

Keten Tohumu Yağı ile Zenginleştirilmiş Yenilebilir Kaplamanın Camarosa Çilek Çeşidinin Meyvelerinin Soğukta Muhafazası Üzerine Etkileri

İbrahim KAHRAMANOĞLU^{1*}, Serhat USANMAZ¹

¹Lefke Avrupa Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Gemikonağı, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author
E-mail: ikahramanoglu@eul.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 18.09.2022
Kabul Tarihi/Accepted: 18.11.2022

ÖZ

Bu çalışma, keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamanın Camarosa çeşidi çilek meyvelerinin muhafazası üzerine etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Camarosa çeşidine ait çilek meyveleri üç farklı uygulamaya tabi tutulduktan sonra 15 gün süre ile $4,0 \pm 1,0$ °C sıcaklık ve %90-95 nisbi nem koşullarında muhafaza edilmiştir. Bu çalışmada test edilen uygulamalar şöyledir: kontrol amaçlı sadece saf su (KNT), yenilebilir kaplama (YK) ve keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamadır (KTYK). Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş, her tekerrürde ise 6'şar meyveye yer verilmiştir. Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgular, hem YK hem de KTYK uygulamalarının, çilek meyvelerinin hasat sonrası kalite parametrelerinin korunması ve meyvelerin muhafaza süresinin uzatılması üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, 15 günlük muhafaza süresi sonunda kontrol meyvelerinde %12,40'a kadar çıkan ağırlık kaybı, YK uygulamasında %9,31, KTYK uygulamasında ise %6,74 olarak belirlenmiştir. Her iki uygulama da benzer şekilde, hastalık şiddeti ve kimyasal bozulmayı önlemiş, meyvelerin solunum hızını azaltmış, meyve sertliği, suda çözünebilir kuru madde miktarı, askorbik asit ve titredilebilir asitliğin korunması üzerinde de olumlu etkileri olmuştur. Sonuç olarak, herhangi bir uygulama yapılmadan sadece 6 gün muhafaza edilebilen Camarosa çeşidi meyvelerin yenilebilir kaplama uygulanarak ortalama 9 gün, keten tohumu yağı ile zenginleştirilen yenilebilir kaplama uygulanarak ise ortalama 12 güne kadar muhafaza edilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağırlık kaybı, Hastalık şiddeti, Kimyasal bozulma, Solunum hızı, Suda çözünebilir kuru madde miktarı, Yenilebilir film kaplama

Effects of Flaxseed Oil Enriched Edible Coating on the Cold Storage of Strawberry cv. Camarosa Fruit

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of edible coating enriched with flaxseed oil on the preservation of Camarosa variety strawberry fruits. For this purpose, strawberry fruits of the Camarosa variety were kept in cold rooms at 4.0 ± 1.0 °C and 90-95% relative humidity for 15 days after being subjected to three treatments. The treatments of the present study are pure water only (CNT), edible coating (YK) and flaxseed oil-enriched edible layer (KTYK). Experiments were set up with three replications according to the randomised complete block design, and six fruits were included in each image. The present study revealed that both YK and KTYK applications positively affect the postharvest quality parameters of strawberry fruits and prolong the storage period of the fruits. For example, at the end of the 15-day storage period, the weight loss reached 12.40% in the control fruits, which was noted as 9.31% in the YK application and only 6.74% in the KTYK application. Both treatments similarly prevented disease severity and chemical deterioration, decreased fruit respiration rate, and positively affected fruit hardness, water-soluble dry matter content, ascorbic acid and preservation of titratable acidity. As a result, it was determined that the fruits of the Camarosa variety, which can be stored for only six days without any application, can be preserved for an average of 9 days by applying the edible coating and up to 12 days by using an edible layer enriched with flaxseed oil.

