyaslayacak olursak, kiraz domatesin raf ömründe %100 artış sağlanmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKISI

Tuncay Tribolulu: Deneysel tasarım, formal analizler, taslak metnin yazımı
Zehra Ayhan: Hipotezin kurulumu, deneysel tasarım, taslak ve orijinal metnin yazımı ve revizyonu. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

Arndt, G. W. (2001). Examination of flexible package for integrity. In: *Bacteriological Analytical Manual*, G.J. Jackson, R.I. Merker, R. Bander (Eds.) (8th Edition.). AOAC International, Gaithersburg, MD.

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. 18th Edition Arlington, Virginia, USA. Ayhan, Z. (2010). Application of modified atmosphere packaging with new concepts for respiring foods. *Acta Horticulturae*, 876,137-142.

Ayhan, Z. (2019). Packaging and the shelf life of fruits and vegetables. *Reference Module in Food Sciences*. Elsevier., pp. 1–5. doi:

- Batu, A. (1999). Domatesin solunum hızı üzerine ortam sıcaklığı ve hasat olgunluğunun etkileri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 473-481.
- Charles, F., Sanchez, J., Gontard, N. (2004). Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 72: 1-7.
- Choi, D.S., Park, S.H., Choi, S.R., Kim, J.S., Chun, H.H. (2014). The combined effects of ultraviolet-C irradiation and modified atmosphere packaging for inactivating *Salmonella Enterica Serovar Typhimurium* and extending the shelf life of cherry tomatoes during cold storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 3: 19-30.
- Çavuşoğlu, G. (2014). Farklı doz ozon gazı uygulamalarının hasat sonrası soğukta saklama sırasında brokoli, hıyar ve domates kalitesi üzerindeki etkisinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.
- Daş, E., Gürakan, C., Bayındırlı, A. (2006). Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella Enteritidis* on cherry tomatoes. *Food Microbiology*, 23(5): 430-438.
- Demir, S.S. (2015). Modifiye atmosferde paketlenen Tyty F1 kokteyl domatesinin kalite ve raf ömrü üzerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, Türkiye.
- Fagundes, C., Moraes, K., Gago, M.B., Palou, L., Maraschin, M., Monteiro, M.M. (2015). Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 109: 73-81.
- Fahmy, K., Nakano, K. (2014). Optimal design of modified atmosphere packaging for alleviating chilling injury in cucumber fruit. *Environmental Control in Biology*, 52(4): 233-240.
- Farber, J.M., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garret, E.H., Busta, F.F. (2003). Microbiological safety of controlled atmosphere and modified atmosphere packaging and fresh cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2:142-160.
- Gil, M. I., Conesa, M. A., Artes, F., (2002). Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 25 (2): 199-207.
- Guine, R., Henrique, F., Barroca, M. (2014). Influence of drying treatments on the physical and chemical properties of cucumber. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8: 195-206.
- Halloran, N., Çağırın, R., Kasım, M.U. (1996). Sebzelelerde hasat sonrası üşüme zararı. *Gıda*, 21(5): 359-366.
- İlahy, R., Hdider, C., Menucci, M.S., Tlili, I., Dalessandro, G. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 588-595.
- İzgi, C. (2012). Farklı kurutma metodlarının domatesteki likopen miktarına etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ, Türkiye.
- Kadalkal, Ç., Artık, N., Nas, S. (2001). Domates doku ve küf karakteristikleri, domates ürünlerinde küf sayımı ve küfü azaltma olanakları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2): 251-260.
- Kasım, R., Kasım, M.U. (2007). Sebzelelerde etilenin önemi ve 1-metilsiklopropan (1-MCP)'in kullanımı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 227-231.
- Küşümler A. (2011). Ultraviyole (UV-C) ışını uygulamasının patlıcan ve hıyarlarda soğuk zararlanması üzerine etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. İstanbul, Türkiye.
- Li, J., Yang, S., Wang, Q., Li, Y., Wang, Q. (2014). Effects of ionized air treatments on postharvest physiology and quality of fresh cucumber. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38: 271-277.

- Maleki, G., Sedagat, N., Woltering, E., Farhoodi M., Muhebbi, M. (2018). Chitosan limonene coating in combination with modified atmosphere packaging preserve postharvest quality of cucumber during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 1610-1621. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9776-6>.
- Sabır, F., Ağar, İ. (2008). Modifiye atmosferde muhafazanın çengelköy hıyar çeşidinde meyve kalitesi üzerine etkileri. *Alatırım Dergisi*, 7(1): 29-35.
- Sezer, E., Ayhan, Z., Çelikkol, T., Güner, F. (2017). Zeolit katkılı aktif polietilen ambalaj malzemesinin kivi meyvesinin kalite özellikleri ve raf ömrüne etkisi. *Gıda Dergisi*, 42(3): 277-286.
- Sezer, E., Ayhan, Z. (2017). Meyve ve sebzelerde etilen tutucu içeren aktif ambalajlama sistemlerinin uygulanması ve raf ömrüne etkisi. *Akademik Gıda*, 15(2): 182-191.
- Sousa A.R., Oliviera, J.C., Gallagher, M.J. (2017). Determination of the respiration rate parameters of cherry tomatoes and their joint confidence regions using closed systems. *Journal of Food Engineering*, 206: 13-22.
- Şen, F., Teksür, P., Türk B. (2016). Perakende modifiye atmosfer ambalajlarının kiraz meyvelerinin depo ve raf ömrüne etkilerinin araştırılması. VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu 1: 100-104.
- Tian, S., Jiang, A., Xu, Y., Wang, Y. (2004). Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food Chemistry*, 87: 43-49.
- Tzeng, JH, Weng, CH, Huang, JW, Shiesh, CC, Lin, YH, Lin, YT. (2019). Application of palladium-modified zeolite for prolonging postharvest shelf life of banana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 3467-3474.
- Olveira-Bouzas, V., Pita-Calvo, C., Vazquez-Oderiz, M, L, Romero-Rodríguez, M.A. (2021) Evaluation of a modified atmosphere packaging system in pallets to extend the shelf-life of the stored tomato at cooling temperature. *Food Chemistry*, 364 (2021) 130309.
- Yildirim, S., Röcker, B, Pettersen, M.K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusine, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V. (2018). Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17: 165-199.