

Bazı Yenilebilir Kaplamaların Fırınlanmış Havucun Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi

Şeyda ÖZTÜRK

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu,
Gıda Teknolojisi Programı
seyda.ozturk@gop.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7183-2478

Esmâ Nur GEÇER

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu,
Gıda Teknolojisi Programı
esmanurgecer@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-0095-079X

Geliş tarihi / Received: 01.12.2022

Kabul tarihi / Accepted: 02.02.2023

Öz

Bu çalışmada turuncu renkli (*Daucus carota*) havuçların fırında pişirilmesi ile oluşan doku yumuşaması, renk kayıplarının önlenmesi için Hidroksipropil metilselüloz (HPMC), kitosan, agar agar ve pektin kaplamaların kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaçla havuçlar küp haline getirilmiş, kaplama çözeltilerine daldırılmış ve çıkarılıp süzülükten sonra 220 °C’de 10 dakika fırınlama işlemine tabi tutulmuştur. Fırınlama işlemi sonrasında renk, doku ve su aktivitesi analizi yapılmıştır. L* değeri sadece kitosan kaplı örnekte, a* değerleri kitosan ve pektin kaplı örneklerde kontrol grubundan (kaplanmamış) istatistiksel olarak farklı ve yüksek çıkmıştır (P <0,05). b* değeri kitosan ve pektin kaplı örneklerden anlamlı farklılık göstermiştir (P <0,05). Renk farklılığı kontrole göre en fazla kitosan kaplamada görülmüştür (P <0,05). Ayrıca kontrole göre kitosan ve pektin kaplama düşük h* değeri, agar agar ise düşük esmerleşme göstermiştir (P <0,05). Uygulanan kaplamaların hepsinin dokuyu iyileştirmesi nedeniyle dağılan sebzeler için kullanılabilmesi, ayrıca agar agarın esmerleşme indeksini düşürmesi ile ısıl işlemin sağlık üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri önleme de etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Agar agar, hidroksipropil metilselüloz, kitosan, pektin, pişirme

The Effect of Some Edible Coatings on the Physicochemical Properties of Baked Carrots

Abstract

In this study, it was aimed to use hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), chitosan, agar agar and pectin coatings to prevent tissue softening and color loss caused by baking orange colored (*Daucus carota*) carrots. For this purpose, carrots were cut into cubes, dipped in coating solutions, removed and filtered, and then baked at 220 °C for 10 minutes. After baking, color (L^* , a^* , b^* , ΔE , C^* , hue angle (h^*), browning index (BI^*), texture and water activity analysis (aw) were performed. L^* value was found only in chitosan coated sample, a^* values were statistically different and higher in chitosan and pectin coated samples than control (uncoated) ($P < 0.05$). The b^* value was the lowest in the agar-coated sample, and it differed significantly from the chitosan and pectin-coated samples ($P < 0.05$). The most color difference was observed in the chitosan coating compared to the control ($P < 0.05$). In addition, chitosan and pectin coating showed lower h^* value, and agar agar showed lower browning compared to control ($P < 0.05$). It is thought that all of the applied coatings can be used for dispersed vegetables due to the improvement of the texture, and it may also be effective in preventing the negative effects of heat treatment on health by reducing the browning index of agar agar.

Keywords: *Agar agar, hydroxypropyl methylcellulose, chitosan, pectin, baking*

Giriş

Havuç hem üretim alanı hem de pazar değeri açısından dünyanın en önemli ilk on sebze mahsulü arasındadır. Tüm kıtalarda hem yaz hem de kış mevsimlerinde ekime uyarlanması, çeşitlerin geliştirilmesine ve tüketicilere yıl boyunca havuç ürünlerinin nispeten sabit fiyatlarla sunulmasına olanak sağlamıştır (Dawid vd.,2015; Rasheed vd., 2022).

Havuç, Apiaceae ailesinin en yaygın olarak yetiştirilen değerli bireyidir. Bu familyadan *Daucus* cinsine ait olup, bu cinsin dünya çapında yaklaşık 20 türü bulunmakta, ancak bu türlerin çoğu Akdeniz bölgesi çevresindedir. Cinsin diğer üyelerinin aksine havuç, *Daucus carota* L., Orta Asya kökenlidir. *Daucus carota* L., 30-60 cm uzunluğunda güçlü gövdeye sahip, dikine büyüyen, ilk yılında kazık kök ve yaprak rozetini oluştururken ikinci yılında çiçeklerini meydana getiren iki yıllık otsu bir sebzedir (Iorizzo

vd., 2013; Mehedi vd., 2012; Tuna vd., 2021). Diğer türlerde olduğu gibi havuç da aromatik özelliğe sahiptir ve bu nedenle 2000 yılı aşkın bir süredir yetiştirilmektedir. Başlangıçta yalnızca tıbbi bir bitki olarak kullanılmasına rağmen havuç, üretimi hızla genişleyen önemli bir dünya mahsulü olmaya devam etmektedir (Erten vd.,2008; Rasheed vd., 2022).

Havuç bileşiminde bulunan fenoller, flavonoidler, terpenler, vitaminler, α ve β karoten gibi yüksek antioksidan özellik gösteren bileşikler sayesinde insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemli rol oynamaktadır (Alasalvar vd.,2001; Babic vd.,1993; Geçer, 2011; Teoman Duran, 2019; Zhang ve Hamauzu, 2004). Kalp-damar, görme bozukluğu gibi hastalıkların riskini azalttığı, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve Avrupa halk tıbbında, sistit ve prostatit için antiseptik ve antiinflamatuvar ilaç olarak kullanıldığı bilinmektedir (Barnes, 1998; Shebavy vd., 2013; Thomas vd.,2001; Van Wyk ve Wink, 2004).