Keywords: Weight loss, Disease severity, Chemical deterioration, Respiration rate, Soluble solids concentration, Edible coatings

Cite as;

Kahramanoglu, İ., Usanmaz, S. (2022). Keten Tohumu Yağı ile Zenginleştirilmiş Yenilebilir Kaplamanın Camarosa Çilek Çeşidinin Meyvelerinin Soğukta Muhafazası Üzerine Etkileri, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 91-98. Doi: 10.53501/rteufemud.1175629
Orcid ID: İ.Kahramanoglu, 0000-0002-6074-6395; S.Usanmaz, 0000-0002-4875-0623

1. Giriş

Çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.) meyveleri, eşsiz lezzetlerinin yanı sıra insan sağlığına yararlı olduğu çeşitli bilimsel çalışmalarla kanıtlanmış yüksek fitokimyasal içerikleri sayesinde tüketiciler tarafından şiddetle tercih edilen meyvelerden biridir. Çilek meyvelerinin içerdiği yüksek fitokimyasallar ve fenolik bileşiklerin meyvelere kattığı önemli faydaların başında antioksidan, anti-kanserojen ve anti-iltihap özellikleri gelmektedir (Seeram vd., 2006; Oszmianski ve Wojdylo, 2009). Klimakterik olmayan meyveler grubunda yer alan çilek meyveleri hasattan sonra olgunlaşmazlar ve bu nedenle de en doğru yeme olgunluğunda hasat edilmeleri gerekir (Kader, 1991; Cordenunsi vd., 2005). Bunun yanında çilek meyveleri fiziksel özellikleri ve yüksek solunum hızları nedeniyle muhafaza koşullarına karşı çok hassas olup, muhafaza ömürleri çok kısadır (2-5 gün). Çilek meyveleri ayrıca patojen enfeksiyonlarına (özellikle kurşuni küf: *Botrytis cinerea*) ve mekanik yaralanmalara karşı hassastır (Chandra vd., 2015; Caleb vd., 2016). Çilek muhafazası için önerilen sıcaklıklar 0-4 °C olup, meyvelerin olabildiğince en kısa sürede bu sıcaklıklara soğutulması iyi bir muhafaza için tavsiye edilmektedir (Watkins ve Nock, 2012). Bunun yanı sıra, hastalık kontrolünde fungusit kullanımı da hasat sonrası meyve kalitesinin korunmasında önemli bir uygulamadır. Ancak son yıllarda gelişen tüketici bilinci, tarımsal kimyasalların aşırı ve yanlış uygulanması sonucu çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin görülmesi ve güvenli gıdaya olan talebin artması ile birlikte fungusitler dahil tarımsal kimyasalların kabul edilebilirliği azalmaktadır (Koch vd., 2017).

Düşük sıcaklıklarda yapılan muhafazasının yanı sıra, meyvelerin solunum hızlarını düşürecek modifiye atmosfer paketlenme, yenilebilir film/kaplama ve benzeri uygulamaların çilek meyvelerinin muhafaza ömrünü uzattığı ve muhafaza kalitesini koruduğu bildirilmektedir (Ventura-Aguilar vd., 2018; Pavinatto vd., 2020; Khodaei vd., 2021; Quintana vd., 2021). Ancak doğadaki kalıcılıkları yüksek olan plastik

ambalajlar ile yapılan kaplamalar son yıllarda kabul edilebilirliğini kaybetmeye başlamıştır (Ferreira vd., 2016). Öte yandan, bitkisel ve/veya hayvansal kökenli doğal polimerler (proteinler, polisakkaritler ve lipidler) ile bitkisel kökenli ikincil metabolitlerden (yani uçucu yağlar) türetilen yenilebilir film ve kaplamaların meyve depolamada çok önemli bir role sahip olduğu bildirilmiştir (Chen vd., 2019; Riva vd., 2020). Bu malzemeler çevre dostudur ve biyolojik olarak parçalanabilirliği yüksektir (Nor ve Ding, 2020). Bunların doğru kullanımının insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisi olmayabilir. Yenilebilir film/kaplama ve uçucu yağ uygulamaları ayrı ayrı uygulandıkları zaman meyvelerde terleme ve solunumu azaltarak meyvelerin hasat sonrası kalitesinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Riva vd., 2020; Kahramanoğlu, 2019). Hayvanlardan (kitin ve kitosan) veya bitkilerden (selüloz, pektin, sakız polimerleri, nişasta, Aloe vera vb.) elde edilen polisakkaritler, glikosidik bağlara sahip kompleks karbonhidratlar olup, doğada bol miktarlarda bulunurlar (Thakur ve Thakur, 2016). Polisakkarit bazlı malzemeler, yenilebilir filmler / kaplamalar, oksijen ve karbondioksit karşı iyi bir bariyer sağlar, ancak hidrofilik özelliklerinden dolayı su buharını kontrol etme yeteneği düşüktür (Rhim vd., 2013). Bitkisel polisakkaritler arasında nişasta en çok kullanılan yenilebilir film materyallerinden biridir. Yüksek hidrofilik özelliğe ve düşük esnekliğe sahip (Ortega-Toro vd., 2015) olan nişasta ile yapılan kaplamalarda esnekliği artırmak için gliserol ve sorbitol gibi plastikleştiriciler yaygın olarak kullanılmaktadır (Müller vd., 2008). Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen bu çalışma ile mısır nişastası ve gliserol ile yapılan yenilebilir kaplamanın tek başına ve keten tohumu yağı ile zenginleştirilerek kullanımının çilek meyvelerinin hasat sonrası muhafaza kalitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada Camarosa çeşidine ait çilek meyveleri kullanılmıştır. Çilek meyveleri 12 Mart

