



## The Effects of Nisin Used at Different Concentrations on Color Changes of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) Fillets Under Chilled and Vacuum Packed Conditions

Yılmaz Uçar<sup>1,a,\*</sup>, Fatih Özoğul<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Fatsa Faculty of Marine Science, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey

<sup>2</sup>Department of Seafood Processing Technology, Faculty of Fisheries, Çukurova University, 01330 Adana, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 27/06/2019 Accepted : 03/09/2019</p> <p><b>Keywords:</b> Nisin Sea bass Biochemical indices Microbiological spoilage Shelf life</p>	<p>In this study, the effects of nisin solutions prepared at different concentrations (0.2%, 0.4% and 0.8%) on colour changes during cold and vacuum packed storage of sea bass fillets were investigated. In the sensory analysis (raw and cooked) performed by the panellists, the shelf life of sea bass in trial I was 6 and 8 days for control and nisin treatment groups, respectively; in trial II was 12 and 14 days for control and nisin treatment groups, respectively. There was no negative effect of the application of nisin on the natural smell and aroma of fish meat. It has been found that the application of nisin, which is more preferred by the panellists than the control group, prolongs the shelf life of the sea bass for 2 days for all trials. The results indicated that the seabass fillets treated with only nisin (trial I) and the combined use of the vacuum packaging and nisin (trial II) resulted in better preservation of colour. The results of study revealed better colour results for 12 days in trial I and 18 days in trial II storage time better consumer perception than control group. The results of the study revealed better colour results for 12 days in trial I and for 18 days in trial II and better consumer perception than control group. As a result, the application of nisin had a positive effect on the colour stability of the fillets. The findings of the present study include useful information on the quality and control of seafood. It is foreseen that informing the food sector and consumers about the use of nisin as an alternative natural preservative with positive effects on human health can have an economic and social widespread effect.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(10): 1657-1669, 2019

## Farklı Konsantrasyonlarda Kullanılan Nisinin Soğukta ve Vakum Paketlenerek Depolanan Levrek (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) Filetolarının Renk Değişimleri Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 27/06/2019 Kabul : 03/09/2019</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Nisin Levrek Biyokimyasal indeksler Mikrobiyal bozulma Raf ömrü</p>	<p>Bu çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0,2, %0,4 ve %0,8) hazırlanan nisin solüsyonlarının levrek filetolarının soğukta ve vakum paketlenerek depolanması esnasında renk değişimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Panelistler tarafından gerçekleştirilen duyu analizlerinde (çiğ ve pişmiş olarak) levreğin raf ömrü I. denemede kontrol grubunda 6 gün, nisin uygulanan gruplarda ise 8 gün olarak; II. denemede ise kontrol grubunda 12 gün, nisin uygulanan gruplarda ise 14 gün olarak belirlenmiştir. Nisin uygulanmasının balık etinin doğal kokusu ve aroması üzerine olumsuz bir etkisi gözlenmemiştir. Panelistler tarafından kontrol grubuna göre daha çok tercih edilmiş olan nisin uygulamasının levreğin raf ömrünü 2 gün uzattığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, filetolanmış levreğin tek başına nisin ile muamelesinde (Deneme I) ve vakum paketlenme ile nisin kombine kullanımları (Deneme II) sonucunda rengini daha iyi koruduğunu, 4±2°C’de deneme I’ de 12 günlük ve deneme II’de 18 günlük depolamada daha iyi renk sonuçları ile kontrol grubundan daha iyi tüketici algısı oluşturmuştur. Sonuç olarak nisin uygulaması, filetoların renk stabilitesi üzerine pozitif etki yapmıştır. Mevcut çalışma sonucunda elde edilen bulgular, su ürünlerinin kalitesi ve kontrolü üzerine yararlı bilgiler içermektedir. İnsan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip alternatif doğal bir koruyucu olarak nisinin kullanımı hakkında gıda sektörü ve tüketicilerin bilgilendirilmesinin ekonomik ve sosyal bir yaygın etki sağlayabileceği öngörülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [yucar@cu.edu.tr](mailto:yucar@cu.edu.tr)

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

<sup>a</sup> [fozogul@cu.edu.tr](mailto:fozogul@cu.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0655-0105>



## Giriş

Renk, görünümü ve sunumu etkileyen ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve satın alma kararını belirleyen önemli bir kalite niteliğidir (Şahin ve Sumnu, 2006). Ürünün pazarlanmasında renk oldukça önemlidir. Tüketici tarafından her zaman tazelik ve kalite ile ilişkilendirilir. Öte yandan tüketici, paketlenmiş etlerdeki “renk kaybını” veya “tazelik kaybını” bakteriyel büyümeyle ilişkilendirir ki bu her zaman meydana gelen renk kaybının nedeni olmayabilir. Taze et renginin perakende düzeyinde korunması, daha az maliyet kaybına, daha yüksek raf ömrü ve daha yüksek satış olasılığı ile sonuçlanacaktır.