Ürün çeşitliliğinin artmasına paralel olarak tüketicilerin talepleri de değişme eğilimi göstermektedir. Değişen tüketici talepleri, tüketici bilinci ve gıda biyoterörizmi göz önünde tutulduğunda gıdaların kaliteli ve sağlığa uygun koşullarda üretilmesi son derece önem taşımaktadır. Bu bağlamda ambalajlama, depolama ve pazarlama sürecinde gıdaların besleyici, organoleptik ve hijyenik özelliklerini korumak için atılan önemli bir adımdır (Üçüncü, 2011; Okcu vd.,2018; Öksüztepe ve Beyazgül, 2015;;).

Ambalaj malzemeleri, sentetik ve yenilebilir olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Sentetik ambalajlar genellikle petrokimya esaslıdır. Ürünün korunmasında etkili olmasına ve endüstride daha çok tercih edilmesine karşın çevre kirliliği ve migrasyon sorunları nedeniyle bu ambalaj türlerinin kullanımının azaltılması gerektiği vurgulanmaktadır (Ertugay ve Sallan, 2011; Okcu vd., 2018). Bu materyallere alternatif olarak sunulan yenilebilir filmler ve kaplamalar, gaz ve nem bariyeri olan ayrıca çeşitli maddeler için taşıyıcı olarak kullanılabilen gıda ile tüketilebilir ince polimer tabakalardır. Ayrıca yenilebilir ambalajlar meyve ve sebzeler, tahıl ve süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi farklı türdeki gıdalarda, bitkisel ve hayvansal kaynaklı olarak polisakkarit (kitosan, selüloz, HPMC, pektin, gam, agar agar vb.), protein (kazein, kolajen, keratin, zein vb.), ve lipit (mum, gliserit vb.) bazlı materyaller şeklinde tek ya da karma halde kullanılmaktadır (Bourtoom, 2008; Karagöz, 2018; Işık vd., 2013; Torlak ve Nizamlıoğlu, 2011).

Yenilebilir film ve kaplamalar, yenilebilir özellikte olmasından dolayı ikinci bir ambalaja ihtiyaç duyulması, gıda güvenliği açısından risk oluşturma, alerjik reaksiyona neden olabilme, maliyet artırma, daha az kimyasal ve fiziksel dirence sahip olmaları gibi dezavantajlara sahiptir (Dhall, 2012; Wu vd., 2002; Yavuz, 2018). Bunun yanı sıra ağırlık kayıplarını azalt-

ma, soğuk zararlanmalarını engelleme, gıdaların dış yüzeyine parlaklık vererek görünümünü iyileştirme, sertliği koruma, solunum hızını azaltarak olgunlaşmayı geciktirme, mikrobiyal yükü azaltarak bozulmayı geciktirme, besin öğelerini koruma, esmerleşme reaksiyonlarını azaltma, uygulandıkları gıdanın organoleptik özelliklerini geliştirme gibi birçok avantajı da bulunmaktadır (Dhall, 2012; Hashemi vd., 2016; Salinas-Roca vd.,2016; Ütük, 2016; Yavuz, 2018).

Sebzelerin bir kısmı çiğ olarak, bir kısmı ise pişirilerek tüketilmektedir. Sebzeler çiğ veya pişmiş olarak tüketildiğinde genel özelliklerinde bir miktar kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplar hasatla başlayıp, sebzelerin uygun olmayan koşullarda paketlenmesi, taşınması, saklanması, hazırlanması ve pişirilmesiyle birlikte artmaktadır. Haşlama, mikrodalgada pişirme, basınçlı pişirme, fırında pişirme, ızgara ve kızartma gibi işlemler, sebzelerin hem dokusunu hem de besinsel değerini etkilemektedir (Brewer ve Begum, 2003; Geçer, 2011; Ünver, 1988; Zhang ve Hamauzu, 2004).

Pişirme işlemleri, hücre duvarlarını yumuşatarak besin öğelerinin kaybını kolaylaştırmaktadır. Haşlama ve basınçlı pişirme yöntemleriyle pişirilen sebzelerde meydana gelen kayıpların ızgara, fırınlama ve mikrodalgada pişirme yöntemlerine kıyasla daha fazla olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Jimenez-Monreal vd., 2009).

Ülkemizde havuçlar taze olarak tüketilmesinin yanında yemeklerde, salatalarda, konservelerde, tatlılarda, turşularda ve meyve sularında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yetiştirilen turuncu renkli havuçlara HPMC, kitosan, agar agar ve pektin çözeltileri ile hazırlanmış kaplamalar uygulandıktan sonra fırınlama yöntemi ile pişirilerek fizikokimyasal özelliklerindeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Gereç

Çalışmada materyal olarak kullanılan havuçlar (*Daucus carota* L.), Tokat'ta yerel bir marketten temin edilmiştir. Yenilebilir kaplamaların üretiminde, kitosan (Sigma, >400 mPa.s, %1 asetik asitte), Hidroksipropil metilselüloz (HPMC, Sigma 423203), pektin (yüksek metoksil, orta hızda jelleşen turuncuğil pektini, HM5 mrs, Benosen, Türkiye), agar agar (Tito SSA30 Sıvı, %25'lik, E330 gıda tipi, Çin), asetik asit (Isolab 901.013) ve gliserol (Sigma-Aldrich, Almanya); kaplanmamış örneklerin fırınlanmasında ayçiçeği yağı (Sırma, %91) kullanılmıştır.