2021 tarihinde, ticari bir çilek işletmesinden, yeme olgunluğuna gelen meyvelerin elle hasat edilmesi ile yapılmıştır. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin Yeşilirmak köyünden, sabah saatlerinde hasat edilen meyveler 30 dk içerisinde Güzelyurt'ta bulunan Lefke Avrupa Üniversitesi'ne ait Araştırma ve Uygulama Çiftliği laboratuvarlarına taşınmıştır. Bu çalışmada, ilerleyen bölümlerde yapılışı anlatılan yenilebilir kaplamaların yapımında kullanılan mısır nişastası bölge marketlerinden, gliserol ve soğuk sıkım keten tohumu yağı (%100) ise eczaneden satın alınmıştır.

2.2. Deneme Metodu

Bu çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 uygulama ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 6 adet meyveye yer verilmiş olup, denemeler 15 gün boyunca devam edecek ve her 3 günde bir meyvelerin kalite parametreleri ölçülecek şekilde planlama yapılmıştır. Buna göre her bir uygulama için 90 meyve ayrılmıştır (5 farklı ölçüm tarihi ve her ölçümde 18 adet meyve ölçümü; $5 \times 18 = 90$ meyve). Bu çalışmada test edilen uygulamalar şöyledir: kontrol amaçlı sadece saf su uygulaması (KNT), yenilebilir kaplama (YK) ve keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamadır (KTYK). Yenilebilir kaplamanın hazırlanışı benzer araştırmalarda kullanılan yöntemler doğrultusunda belirlenmiştir. Kullanılan yöntem şöyledir: Mısır nişastası (%2 w/v) ve gliserol (%0,5 w/v) saf su (2 L) içerisinde karıştırılarak 90-95 °C'ye kadar ısıtılmış ve 30 dk süre ile bu sıcaklık aralığında tutularak karıştırılmıştır. Hazırlanan kaplama oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuş ve 2 saat daha bekletilerek meyvelere uygulanmıştır (Das vd., 2013; Cano vd., 2015; Sapper vd., 2019). Keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamanın hazırlanışında, yukarıda anlatılan yenilebilir kaplama yöntemi kullanılmış, ancak bu kez mısır nişastası ve gliserol ile birlikte, %70 etil alkolde (2:1) çözülmüş keten tohumu yağı (%0,5) da kullanılmıştır (Kahramanoglu, 2019; Sapper vd., 2019). Her iki yenilebilir kaplama ve kontrol amaçlı saf su uygulaması aynı

şekilde, meyvelerin hazırlanan solusyonlar içerisine batırılıp 60 sn süre ile bekletilmesi şeklinde yapılmıştır. Meyveler daha sonra, 30 dk süre ile açıkta kurumaya bırakılmış, sonrasında ise ilk ağırlıkları alınmış ve hemen akabinde muhafaza koşullarına ($4,0 \pm 1,0$ °C sıcaklık ve %90-95 nisbi nem) alınmıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi, 3'er günlük aralıklar ile her uygulamadan 3 tekerrür (toplam 18 meyve) muhafaza ortamında dışarıya alınmış ve aşağıdaki fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri ölçülmüştür. Her tekerrüre ait 6 adet meyve, tek sıra şeklinde 172mm x 152mm x 80mm ebatlarındaki kapaklı PET plastik ambalajlar içerisinde muhafaza edilmiştir. Dolayısı ile her bir ölçüm tarihinde, her bir uygulamadan toplam 3 tekerrüre ait 18 adet meyve üzerinden ölçümler yapılmıştır.

