

## Narenciye Kabuğu Esansiyel Yağları Kullanılarak Hazırlanan Mikroenkapsüle Balık Yağı Tozlarında Depolama Süresince Meydana Gelen Duyusal ve Renk Değişimleri

Yılmaz UÇAR

Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 52200, Fatsa/ORDU

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6770-6652>

✉: [ucarylmz@gmail.com](mailto:ucarylmz@gmail.com)

### ÖZET

Bu çalışmada, hamsi yağına eklenen narenciye kabuğu esansiyel yağlarının (portakal, limon, mandalina ve greyfurt) sprey kurutma yoluyla mikroenkapsüle edilmesi sonucu elde edilen balık yağı tozlarının oda sıcaklığında (24±1°C) 12 haftalık depolama süresi boyunca rengi ve duyusal kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mikroenkapsülasyon sonrası örneklerin renk parlaklığı ( $L^*$ ) değerinin 76.46 - 81.51,  $a^*$  değerinin (-2.50) - (-0.52) ve  $b^*$  değerinin 7.41 - 19.39 arasında değiştiği görülmüştür. Genel olarak,  $L^*$ , renk beyazlığı (Whiteness) ve renk tonu (Hue) değerleri depolama süresiyle birlikte azalırken,  $a^*$ ,  $b^*$  ve renk berraklık (Croma) değerleri dalgalanma göstermiştir. Gruplar arasında en fazla renk değişimi ( $\Delta E$ ) kontrol grubunda (8.04), en az değişim ise mandalina kabuğu esansiyel yağ grubunda (4.55) gözlenmiştir. ME balık yağı tozları koku, görünüm ve partikül çapları bakımından birbirlerinden farklılık göstermiştir. Görsel gözlemler, ME balık yağı tozları kontrol grubunun renginin beyaz, ME portakal ve limon kabuğu EO gruplarının soluk beyaz, ME mandalina kabuğu EO grubunun sarımsı ve ME greyfurt kabuğu EO grubunun şampanya renginde olduğunu göstermiştir. Tüm grupların kuru toz örnekleri ince ve pürüzsüz olmasına rağmen, özellikle kontrol grubunda depolama sonlarına doğru kümelenme- topaklaşma gözlenmiştir. Panelistler tarafından kontrol grubunda gözlenen balık kokusunun, eklenen esansiyel yağlar ile baskılandığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda kullanılan esansiyel yağların depolamanın sonlarına doğru kontrol grubunda gözlenen acılaştırma kokusunu bastırdığı ve renk sonuçları ile de uyumlu olarak yağların acılaştırmasını önlediği dolayısıyla oksidasyonu önlediği sonucuna varılmıştır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 25.09.2019

Kabul Tarihi : 27.12.2019

#### Anahtar Kelimeler

Balık yağı  
Mikroenkapsülasyon  
Renk değişimleri  
Duyusal değerlendirme  
Sprey kurutma

## Color and Sensory Changes in Microencapsulated Fish Oil Powders Prepared Using Citrus Peel Essential Oils During Storage

### ABSTRACT

The current study was designed to assess the color and sensory evaluation of microencapsulated (ME) anchovy fish oil powders by adding citrus essential oils (EOs) (orange, lemon, mandarin, and grapefruit) for 12 weeks of storage period at the room temperature (24±1°C). After microencapsulation, it was observed that color brightness ( $L^*$ ),  $a^*$  and  $b^*$  values of the samples varied in the range of 76.46 - 81.51, (-2.50) - (-0.52), and 7.41 - 19.39, respectively. In general,  $L^*$ , whiteness and hue values decreased with the storage time, while  $a^*$ ,  $b^*$  and croma values fluctuated. Among the groups, the highest total color difference ( $\Delta E$ ) was observed in the control group (8.04) while the lowest  $\Delta E$  was detected in mandarin peel essential oil group (4.55). ME fish oil powders differed from each other in terms of smell, appearance and particle diameters. Visual observations indicated that the color of control group ME fish oil powders was white, ME orange and lemon peel EOs groups were pale white, ME mandarin peel EOs group was yellowish and ME grapefruit peel EOs group was light orangish. Although dry powder samples of all groups were thin and smooth, clumping-agglomeration was observed towards the end of the

### Research Article

#### Article History

Received : 25.09.2019

Accepted : 27.12.2019

#### Keywords

Fish oil  
Microencapsulation  
Color changes  
Sensory assessment  
Spray drying

storage, especially in the control group. According to the results of sensory analysis, it was determined by the panelists that the fishy odor observed in the control group was prevented by the added essential oils. It was concluded that the EOs used also suppressed the smell of rancidity observed at the end of the storage in the control group and prevented the rancidity of the oils in accordance with the color results by preventing the oxidation.

**To Cite :** Uçar Y 2020. Narenciye Kabuğu Esansiyel Yağları Kullanılarak Hazırlanan Mikroenkapsüle Balık Yağı Tozlarında Depolama Süresince Meydana Gelen Duyusal ve Renk Değişimleri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23 (2): 515-526. DOI: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.624566.

## GİRİŞ

Balık yağları, yapılarında EPA ve DHA gibi çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle önemli bir besin kaynağıdır. Birçok araştırmacı, çoklu doymamış yağ asitleri tüketiminin, risk faktörlerini azaltarak insanlarda, özellikle kardiyovasküler bozukluklarda birçok hastalığın oluşumunu önleyebileceğini bildirmiştir (Durmuş, 2018; Çakmakçı ve Tahmas-Kahyaoglu, 2012). Bu bakımdan, hamsi yağının mükemmel omega-3 lipid kaynaklarından biri olduğu ve doğrudan balık yağı tüketiminin yanı sıra, tüketicilerin omega-3 bakımından zengin gıdalara ve ilgili ham maddelere artan bir ilgi gösterdiği bilinmektedir (Gökoğlu ve ark., 2009; Tatar ve Kahyaoglu, 2014; Yu ve ark., 2017). Ayrıca, balık yağları fonksiyonel bir besin maddesidir ve sağlıkta çok önemli bir rol oynar. Örneğin, balık yağı ile zenginleştirilmiş insan diyetinin bilişsel bozuklukların önlenmesinde ve çocuklar ve yaşlı insanlar için beyin gelişiminde yararlı etkileri olduğu tespit edilmiştir (Ozogul ve ark., 2018). Bununla birlikte, balık yağları güçlü bir koku ve aromaya sahiptir ve korunmadıkları sürece kolayca okside olurlar. Balık yağındaki doymamış yağ asitlerinin oksidatif bozunması, besin değeri kaybı ve istenmeyen tat oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle, balık yağlarının kalitesini korumak için antioksidanlar ve işleme teknolojileri kullanılır. Bu teknolojilerin en önemlilerinden bazıları mikroenkapsülasyon ve nanoteknolojik uygulamalardır (Ceylan ve ark., 2018; Durmuş ve ark., 2019). Mikroenkapsülleme, gıda bileşenlerinin veya biyoaktif bileşenlerin, polimer matris veya "duvar" ile "çekirdek" olarak sarılmasını sağlayan bir teknolojidir. Mikroenkapsülenmiş gıda katkı maddeleri sayesinde, teknik olarak imkansız olduğu düşünülen birçok fonksiyonel ürün artık üretilebilir ve gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir. Mikroenkapsülleme, kapsüllenen gıda bileşenlerine sayısız yarar sağlayabilir. Örneğin, kapsülennmiş malzemeler, lipid oksidasyonu, üretim boyunca besinsel bozulma, kullanım ve depolama gibi olumsuz reaksiyonlara karşı korunmaktadır. Mikroenkapsülleme, balık yağlarının oksidasyonunun korunmasında önemli olmakla birlikte, mikroenkapsülenmiş biyoaktif bileşenlerin işlenmesi ve ardından depolanması sırasında maksimum koruma

sağlamak için esans yağları gibi antioksidanlarla ilave stabilizasyon gereklidir.

Mikroenkapsülasyon, ürünün besinsel bozulmasını önlemek için duvar malzemesinin koruyucu matrisinde fiziksel olarak kaplanacak olan çekirdek malzemenin hassas bileşenlerinin korunmasını sağlar (Risch ve Reineccius, 1988). Mikroenkapsülleme, yağı çevreleyen bir duvar malzemesi kullanılarak oluşturulan oksijen, ışık ve serbest radikal gibi dış etkenlere karşı güçlü bir bariyer anlamına gelir. Bu durum oksidasyon kararlılığını sağlar, balık kokusunu azaltır ve balık yağını gıda ürünlerine dahil edilmeye uygun bir forma dönüştürür. Spreyle kurutma, spreyle soğutma, akışkan yataklı kurutma, ekstrüzyon ve santrifüjlü ekstrüzyon gibi mikroenkapsülleri üretmek için çeşitli teknikler mevcuttur (Krishnan ve ark., 2005). Bununla birlikte, sprey kurutma gıda endüstrisinde en sık kullanılan mikroenkapsülleme teknolojisidir (Reineccius, 2004). Ek olarak, spreyle kurutma ve ekstrüzyon, yiyecek aromalarının ve yağların mikro kapsülennmesi için en popüler işlemlerdir (Bhandari, 2004). Püskürterek kurutma ekonomik ve esnek ve kaliteli toz parçacıkları üretir (Jafari ve ark., 2008).