Yöntem

Havuçlar yıkanıp kurulandıktan sonra laboratuvar bıçağı ile 1,8x1,8x1,8 cm³ boyutlarında doğranmıştır. Kaplama işlemi için kitosan, HPMC, agar agar ve pektin olmak üzere 4 çeşit çözelti hazırlanmış ve daldırma metodu ile havuçlara uygulanmıştır. Çözelti formülasyonları ön denemeler ile belirlenmiştir. Ardından fırınlama işlemi yapılmış ve yenilebilir kaplamaların havuçlar üzerindeki fizikokimyasal etkisi incelenmiştir.

Kaplama Çözeltilerinin Hazırlanması ve Uygulanması

Kitosan çözeltisi, %1 kitosan 40 °C'de %1'lik asetik asit çözeltisinde, agar agar çözeltisi %0,5 agar agar 75 °C suda, HPMC çözeltisi %0,5 HPMC 80 °C suda, pektin çözeltisi %1 pektin 75 °C suda 10 dakika ısıtıcılı bir manyetik karıştırıcıda hazırlanmıştır (Atarés vd., 2011; Benzer Gürel, 2016; Karagöz ve Demirdöven, 2019). Çözeltilere ayrıca %2 gliserol ve %2 ayçiçeği yağı eklenmiştir. Hazırlanan çözeltiler 30 °C'ye kadar soğutulmuştur. Küp haline getirilen havuçlar soğuyan çözeltiler içe-

risine daldırılarak 10 dakika bekletilmiştir. Çözeltilerden çıkarılan havuçlar fazla sıvılarından uzaklaşması için kurutma tepsisine (süzmatik tepsi) dizilerek 20 dakika süzdürülmüştür. Kontrol örneği ise ayçiçeği yağı ile yağlanmıştır. Kontrol ve kaplı örnekler önceden ısıtılmış fırında (Kumtel Lx-3525) 220 °C'de, 10 dakika pişirilmiştir (Keleş, 1981).

Renk Analizi

Örneklerdeki renk değişimi Hunter renk sistemine göre ölçüm yapan renk cihazı ile belirlenmiştir (CEMINOLTA, CR-300, Japan). Örneklerin 3 yüzeyinden ölçüm alınmıştır. L* (0=siyah, 100=beyaz koyuluk/açıklık), a* (a; +a kırmızı, -a yeşil), b* (+b sarı, -b mavi) renk parametreleri ile değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca renk algısına hitap eden kroma (C*), hue açısı (h*), havuçların toplam renk değişim eğilimi hakkında bilgi veren ΔE değeri ve esmerleşme indeksi (BI*) L*, a* ve b* değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır (Çetin, 2019; İzli, 2018; Vega-Gálvez vd., 2012).

Doku Analizi

Örneklerin yapısal özellikleri Digital Force Gauge, SH-50 marka doku ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Örneklerin yüzey sertliğini belirlemek amacıyla delme kuvveti ölçülmüştür. Bu amaçla kesilmiş havuçları 50 mm delmek için gereken maksimum kuvvet, Newton (N) cinsinden ölçülerek belirlenmiştir. Ölçümde 10 mm çapında paslanmaz çelik başlık kullanılmış olup, test hızı 60 mm.min⁻¹ olarak ayarlanmıştır (Zwick, 2002)..

Su aktivitesi analizi (aw)

Su aktivitesi değeri 25 °C'deki AquaLab Model Series 3TE marka su aktivite cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye geldiği değer, denge nem değeri olarak okunmuştur (Duran, 2013).

İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üç tekrar olarak çalışılmış, sonuçlar ortalama ve standart sapma şeklinde verilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler, SPSS programı kullanılarak tek faktörlü Anova (One-Way Anova for Repeated Measures) analizine göre değerlendirilmiştir. Ortalama değerler %95 güven düzeyinde ölçülmüş, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Renk

Fırınlama işlemi sonrası örneklerin renk analiz sonuçları Çizelge 1’de yer almaktadır. Renk analizinde L* değeri, rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri göstermekle birlikte 0’a yaklaştıkça koyu (siyah), 100’e yaklaştıkça açık (beyaz) olarak belirtilmektedir. Ayrıca L* değerinin karamelizasyon ve Maillard reaksiyonunun bir ölçüsü olduğu bildirilmektedir (Koç ve Yolcu Ömeroğlu, 2019; Yıldırım ve

Sipahioğlu, 2021). Fırınlanmış örneklerin L* değeri incelendiğinde, kitosan ile kaplanmış örneklerin L* değerinin diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu ($P \leq 0,05$), diğer kaplamaların kontrol ile istatistiksel açıdan farkının olmadığı görülmektedir ($P > 0,05$). Kontrol örneğinin ortalama L* değeri 54,59; kitosan kaplı havuçların ortalama L* değeri 62,11 olarak tespit edilmiştir. Havuca farklı pişirme tekniklerinin uygulandığı bir çalışmada araştırmacılar, 220 °C’de 17,5 dakika fırınlama işleminde L* değerini 33,25; a* değerini 16,44; b* değerini 29,47; ΔE değerini 19,43 ve ΔH değerini 38,33 Jg-1 olarak tespit etmişlerdir (Ediz, 2019). Bu çalışma ile kontrol örneğinin L* değeri karşılaştırıldığında daha koyu renkte olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak pişirme süresi ve sıcaklık arttıkça L* değerinin düşmesi gösterilmektedir (Keskin vd.,2019).