2.3. Veri Toplama Metodu

Belirtilen ölçüm tarihlerinde (3, 6, 9, 12 ve 15'inci günler), muhafaza koşullarından çıkarılan meyvelerin ilk olarak yeni ağırlıkları ölçülmüştür. Bu yeni ağırlıklar ilk ağırlıklarına oranlanarak her bir meyvenin ağırlık kaybı yüzde olarak belirlenmiştir. Meyve ağırlıklarının ölçülmesinde $\pm 0,01$ g hassasiyette dijital terazi kullanılmıştır. Daha sonra meyveler üzerindeki hastalık şiddeti Romanazzi vd. (2013)'nin bildirdiği şekilde (0-5) skalasına göre yapılmıştır. Bu skalaya göre 0: küflenme olmayan sağlıklı meyveleri; 1: %1-20 çürüme; 2: %21-40 çürüme; 3: %41-60 çürüme; 4: %61-80 çürüme ve 5: %81-100 çürümeyi ifade etmektedir. Meyvelerdeki kimyasal bozulma ise Rux vd. (2017)'nin bildirdiği 1-5 skalasına göre yapılmıştır. Bu skalada 5: kimyasal bozulma olmayan sağlıklı meyveleri, 4: %1-25% bozulmayı, 3: %26-50 bozulmayı, 2: %51-75 bozulmayı ve 1 ise %76-100 bozulmayı ifade etmektedir.

Daha sonra meyvelerin solunum hızı, her bir tekerrür için Fonseca vd. (2002)'nin bildirdiği metot doğrultusunda sızdırmaz kap (500 ml toplam hacimli) kullanılarak ve meyvelerin ürettiği karbondioksit (CO₂) miktarı ölçülerek, 1 kg meyvenin 1 saatte ürettiği CO₂ olarak (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) hesaplanmıştır. Solunum hızı

ölçümlerinde tekerrürlere ait 6 meyve birlikte kaplara alınmış ve ölçümler 6'şar meyve için yapılmıştır. Meyve sertliği (kg cm^{-2}) her bir meyve için, el penetrometresi (silindirik sonda: 2 mm çapında) ile belirlenmiştir. Meyve sertliğini ölçmek için her meyvenin dört farklı konumu (ekvator bölgesi çevresinde) kullanılmıştır. Meyvelerin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı el refraktometresi yardımı ile, her tekerrürden 2 adet meyvenin rasgele seçilip ölçülmesi ile % brix olarak belirlenmiştir. Meyvelerin askorbik asit (AA: $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) miktarı iyot çözeltisi ile titre edilerek (Skinner, 1997), titre edilebilir asitlik (TA) ise AOAC (1990) tarafından bildirilen prosedür ve formüle göre ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sitrik asit) belirlenmiştir.

2.4. Veri Analizleri

Her bir muhafaza süresinde ölçülen parametrelere ait ham veriler Microsoft Excel yardımı ile özetlenmiş, ortalama ve standart sapmalar hesaplanmıştır. Daha sonra bu ham veriler, her bir ölçüm dönemi için SPSS 22.0 yardımı ile Varyans Analizi'ne tabi tutulmuş ve uygulamalar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık belirlenmesi durumunda, bu anlamlı farklılığın netleştirilmesi için %5 önem düzeyinde Tukey testi yapılmıştır.