Mikroenkapsülleme işleminde kaplama malzemesi verimliliği etkilemektedir. n-3 yağ asitlerinin mikroenkapsülennmesinde yaygın olarak kullanılan kaplama malzemelerinin bazıları proteinler, lipitler, polisakarit zamları ve selülozdur (Sanguansri ve Augustin, 2006). PUFA'lar için uygun bir kaplama malzemesi seçimi, kaplama malzemesinin işleme ve depolama sırasında yağ bozulmasını telafi etme kapasitesine ve özellikle de gıda kullanımı için onaylanmasına bağlıdır (Barroso ve ark., 2014). Nişastalar, maltodekstrinler, akasya zamları ve mısır şurubu katıları gibi karbonhidratlar, gıda endüstrisinde kapsülleyici ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yüzeyler arası yapışma özelliklerinin zayıf olması nedeniyle, bu tür duvar malzemelerinin, yağ bazlı materyallerin kapsülennmesi için bir yüzey aktif cismi ile değiştirilmesi veya kullanılması gerekir (Hogan ve ark., 2001). Amfilik karakterli ve emülsifiye edici özelliklere sahip olan sodyum kazeinat (NaCas), istenen fiziksel ve fonksiyonel özelliklere yol açan lipit benzeri çekirdek malzemelerin kapsülennmesi için

tercih edilmektedir (Kinsella ve Morr, 1984; Leman ve ark., 1989). Yağı oksidasyondan korumak için bir başka yaklaşım kapsülleme işleminde duvar malzemesi ile antioksidanların kullanılmasıdır. Son zamanlarda, doğal antioksidanlar kullanarak balık yağı gibi hassas yağların oksidatif bozulmasını sınırlamak için birçok girişimde bulunulmuştur (Botrel ve ark., 2017; Hogan ve ark., 2003; Wan ve ark., 2011).

Tüketici tercihleri nedeniyle, iyi bir flavonoid, antosiyanin, karotenoid ve fenolik bileşikler kaynağı olarak bilinen bitki ekstraktları ve esansiyel yağları gibi doğal antioksidanlar, hem oksidatif stabilite için hem de sentetik antioksidanlar yerine serbest radikal süpürücüler olarak kullanılırlar (Bozin ve ark., 2007; Kähkönen ve ark., 2007). Esansiyel yağlar, bitki materyalinden (çiçekler, tomurcuklar, tohumlar, yapraklar, ağaç kabuğu, otlar, odun, meyveler ve kökler) elde edilen aromatik yağlı sıvılardır. Uçucu yağlardaki aktif bileşikler terpenler, terpenoidler, fenoller ve diğerleri olarak gruplandırılabilir (Hyldgaard ve diğerleri, 2012). Bazı çalışmalar, uçucu yağların post-mortem sonrası kaliteyi koruyabildiğini ve balık ve et ürünlerinin raf ömrünü arttırabileceğini göstermiştir (Ghabraie ve ark., 2016).

Kekik, biberiye, defne ve adaçayı gibi ekstreler, su ürünlerinde olduğu gibi balık yağı/emülsiyon sistemlerinde de lipid oksidasyonunu geciktirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Álvarez ve ark., 2012; Özoğul ve ark., 2017; Özyurt, 2013; Pourashouri ve ark., 2016; Rao ve ark., 2017). Ancak, bilindiği kadarıyla, narenciye uçucu yağları üzerinde henüz bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca, spreyle kurutma yoluyla elde edilen mikroenkapsüle hamsi yağına eklenen portakal, limon, greyfurt ve mandalina kabuğu yağlarının koruyucu etkisi incelenmemiştir. Narenciye grubu gibi önemli bir uçucu yağ kaynağı, tüketiciler arasında hoş lezzetleri ve yüksek besin değeri bakımından tercih edilmektedir. Narenciye meyvelerinin bir yan ürünü olan narenciye kabukları, yüksek miktarda aromatik bileşen, özellikle de esansiyel yağları içermektedir. Bu esansiyel yağlar mükemmel antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahiptir. Çalışmalar limon esansiyel yağlarının hem in-vitro hem de in-vivo ortamlarda gıda bozulmasına ve/veya patojenik mikroorganizmalara karşı etkili olduğunu göstermektedir (Randazzo ve ark., 2016). Püskürterek kurutmanın, atomizasyon sırasında mekanik kayma ile birlikte yüksek sıcaklık nedeniyle lipid oksidasyonunu hızlandırdığı bilinmektedir. Binsi ve ark. (2017) bu kuvvetlerin emülsiyonun stabilitesini azaltabileceğini ve balık yağı oksidasyonunun yanı sıra kapsül yağı çökeltmesini de azaltabileceğini bildirmiştir.

Her ne kadar çeşitli uygulamaları ile balık ürünlerinin raf ömrü arttırılmaya çalışılmış olsa da (Joe ve ark., 2012; Ozogul ve ark., 2017a, 2017b), balık ürünlerinde

özellikle narenciye EO'larının kullanımı ile ilgili bir çalışma yoktur. Bu nedenle, özellikle spreyle kurutma koşullarında, doğal antioksidanların balık yağının stabilitesi üzerindeki etkileri araştırılması gereken bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, çeşitli katkı maddeleri (sodyum kazeinat ve maltodekstrin) ile kapsüllenmiş hamsi yağının oksidatif stabilitesi üzerindeki doğal bitki kabuğu uçucu yağlarının (portakal, limon, greyfurt ve mandalina) oda koşullarında (24±2°C) 12 hafta depolanması süresince meydana gelen renk değişimleri ve duyu kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada kullanılan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) yağı Trabzonda bulunan bir firma (Kobyalar Grup, Trabzon, Türkiye) aracılığıyla temin edilmiştir. Hamsi yağının oksitlenmesini geciktirmek için kullanılan portakal, limon, mandalina ve greyfurt narenciye kabukları esansiyel yağları Adana'da bulunan BİOMESİ firmasından temin edilmiştir. Kaplayıcı materyal olarak sodyum kazeinat ve maltodextrin kullanılmış olup bu materyaller İstanbul'da bulunan bir firmadan (Alfasol) temin edilmiştir.

Narenciye gruplarının uçucu yağları, 4 saatlik bir süre boyunca endüstriyel tip Klavenger cihazı kullanılarak hidro-damıtma yoluyla elde edilmiştir. Klavenger cihazı, 1000 mL'lik yuvarlak tabanlı bir şişeden (Isolab, Wertheim Germany), uçucu bir yağ tespit tüpü ve bir geri akış kondansatöründen (Norm Cam, Ankara, Türkiye) oluşmaktadır. Uçucu yağlar, emülsiyonlar oluşturulana kadar buzdolabında +4°C'de muhafaza edilmiştir.

### Metot

#### Mikroenkapsüle Balık Yağları (MBY)'nin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan emülsiyonların formülasyonları Tablo 1'de gösterilmektedir. Emülsiyon hazırlarken 1:1 oranında sodyum kazeinat ve maltodextrin 55°C suda 1 saat çözdürüldükten sonra ısısının oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Elde edilen bu karışımın içine balık yağı ilave edilerek ultra-turrax (IKA T25, Baden-Württemberg, Almanya) cihazında 14.000 rpm'de 10 dakika homojenize edilmiştir ve böylelikle kontrol grubu oluşturulmuştur. Tablo 1'de belirtilen oranlarda mandalina, greyfurt, portakal ve limon esansiyel yağları eklenerek ultra-turrax ile homojenize işlemi tekrarlanmıştır.

#### Spreyle Kurutma (Spray Dryer) İşlemi

Elde edilen emülsiyonlar 0.7 mm çaplı püskürtme memeli laboratuvar tipi püskürtmeli kurutucuda (Buchi Mini Spray Dryer B-290, İsviçre) kurutularak toz haline getirilmiştir. Emülsiyonlar kurutma spreyle

dryer (SD) beslemesi öncesi ve esnasında manyetik karıştırıcı altında sürekli homojen karışıma tabi tutulmak suretiyle kurutma odasına, 0.5 L/saat'lik bir besleme akış hızı kullanılarak peristaltik pompa ile beslendi. SD'nin giriş sıcaklığı 160°C, çıkış sıcaklığı 90±5°C olarak düzenlenmiştir. Aspiratör debisi 35

m<sup>3</sup>/sa, pompa hızı ise %20'e ayarlanmıştır. İşlem sonunda toz haline getirilen ürünler koyu renkli cam şişelere konularak oda sıcaklığında (24±1°C) 12 hafta depolanmıştır. Depolama süresince belirli haftalarda mikrokapsüle edilmiş örneklerin renk ve duyuşal değişimleri incelenmiştir.