Çizelge 1

Fırınlama işlemi sonrası kaplı havuç küplerinin renk değerleri

Grup	Renk değerleri						
	L*	a*	b*	ΔE	C*	h*	BI*
Kontrol	54,59 ±2,77 ^a	17,99 ±2,95 ^a	50,81 ±4,28 ^{ab}	0,00 ±0,00 ^a	53,91 ±4,89 ^{ab}	70,50 ±1,81 ^b	203,40 ±23,21 ^b
HPMC	57,41 ±4,84 ^a	19,48 ±4,05 ^{ab}	49,69 ±2,86 ^{ab}	7,05 ±2,42 ^b	53,49 ±3,53 ^{ab}	68,72 ±3,72 ^{ab}	183,48 ±23,44 ^{ab}
Kitosan	62,11 ±2,26 ^b	23,61 ±2,21 ^b	53,56 ±3,32 ^b	10,47 ±2,49 ^c	58,54 ±3,90 ^b	66,25 ±0,85 ^a	184,39 ±21,33 ^{ab}
Agar agar	57,82 ±3,47 ^a	19,45 ±2,21 ^{ab}	47,07 ±1,71 ^a	6,49 ±1,48 ^b	50,97 ±2,09 ^a	67,59 ±2,10 ^{ab}	167,20 ±20,17 ^a
Pektin	57,82 ±1,24 ^a	22,45 ±2,94 ^b	52,18 ±3,22 ^b	6,87 ±2,32 ^b	56,86 ±3,50 ^b	66,75 ±2,64 ^a	197,41 ±15,86 ^b

*n=6; ^{a,b} aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0,05$).

Renk sonuçlarındaki a^* değeri, meyve ve sebelerdeki kırmızı rengin yoğunluğunu ve dolayısıyla esmerleşmeyi gösteren bir değerdir (Ergün vd.,2020). Ortalama a^* değeri kontrol örneğinde 17,99; kitosan kaplı örnekte 23,61 ve pektin kaplı örnekte 22,45 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu durumda kitosan ve pektin kaplı örneklerin daha kırmızı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Buna karşın kontrol örneği, HPMC ve agar agar kaplı örneklerin a^* değerleri aralarında, ayrıca kitosan ve pektin kaplı örneklerin a^* değerleri aralarında anlamlı farklılık yoktur ($P > 0,05$).

Fırınlanmış örneklerde en düşük ortalama b^* değeri (sarı ton) 47,07 ile agar agar kaplamada elde edilmiştir. Kitosan ve pektin kaplama sırasıyla 53,56 ve 52,18 ile en yüksek ortalama değerleri vermiş olup, agar agar kaplı örnekten daha sarıdır ($P \leq 0,05$). Kontrol örneğinin b^* değeri ile kaplamalı örnekler arasında ve a^* değerinde olduğu gibi b^* değerlerinde de kitosan ve pektin kaplı örnekler arasında anlamlı farklılık yoktur ($P > 0,05$) (Çizelge 1). Kitosan ve pektin kaplı örneklerin sarı renk değerinin yüksek olması, kullanılan çözeltilerin sarı renkte olmasından kaynaklanabilir. Bununla ilgili olarak Fontes vd. (2008), dokuzuncu günden itibaren aljinat kaplamanın kontrol örnek değerlerine kıyasla daha düşük parlaklık değerleri gösterdiğini ve bu durumun aljinat solüsyonunun sarı renginden dolayı kaynaklanabileceğini söylemiştir.

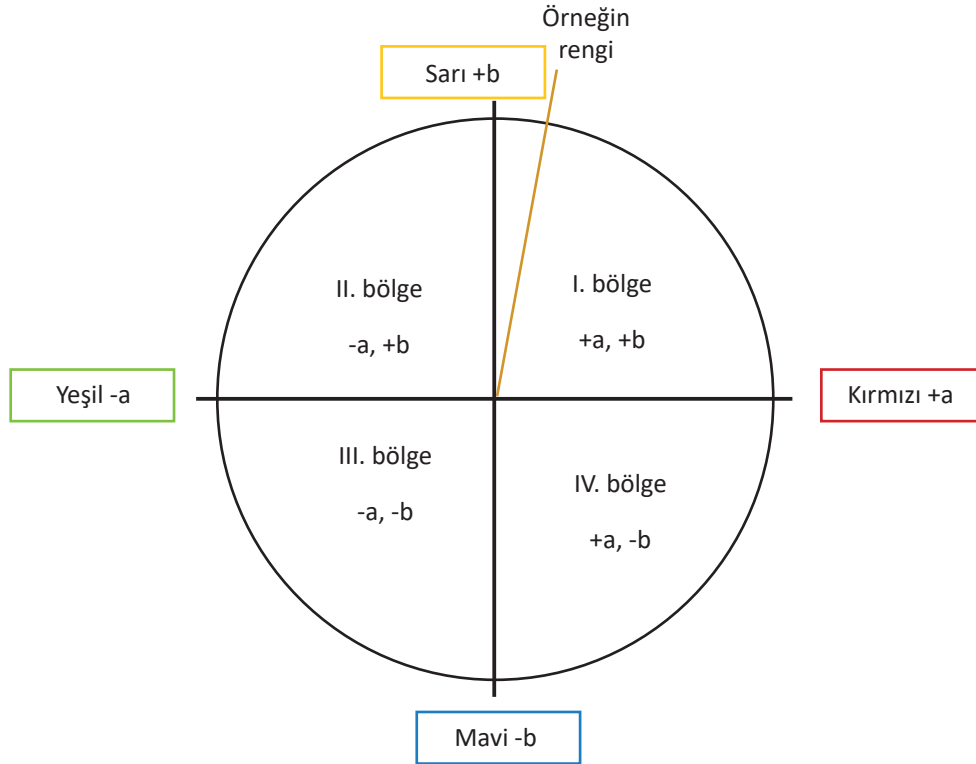
ΔE değeri kontrol örneğinin renk değerlerine göre hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. Kaplanmış örneklerde en yüksek renk farklılığı 10,47 ile kitosan kaplamada görülmüştür ($P \leq 0,05$). HPMC, agar agar ve pektin kaplı örneklerin renk farklılığı arasında istatistiksel fark olmamakla birlikte ($P > 0,05$), kontrol-den farklıdır ($P \leq 0,05$).