Taze et ürünlerinin esas pigmenti, ortamın oksijen durumuna bağlı olarak farklı formlarda bulunabilen miyoglobindir. Bunlar miyoglobin (Mb), oksimiyoglobin (MbO<sub>2</sub>) ve metmiyoglobin (MMb+) formlarında olabilir. Etin gerçek rengi, yüzeydeki bu üç türevin varlığına bağlıdır. İndirgenmiş miyoglobin, kesildikten hemen sonra etin renginden veya vakumlu bir pakette, hava yokluğunda et renginden sorumludur. Tamamen oksijenli etlerin tipik parlak kırmızı rengi oksimiyoglobine bağlıdır. Kahverengi metmiyoglobin, pigmentin ferrik forma oksidasyonu ile oluşur (Cuttle ve ark., 2001).

Balık eti yüksek kaliteli protein, esansiyel vitaminler ve sağlığa faydalı çoklu doymamış yağ asitleri için zengin bir kaynaktır (Ashie ve ark., 1996). Balık lipitleri, beş veya altı çift bağa sahip doymamış yağ asitleri (C20:5-C22:6) nedeniyle besinsel öneme sahiptir (Puwastien ve ark., 1999). Soğukta depolanan etin önemli bir bozulma süreci, lipid oksidasyonudur (Ramirez ve ark., 2005). Esansiyel yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu olarak etin besin değeri azalmaktadır (Donelli ve Robinson, 1995). Paralel olarak ürünün rengi değişmekte ve bu durum tüketici algısı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Balıklar, sınırlı raf ömrüne sahip, en çok bozulan gıda ürünlerinden birisidir. Mikrobiyal ve kimyasal bozulma, balık ölür ya da yakalanır yakalanmaz başlar. Bu durum ölü balıklarda meydana gelen bir dizi karmaşık değişimin temel olarak bakteriler ve enzimler tarafından oluşturulmasının bir sonucudur. Genel olarak aerobik şartlarda depolanan balıklar öncelikle *Shewanella putrefaciens* olmak üzere gram-negatif organizmalar tarafından bozulur. Bozulma süreci etin rengi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Bu sebepten ötürü balık etlerinin kimyasal ve mikrobiyolojik bozulması sonucu meydana gelen renk değişimlerini de önlemek amacıyla kullanılacak koruyucuların bu yönde hizmet etmesi su ürünleri sektöründe oldukça önemli olmaktadır.

İnsan tüketimi için hayvansal protein ihtiyacının artması ve temel olarak bu yeni tüketici trendleri, su ürünleri yetiştiriciliği yapılan türlerin öneminin artmasında büyük ölçüde katkıda bulunmuştur. Yoğun bir ticari öneme sahip olan ve yoğun bir şekilde yetiştiriciliği yapılan türlerden birisi olan levrek (*Dicentrarchus labrax*), Akdeniz bölgesindeki en önemli ekonomik balık türlerinden biridir (Smart, 2001). Levrek kaliteli, lezzetli, hassas ve pahalı bir balık türüdür. Aynı zamanda beyaz et oranı yüksek, tadı yumuşak ve az yağlı içeriğe sahiptir (Body ve ark., 1992). TÜİK (2017) verilerine göre ülkemizde avcılık yoluyla elde edilen toplam deniz ürünleri 322.173 ton ve tatlı su ürünleri üretimi 32.145

tondur. Yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri üretimi ise 276.502 ton olarak bildirilmiştir. Ülkemizde olduğu gibi Akdeniz’de en çok üretimi yapılan levrek balığının aynı yıl içerisindeki üretim miktarı ise 99.971 ton olarak yıllık üretimin %36,16’ sını oluşturmuştur. Yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretimin son 10 yıl içerisinde giderek arttığı göz önüne alındığında levrek üretiminin bu artışın en büyük paydaşı olduğu görülmektedir. Bu tür, genel olarak tüm ya da filetolanmış halde, Türkiye’deki pazarın büyük bir kısmı tarafından tüketilmektedir. Deniz levreği normalde buzdolabında depolandığında oldukça sınırlı raf ömrüne sahip olduğundan, yurt içinde tüketildiği ve büyük miktarlarda ihraç edildiği için, ürünü korumak oldukça önemlidir.

Balık kası rengi sadece miyoglobin ve hemoglobin olarak adlandırılan karotenoidler ve hemepigmentlerle ilgili olmayıp (Hui ve ark., 2006), aynı zamanda kasın fiziksel yapısı ve ışık saçılımını etkileyen bağlanmamış su miktarı ile de ilişkilidir (Chéret ve ark., 2005). Depolama sırasında rengin evrimi, miyofibrillerin dağılması ve miyofibrillerin bozunması ile sonuçlanan enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlarla ilişkilendirilebilir (Haard, 1992; Jiang, 2000). Çalışılan deniz levreği kasları, heme proteinleri, karotenoidler ve melaninlerin varlığına bağlı olan pigmentasyonlu beyaz bir kاستır. Bu yüzden renk değişimleri kalite kaybı olarak nitelendirilmektedir.