Tablo 1. Emülsiyon formülasyonları  
Table 1. Formulations of emulsion

Gruplar Groups	Hamsi Yağı <i>Anchovy Oil</i> (%)	Sodyum Kazeinat <i>Sodium Caseinate</i> (%)	Maltodekstrin <i>Maltodextrin</i> (%)	Mandalina Esansiyel Yağı <i>Mandarin Essential Oil</i> (%)	Greyfurt Esansiyel Yağı <i>Grapefruit Essential Oil</i> (%)	Portakal Esansiyel Yağı <i>Orange Essential Oil</i> (%)	Limon Esansiyel Yağı <i>Lemon Essential Oil</i> (%)
Kontrol (C) <i>Control</i>	10	10	10	-	-	-	-
Mandalina(M) <i>Mandarin</i>	10	10	10	2,5	-	-	-
Greyfurt (G) <i>Grapefruit</i>	10	10	10	-	2,5	-	-
Portakal (P) <i>Orange</i>	10	10	10	-	-	2,5	-
Limon (L) <i>Lemon</i>	10	10	10	-	-	-	2,5

### Duyusal ve Renk Analizleri

Renk ölçümlerinde, Calder (2003)'in belirttiği yöntemle göre CM-500 (Konica Minolta, Osaka, Japan) cihazı kullanılarak  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri kaydedilmiştir. ' $L^*$ ' değeri parlaklığı (beyazlık veya açıklık koyuluk, 0 ile 100 arası); '+ $a^*$ ' değeri kırmızı; '- $a^*$ ' değeri yeşil (-60 ile +60 arası); '+ $b^*$ ' değeri sarı ve '- $b^*$ ' değeri mavi renkleri (-60 ile +60 arası) temsil etmektedir. Her grup için 2 tekerrür alınmıştır ve her tekerrür 3 defa ölçülmüştür. Analiz öncesinde cihazın kalibrasyonu beyaz plaka ve siyah plaka ile sağlanmış (Y = 87.10, x = 0.3166, y = 0,3236). Ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerine bağlı olarak aşağıda yer alan formüllere göre beyazlık (Whiteness), renk berraklığı (Chroma), renk tonu (Hue) ve toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerleri hesaplanmıştır.  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerleri depolanan örneklerin son günü ile ilk günü arasındaki  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin farkını ifade etmektedir.

$$\text{Beyazlık} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

$$\text{Renk berraklığı} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Renk tonu} = \text{Arctan}(b^*/a^*)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Balık yağı tozu numunelerinin duyuşal analizleri koku, görünüm ve partikül çaplarındaki farklılıklar göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel farklılıklar P<0.05 önem seviyesinde Tukey's ve Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Narenciye Esansiyel Yağlarının Özellikleri

EOs kendine özgü renklerinin, ilave edilen mikrokapsüllere olan etkisini incelemek amacıyla bunların renk parametreleri de ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan narenciye kabuğu esansiyel yağlarının renk parametreleri Tablo 2 ve Şekil 1'de verilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanılarak hesaplanan renk beyazlığı ( $W^*$ ), renk tonu ( $H^*$ ) ve renk berraklığı ( $C^*$ ) değerleri ise Şekil 2'de verilmiştir.

Artı değerden eksi değere gidildikçe açık renkten koyu renge dönüşümü, ya da başka bir ifadeyle parlaklığın veya beyazlığın azalmasını ifade eden  $L^*$  değerleri incelendiğinde,  $L^*$  değeri daha düşük olan mandalina ve greyfurt esansiyel yağlarının portakal ve limon esansiyel yağlarına göre az da olsa daha koyu renkli olduğu ve birbirlerine benzedikleri tespit edilmiştir.

Bunun yanısıra kırmızıdan (+ $a^*$ ) yeşile (- $a^*$ ) renk değişimini tanımlayan  $a^*$  değerleri incelenmiş ve limon ve greyfurt kabuğu esansiyel yağlarının birbirine benzediği ancak portakal kabuğu EOs bu iki ekstrakta göre daha düşük  $a^*$  değeri içerdiiği görülmüştür. Mandalina kabuğu EOs ise en yüksek  $a^*$  değerine sahip olduğundan kırmızı renge daha yakın olduğu tespit edilmiştir.  $a^*$  değerinin sıfıra yakın olması yeşil renge daha yakın olduklarını göstermektedir.

$b^*$  değeri ise artıdan eskiye doğru sarı renkten mavi renge dönüşümünü açıklamak amacıyla kullanılan bir renk skalasıdır. Tüm ekstraktların  $b^*$  değerlerinin ise birbirinden farklı olduğu (p<0.05), ancak greyfurt, portakal ve mandalina kabuğu EOs'nın artı değere sahip olmaları ile sarılık değerine daha yakın olduğu,

limon kabuğu EOs'nin ise diğerlerine göre daha az sarımtırak olduğu tespit edilmiştir.

### Mikroenkapsüle Hamsi Yağının Duyusal Değişimleri

Mikroenkapsüle hamsi yağı tozu örnekleri birbirlerinden koku, görünüm ve partikül çapları açısından farklılık göstermiştir. Görsel gözlemler, kontrol grubu mikroenkapsüle balık yağı tozlarının

renginin beyaz, portakal ve limon kabuğu esansiyel yağları katkılı mikroenkapsüle balık yağı tozlarının renginin soluk beyaz, mandalina kabuğu esansiyel yağı katkılı mikroenkapsüle balık yağı tozlarının renginin sarımsı ve greyfurt kabuğu esansiyel yağı katkılı mikroenkapsüle balık yağı tozlarının renginin ise şampanya renginde olduğunu göstermiştir.

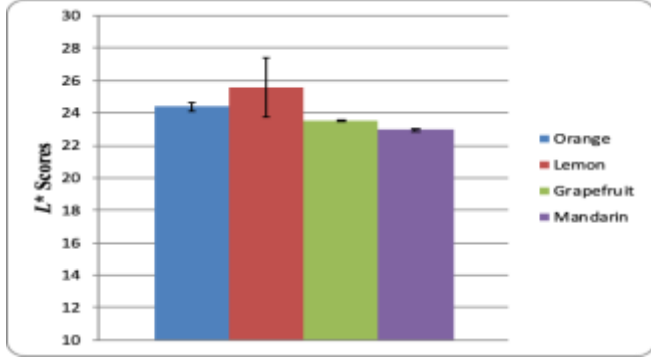
Tablo 2. Narenciye kabuğu esansiyel yağlarının renk parametreleri

Table 2. Color parameters of citrus peel essential oils

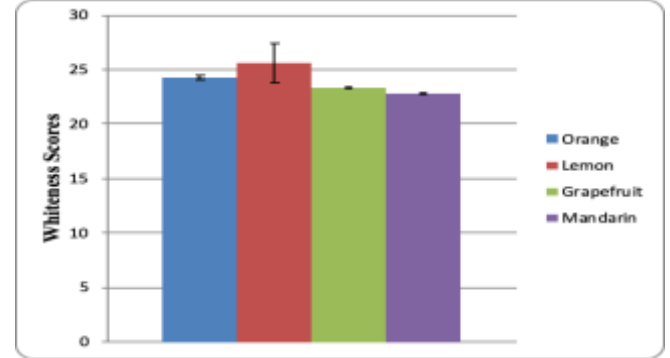
	Portakal <i>Orange</i>	Limon <i>Lemon</i>	Greyfurt <i>Grapefruit</i>	Mandalina <i>Mandarin</i>
<b>L*</b>	24.40±0.26	25.58±1.82	23.53±0.08	22.96±0.11
<b>a*</b>	-1.42±0.01	-0.21±0.06	-0.46±0.04	2.27±0.04
<b>b*</b>	4.13±0.04	0.25±0.07	4.83±0.05	4.33±0.16

± Standart sapmayı göstermektedir. n=3. ± shows standard deviation. n=3.

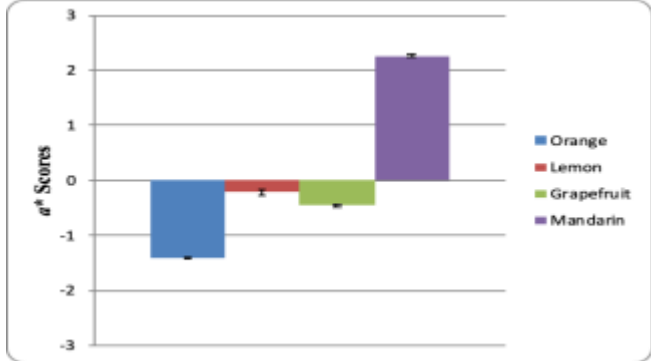
a) L\* değerleri a) L\* values



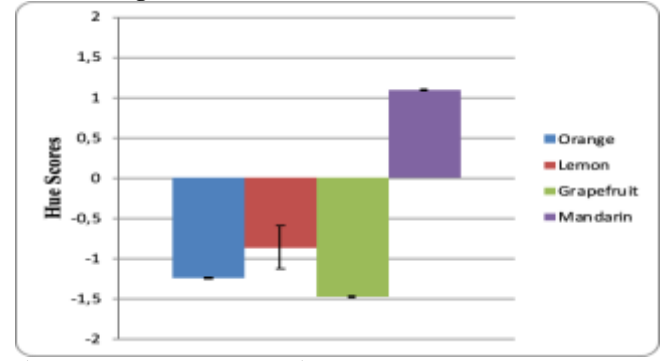
a) Whiteness değerleri a) Whiteness values