C^* değeri canlı renklerde yüksek, donuk renklerde düşük değerdedir ve renk doygunluğunu ifade eder (İzli ve Polat, 2016). En yüksek renk doygunluğu ortalaması 58,54 ile kitosan kaplı örnekte ve 56,86 ile pektin kaplı örnekte elde edilmiştir. Ancak kontrol örneği ile kaplı örnekler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($P > 0,05$). Buna karşın agar agar ile kaplanmış örnek 50,97 ortalama ile kitosan ve pektin ile kaplanmış örneklere göre daha donuk renktedir ($P \leq 0,05$) (Çizelge 1).

Renk tonu ölçüsü olan hue açısı (α) değeri, bir renk dairesi olarak tanımlanmakta ve kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkleri 0° , 90° , 180° ve 270° açılarda konumlanmaktadır (İzli ve Polat, 2016). Renk tonunun bir ölçütü olan hue açısı verileri değerlendirildiğinde örneklerin hepsinin a^* ve b^* renk değerlerinin pozitif olduğu yani I. bölgede olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Kontrol örneğinin h^* değeri 70,50 olup, kitosan ve pektin kaplı örneklerden istatistiksel olarak farklıdır ($P \leq 0,05$). Kitosan kaplanmış örneğin h^* değeri 66,25 ve pektin ile kaplanmış örneğin h^* değeri ise 66,75 olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Şekil 1

Renk değerlerinin trigonometrik bölgelere göre ayrımı



Havuç, zengin karotenoid ve yüksek antioksidan içeriğine sahip sebzelerin başında gelmektedir. Ancak havuçların karoten miktarı ısıtma işlemiyle etkilenmektedir ve havuçlar pişirme işlemlerine maruz kaldığında çoklu doymamış moleküllerin oksidasyonu nedeniyle renk kaybına uğramaktadır (Karaaslan, 2010). Bununla birlikte pişirme sırasında gıdada gerçekleşen en önemli reaksiyonlardan biri Maillard reaksiyonudur. Pişirme süresince esmerleşme ve tat oluşumu, serbest şekerlerin karamelizasyonunu da içeren Maillard reaksiyonları sonucu ortaya çıkmaktadır (Ediz, 2019). Bu nedenle BI esmerleşme indeksi hesaplanmıştır. Fırınlanmış örneklerin BI değeri incelendiğinde en yüksek ortalama değeri 203,40 ile kontrol örne-

ği, en düşük ortalama değeri ise 167,20 ile agar agar kaplı örnek vermiş olup aralarında anlamlı farklılık vardır ($P \leq 0,05$) (Çizelge 1). Ancak agar agar dışında kalan kaplamalar ve kontrol arasında istatistik olarak farklılık bulunmamıştır ($P > 0,05$). Buradan anlaşılacağı üzere agar agar esmerleşmeyi önlemede etkilidir. Bununla ilgili olarak Yen vd. (2008), havuçta meydana gelebilecek esmerleşme reaksiyonlarını ve diğer olumsuz değişimleri engellemek amacıyla örnekleri kaynar suya daldırılarak pişirme işlemleri uygulanabileceğini vurgulamıştır. Bu ve benzeri çalışmalara ek olarak bu çalışmanın da bu noktada literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Doku

Doku hasarı, pişirme işlemi sırasında sebze-lerde oluşan belirgin ve önemli bir değişimdir. Bu değişim, su içeriğine ve metabolik olaylara bağlıdır (García vd.,1998). Fırınlama işlemin-den sonra kaplı havuç küplerinin doku değerleri incelendiğinde en yüksek sertlik değeri 1,125 N ile kitosan kaplı örneklerde elde edilmiştir (Çizelge 2). Kontrol örnekleri ile sadece kitosan kaplı örnekler arasında anlamlı fark belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Ayrıca HPMC, agar agar ve pektin kaplı havuç küplerinin doku değerleri benzerlik göstermiştir ($P > 0,05$).

Çizelge 2

Fırınlama işlemi sonrası kaplı havuç küplerine ait doku değerleri

Grup	N
Kontrol	0,625±0,281 ^a
HPMC	0,881±0,148 ^{ab}
Kitosan	1,125±0,079 ^b
Agar agar	0,854±0,378 ^{ab}
Pektin	0,965±0,245 ^{ab}

^{a,b}.. aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0,05$).

Meyvelerde kaliteyi belirleyen en önemli faktörlerin başında doku kaybı gelmektedir ve tüketicinin tercihini doğrudan etkilemektedir. Kontrol örneğinde 0,625 N olarak ölçülen doku değeri HPMC kaplı örneklerde 0,881 N, kitosan kaplı örneklerde 1,125 N, agar agar kaplı örneklerde 0,854 N ve pektin kaplı örneklerde ise 0,965 N değerine yükselmiştir. Çizelge 2’de de görüldüğü üzere kaplamalar, fırınlama işlemin-den sonra kontrol grubuna göre meyve sertliğini korumuştur.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatür verileriyle de uyum göstermektedir. Papaya üzerine yapılan ve benzer sonuçlar elde edilen bir çalışmada, kitosan ile kaplamanın dokuların yumuşamasına neden olduğunu fakat kitosan konsantrasyonunun artırılmasıyla doku sertliğinde artışın meydana geldiği belirtilmiştir (Ali, Mahmud, Kamaruzaman, Yasmeen, 2011). Zhang vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, kitosan ile kaplanmış turunçgillerin sertliğinde olumlu yönde değişiklikler tespit edilmiştir. Vishwasrao ve Ananthanarayan (2016)’ın yaptığı bir başka çalışmada ise HPMC filmi ile kaplanmış guava meyvelerinin doku değerleri incelenmiştir. Buna göre, HPMC yenilebilir film kaplaması guavanın meyve sertliğini 12 gün boyunca korumuştur.