Sentetik koruyucuların gıda ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, antibiyotige dirençli suşları geliştirmesi ve tüketicilerin sentetik koruyuculara karşı olumsuz algıları nedeniyle daha “doğal” ve “minimum düzeyde işlenmiş” gıdalara yönelik bir talep yaratmıştır. Sonuç olarak, doğal olarak üretilen antimikrobiyal ve antioksidan ajanlara büyük ilgi olmuştur. Antioksidanlar ve antimikrobiyaller gibi doğal veya sentetik koruyucu maddeler, istenmeyen mikroorganizmaların oluşmasını önlemek veya kontrol altında tutmak için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda öne çıkan yöntemlerden birisi de bakteriyosin kullanılarak gıdaların kalitesini korumaktır. Nisin bu amaçla kullanılan bir bakteriyosindir. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* tarafından üretilen antimikrobiyal aktiviteye sahip bir peptid olan nisin, genellikle güvenli olarak kabul edilir ve gıdalardaki patojen ve bozucu mikroorganizmaları kontrol etmek için çeşitli şekillerde kullanılmıştır (Juneja ve ark., 2012; Mills ve ark., 2011). Nisinin soğukta depolanmış balıklarda *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas* sp. dahil olmak üzere yaygın olarak bulunan bakteriler üzerinde inhibitör etkileri vardır. Bazı antioksidant ekstraktlarla nisin etkileşimi veya duyuşal değişiklikler olmaksızın gıdaya uygulandığında sinerjik etki gösteren bileşikler hakkında bazı çalışmalar bulunmaktadır (Abdollahzadeh ve ark., 2014; Gao ve ark., 2014). Sodyum asetat ve nisin gibi antimikrobiyal ajanların, depolama koşullarında mikrobiyal büyümenin önlenmesinde ve gıda kalitesinin iyileştirilmesinde etkili oldukları bulunmuştur. Sallam (2007), sodyum asetat, sodyum laktat ve sodyum sitratın nisin Z ile kullanılmasının, soğukta depolanan dilimlenmiş somondaki antimikrobiyal ve antioksidan kaliteyi artırdığını bildirmiştir. Behnama ve ark (2015), vakum paketlenmiş gökkuşuğu alabalığının nisin ile birlikte

kullanılması ile ürünlerin kalitesinin arttığını göstermişlerdir. Ayrıca Ghomi ve ark (2011), %0,2 nisin ile %3 sodyum asetatın birlikte kullanımının buzdolabı koşullarında muhafaza edilen ot sazını (*Ctenopharyngodon idella*) fileto dilimlerinin ürün kalitesini artırdığı en iyi koşul olduğunu rapor etmişlerdir.

Vakum paketlemenin ve nisin kullanımının etleri istenmeyen renk değişikliklerine karşı koruduğu bildirilmiştir (Invanova ve Sergeeva, 1984; Ceylan 2014; Behnema ve ark., 2015;2016). Bu amaçla bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0,2; %0,4 ve %0,8) hazırlanan nisin solüsyonlarının levrek filetolarının soğukta ve vakum paketlenerek depolanması esnasında renk değişimleri üzerindeki etkilerinin incelenmiştir. Ticari olarak temin edilen nisin kullanılarak hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki solüsyonların birinci aşamada soğukta ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ve ikinci aşamada vakum paketlenerek soğukta depolanan levrek filetoları renk profili üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmadan su ürünleri işleme sektöründe kullanılmak üzere önemli sonuçlar elde edilmiş olup, yapılacak yeni araştırmalara öncülük edebileceği öngörülmektedir.

## Materyal ve Yöntem

### Nisin

Çalışmada kullanılan nisin, ticari olarak Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA) firmasından temin edilmiştir. *Lactococcus lactis* tarafından üretilen nisin %2,5 konsantrasyonda sodyum klorid ve denature süt tozları ( $10^6$  IU/g) ile dengelenmiştir.

### Balık Materyali

Çalışmada ekonomik değeri yüksek ve yaygın bir şekilde kültürü yapılan levrek (*Dicentrarchus labrax*) kullanılmıştır. Balıklar Ocak 2018 tarihinde Mersin’de üretim yapan Çamdere Deniz Ürünleri firmasından temin edilmiştir. Balıklar hasat edilir edilmez hipotermi uygulanarak öldürülmüş ve içi buz dolu izole straforlar içinde Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojileri Laboratuvarına ulaştırılmıştır. Balıkların ortalama boy ve ağırlıkları sırasıyla  $29,77\pm 1,02$  cm ve  $312,06\pm 26,85$  g olarak ölçülmüştür.

### Nisin Solüsyonlarının Hazırlanması

Nisin solüsyonları sterilize edilmiş saf su kullanılarak %0,2; %0,4 ve %0,8 konsantrasyonlarında hazırlanmıştır.

### Balık Etinin Hazırlanması

Buzlu strafor kutularda Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojileri Laboratuvarına getirilen balıkların, iç organları temizlendikten sonra filetoları çıkarılmıştır. Levrek filetoları yıkanarak kontrol ve muamele grupları olmak üzere 4 gruba ayrılmış, nisin uygulaması için buzda muhafaza edilmişlerdir.

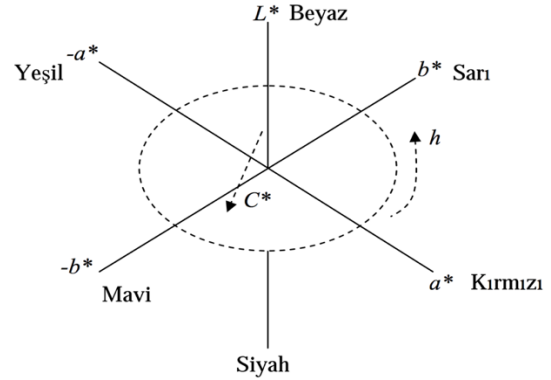
### Balıklara Nisin Uygulanması ve Depolama Koşulları

Nisin solüsyonlarının levrek filetolarına uygulanması Ceylan (2014) yönteminde yapılan bazı modifikasyonlara göre gerçekleştirilmiştir. Nisin solüsyonlarının balık filetosuna uygulanması daldırma yöntemiyle yapılmıştır. Filetolar 10 dakika boyunca farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nisin solüsyonlarının içerisinde bekletilmiştir.