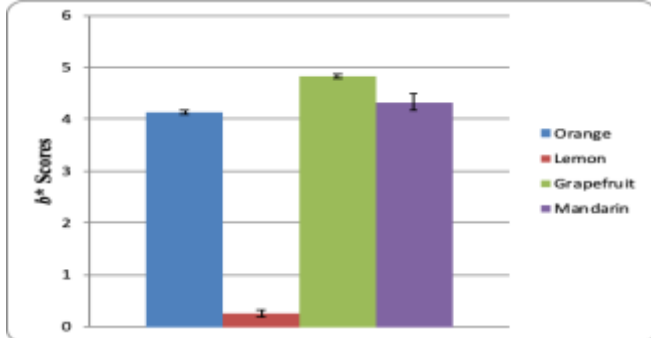
b) a\* değerleri b) a\* values



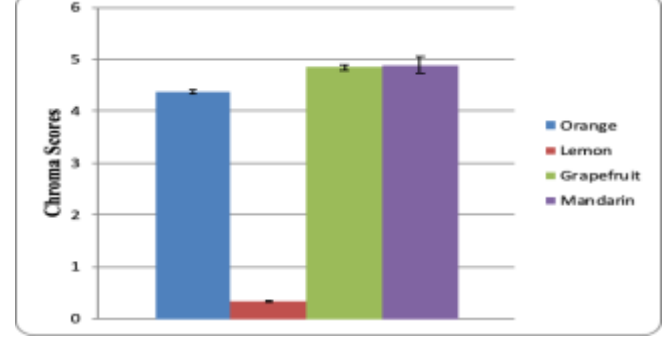
b) Hue değerleri b) Hue values



c) b\* değerleri c) b\* values



c) Chroma değerleri c) Chroma values



Şekil 1. Narenciye kabuğu esansiyel yağlarının L\*, a\* ve b\* değerleri

Figure 1. L\*, a\* and b\* values of citrus peel essential oils

Şekil 2. Narenciye kabuğu esansiyel yağlarının W\*, H\* ve C\* değerleri

Figure 2. W\*, H\* and C\* values of citrus peel essential oils

Tüm grupların kuru toz numuneleri ince ve pürüzsüz olmakla birlikte depolamanın sonlarına doğru özellikle kontrol grubunda topaklaşma-kümelenme gözlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre kontrol grubunda gözlenen balığımsı kokunun eklenen esansiyel yağlar ile engellendiği ve aromatik kokuların ön plana çıktığı panelistler tarafından tespit edilmiştir. Kullanılan esansiyel yağların aynı zamanda kontrol grubunda depolamanın sonlarına doğru gözlenen acılaşıma kokusunu bastırdığı ve renk sonuçları ile de uyumlu olarak yağların acılaşmasını önlediği dolayısıyla oksidasyonu önlediği sonucuna varılmıştır.

### Mikroenkapsüle Hamsi Yağlarının Depolama Süresince Renk Ölçümü ve Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E$ )

Mikroenkapsüle örneklerin, oda koşullarında depolanması esnasında meydana gelen renk değişimleri Tablo 3 ve Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir. Toplam renk değişimi Tablo 4'te grafiği ise Şekil 6'da verilmiştir.

Mikroenkapsülasyonun hemen ardından yapılan ölçümlerde örneklerin  $L^*$  değerinin 76.46 - 81.51,  $a^*$  değerinin (-2.50) - (-0.52) ve  $b^*$  değerinin ise 7.41 - 19.39 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Annamalai, Dushyant ve Gudipati (2015) mikrokapsüllenmiş balık yağının renk değerlerinin  $L^*$  için 92 - 93,  $a^*$  için (-1.45) - (-1.54) ve  $b^*$  için 10 - 22 aralığında olduğunu bildirmiştir. Yeşilsu ve Özyurt (2019) ise  $L^*$  değerinin 93.96-98.45 aralığında,  $a^*$  değerinin 0.22-0.73 aralığında,  $b^*$  değerinin ise 15.41-17.11 aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Depolama süresi ile birlikte genel olarak  $L^*$ , renk beyazlığı ve renk tonu değerleri düşüş gösterirken  $a^*$ ,  $b^*$  ve renk berraklığı değerleri dalgalanmalar göstermiştir. Tüm grupların  $L^*$  değerlerindeki belirgin bir düşüş, muhtemelen lipid oksidasyonu ve mikrobiyal bozulma nedeniyle ortaya çıkan renk değişimini göstermektedir.

Renk, görünümü ve sunumu etkileyen ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve satın alma kararını belirleyen önemli bir kalite niteliğidir (Şahin ve Sumnu, 2006). Bununla birlikte renk parametreleri arasında açıklık-koyuluk skalasını temsil eden  $L^*$  değeri, duyusal olarak tercihi etkileyen en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Şekil 4 (a)' da depolama süresince kontrol ve narenciye grubu mikroenkapsüle hamsi yağlarında meydana gelen  $L^*$  değeri değişimleri görülmektedir. Depolama süresince  $L^*$  değeri tüm gruplarda artış ve azalışlar gösterse de genel olarak bir azalış eğiliminde olmuştur. Depolama süresince gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında kontrol grubu ile portakal grubu arasında istatistiksel açıdan fark gözlenmezken bu gruplar ile diğer gruplar arasındaki fark önemli olmuştur ( $p>0.05$ ). Depolama

boyunca koyulaşmanın en fazla fark edildiği grup olarak kontrol (başlangıç: 80.91; 12. hafta: 75.78), en az ise greyfurt örneğinde (başlangıç: 76.46; 12. hafta: 76.94) olduğu tespit edilmiştir. Gıda katkı maddesinin rengi gıdalarda kullanılabilirlikte önemli bir faktör olarak kabul edilir. Katkının rengi baskın olmamalı ve eklendiği yiyeceklerle uyumlu olmalıdır. Çalışmadaki tüm grupların  $L^*$  değerleri depolamanın sonuna kadar açık renkte olmuştur (en düşük değer 76.46).

Zamora ve Hidalgo (2005), lipid oksidasyon ürünlerinin kahverengi renkli oksipolimerler üretmek için polimerize olabileceğini ve bu polimerizasyon reaksiyonlarının, tozlarda oksidasyon oranlarını etkileyebilecek ve önemli renk değişimine neden olabilecek serbest radikallerin etkisizleşmesine yol açabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada da lipid oksidasyonundaki artışa paralel olarak renk değerlerinde de önemli değişiklikler gözlenmiştir.

Artıdan eksiye doğru, kırmızıdan yeşile olan değişimini ifade eden  $a^*$  değeri bakımından mikroenkapsülasyonun hemen ardından örnekler arasında birbiri ile istatistiksel benzerlikler olduğu görülmüştür (kontrol: 0.52 ve greyfurt: -0.53). Tüm grupların  $a^*$  değerleri birbirine yakın olarak gözlenirken mandalina kabuğu esansiyel yağ katkılı mikroenkapsüle hamsi yağları daha yeşilimsi bir skalada olmuştur (Şekil 4b). Depolama boyunca kırmızılık değeri en az değişen grup greyfurt (başlangıç:-0.53; 12. hafta: -0.33) olmuştur. Depolama sonuna doğru ise kırmızıdan yeşile dönüşümü en fazla olan gruplar sırasıyla portakal (başlangıç: -0.71; 12. hafta: -1.16), kontrol (başlangıç: -0.52; 12. hafta: -0.94) ve limon (başlangıç: -0.65; 12. hafta: -0.88) gruplarında gözlenirken; yeşilden kırmızıya dönüşümleri en fazla olan gruplar ise sırasıyla mandalina (başlangıç: -2.50; 12. hafta: -1.51) ve greyfurt (başlangıç: -0.53; 12. hafta: -0.33) grupları olmuştur. Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar su ürünlerinden elde edilen ürünlerin kalitesinin artırılması yönünde ilave edilen izolat veya konsantre katkı maddelerinin  $a^*$  değerinde farklılıklara yol açabileceğini belirtilmişlerdir (Huang ve ark., 1994; Calder, 2003).

Sarıdan (+) maviye (-) olan renk döngüsünü ifade eden  $b^*$  değeri açısından bakıldığında ise depolama boyunca örneklerde de istatistiksel olarak değişimler olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Oda sıcaklığında depolanmış örneklerin mandalina grubu dışındaki tüm gruplarda  $b^*$  değerinin nispeten arttığı gözlenmiştir (Şekil 4c). Depolamanın 1., 2. ve 12. haftasında kontrol ile portakal grubu arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmezken,  $24\pm 2^\circ\text{C}$ 'de 12 haftalık depolama sonunda diğer grupların  $b^*$  değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Tablo 3. Mikroenkapsüle hamsi yağlarının depolama süresince renk parametreleri değerleri  
 Table 3. Color parameters of microencapsulated anchovy oils during storage