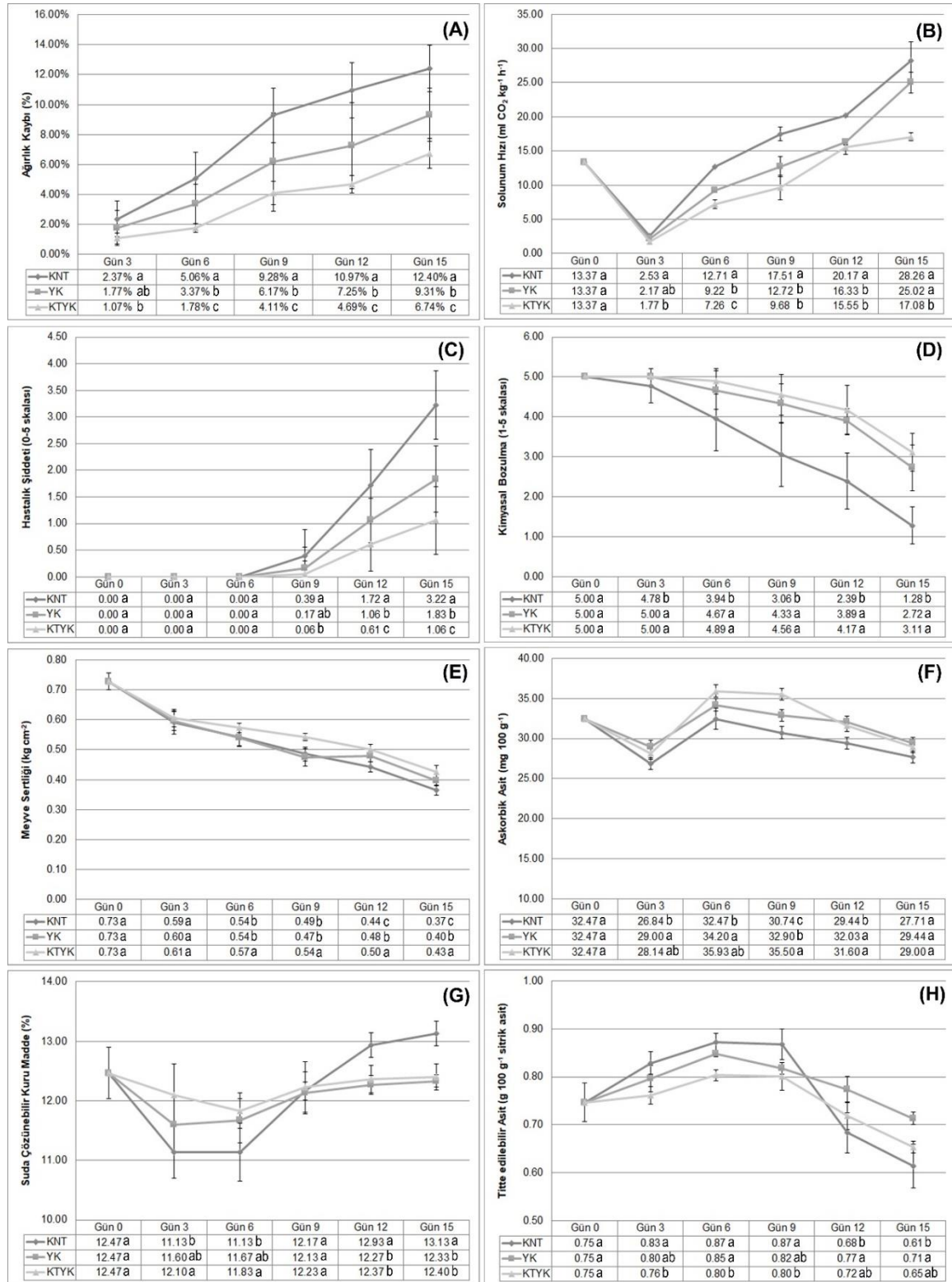
3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonuçları yenilebilir kaplama (YK) ve keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplama (KTYK) uygulamalarının her ikisinin de çilek meyvelerinin muhafaza süresince ağırlığının korunmasına ve ağırlık kaybının önlenmesine yardımcı olduğunu göstermiştir (Şekil 1a). Bu bilgiler ışığında, herhangi bir uygulamaya maruz bırakılmayan çilek meyvelerindeki ağırlık kaybının 15 günlük muhafaza süresi sonunda %12,40, KTYK uygulanan meyvelerde ise sadece %6,74 olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Ventura-Aguilar vd. (2018)'nin kitosan bazlı yenilebilir kaplama uygulamasının çilek meyvelerinin ağırlık kaybını önlediğini bildirdiği sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde Petriccione vd. (2015) %2 kitosan bazlı yenilebilir kaplama uygulanan meyvelerin

ağırlık kaybının azaldığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Khalifa vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada yine kitosan bazlı yenilebilir kaplama uygulamasının başarılı olduğu bildirilirken, bu çalışmada bildirilen ve limon otu yağı ile desteklenen yenilebilir kaplama uygulamalarından elde edilen daha yüksek başarı, mevcut çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Bu çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de, çilek meyvelerinin soğuk havaya alınmaları ile birlikte solunum hızlarının ilk başlarda düştüğü, sonrasında ise sürekli olarak artan bir eğilime sahip olduğu yönündedir (Şekil 1b). Elde edilen bu sonuçlar Ventura-Aguilar vd. (2018)'nin sonuçları ile benzerlik göstermekle birlikte, YK ve KTYK uygulamalarında elde edilen daha düşük solunum hızı, bu uygulamaların meyvelerin kalite parametreleri üzerinde olumlu etkisinin bir diğer göstergesi olarak kabul edilebilir. Muhafaza süresi boyunca (3'üncü günden itibaren) en düşük solunum hızı KTYK uygulanan meyvelerden elde edilmiştir.