Muamele edilen filetolar strafor tabak içine konularak streç film ile kaplanmış ve bu streç film belirli noktalarda delinerek buzdolabı ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) içerisinde depolanmıştır. Soğukta depolamada kontrol ile beraber toplam 4 grup olmuştur. Depolamanın 0, 3, 6, 8, 10, 12. günlerinde renk analizleri düzenli olarak yapılmıştır. Çalışmanın ikinci aşaması ise farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nisin solüsyonları ile muamele edilen balık filetolarının vakum paketlenerek  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de buzdolabında depolanmasından oluşmaktadır. Paketleme materyali olarak poliamid bazlı poşetler (Polinas, Manisa, Türkiye) kullanılmıştır. Poşetlerin kalınlığı 90  $\mu\text{m}$  olup, su ve oksijen geçirgenliği sırasıyla  $8,5 \text{ g/m}^2/24$  saat ve  $160 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24$  saattir. Balık filetolarının vakumlanması Reepack RV50 (Seriate (BG), İtalya) marka vakum paketleme cihazı kullanılmıştır. Vakum paketlenerek soğukta depolamada kontrol ile beraber toplam 4 grup oluşturulmuştur. İlk aşamaya benzer şekilde bu aşamada da depolama boyunca düzenli aralıklarla 0, 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18. günlerinde renk analizleri yapılmıştır.

### Renk Analizi

Renk ölçümlerinde, Calder (2003)’in belirttiği yöntemle göre CM-500 (Konica Minolta, Osaka, Japan) cihazı kullanılarak  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri (üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi) kaydedilmiştir (Şekil 1). ' $L^*$ ' değeri parlaklığı (açıklık ve koyuluk; siyah için 0 değeri ile beyaz için 100 değeri arasında değişmektedir); '+ $a^*$ ' değeri kırmızı; '- $a^*$ ' değeri yeşil (-60 ile +60 arası); '+ $b^*$ ' değeri sarı ve '- $b^*$ ' değeri mavi renkleri (-60 ile +60 arası) temsil etmektedir. Bu parametrelerdeki "\*" işareti, daha önce geliştirilmiş farklı renk sistemlerindeki benzer formüllerinden CIE formüllerini ayırt edebilmek için kullanılmaktadır.



Şekil 1 CIELab renk uzayı (Acar, 2009)  
Figure 1 CIELab color space (Acar, 2009)

Her grup için 2 tekerrür alınmıştır ve her tekerrür 3 defa ölçülmüştür (Şekil 3.12). Analiz öncesinde cihazın kalibrasyonu beyaz plaka ve siyah plaka ile sağlanmıştır ( $Y=87,10$ ,  $x=0,3166$ ,  $y=0,3236$ ). Sonuçlar  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  olarak kaydedilmiştir. CIELab sisteminde ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerine bağlı olarak aşağıda yer alan formüllere göre beyazlık (Whiteness), renk berraklığı (Chroma) ve renk tonu (Hue) değerleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Beyazlık} &= 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \\ \text{Renk berraklığı} &= (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \\ \text{Renk tonu} &= \text{Arctan}(b^*/a^*) \end{aligned}$$



Şekil 2 Levrek filetolarında renk ölçümü  
Figure 2 Colour measurement in sea bass fillets

### İstatistik Analizler

Araştırmanın sonunda elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak, kontrol grubu ve nisin grupları arasındaki zamana bağlı değişimler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (Duncan, 1955). Önem seviyesi  $P < 0,05$  olarak alınmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın ilk aşamasında farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nisin'in soğukta ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) filetolarının renk parametreleri üzerine etkileri 12 gün süren depolama süresi boyunca incelenmiştir.

### Nisin Uygulanan Çiğ Levrek Filetolarında Meydana Gelen Renk Değişimleri

Farklı oranlarda hazırlanan nisin ile muamele edilen levrek filetolarının soğukta depolama süresi boyunca meydana gelen renk değişimleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (CIELab sistemi) parametreleri incelenerek belirlenmiştir (Çizelge 1).

$L^*$  değeri et ürünlerinde duyuşal olarak tercihi etkileyen en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Şekil 3a' da depolama süresince kontrol ve nisin uygulanan levrek filetolarında meydana gelen  $L^*$  değeri değişimleri görülmektedir. Depolama süresince  $L^*$  değeri tüm gruplarda artış ve azalışlar gösterebilir genel olarak bir artış eğiliminde olmuştur. Depolama süresince ve gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında  $L^*$  değerleri tüm gruplar için 33,12-35,08 arasında değişmekle birlikte en yüksek  $L^*$  değerleri tüm gruplar için depolamanın sonunda gözlemlenmiştir.