Renk Parametreleri Color Parameters	Haftalar Weeks											Gruplar Groups
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>L*</b>	80.91±0.01 <sup>ab</sup>	80.31±0.01 <sup>ab</sup>	80.73±0.00 <sup>b</sup>	80.79±0.00 <sup>a</sup>	80.37±0.02 <sup>a</sup>	78.67±0.15 <sup>a</sup>	77.37±0.04 <sup>ab</sup>	77.79±1.06 <sup>b</sup>	77.23±0.16 <sup>b</sup>	78.24±0.04 <sup>b</sup>	75.78±0.05 <sup>bc</sup>	Kontrol
	79.95±0.12 <sup>ab</sup>	78.31±0.22 <sup>cd</sup>	78.30±0.21 <sup>d</sup>	78.36±0.01 <sup>c</sup>	78.39±0.25 <sup>b</sup>	76.31±0.05 <sup>b</sup>	76.86±1.03 <sup>bc</sup>	80.28±0.11 <sup>a</sup>	79.79±0.14 <sup>a</sup>	79.37±0.31 <sup>a</sup>	76.62±0.03 <sup>ab</sup>	Kontrol
	81.51±0.21 <sup>a</sup>	81.35±1.11 <sup>a</sup>	82.04±0.06 <sup>a</sup>	79.00±0.27 <sup>b</sup>	74.57±0.64 <sup>d</sup>	75.23±0.21 <sup>b</sup>	76.03±0.34 <sup>c</sup>	78.53±0.13 <sup>b</sup>	77.71±0.07 <sup>b</sup>	76.73±0.16 <sup>c</sup>	77.69±0.56 <sup>a</sup>	Portakal
	76.46±0.15 <sup>c</sup>	79.57±0.02 <sup>bc</sup>	77.84±0.05 <sup>c</sup>	78.78±0.01 <sup>bc</sup>	77.09±0.01 <sup>c</sup>	75.60±0.76 <sup>b</sup>	78.39±0.03 <sup>a</sup>	75.76±0.04 <sup>c</sup>	77.39±0.33 <sup>b</sup>	73.99±0.25 <sup>c</sup>	76.94±0.13 <sup>a</sup>	Limon
	79.25±0.14 <sup>b</sup>	77.02±0.05 <sup>d</sup>	78.66±0.04 <sup>a</sup>	77.14±0.26 <sup>d</sup>	79.15±0.15 <sup>b</sup>	76.35±0.09 <sup>b</sup>	76.73±0.11 <sup>bc</sup>	78.29±0.87 <sup>b</sup>	75.67±0.47 <sup>c</sup>	75.01±0.33 <sup>d</sup>	74.84±0.76 <sup>c</sup>	Greyfurt
<b>a*</b>	-0.52±0.00 <sup>a</sup>	-1.20±0.01 <sup>b</sup>	-0.97±0.00 <sup>a</sup>	-1.10±0.01 <sup>a</sup>	-1.23±0.00 <sup>a</sup>	-1.03±0.01 <sup>b</sup>	-1.06±0.01 <sup>b</sup>	-1.01±0.03 <sup>b</sup>	-0.98±0.00 <sup>b</sup>	-0.95±0.01 <sup>c</sup>	-0.94±0.01 <sup>c</sup>	Kontrol
	-0.71±0.00 <sup>c</sup>	-1.20±0.02 <sup>b</sup>	-1.30±0.01 <sup>c</sup>	-1.17±0.02 <sup>a</sup>	-1.11±0.01 <sup>b</sup>	-0.94±0.01 <sup>a</sup>	-1.04±0.05 <sup>b</sup>	-1.26±0.03 <sup>c</sup>	-1.31±0.01 <sup>d</sup>	-1.09±0.01 <sup>d</sup>	-1.16±0.01 <sup>d</sup>	Kontrol
	-0.65±0.01 <sup>b</sup>	-1.20±0.06 <sup>b</sup>	-1.59±0.01 <sup>d</sup>	-1.35±0.04 <sup>c</sup>	-0.99±0.01 <sup>a</sup>	-1.28±0.02 <sup>c</sup>	-1.08±0.01 <sup>b</sup>	-1.06±0.01 <sup>b</sup>	-1.21±0.03 <sup>c</sup>	-0.90±0.01 <sup>bc</sup>	-0.88±0.01 <sup>b</sup>	Portakal
	-0.53±0.01 <sup>a</sup>	-1.04±0.01 <sup>a</sup>	-1.19±0.01 <sup>b</sup>	-1.27±0.03 <sup>b</sup>	-1.32±0.02 <sup>d</sup>	-1.04±0.06 <sup>b</sup>	-0.90±0.01 <sup>a</sup>	-0.54±0.02 <sup>a</sup>	-0.94±0.01 <sup>a</sup>	-0.85±0.06 <sup>b</sup>	-0.33±0.01 <sup>a</sup>	Orange
	-2.50±0.01 <sup>d</sup>	-2.36±0.01 <sup>c</sup>	-2.25±0.00 <sup>c</sup>	-1.28±0.01 <sup>b</sup>	-1.20±0.01 <sup>c</sup>	-1.74±0.01 <sup>d</sup>	-1.03±0.02 <sup>b</sup>	-2.00±0.02 <sup>d</sup>	-0.93±0.00 <sup>a</sup>	-0.68±0.01 <sup>a</sup>	-1.51±0.04 <sup>c</sup>	Limon
<b>b*</b>	7.41±0.01 <sup>d</sup>	11.00±0.00 <sup>c</sup>	10.44±0.01 <sup>d</sup>	11.85±0.01 <sup>c</sup>	12.16±0.01 <sup>d</sup>	14.81±0.04 <sup>c</sup>	13.87±0.00 <sup>d</sup>	15.46±0.28 <sup>c</sup>	12.66±0.03 <sup>d</sup>	16.05±0.01 <sup>b</sup>	13.58±0.01 <sup>d</sup>	Kontrol
	8.22±0.00 <sup>d</sup>	11.07±0.06 <sup>c</sup>	12.82±0.05 <sup>c</sup>	11.35±0.04 <sup>d</sup>	11.08±0.01 <sup>c</sup>	15.03±0.03 <sup>b</sup>	10.52±0.02 <sup>c</sup>	14.97±0.05 <sup>d</sup>	14.24±0.07 <sup>c</sup>	11.68±0.03 <sup>d</sup>	13.65±0.01 <sup>d</sup>	Kontrol
	11.00±0.01 <sup>c</sup>	10.83±0.31 <sup>c</sup>	12.73±0.01 <sup>c</sup>	14.21±0.04 <sup>c</sup>	13.92±0.18 <sup>c</sup>	11.87±0.01 <sup>d</sup>	15.22±0.07 <sup>c</sup>	15.74±0.05 <sup>c</sup>	11.64±0.04 <sup>c</sup>	14.61±0.11 <sup>c</sup>	16.31±0.20 <sup>c</sup>	Portakal
	14.37±0.08 <sup>b</sup>	15.23±0.06 <sup>b</sup>	13.64±0.02 <sup>b</sup>	18.61±0.00 <sup>a</sup>	18.86±0.01 <sup>a</sup>	14.96±0.09 <sup>b</sup>	16.63±0.02 <sup>a</sup>	16.67±0.05 <sup>b</sup>	17.94±0.18 <sup>a</sup>	17.19±0.26 <sup>a</sup>	19.52±0.03 <sup>a</sup>	Orange
	19.39±0.08 <sup>a</sup>	20.01±0.00 <sup>a</sup>	20.57±0.05 <sup>a</sup>	15.22±0.04 <sup>b</sup>	15.51±0.05 <sup>b</sup>	20.06±0.06 <sup>a</sup>	15.87±0.02 <sup>b</sup>	19.11±0.24 <sup>a</sup>	17.34±0.15 <sup>b</sup>	16.88±0.05 <sup>a</sup>	18.87±0.25 <sup>b</sup>	Limon
<b>w*</b>	76.69±0.00 <sup>c</sup>	77.41±0.01 <sup>b</sup>	78.06±0.00 <sup>a</sup>	78.25±0.01 <sup>a</sup>	76.87±0.01 <sup>a</sup>	74.01±0.10 <sup>a</sup>	73.43±0.03 <sup>b</sup>	72.91±0.71 <sup>b</sup>	73.93±0.12 <sup>b</sup>	72.94±0.03 <sup>b</sup>	72.21±0.04 <sup>b</sup>	Kontrol
	78.31±0.11 <sup>b</sup>	75.61±0.17 <sup>c</sup>	74.76±0.20 <sup>b</sup>	75.54±0.00 <sup>b</sup>	75.69±0.23 <sup>b</sup>	71.92±0.06 <sup>b</sup>	74.56±0.94 <sup>a</sup>	75.21±0.06 <sup>a</sup>	75.24±0.08 <sup>a</sup>	76.27±0.26 <sup>a</sup>	72.90±0.03 <sup>a</sup>	Kontrol
	79.85±0.20 <sup>a</sup>	78.39±0.80 <sup>a</sup>	77.93±0.06 <sup>a</sup>	74.61±0.20 <sup>c</sup>	70.99±0.47 <sup>d</sup>	73.90±0.17 <sup>a</sup>	71.59±0.25 <sup>c</sup>	73.36±0.08 <sup>b</sup>	74.83±0.08 <sup>a</sup>	72.51±0.07 <sup>b</sup>	72.34±0.33 <sup>ab</sup>	Portakal
	72.41±0.09 <sup>d</sup>	74.50±0.05 <sup>d</sup>	73.95±0.05 <sup>c</sup>	71.74±0.00 <sup>c</sup>	70.30±0.01 <sup>c</sup>	71.36±0.60 <sup>b</sup>	72.72±0.01 <sup>bc</sup>	70.58±0.06 <sup>c</sup>	71.12±0.14 <sup>c</sup>	68.81±0.07 <sup>d</sup>	69.79±0.08 <sup>c</sup>	Orange
	71.49±0.05 <sup>e</sup>	69.43±0.04 <sup>e</sup>	70.27±0.01 <sup>d</sup>	72.50±0.19 <sup>d</sup>	73.98±0.09 <sup>c</sup>	68.94±0.03 <sup>c</sup>	71.81±0.07 <sup>c</sup>	71.00±0.81 <sup>c</sup>	70.11±0.30 <sup>d</sup>	69.84±0.30 <sup>c</sup>	68.51±0.46 <sup>d</sup>	Limon
<b>H*</b>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.46±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>b</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>b</sup>	-1.51±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	-1.51±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	Kontrol
	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.46±0.00 <sup>a</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.51±0.00 <sup>a</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	Kontrol
	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	-1.46±0.00 <sup>a</sup>	-1.45±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>ab</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.46±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>bc</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.51±0.00 <sup>a</sup>	-1.52±0.00 <sup>a</sup>	Portakal
	-1.53±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>d</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.50±0.00 <sup>a</sup>	-1.52±0.00 <sup>d</sup>	-1.54±0.00 <sup>a</sup>	-1.52±0.00 <sup>a</sup>	-1.52±0.00 <sup>a</sup>	-1.55±0.00 <sup>a</sup>	Limon
	-1.44±0.00 <sup>a</sup>	-1.45±0.00 <sup>a</sup>	-1.46±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>c</sup>	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	-1.48±0.00 <sup>a</sup>	-1.51±0.00 <sup>cd</sup>	-1.47±0.00 <sup>a</sup>	-1.52±0.00 <sup>a</sup>	-1.53±0.00 <sup>a</sup>	-1.49±0.00 <sup>a</sup>	Greyfurt
<b>C*</b>	7.42±0.01 <sup>c</sup>	11.06±0.00 <sup>c</sup>	10.48±0.01 <sup>d</sup>	11.90±0.02 <sup>d</sup>	12.22±0.01 <sup>d</sup>	14.85±0.04 <sup>c</sup>	13.91±0.00 <sup>d</sup>	15.49±0.28 <sup>c</sup>	12.70±0.03 <sup>d</sup>	16.08±0.01 <sup>b</sup>	13.61±0.01 <sup>d</sup>	Kontrol
	8.25±0.00 <sup>c</sup>	11.13±0.06 <sup>c</sup>	12.88±0.05 <sup>c</sup>	11.40±0.04 <sup>c</sup>	11.14±0.01 <sup>c</sup>	15.06±0.03 <sup>b</sup>	10.57±0.02 <sup>c</sup>	15.02±0.05 <sup>d</sup>	14.30±0.07 <sup>c</sup>	11.73±0.03 <sup>d</sup>	13.69±0.01 <sup>d</sup>	Kontrol
	8.02±0.01 <sup>d</sup>	10.90±0.32 <sup>c</sup>	12.83±0.02 <sup>c</sup>	14.27±0.04 <sup>c</sup>	13.95±0.18 <sup>c</sup>	11.94±0.02 <sup>d</sup>	15.26±0.07 <sup>c</sup>	15.77±0.05 <sup>c</sup>	11.70±0.03 <sup>c</sup>	14.63±0.11 <sup>c</sup>	16.33±0.20 <sup>c</sup>	Portakal
	14.37±0.08 <sup>b</sup>	15.26±0.06 <sup>b</sup>	13.69±0.02 <sup>b</sup>	18.65±0.00 <sup>a</sup>	18.90±0.01 <sup>a</sup>	14.99±0.09 <sup>b</sup>	16.65±0.02 <sup>a</sup>	16.67±0.05 <sup>b</sup>	17.96±0.18 <sup>a</sup>	17.21±0.26 <sup>a</sup>	19.52±0.03 <sup>a</sup>	Orange
	19.54±0.08 <sup>a</sup>	20.15±0.00 <sup>a</sup>	20.69±0.05 <sup>a</sup>	15.27±0.04 <sup>b</sup>	15.55±0.05 <sup>b</sup>	20.13±0.06 <sup>a</sup>	15.90±0.02 <sup>b</sup>	19.21±0.24 <sup>a</sup>	17.36±0.15 <sup>b</sup>	16.89±0.05 <sup>a</sup>	18.93±0.26 <sup>b</sup>	Limon