Su aktivitesi

Gıdalarda nem; bağlı, absorbe olmuş ve serbest olmak üzere üç şekilde bulunmaktadır. Bağlı nem gıdada protein ve karbonhidrat moleküllerine bağlı halde absorbe nem, gıdanın dış yüzeyinde konumlanmış halde bulunmaktadır. Serbest nem ise moleküller arasında yer almaktadır. Su aktivitesi, gıdalardaki nem içeriğinden farklı olarak gıda kalitesinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı göstermektedir. Su aktivitesi, termodinamik açıdan gıdanın içindeki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun denge buhar basıncına oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Su aktivitesi değeri, 0 ile 1 arasındadır. Genel olarak su aktivitesi, suyun gıda ürününe yapısal ve kimyasal olarak ne kadar sıkı bağlandığının göstergesidir (Özkan Güner, 2017).

Gıdalar, yüksek (a_w 0,90-1,00), orta (a_w 0,60-0,90) ve düşük nemli ($a_w < 0,60$) gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır (Özkan Güner, 2017). Çizelge 3’e göre en düşük ve en yüksek su aktivite değerleri, 0,970 ve 0,976 olarak ölçülmüş-

tür. Verilere göre ısıtma işlemi görmüş ürünlerimiz yüksek nem içeriğine sahip gıdalar grubundadır.

Yenilebilir filmlerin gıdalara uygulanmasında nem transferi önemli bir faktördür (Karagöz, 2018). Bu bağlamda özellikle fırında pişirilen sebzelerin sululuğunun/çıtırılığının ve lezzetinin korunmasında ya da depolanan fırınlanmış ürünlerin raf ömrü kontrolünün sağlanmasında su aktivitesinin belirlenmesi önemlidir. Çalışmada, HPMC kaplandıktan sonra fırınlanan havuç küplerinin su aktivite değerindeki artış, kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). HPMC film kaplı örnekler pektin film kaplı örneklerle benzer su aktivite değeri gösterirken ($P > 0,05$), bu iki filmle kaplanmış örnekler ile kitosan ve agar agar filmleriyle kaplı örnekler arasında anlamlı farklılık oluşmuştur ($P \leq 0,05$).

Çizelge 3

Fırınlama işlemi sonrası kaplı havuç küplerine ait su aktivitesi değerleri

Grup	Su aktivitesi
Kontrol	0,973±0,001 ^{ab}
HPMC	0,976±0,000 ^c
Kitosan	0,971±0,002 ^a
Agar agar	0,970±0,000 ^a
Pektin	0,975±0,000 ^{bc}

a,b.. aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0,05$).

Kitosan ve stevia ile kaplanmış elma dilimlerinin su aktivitesindeki değişiminin incelendiği bir çalışmada, kitosan-stevia kaplı örneklerin aw değerlerinin depolama başlangıcında kontrol grubu örneklerinden daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. 3 günlük depolama sonunda

ise kitosan kaplı elma dilimlerinde herhangi bir değişim gözlenmezken ($P > 0,05$), kitosan-stevia ile kaplanmış elma dilimlerinin aw değerinde düşüş ($P \leq 0,05$) görülmüştür (Karagöz ve Demirdöven, 2019).

Sonuç

Fırınlama işlemi sonrasında bazı yenilebilir kaplamalar ile (pektin, agar, kitosan, HPMC) kaplanmış havuçların renk, doku ve su aktivitesi değerleri bu çalışmada incelenmiştir. Verilere göre HPMC ve agar agar kaplı örneklerin kontrole yakın renkte olduğu belirlenmiştir. Kitosan ile kaplanmış ve fırınlanmış havuç küplerinin kontrol örneğine göre daha parlak, daha kırmızı ve sarı renkte olduğu belirlenmiştir. Örneklerin trigonometrik bölge ayrımında I. bölgede (+a*; kırmızılık, +b*; sarılık) olduğu tespit edilmiştir. Esmerleşme indeksi değerini en yüksek kontrol örneği, en düşük agar agar kaplı örnek vermiştir. Agar agarın esmerleşme indeksini düşürmesi özellikle pişirme işlemi sırasında istenmeyen esmerleşmelerin önlenmesi üzerine yapılan çalışmalara alternatif olabileceğini göstermektedir. Fırınlanmış havuçların doku örneği incelendiğinde ise kontrol örnekleri ile sadece kitosan kaplı örnekler arasında anlamlı farklılıklar görülmüş olup, kitosan kaplı örneklerin yüksek sertlik verdiği belirlenmiştir. Bu durum, fırınlama sonrası özellikle dokusu dağılan sebzelerde kitosanın kullanılma potansiyelini artırmaktadır. Bununla ilgili olarak farklı konsantrasyonlarda kitosan ile kaplama çalışmaları yapılabilir. Sonuç olarak, bazı yenilebilir kaplamaların pişirme sırasında sertliğin korunması ve ısıtma işlemi oluşabilecek olan esmerleşmelerin önlenmesinde kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Bu verilere göre kaplama işleminin dokuyu iyileştirdiği ve bu sonucun özellikle dağılan sebzeler için olumlu bir gelişme olduğu, ayrı-

ca agar agarın esmerleşme indeksini düşürmesi ısıl işlemin sağlık üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri önlemede etkili olabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2021/45 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

Kaynakça

Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D., Quantick, P. C., Shahidi, F. (2001). Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1410–1416.

Ali, A., Mahmud, T. M. M., Kamaruzaman, S., Yasmeen, S. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya L.*) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124, 620–626.

Atarés, L., Pérez-Masiá, R., Chiralt, A. (2011). The role of some antioxidants in the HPMC film properties and lipid protection in coated toasted almonds. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 649–656.