$L^*$  değerleri ve nem içeriği arasındaki pozitif ilişkiler birçok gıda maddesi için gösterilmiştir (Bekhit ve ark., 2009; Hernández ve ark., 2009). Renk parlaklığındaki artış, depolama sırasında oluşan su kaybına bağlanabilir. Bu durum, filetoları kaplayan ambalaj filmi arasındaki sıvı tutulmasının bir sonucu olarak balık yüzeyinde daha büyük su birikintilerine yol açacaktır. Offer ve ark (1989)'na göre, daha yüksek nem içeriği, daha açık bir renge yol açan gıda matrisi içinde refraktif (kırılma) indekslerin oluşturulmasına katkıda bulunur. Öte yandan balığın rengi beslenme, yetiştirme sıcaklığı, depolama süresi vb. gibi diğer faktörlerden de etkilenebilir (Çaklı ve ark., 2007; Ginés ve ark., 2004).

Çizelge 1 Nisin uygulanan levrek filetolarının soğukta ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanması süresince renk değerlerindeki değişimler  
Table 1 Colour changes of sea bass fillets treated with nisin during cold storage ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ )

RP	Günler						Gruplar
	0	3	6	8	10	12	
$L^*$	33,61±0,20 <sup>Bab</sup>	34,82±0,19 <sup>Ba</sup>	34,28±0,26 <sup>Ba</sup>	34,07±0,81 <sup>Bb</sup>	35,81±0,47 <sup>ABb</sup>	38,36±0,77 <sup>Ab</sup>	Kontrol
	35,08±0,31 <sup>BCa</sup>	32,68±0,12 <sup>Da</sup>	34,35±0,37 <sup>Ca</sup>	36,58±0,22 <sup>Ba</sup>	35,81±0,31 <sup>BCb</sup>	39,29±1,31 <sup>Ab</sup>	%0,2
	34,22±0,30 <sup>Bab</sup>	34,06±0,27 <sup>Ba</sup>	34,11±0,49 <sup>Ba</sup>	34,72±0,34 <sup>Bb</sup>	38,52±0,89 <sup>Aa</sup>	38,14±0,82 <sup>Ab</sup>	%0,4
	33,12±0,17 <sup>Db</sup>	34,17±0,18 <sup>CDa</sup>	33,04±0,30 <sup>Db</sup>	35,69±0,59 <sup>Cab</sup>	38,98±0,60 <sup>Ba</sup>	41,96±0,88 <sup>Aa</sup>	%0,8
$a^*$	0,93±0,03 <sup>Aa</sup>	0,71±0,03 <sup>Aa</sup>	-0,20±0,00 <sup>Ba</sup>	-0,25±0,02 <sup>Ba</sup>	-0,38±0,01 <sup>Ba</sup>	-1,52±0,08 <sup>Cb</sup>	Kontrol
	0,36±0,14 <sup>Ab</sup>	0,46±0,01 <sup>Aab</sup>	-0,26±0,01 <sup>Ba</sup>	-0,75±0,02 <sup>Cb</sup>	-0,32±0,02 <sup>Ba</sup>	-1,43±0,04 <sup>Db</sup>	%0,2
	0,13±0,00 <sup>Ab</sup>	-0,03±0,01 <sup>Ac</sup>	-0,55±0,01 <sup>Bb</sup>	-0,89±0,03 <sup>Cbc</sup>	-1,48±0,07 <sup>Db</sup>	-0,95±0,03 <sup>Ca</sup>	%0,4
	0,30±0,01 <sup>Ab</sup>	0,26±0,02 <sup>Bb</sup>	-0,15±0,10 <sup>Ca</sup>	-1,03±0,06 <sup>Dc</sup>	-1,85±0,15 <sup>Eb</sup>	-2,13±0,05 <sup>Ec</sup>	%0,8
$b^*$	-0,17±0,01 <sup>BCa</sup>	-0,86±0,01 <sup>Cc</sup>	0,26±0,04 <sup>Bab</sup>	1,73±0,11 <sup>Aa</sup>	2,10±0,04 <sup>Aa</sup>	1,47±0,09 <sup>Ac</sup>	Kontrol