Şekil 3. Narenciye esansiyel yağları katkılı mikroenkapsüle hamsi yağları

Figure 3. Microencapsulated anchovy oils with added citrus essential oils

Li ve ark. (2015), 1000 ppm yaban mersini ekstraktı kullanarak enkapsüle ettikleri balık yağlarının  $L^*$  değerlerinin (66.9) ekstrakt kullanılmayan gruptan (89.46) oldukça düşük olduğunu, ekstrakt ilaveli grupta  $a^*$  değerlerinin daha yüksek olduğunu (1,64; -0,86) ve  $b^*$  değerlerinin ise daha düşük olduğunu (-2,07; 4,92) bildirmişlerdir. Araştırmacılar ekstrakt içeren örneklerin daha yüksek kırmızılık (yüksek  $a^*$  değeri) içermesinin yaban mersini ekstraktında bulunan antosiyaninlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise mikroenkapsülasyonun hemen ardından örneklerin  $a^*$  değerinin 0' ın altında olduğu görülmüştür (Tablo 2). Bu duruma çalışmada kullanılan narenciye kabuğu esansiyel yağlarının yeşilimsi renge daha yakın olmalarının neden olduğu düşünülmektedir.

Drusch ve ark. (2006) mikroenkapsüle edilmiş balık yağı örneklerinin başlangıç  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 94,4, -0,77 ve 3,21 olduğunu, 20°C'de 18 günlük bir depolama sonunda örneklerin  $L^*$  değerlerinin 94,7 ile 95,6 arasında,  $a^*$  değerlerinin -1,12 ile -1,49 arasında,  $b^*$  değerlerinin de 4,11 ile 5,47 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı süre boyunca 40°C'de 18 günlük bir depolama sonunda örneklerin  $L^*$  değerlerinin 85,9 ile 93,7 arasında,  $a^*$  değerlerinin -1,51 ile -2,17 arasında,  $b^*$  değerlerinin de 6,56 ile 20,92 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, artan nisbi nemde depoladıkları ürünlerinin yüksek nisbi nemde  $b^*$  değerlerinin yüksek olmasına toz ürünlerdeki kekleşme ve toplanmaların neden olduğunu belirtmişlerdir. Binsi ve ark. (2017) 60°C'de 7 gün depoladıkları adaçayı polifenolü ile mikroenkapsüle ettikleri balık yağı örneklerinin depolama sonunda kontrol örneğine göre;  $L^*$  değerlerinin daha yüksek olduğunu,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin de daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada da 24±2°C'de depolanan mikroenkapsüle örneklerin parlaklık değerlerinin kontrol grubundan genel olarak daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Yeşilsu ve Özyurt (2019), biberiye ve kekik ekstraktı ilaveli mikroenkapsüle balık yağı örneklerinin hemen ardından yapılan ölçümlerde örneklerin  $L^*$  değerinin 93,96-98,45 aralığında,  $a^*$  değerinin 0,22-0,73 aralığında ve  $b^*$  değerinin ise 15,41-17,11 aralığında değiştiğini; 23°C'de depolanan örneklerde 30 gün süreli depolama sonunda örneklerin  $L^*$  değerinin 91,70-95,05 arasında,  $a^*$  değerinin (-1,79)-(0,58) arasında,  $b^*$  değerinin ise 16,83-26,16 arasında değiştiğini, 40°C'de 10 gün süreli depolama sonunda örneklerin  $L^*$  değerinin 90,34-93,24 arasında,  $a^*$  değerinin -1,29-1,55 arasında,  $b^*$  değerinin ise 19,54-29,65 arasında değiştiğini ve 60°C'de depolanan örneklerde depolama sonunda  $L^*$  değerinin 87,55-91,69 arasında,  $a^*$  değerinin 0,47-3,69 arasında,  $b^*$  değerinin ise 24,45-31,34 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde yapmış olduğumuz çalışma neticesinde esansiyel yağ ilaveli grupların renk değerlerinin kontrol grubundan daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Renk beyazlığı ( $W^*$ ) ve renk tonu ( $H^*$ ) değerlerine bakıldığında gruplar arasında istatistiksel farklar olduğu ( $p>0,05$ ) görülmüştür. Depolama süresince renk beyazlığı ve tonu değerlerinde artma ve azalmalar gözlenmişse de genel olarak depolamanın sonuna doğru azalma gözlenmiştir (Şekil 5a ve 5b). Depolamanın başlangıcında 71,49-79,85 aralığında olan renk beyazlığı değerleri depolamanın sonunda 68,51-72,90 değerlerine düşmüştür. Renk tonu değerleri ise depolama süresince çok fazla değişiklik göstermeden (-1,55) - (-1,44) aralığında olmuştur. Ürünün renginin beyazlığı tüketici algısını etkilediğinden dolayı en az beyazlık azalması greylift ve mandalina gruplarında gözlenmiştir. Renk berraklığı değerlerine bakıldığı zaman mandalina grubu haricindeki diğer tüm gruplarda artış gözlenmiştir (Şekil 5c). Depolamanın son gününde en yüksek renk beyazlığı değeri portakal grubunda (72,90) gözlenmesine karşın en düşük değer mandalina katkılı grupta (68,51) gözlenmiştir. Renk berraklığı değerlerine bakıldığında tüm gruplarda depolama süresi ile birlikte dalgalanmalar gözlenmiştir. En kararsız grup olan kontrol grubunda oksidasyona bağlı olduğu düşünülerek bu dalgalanmalar daha belirgin hissedilmiştir. Ancak muamele gruplarında daha az dalgalanmalar gözlenmesi muhtemelen kullanılan esansiyel yağların koruyucu özelliklerinden olduğu yönündedir.

Gruplar arasında toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) en yüksek kontrol grubunda (8,04) en düşük ise mandalina kabuğu esansiyel yağı ilave edilmiş grupta (4,55) gözlenmiştir (Tablo 4).

Narenciye grupları arasında ise en fazla renk değişim farkı gözlenen grup limon olurken en az değişim farkı olan grup mandalina olmuştur. Dolayısıyla mandalina kabuğu esansiyel yağı ile hazırlanan mikroenkapsüle hamsi yağlarının renginin korunmasında mandalina



kabuğu esansiyel yağının daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 6).