Babic, I., Amiot, M. J., Nguyen-The, C., Aubert, S. (1993). Changes in phenolic content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. *Journal of Food Science*, 58, 351–356.

Barnes, J. (1998). Herbal Medicine. *Pharmacy Journal*, 260, 344–348.

Benzer Gürel, D. (2016). *Cevap yüzeyi yöntemi kullanılarak stevia özü içeren düşük kalorili böğürtlen reçeli formülasyonunun belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Kurumsal Akademik Arşiv Sistemi. <https://hdl.handle.net/20.500.11776/1222>

Bernussi, A. L. M., Chang, Y. K., Martinez-Bustos, F. (1998). Effects of production by microwave heating after conventional baking on moisture gradient and product quality of biscuits (cookies). *Cereal Chemistry*, 75, 606–611.

Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15, 237–248.

Brewer, M. S., Begum, S. (2003). Effects of microwave power level and time on ascorbic acid content, peroxidase activity and color of selected vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(6), 411–426.

Cha, D. S., Chinnan, M. S. (2004). Biopolymerbased antimicrobial packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 223–237.

Çetin, N. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 463–470.

Dawid, C., Dunemann, F., Schwab, W., Nothnagel, T., Hofmann, T. (2015). Bioactive C 17 -polyacetylenes in carrots (*Daucus carota L.*): Current knowledge and future perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 9211–9222.

Dhall, R. K. (2012). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–450.

- Duran, M. (2013).** *Doğal antimikrobiyal katkı-
lı kitosan kaplama ile çileğin raf ömrünün art-
tırılması* (Tez no: 326643) [Yüksek lisans tezi,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]. Yüksek-
öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Ediz, A. N. (2019).** *Farklı pişirme tekniklerinin
patates, havuç ve kültür mantarında sindirile-
bilirlik, termal özellikler ve fonksiyonel bileşik-
ler üzerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek li-
sans tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Ergün, A. R., Kutlu, B., Ayriç, F., Baysal, T. (2020).** İlimli elektrik alan ve ultrases ön iş-
lemlerinin mikrodalga ve derin yağda kızartma
teknikleriyle üretilen havuç cipslerinin renk
ve nem içeriği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*,
18(4), 382–389.
- Erten, H., Tanguler, H., Canbas, A. (2008).**
A Traditional turkish lactic acid fermented
beverage: Shalgam (salgam). *Food Reviews
International*, 24, 352–359.
- Ertugay, M. F., Sallan, S. (2011).** Meyve ve
sebzelerde vaks uygulamaları. *Gıda*, 36(3),
153–160.
- Eser, Y., Doğruer, Y. (2022).** Edible films and
coatings for food. *Journal of Food Science and
Technology*, 28(2), 18–29.
- Fontes, L. C. B., Sarmiento, S. B. S., Spoto,
M. H. F., Dias, C. T. S. (2008).** Preservation
of minimally processed apple using edible
coatings. *Food Science and Technology*, 28,
872–880.
- García, M. A., Martino, M. N., Zaritzky, N.
E. (1998).** Plasticized starch-based coatings to
improve strawberry (*Fragaria ananassa*) quality
and stability. *Journal of Agricultural and Food
Chemistry*, 46, 3758–3767.
- Geçer, E. N. (2011).** *Farklı pişirme metot-
larının havucun fitokimyasal özelliklerine
etkisi* [Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa
Üniversitesi]. Tokat Gaziosmanpaşa Üniver-
sitesi Akademik Arşiv Sistemi. <https://hdl.handle.net/20.500.12881/1896>
- Hashemi, S. M. B., Zahabi, N., Rezaee, Z.,
Maherani, Z., Boghori, P., Keshavarz, Z. (2016).**
Evaluation of a starch-based edible
film as carrier of adiantum capillus-veneris
extract to improve the shelf life of fresh-cut
pears. *Journal of Food Safety*, 36(3), 291–298.
- Iorizzo, M., Senelik, D. A., Ellison, S. L.,
Grzebelus, D., Cavagnaro, P. F., Allender,
C., Brunet, J., Spooner, D. M., Deynzeand,
A. V., Simon, P. W. (2013).** Genetic structure
and domestication of carrot (*Daucus carita*
sunsp. sativus) (apiaceae). *American Journal of
Botany*, 100(5), 930–938.
- İşık, H., Dağhan, Ş., Gökmen, S. (2013).** Gıda
Endüstrisinde Kullanılan Yenilebilir Kaplama-
lar Üzerine Bir Araştırma. *Gıda Teknolojileri
Elektronik Dergisi*, 8(1), 26–35.
- İzli, G. (2018).** Farklı kurutma uygulamalarının
armut meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine
etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji
Dergisi*, 6(4), 479–485.
- İzli, N. Polat, A. (2016).** Dondurarak kurutma
yönteminin zencefilin kurutma karakteristikle-
ri, renk, mikroyapı ve rehidrasyon özellikleri
üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Zi-
raat Fakültesi Dergisi*, 33(Ek sayı), 126-136.
- Jimenez-Monreal, A. M., Garcia-Diz, L.,
Martinez-Tome, M., Mariscal, M., Murcia
M. A. (2009).** Influence of cooking methods
on antioxidant activity of vegetables. *Journal
Food Science*, 74(3), 97–103.