	-0,90±0,12 <sup>Eb</sup>	-0,25±0,02 <sup>DEab</sup>	0,23±0,03 <sup>CDab</sup>	1,56±0,05 <sup>Ba</sup>	0,66±0,03 <sup>Cb</sup>	2,48±0,16 <sup>Ab</sup>	%0,2
	-2,08±0,05 <sup>Ec</sup>	-0,46±0,03 <sup>Dab</sup>	0,87±0,37 <sup>Ba</sup>	0,24±0,02 <sup>Cb</sup>	0,83±0,04 <sup>Bb</sup>	1,43±0,07 <sup>Ac</sup>	%0,4
	-0,56±0,03 <sup>Dab</sup>	0,32±0,03 <sup>CDa</sup>	-0,53±0,03 <sup>Db</sup>	1,39±0,09 <sup>Ba</sup>	0,89±0,03 <sup>BCb</sup>	4,55±0,15 <sup>Aa</sup>	%0,8
$W^*$	33,60±0,20 <sup>Bab</sup>	34,81±0,20 <sup>Ba</sup>	34,27±0,26 <sup>Ba</sup>	34,04±0,81 <sup>Bb</sup>	35,77±0,47 <sup>ABb</sup>	38,32±0,77 <sup>Ab</sup>	Kontrol
	35,07±0,31 <sup>BCa</sup>	32,67±0,12 <sup>Da</sup>	34,35±0,37 <sup>Ca</sup>	36,56±0,22 <sup>Ba</sup>	35,81±0,31 <sup>BCb</sup>	39,22±1,30 <sup>Ab</sup>	%0,2
	34,19±0,30 <sup>Bab</sup>	34,06±0,27 <sup>Ba</sup>	34,09±0,49 <sup>Ba</sup>	34,71±0,34 <sup>Bb</sup>	38,50±0,89 <sup>Aa</sup>	38,11±0,82 <sup>Ab</sup>	%0,4
	33,11±0,17 <sup>Db</sup>	34,15±0,18 <sup>CDa</sup>	33,02±0,30 <sup>Db</sup>	35,67±0,59 <sup>Cab</sup>	38,95±0,60 <sup>Ba</sup>	41,74±0,87 <sup>Aa</sup>	%0,8
$H^*$	-0,18±0,04 <sup>Aa</sup>	-0,75±0,11 <sup>ABa</sup>	-0,17±0,04 <sup>Aa</sup>	-1,39±0,09 <sup>Bc</sup>	0,27±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,75±0,05 <sup>ABa</sup>	Kontrol
	-0,45±0,03 <sup>ABa</sup>	-0,09±0,05 <sup>ABa</sup>	0,12±0,03 <sup>Aa</sup>	-1,11±0,16 <sup>Bb</sup>	-1,18±0,03 <sup>Bb</sup>	-1,05±0,02 <sup>Bb</sup>	%0,2
	-1,51±0,37 <sup>Cb</sup>	-0,17±0,02 <sup>Aa</sup>	-0,64±0,04 <sup>ABa</sup>	-0,31±0,07 <sup>ABa</sup>	-0,51±0,01 <sup>ABab</sup>	-1,00±0,01 <sup>BCb</sup>	%0,4
	-0,54±0,03 <sup>Ba</sup>	-1,25±0,09 <sup>Ba</sup>	0,37±0,03 <sup>Aa</sup>	-0,94±0,15 <sup>Bb</sup>	-0,44±0,03 <sup>ABab</sup>	-1,13±0,01 <sup>Bb</sup>	%0,8
$C^*$	0,95±0,04 <sup>Bb</sup>	1,21±0,03 <sup>Ba</sup>	1,08±0,03 <sup>Ba</sup>	1,76±0,11 <sup>Aa</sup>	2,24±0,03 <sup>Aa</sup>	2,16±0,09 <sup>Ac</sup>	Kontrol
	1,20±0,14 <sup>Cb</sup>	1,12±0,02 <sup>Ca</sup>	0,64±0,04 <sup>Da</sup>	1,73±0,05 <sup>Ba</sup>	0,74±0,03 <sup>Dc</sup>	2,87±0,15 <sup>Ab</sup>	%0,2
	2,09±0,05 <sup>Aa</sup>	0,51±0,02 <sup>Db</sup>	1,18±0,19 <sup>Ca</sup>	0,95±0,04 <sup>Cb</sup>	1,70±0,08 <sup>Bb</sup>	1,73±0,05 <sup>Bd</sup>	%0,4
	0,80±0,04 <sup>Cb</sup>	1,25±0,03 <sup>Ca</sup>	1,12±0,02 <sup>Ca</sup>	1,73±0,05 <sup>Ba</sup>	2,10±0,12 <sup>Bab</sup>	5,04±0,14 <sup>Aa</sup>	%0,8