Bu çalışmanın en önemli sonuçlarından birisi de meyvelerin hastalık şiddetinin önlenmesi üzerinde olmuştur (Şekil 1c). Buna göre kontrol meyvelerinde 6'ncı günden başlayarak hastalık gözlenmeye başlamış ve 15 günlük muhafaza süresi sonunda hastalık şiddeti 0-5 skalasına göre 3,22 olarak belirlenmiştir. Buna karşın, YK ve KTYK uygulamalarında hastalık şiddeti 15 günlük muhafaza süresi sonunda 1,83 ve 1,06 olarak belirlenmiştir. Güncel bilgilerimiz ışığında, keten tohumu yağı için elde edilen bu sonuçlar literatür için yeni olmakla birlikte yenilebilir kaplama uygulamasının benzer etkileri çok sayıda çalışma ile benzerlik göstermektedir (Ventura-Aguilar vd., 2018; Pavinatto vd., 2020; Khodaei vd., 2021; Quintana vd., 2021). Bu sonuçlar ayrıca tarçın yağı ile desteklenmiş yenilebilir kaplama uygulanan çilek meyvelerinin (Tajkarimi vd., 2010) ve limon otu yağı uygulanan çilek meyvelerindeki (Kahramanoğlu, 2019) hastalık şiddetinin azaldığını bildiren çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 1. Yenilebilir kaplama (YK) ve keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş kaplamanın (KTYK) çilek meyvesi (a) ağırlık kaybı, (b) solunum hızı, (c) hastalık şiddeti, (d) kimyasal bozulma, (e) meyve sertliği, (f) askorbik asit, (g) suda çözünebilir kuru madde miktarı ve (h) titre edilebilir asit parametreleri üzerine etkisinin muhafaza süresindeki değişimi. (Aynı ölçüm günündeki ortalama değerlerin sağ yanında aynı harf veya harflerin bulunması, bu değerler arasında Tukey testi %5 önem düzeyine göre anlamlı bir farklılık olmadığını ifade etmektedir)

Figure 1. Impacts of edible coating (YK) and coating enriched with flaxseed oil (KTYK) on the (a) weight loss, (b) respiration rate, (c) disease severity, (d) chemical spoilage, (e) fruit firmness, (f) ascorbic acid, (g) soluble solids concentration and (h) titratable acid parameters during storage. (The presence of the same letter or letters on the right side of the mean values on the same measurement day indicates that there is no significant difference between these values according to the Tukey test 5% significance level)

Diğer kalite parametrelerinde olduğu gibi, tüketici tercihlerini en çok etkileyen faktörlerden birisi olan kimyasal bozulma sonuçları da, her iki yenilebilir kaplama uygulamasının olumlu sonuçlarını destekler nitelikte olarak tespit edilmiştir (Şekil 1d). Bu sonuçlar doğrultusunda 15 günlük süre sonunda hiçbir uygulama yapılmamış meyvelerde kimyasal bozulma 1-5 skalasına göre 3,11 olarak belirlenirken, KTYK uygulamasında bozulma sadece 1,28 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, diğer hastalık şiddeti ve ağırlık kaybı sonuçlarını destekler nitelikte olup, keten tohumu yağı ile zenginleştirilen yenilebilir kaplama uygulamasının başarısının önemli bir göstergesidir.

Bu çalışmada çileklerin meyve sertliği muhafaza süresi boyunca giderek azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 1e). Buna karşın, YK ve KTYK uygulamalarındaki azalma, kontrol meyvelerinden daha az olarak belirlenmiştir. Bu durum her iki uygulamanın da solunum hızı üzerindeki azaltıcı etkisi ile açıklanabilir. Şöyle ki; yüksek solunum olgunlaşmayı ve yaşlanmayı artırarak çilek meyvelerindeki suda çözünür pektin miktarının artmasına ve hücre duvarındaki polisakaritlerinin moleküler değişimlerine neden olarak çilek meyvelerinin yumuşamasına neden olmaktadır (Ventura-Aguilar vd., 2018). Bu durumun önlenmesi de, meyve sertliğinin korunmasına yardımcı olmaktadır. Benzer bir çalışmada Restrepo vd. (2010), çileklerin kontrol grubunun sertliğinin, *Aloe vera* jeli ve %0,1 karnauba mumu ile kaplanmış çileklerden üç kat daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer şekilde YK ve KTYK uygulamaları meyvelerin askorbik asit içeriklerinin korunmasına da katkı sağlamıştır (Şekil 1f). Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre muhafazanın ilk günlerinde meyvelerin askorbik asit içeriklerinde bir azalma meydana gelmiş, devam eden günlerde ise askorbik asit biyosentezi ve dolayısı ile de miktarında bir artış gözlenmeye başlamıştır.