- Karaaslan, S. (2010).** Meyve ve sebzelerin mikrodalga destekli kurutma sistemleri ile kurutulması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7, 123–129.
- Karagöz, Ş. (2018).** *Stevia* içeren yenilebilir film formülasyonlarının geliştirilmesi ve yenilebilir film kaplama ile modifiye atmosferde ambalajlama kombinasyonunun az işlem görmüş elmaların raf ömrüne etkileri (Tez no. 545090) [Doktora tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Karagöz, Ş., Demirdöven A. (2019).** Effect of chitosan coatings with and without stevia rebaudiana and modified atmosphere packaging on quality of cold stored fresh-cut apples. *Food Science and Technology*, 108, 332–337.
- Keleş, F. (1981).** Suda haşlanan ve fırında pişirilen patateslerde askorbik yitimi üzerinde araştırma. *Gıda*, 6(3), 23–28.
- Keskin Ş., Turan, S., Solak, R. (2019).** Kızartılmış hamurların farklı kızartma koşullarında renk değerlerindeki değişimin belirlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 423–432.
- Koç, E., Yolcu Ömeroğlu, P. (2019).** Geleneksel Anjelika (Melek Otu) reçelinin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri. *Akademik Gıda*, 17(4), 485–496.
- Mehedi, T. A., Siddique, M. A., Shadid, S. B. (2012).** Effects of urea and cow dung on growth and yield of carrot. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 10, 9–13.
- Okcu, Z., Yavuz, Y., Kerse, S. (2018).** Edible film and coating applications in fruits and vegetables. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 33(2), 221–226.
- Öksüztepe, G., Beyazgül, P. (2015).** Akıllı ambalajlama sistemleri ve gıda güvenliği. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 29(1), 67–74.
- Özkan Güner, K. (2017).** *Fındık hammadde-sinden püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile fındık sütü tozu eldesi ve karakterizasyonu* [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi]. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Arşiv Sistemi. <https://hdl.handle.net/20.500.12436/459>
- Rasheed, H., Shehzad, M., Rabail, R., Kowalczewski, P. L., Kido'n, M., Jezowski, P., Ranjha, M. M. A. N., Rakha, A., Din, A., Aadil R. M. (2022).** Delving into the nutraceutical benefits of purple carrot against metabolic syndrome and cancer: a review. *Applied Sciences*, 12 (6), 3170. <https://doi.org/10.3390/app12063170>
- Sak, R., Şahin Sak, İ. T., Şendil, Ç. Ö., Nas, E. (2021).** Bir araştırma yöntemi olarak doküman analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 4(1), 227–250.
- Salinas-Roca, B., Soliva-Fortuny, R., Welti-Chanes, J., Martín-Belloso, O. (2016).** Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. *Food Control*, 66, 190–197.
- Shebaby, W. N., El-Sibai, M., Bodman Smith, K., Karam, M. C., Mroueh, M., Daher, C. F. (2013).** The antioxidant and anticancer effects of wild carrot oil extract. *Phytotherapy Research*, 27, 737–744.
- Teoman Duran, S. (2019).** *Havuç (Daucus carota L.) bitkisinde rf lokusu ile bağlantılı snp moleküler işaretleyicilerin gbs yöntemi kulla-*

nılarak belirlenmesi ve doğrulanması [Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Bursa Uludağ Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi. <http://hdl.handle.net/11452/11805>

Thomas, K. J., Nicholl, J. P., Coleman, P. (2001). Use and expenditure on complementary medicine in England: a population based survey. *Complementary Therapies in Medicine*, 9(1), 2–11.

Torlak, E., Nizamhoğlu, M. (2011). Uçucu yağ içeren yenilebilir kitosan filmlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* 0157:H7 üzerine etkinlikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (Suppl A), 125–129.

Tuna, T., Sönmez, İ., Beşirli, G., Alan, A. R., Çelebi Toprak, F., Şeker, M. (2021). Yalova havuç (*Daucus carota* L.) gen havuzunda bulunan genotiplerin bazı morfolojik özellikleri. *Bahçe*, 50(1), 35–42.

Üçüncü, M. (2011). *Gıda ambalajlama teknolojisi*. Ege Üniversitesi Basımevi.

Ünver, B. (1988). Sebze ve meyvelerin hazırlanması ve pişirilmesi sırasında oluşan vitamin kayıpları. *Gıda*, 13(1), 29–33.

Ütük, G. (2016). *Kitosan kaplanmış çileğin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrünün araştırılması* (Tez no. 423839) [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Van Wyk, B. E., Wink, M. (2004). *Medicinal plants of the world*. Briza Publications.

Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Lemus-Mondaca, R., Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air

velocity on drying kinetics antioxidant capacity total phenolic content colour texture and microstructure of apple (var. granny smith) slices. *Food Chemistry*, 132(1), 51–59.

Veliöğlu, S. (1987). Gıdalarda renk ölçme ve sistemleri. *Gıda*, 12(6), 409–416.

Vishwasrao, C., Ananthanarayan, L. (2016). Postharvest shelf-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surface coatings. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1966–1974.

Wu, Y., Weller, C. L., Hamouz, F., Cuppett S. L., Schnepf M. (2002). Development and application of multicomponent edible coatings and films. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44, 347–394.

Yavuz, Y. (2018). *Karayemiş (Prunus lurocerasus L.) meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine farklı yenilebilir kaplamaların etkisi* (Tez no. 528854) [Yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Yen, H., Shih, H., Chang, H. (2008). Effect of adding ascorbic acid and glucose on the antioxidative properties during storage of dried carrot. *Food Chemistry*, 107, 265–272.

Yıldırım, T., Sipahioğlu, O. (2021). Ultrases ve kaplama ön işlemlerinin infrared kurutulmuş ayva numunelerinde kuruma verimi ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 28 (special Issue, November), 819–825.

Zhang, D., Hamauzu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88, 503–509.

Zhang, H., Li, R., Liu, W. (2011). Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 917–934.

Zwick (2002). *Zwick Z0,5 universal tester operator's instruction manual*. <https://www.zwickroell.com> adresinden 10 haziran 2022 tarihinde alınmıştır.