RP: Renk Parametreleri, <sup>a-d</sup> Her bir gün için gruplar arası önemli farklılıkları ( $P < 0,05$ ) göstermektedir, <sup>A-E</sup> Her bir grup için günler arası önemli farklılıkları ( $P < 0,05$ ) göstermektedir.



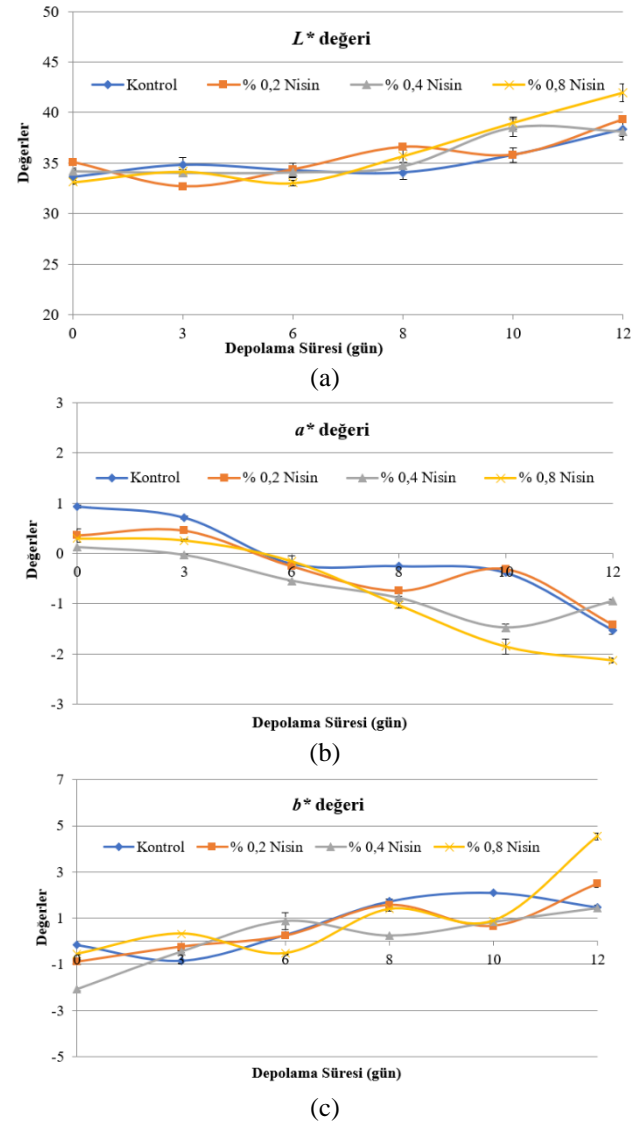
Gruplar arasındaki  $L^*$  farklılıklarının örneklerin depolama süresi ile birlikte değişen nem içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca depolama süresince dalgalanma gösteren  $L^*$  değerindeki azalma, et ürünlerinde parlaklık değişimlerine neden olan depolama süresince stabil olmayan pH değerleri ile açıklanabilir (Abbasi ve Samadi, 2014). Deniz levreğinde ve çipurada, uzun süreli depolama boyunca (21 güne kadar) azalan  $L^*$  ve renk solması değerlerinin ölçüldüğü rapor edilmiştir (Cakli ve ark., 2006a; 2006b; Álvarez ve ark., 2008). Abbas ve ark (2008) kas pH'sının balık tazeliğiyle açık bir şekilde korunduğunu ve 10-12 gün depolama sonrasında arttığını doğrulamıştır. Paik ve ark (2006) sous vide işlenmiş baharatlı sığır etinin mikrobiyal güvenliğini, fiziksel özelliklerini ve depolama sırasında nisin etkisini değerlendirmişlerdir. Nisin içeren (100 IU ve 500 IU) veya nisin içermeyen sous vide işlenmiş paketlerin 60 gün boyunca 4°C' de depolayarak bu depolama süresi boyunca düzenli aralıklarla numunelerde kalite için ölçümler yapmışlardır. Renk sonuçlarına göre nisin içermeyen ambalajların parlaklık rengi ( $L^*$ ) değerinde sert bir düşüş gösterirken, nisinli paketlerde hiçbir değişiklik gözlemediklerini rapor etmişlerdir.

Renk parametreleri açısından  $a^*$  değeri balık örneklerinin fiziksel kalitesinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir ve '+ $a^*$ ' değeri kırmızılığı, '- $a^*$ ' değeri yeşilliği temsil etmektedir. Şekil 3b'de depolama süresi boyunca meydana gelen  $a^*$  değeri değişimleri belirtilmiştir. Bu çalışmada  $a^*$  değeri depolama süresince tüm uygulama gruplarında azalmıştır. Kırmızılık değerinin azalması, tüketici tarafından arzu edilmeyen ürünün renginin değişmesine neden olur (Kim ve ark., 2013). Shabanpour ve Etemadian (2016), gıda ürünlerine protein ilavesinin, heme protein konsantrasyonunun neden olduğu  $a^*$  değeri üzerinde önemli etkiye sahip olduğuna işaret etmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek  $a^*$  değeri 0,93 ile kontrol grubunda (0,93), en düşük değer ise %0,4 nisin içeren grupta (0,13) bulunmuştur. Gruplar arasında yapılan istatistikte depolamanın başlangıcında nisin muamele grupları arasında bir fark gözlenmezken bu gruplar ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır. Depolamanın son günü olan 12. günde gruplar arasındaki  $a^*$  değeri açısından fark kontrol ve %0,2 nisin muamele grubu haricinde istatistik olarak önemli bulunmuş ( $P < 0,05$ ) ve  $a^*$  değeri kontrol, %0,2, %0,4 ve %0,8 nisin muamele grupları için sırasıyla -1,52, -1,43, -0,95 ve -2,13 olarak belirlenmiştir.  $a^*$  değeri açısından en hızlı düşüş %0,8 nisin içeren grupta gözlenmiştir. Kontrol grubunun duyusal olarak ret edildiği 6. günde (Uçar, 2018) %0,4 nisin grubu dışındaki gruplar arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmezken ( $P > 0,05$ ) muamele gruplarının ret edildiği 8. günde tüm gruplar arasında önemli farklılıklar olmuştur ( $P < 0,05$ ).

Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar su ürünlerinden elde edilen ürünlerin kalitesinin artırılması yönünde ilave edilen izolat veya konsantre katkı maddelerinin  $a^*$  değerinde farklılıklara yol açabileceğini belirtmişlerdir (Huang ve ark., 1994; Calder, 2003).