Meyvelerin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarının muhafaza süresindeki değişimine bakıldığı zaman, askorbik asit

miktarında olduğu gibi muhafazanın ilk günlerinde bir azalma, sonrasında ise bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 1g). Bu durum, meyvelerdeki ağırlık kaybına bağlı olarak, SÇKM oranının artması ile açıklanabilir. Bunun yanında özellikle YK ve KTYK uygulanan meyvelerdeki kayıp ve değişimlerin az olması ise, meyvelerin çevresinde hava kompozisyonunun değişmesi ve dolayısı ile de solunum hızının azalması ile açıklanabilir. Solunum hızındaki azalma, karbonhidrat ve şeker parçalanmasını azaltarak, SÇKM oranını korumaktadır (Ventura-Aguilar vd., 2018).

Son olarak, yapılan her iki uygulamanın da meyvelerin titre edilebilir asit miktarındaki değişimlerin kontrole kıyasla daha yavaş olmasına katkı sağladığı görülmüştür (Şekil 1h). Elde edilen sonuçlara göre muhafazanın ilk günlerinde hafif bir artış, meyvelerdeki bozulmanın artması ile birlikte ise azalış gösteren asitlik miktarı YK ve KTYK uygulamalarında daha az olmuştur. 15 günlük muhafaza süresi sonunda ise en yüksek TA miktarı YK uygulamasından elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar, yenilebilir kaplamanın meyvelerin hasat sonrası muhafazası üzerindeki olumlu etkilerini bildiren önceki çalışmaları desteklemiştir. Buna ek olarak, yapılan bu çalışma keten tohumu yağı ile zenginleştirilen yenilebilir kaplamanın muhafazada daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Buna göre yenilebilir kaplama uygulanan Camarosa çeşidi meyvelerin muhafaza süresi ortalama 9 gün, keten tohumu yağı ile zenginleştirilen yenilebilir kaplama uygulanan meyvelerin ise 12 güne kadar çıkarılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ayrıca, her iki uygulamanın da meyvelerin solunum hızını düşürdüğünü, buna bağlı olarak da ağırlık kaybında önemli bir azalmaya neden olduğunu ortaya koymuştur. Hastalık şiddeti ve kimyasal bozulmanın önlenmesi konularında da başarı sağlayan keten tohumu yağı ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamanın, benzer karakterdeki diğer meyvelerde de denemesi