Chen ve ark. (2013), 45°C'de 7 gün depoladıkları mikroenkapsüle fitosterol ve limonen içeren balık yağı örneklerinin  $\Delta E$  değerinin 11.6 olduğunu

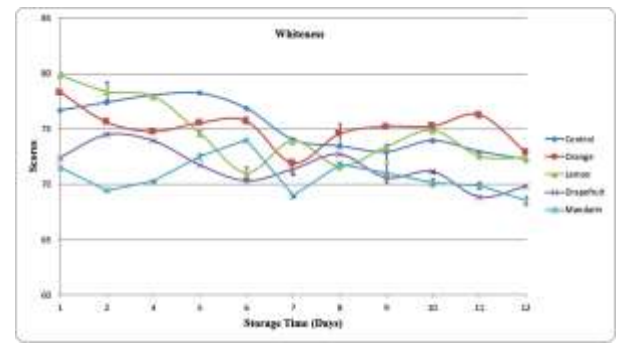
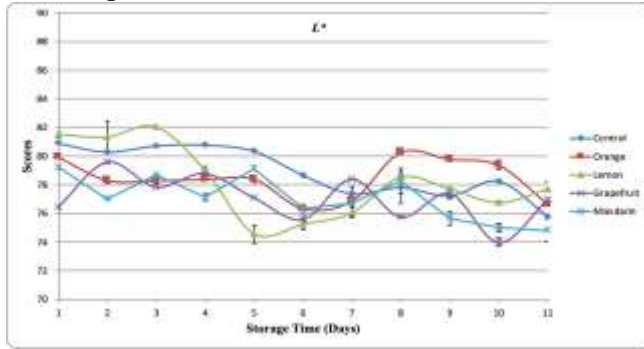
bildirmişlerdir. Intarasirisawat ve ark., (2015) ise tannik asit içeren mikrokapsüllerin 30°C'de 4 hafta depolanması sonucunda toplam renk değişimi değerlerinin 11.06 ile 25.12 arasında değiştiği bildirilmiştir. Yeşilsu ve Özyurt (2019) defne, biberiye

Tablo 4. Depolama boyunca mikrokapsüle hamsi yağlarında meydana gelen toplam renk değişimi

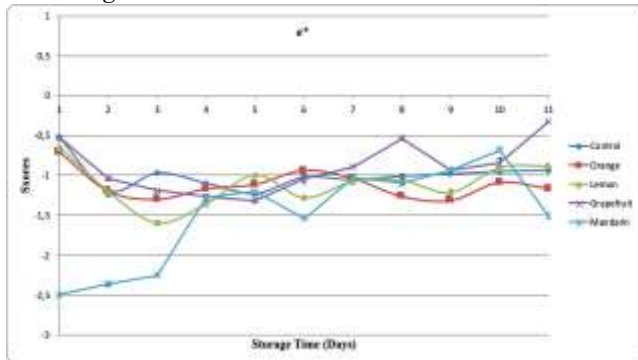
Table 4. Total color changes in microcapsulated anchovy oils during storage

Gruplar (Groups)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kontrol (Control)	5.13	0.42	-6.18	8.04
Portakal (Orange)	3.32	0.45	-5.43	6.38
Limon (Lemon)	3.82	0.24	-5.32	6.55
Greyfurt (Grapefruit)	-0.48	0.21	-5.16	5.18
Mandalina (Mandarin)	4.41	-0.99	0.51	4.55

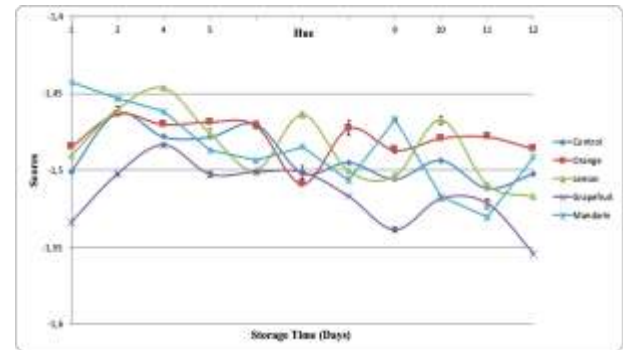
a)  $L^*$  değerleri a)  $L^*$  values



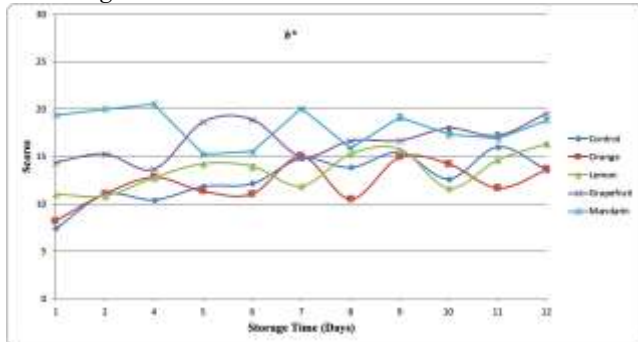
b)  $a^*$  değerleri b)  $a^*$  values



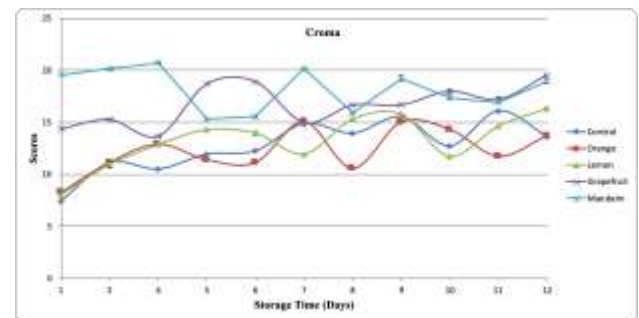
b) Hue değerleri b) Hue values



c)  $b^*$  değerleri c)  $b^*$  values



c) Chroma değerleri c) Chroma values



Şekil 4. Mikrokapsüle hamsi yağlarının depolama süresince  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri

Figure 4.  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of microcapsulated anchovy oil during storage

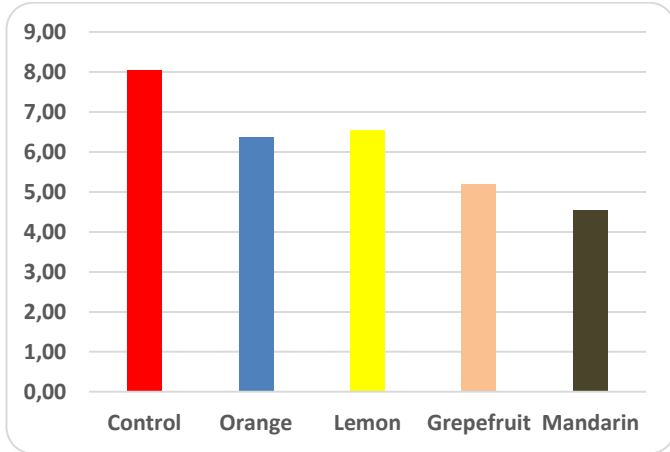
a) Whiteness değerleri a) Whiteness values

Şekil 5. Mikrokapsüle hamsi yağlarının depolama süresince  $W^*$ ,  $H^*$  ve  $C^*$  değerleri

Figure 5.  $W^*$ ,  $H^*$  and  $C^*$  values of microcapsulated anchovy oil during storage

ve kekik ekstraktı ilaveli mikroenkapsüle hamsi yağlarının 23 ve 40 °C'lerde en yüksek renk değişiminin antioksidan ilave edilmeyen kontrol örneğinde olduğunu, en düşük renk değişiminin ise 1500 ppm biberiye ekstraktı ilave edilen grupta olduğunu bildirmiştir. 60°C'de ise diğer sıcaklıklardan farklı olarak en yüksek toplam renk değişiminin 1000 ppm kekik ekstraktı ilave edilen grupta olduğu, en az renk değişiminin ise yine 1500 ppm biberiye ekstraktı ilave edilen grupta olduğunu bildirmişlerdir.

Genel olarak bakıldığında esansiyel yağ ilavesinin mikrokapsüllerin oda sıcaklığında depolanması sırasında kontrol gruba kıyasla rengin korunmasında etkili olduğu gözlenmiştir. Bu durum kontrol grubu balık yağı tozlarının aroma oluşumuna yol açan oksidasyona çok duyarlı olduğunu göstermiştir. Esansiyel yağ eklenen mikroenkapsüle grupları arasında ise en az renk değişimi limon katkılı grupta en fazla değişimin ise mandalina katkılı grupta olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. Depolama boyunca mikrokapsüle hamsi yağlarında gözlenen toplam renk değişimleri (ΔE)

Figure 6. Total color changes in microcapsulated anchovy oils during storage (ΔE)

Biberiye yapraklarından ekstrakte edilen farklı oranlardaki (0,1, 0,2 ve 0,3 mg/g) karnosik asidin balık yağının oksidatif kararlılığı üzerine etkisini inceleyen Wang ve ark. (2011) örnekleri uzun dönem depolamada sentetik antioksidanlar (E vitamini ve TBHQ) ile mukayese etmişlerdir. Örnekleri farklı sıcaklıklarda (30°C ve 4°C) 66 gün boyunca depolanan araştırmacılar, her bir dozun lipid oksidasyonunu geciktirmede başarılı olurken; bunların her birinin 0,2 mg/g oranında E vitamininden daha yüksek ancak 0,2 mg/g oranındaki TBHQ'den daha düşük bir antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Balık yağının oksidatif kararlılığı üzerine defne bitkisi ve ekstraktı ilavesinin (50 ve 100 µL) etkisini inceleyen Dropulic ve ark. (2017), acılaştırma testi ile elde ettikleri sonuçlara göre defne bitkisi ilavesinin boyutu ve

miktarına bağlı olarak yağın oksidatif kararlılığını arttırdığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar aynı etkinin ekstrakt ilavesi ile de sağlandığını ancak ekstrakt miktarı arttıkça balık yağındaki oksidasyonun hızlandığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiği bu çalışmalara benzer olarak kullanmış olduğumuz narenciye kabuğu esansiyel yağların hamsi yağı mikroenkapsülasyonlarında oldukça iyi koruma sağladığı ve tüketimi açısından daha tercih edilebilir forma dönüştüğü yönünde olmuştur.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel sonucu olarak, spreyle kurutma yoluyla ve esansiyel yağ ilavesiyle mikrokapsüllemenin balık yağı duyu kalitesinde güçlü değişiklikler yarattığı yönündedir. Mikrokapsüllemiş balık yağı tozlarının kararlı olmayışı ve oksijen varlığında hızla okside olmasından dolayı antioksidan özellik gösteren doğal maddeler mevcudiyetinde depolandığında stabilitesi artırılabilir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmada emeği geçen Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Bölüm öğretim üye ve elemanlarına teşekkür ederim.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKÇA

- Álvarez A, García García B, Jordán MJ, Martínez-Conesa C, Hernández MD 2012. The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary extract on the deterioration of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during storage on ice. Food Chemistry, 132(3):1395–1405.
- Annamalai J, Dushyant CK, Gudipati V 2015. Oxidative stability of microencapsulated fish oil during refrigerated storage. Journal of food processing and preservation, 39(6):1944-1955.
- Barroso AKM, Pierucci APTR, Freitas SP, Torres AG, Rocha-Leão MHMD 2014. Oxidative stability and sensory evaluation of microencapsulated flaxseed oil. Journal of microencapsulation, 31(2):193-201.
- Bhandari B 2004. Spray drying – An encapsulation technique for food flavors. In: Mujumdar AS, ed. Dehydration of products of biological origin. Enfield, US: Science Publishers, pp. 513–33.
- Binsi PK, Nayak N, Sarkar PC, Jeyakumari A, Ashraf PM, Ninan G, Ravishankar CN 2017. Structural

- and oxidative stabilization of spray dried fish oil microencapsulates with gum arabic and sage polyphenols: Characterization and release kinetics. *Food Chemistry*, 219:158-168.
- Botrel DA, Borges SV, Fernandes RV, de B, Antoniassi R, de Faria-Machado AF, Feitosa JP, de A, de Paula RCM 2017. Application of cashew tree gum on the production and stability of spray-dried fish oil. *Food Chemistry*, 221:1522–1529.
- Bozin B, Mimica-Dukic N, Samojlik I, Jovin E 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis*) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (19):7879–7885.
- Calder BL 2003. The Use of polyphosphates to maintain yield and quality of whole cooked, cryogenically frozen lobster (*Homarus americanus*) and the use of sorbitol and tocopherol to maintain quality of whole cooked, 125 cryogenically frozen crab (*Cancer irroratus*). The University of Maine, PhD Thesis, USA.
- Ceylan Z, Meral R, Cavidoglu I, Yagmur Karakas C, Tahsin Yilmaz M 2018. A new application on fatty acid stability of fish fillets: Coating with probiotic bacteria-loaded polymer-based characterized nanofibers. *Journal of Food Safety*, 38(6):e12547.
- Çakmakçı S, Tahmas-Kahyaoğlu D 2012. Yağ asitlerinin sağlık ve beslenme üzerine etkilerine genel bir bakış. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*.
- Chen Q, Zhong F, Wen J, Mcgillivray D, Quek SY 2013. Properties and stability of spray-dried and freeze-dried microcapsules co-encapsulated with fish oil, phytosterol esters, and limonene. *Drying Technology*, 31(6): 707-716
- Dropulić AM, Zelenika A, Pervan I, Šimat V, Skroza D, Mekinić IG 2017. The effect of the addition of laurel extract and plant material on fish oil oxidative stability. In *10th International Scientific and Professional Conference "With Food to Health"*
- Drusch S, Serfert Y, Schwarz K 2006. Microencapsulation of fish oil with n-octenylsuccinate-derivatised starch: flow properties and oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108: 501-512.
- Durmuş M 2018. Fish oil for human health: Omega-3 fatty acid profiles of marine seafood species. *Food Science and Technology*, (AHEAD).
- Durmuş M, Ozogul Y, Köşker AR, Ucar Y, Boğa EK, Ceylan Z, Ozogul F 2019. The function of nanoemulsion on preservation of rainbow trout fillet. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.
- Ghabraie M, Vu KD, Tata L, Salmieri S, Lacroix M 2016. Antimicrobial effect of essential oils in combinations against five bacteria and their effect on sensorial quality of ground meat. *LWT-Food Science and Technology*, 66:332-339.
- Gokoglu N, Topuz OK, Yerlikaya P 2009. Effects of pomegranate sauce on quality of marinated anchovy during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft Technol.)* 42 (1):113–118.
- Hogan SA, McNamee BF, O'Riordan ED, O'Sullivan M 2001. Microencapsulating properties of sodium caseinate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (4):1934–1938.
- Hogan SA, O'rordan ED, O'sullivan M 2003. Microencapsulation and oxidative stability of spray-dried fish oil emulsions. *Journal of Microencapsulation*, 20(5):675-688.
- Huang YW, Lovell RT, Dunham RA 1994. Carcass characteristics of channel and hybrid catfish, and quality changes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 59(1):64-66.
- Hyldgaard M, Mygind T, Meyer RL 2012. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3:12.
- Intarasirisawat R, Benjakul S, Vissessanguan W, Maqsood S, Osako K 2015. Skipjack roe protein hydrolysate combined with tannic acid increases the stability of fish oil upon microencapsulation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(5):646-656.
- Jafari SM, Assadpoor E, Bhandari B, He Y 2008. Nanoparticle encapsulation of fish oil by spray drying. *Food Research International*, 41(2):172-183.
- Jayasena DD, Jo C 2013. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 34(2):96-108.
- Joe MM, Chauhan PS, Bradeeba K, Shagol C, Sivakumar PK, Sa T 2012. Influence of sunflower oil based nanoemulsion (AUSN-4) on the shelf life and quality of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*) steaks stored at 20°C. *Food Control*, 23(2):564-570.
- Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Raucha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10):3954–3962.
- Kinsella JE, Morr CV 1984. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 21(3):197–262.
- Krishnan S, Kshirsagar AC, Singhal RS 2005. The use of gum Arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate Polymers*, 62:309–15.
- Leman J, Kinsella JE, Kilara A 1989. Surface activity, film formation, and emulsi- fying properties of milk proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28 (2):115–138.

- Li J, Solval KM, Alfaro L, Zhang J, Chotiko A, Delgado JLB, Chouljenko A, Bankston D, Bechtel PJ, Sathivel S 2015. Effect of blueberry extract from blueberry pomace on the microencapsulated fish oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(2):199-206.
- Mahmoud BS, Yamazaki K, Miyashita K, Shin II, Suzuki T 2006. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chemistry*, 99(4):656-662.
- Ozogul Y, Durmus M, Uçar Y, Köşker AR, Ozogul F 2017a. The combined impact of nanoemulsion based on commercial oils and vacuum packing on the fatty acid profiles of sea bass fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6).
- Ozogul Y, Yuvka I, Ucar Y, Durmus M, Köşker AR, Öz M, Ozogul F 2017b. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT - Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft-Technol.)* 75:677-684.
- Ozogul Y, Ucar Y, Takadaş F, Durmus M, Köşker AR, Polat A 2018. Comparison of green and conventional extraction methods on lipid yield and fatty acid profiles of fish species. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(12):1800107.
- Özyurt G, Şimşek A, Etyemez M, Polat A 2013. Fatty acid composition and oxidative stability of fish oil products in Turkish retail market. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(3):322-329.
- Pourashouri P, Shabanpour B, Hashem Abad ZN, Zahiri S 2016. Antioxidant effects of wild pistacia (*P. Atlantica*), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and green tea extracts on the lipid oxidation rate of fish oil-in-water emulsions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(3):651-657.
- Randazzo W, Jiménez-Belenguer A, Settanni L, Perdones A, Moschetti M, Palazzolo E, ... Moschetti G 2016. Antilisterial effect of citrus essential oils and their performance in edible film formulations. *Food Control*, 59:750-758.
- Rao BM, Jesmi D, Viji P 2017. Chilled storage of *Pangasianodon hypophthalmus* fillets coated with plant oil incorporated alginate gels: Effect of clove leaf, clove bud, ro- semary and thyme oils. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 8850 (February).
- Reineccius GA 2004. The spray drying of food flavors. *Drying Technology*, 22:1289-324.
- Risch SJ, Reineccius GAA. 1988. Flavor encapsulation. ACS Symposium Series 370. Washington, DC: American Chemical Society.
- Sanguansri L, Augustin MA. 2006. Microencapsulation and delivery of omega- 3 fatty acids. In: Shi J, ed. *Functional food ingredients and nutraceuticals: Processing technologies*. Florida: Taylor & Francis Group, pp. 297-327.
- Şahin S, Sumnu SG 2006. *Physical properties of food*. New York: Springer Science and Business Media, LLC.
- Tatar F, Kahyaoglu T 2014. Microencapsulation of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) oil: Emulsion characterization and optimization by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29(6):624-633.
- Wang H, Liu F, Yang L, Zu Y, Wang H, Qu S, Zhang Y 2011. Oxidative stability of fish oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during long-term storage. *Food Chemistry*, 128(1):93-99.
- Yeşilsu AF, Özyurt G 2019. Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. *Journal of Food Engineering*, 240:171-182.
- Yu F, Li Z, Zhang T, Wei Y, Xue Y, Xue C 2017. Influence of encapsulation techniques on the structure, physical properties, and thermal stability of fish oil microcapsules by spray drying. *Journal of Food Process Engineering*, 40(6).
- Zamora R, Hidalgo FJ 2005. Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(1):49-59