önerilmektedir. Elde edilecek yeni sonuçlar, endüstriyel kullanım için faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- AOAC, (1990). Official method of analysis of the association of official analytical chemistry. AOAC, Arlington, Va, USA, 15th edition; 1990.
- Caleb, O.J., Wegner, G., Rolleczeck, C., Herppich, W.B., Geyer, M., Mahajan, P.V. (2016). Hot water dipping: Impact on postharvest quality, individual sugars, and bioactive compounds during storage of 'Sonata' strawberry. *Scientia Horticulturae*, 210, 150-157.
- Cano, A., Fortunati, E., Cháfer, M., Kenny, J.M., Chiralt, A., González-Martínez, C. (2015). Properties and ageing behaviour of pea starch films as affected by blend with poly (vinyl alcohol). *Food Hydrocolloids*, 48, 84-93.
- Chandra, D., Choi, A.J., Lee, J.S., Lee, J., Kim, J.G., (2015). Changes in physicochemical and sensory qualities of "Goha" strawberries treated with different conditions of carbon dioxide. *Agricultural Sciences*, 6, 325-334.
- Chen, J., Shen, Y., Chen, C., Wan, C. (2019). Inhibition of key citrus postharvest fungal strains by plant extracts in vitro and in vivo: A review. *Plants*, 8(2), 26.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., Nascimento, J.R.O., Hassimotto, N.M.A., Santos, R.J., Lajolo, F.M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91, 113-121.
- Das, D.K., Dutta, H., Mahanta, C.L. (2013). Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room temperature. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 272-278.
- Ferreira, A.R., Alves, V.D., Coelho, I.M. (2016). Polysaccharide-based membranes in food packaging applications. *Membranes*, 6(2), 22.
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A., Brecht, J.K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: A review. *Journal of food engineering*, 52(2), 99-119.
- Kader, A.A. (1991). Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: The strawberry into the 21st century. A. Dale and J.J. Luby (Ed.). Timber Press, Portland, Oregon, pp. 145-152.
- Kahramanoğlu, İ. (2019). Effects of lemongrass oil application and modified atmosphere packaging on the postharvest life and quality of strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 256, 108527.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H.A., Soliman, S.A. (2016). Enhancing the keeping quality of fresh strawberry using chitosan-incorporated olive processing wastes. *Food Bioscience*, 13, 69-75.
- Khodaei, D., Hamidi-Esfahani, Z. ve Rahmati, E. (2021). Effect of edible coatings on the shelf-life of fresh strawberries: A comparative study using TOPSIS-Shannon entropy method. *NFS Journal*, 23, 17-23.
- Koch, S., Epp, A., Lohmann, M., Böhl, G.F. (2017). Pesticide residues in food: attitudes, beliefs, and misconceptions among conventional and organic consumers. *Journal of food protection*, 80(12), 2083-2089.
- Müller, C.M., Yamashita, F., Laurindo, J.B. (2008). Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. *Carbohydrate Polymers*, 72(1), 82-87.
- Nor, S.M., Ding, P. (2020). Trends and Advances in Edible Biopolymer Coating for Tropical Fruit: A Review. *Food Research International*, 134, 109208.
- Ortega-Toro, R., Morey, I., Talens, P., Chiralt, A. (2015). Active bilayer films of thermoplastic starch and polycaprolactone obtained by compression molding. *Carbohydrate polymers*, 127, 282-290.
- Oszmianski, J., Wojdyło, A. (2009). Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228(4), 623-631.
- Pavinatto, A., de Almeida Mattos, A.V., Malpass, A. C.G., Okura, M.H., Balogh, D.T., Sanfelice, R.C. (2020). Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *International journal of biological macromolecules*, 151, 1004-1011.
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., Scortichini, M. (2015). Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, 4(4), 501-523.
- Quintana, S.E., Llalla, O., García-Risco, M.R., Fornari, T. (2021). Comparison between essential oils and supercritical extracts into chitosan-based edible coatings on strawberry quality during cold storage. *The Journal of Supercritical Fluids*, 171, 105198.
- Restrepo, F., Jorge, I., Aristizábal, T. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de

- recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae*, 17(3), 252-263.
- Rhim, J.W., Park, H.M., Ha, C.S. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38(10-11), 1629-1652.
- Riva, S.C., Opara, U.O., Fawole, O.A. (2020). Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review. *Scientia Horticulturae*, 262, 109074.
- Romanazzi, G., Feliziani, E., Santini, M., Landi, L. (2013). Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 75, 24-27.
- Rux, G., Caleb, O.J., Geyer, M., Mahajan, P.V. (2017). Impact of water rinsing and perforation-mediated MAP on the quality and off-odour development for Rucola. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 21-30.
- Sapper, M., Palou, L., Pérez-Gago, M.B., Chiralt, A. (2019). Antifungal starch-gellan edible coatings with thyme essential oil for the postharvest preservation of apple and persimmon. *Coatings*, 9(5), 333.
- Seeram, N.P., Adams, L.S., Zhang, Y., Lee, R., Sand, D., Scheuller, H.S., Heber, D. (2006). Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9329-9339.
- Skinner, J. (1997). Experiments in Chemistry, Measuring the amount of vitamin C in fruit drinks. In: *Microscale chemistry* (Ed. Skinner J.). Royal Society of Chemistry, 67p.
- Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A., Cliver, D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218.
- Thakur, V.K., Thakur, M.K. (Eds.). (2016). *Handbook of sustainable polymers: processing and applications*. CRC Press.
- Ventura-Aguilar, R.I., Bautista-Baños, S., Flores-García, G., Zavaleta-Avejar, L. (2018). Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries. *Food chemistry*, 262, 142-149.
- Watkins, C.B., Nock, J.F. (2012). *Production guide for storage of organic fruits and vegetables*. NYS IPM Publication No. 10, Cornell University, New York.