$b^*$  değeri renk parametreleri arasında sarılığı ifade etmektedir ve işlenmiş ürünlerde son derece önemlidir. Şekil 3c'de nisin uygulanarak soğukta depolanan

örneklerin  $b^*$  değerlerinde meydana gelen değişimler gösterilmektedir. Kontrol ve nisin muamele gruplarında  $b^*$  değeri açısından dalgalanmalar gözlenmiş olup, depolamanın başlangıcında -2,08 ile -0,17 arasında değişim gösteren  $b^*$  değerlerinin depolamanın son günü olan 12. güne kadar genel olarak yükseliş gösterdiği ve depolamanın son gününde 1,43 ile 4,55 arasında olduğu görülmüştür. Kontrol grubunun red edildiği 6. günde kontrol ile %0,2 nisin muamele grupları arasında ve muamele gruplarının red edildiği 8. günde kontrol, %0,2 ve %0,8 nisin muamele grupları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 3. Nisin uygulanan levrek filetolarının soğukta ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanması süresince a)  $L^*$ ; b)  $a^*$  ve c)  $b^*$  değerlerindeki değişimler

Figure 3 Changes of a)  $L^*$ ; b)  $a^*$  and c)  $b^*$  values of sea bass filets treated with nisin during cold storage ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ )

Mancini ve Hunt (2005), sarılık değerindeki azalmanın miyogloblin oksidasyonu ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek  $b^*$  değeri %0,8 nisin grubunda gözlenmiştir. Bu durum, oksidasyona ve renk kayıplarına duyarlı olduğu bilinen balık etinin kimyasal yapısı nedeniyle açıklanabilir. Et ürününün daha yüksek miktarda sarılık değerine sahip

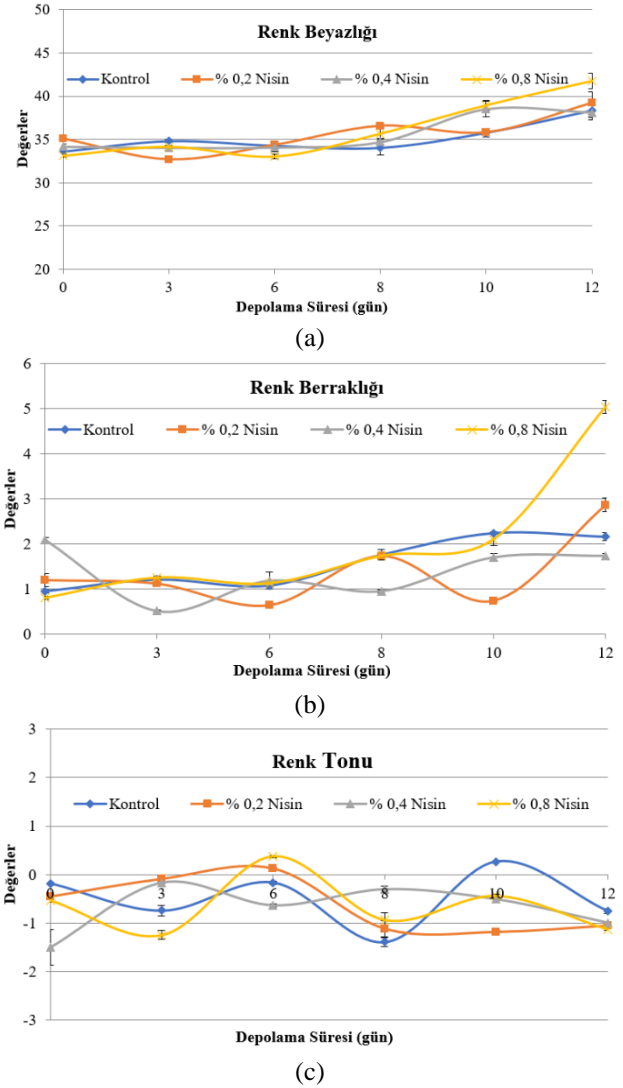
olması, tüketici kabul edilebilirliği için olumsuz bir özellik olarak algılanmıştır (Pena-Pereira ve ark., 2010). Çalışmamızda kullanılan yüksek konsantrasyonda nisin (%0,8) ürünlerde rengin sarıya doğru ilerlemesine neden olmuştur. Depolama süresi, aynı zamanda, kasın yaşlanması gibi gri-mavi tonlara doğru bir değişimi yansıtan  $b^*$  değerleri üzerinde de büyük bir etkiye sahip olmuştur.

Huang ve ark (1994), farklı antioksidantların yayın balığının depolama süresince  $b^*$  değerinde önemli oranda artışlara neden olduğunu belirtmişlerdir. Ringa (*Clupea harengus*) balıklarının dondurularak depolandığı diğer bir çalışmada yine depolama süresince  $b^*$  değerinin artış gösterdiği belirtilmiştir (Hamre ve ark., 2003).

Altunelatan ve ark (2015) biberiye (*Rosmarinus officinalis*) ve adaçayı (*Salvia officinalis*) yapraklarının su buharı distilatları ve su fazı ekstraktlarının toplamının levrek filetoları üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada biberiye ekstraktının renk açısından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Kitosan-nisin (CS-nisin) mikrokapsüllerini hazırlayarak karakterize eden Wu ve ark (2017) hazırladıkları mikrokapsüllerin (5 grup şeklinde) renk analizleri sonucuna göre tüm grupların  $L^*$  değerlerinde anlamlı bir azalma olduğunu, bununla muhtemelen lipid oksidasyonu ve mikrobiyal bozulmaya bağlı olarak renk kaybına işaret ettiğini bildirmişlerdir. Balıkların  $a^*$  değerinin 25 günlük depolamadan önce çok az değiştiğini, ancak bu zamandan sonra pozitif değerlere önemli ölçüde arttığını, bu durumun da laktik asit bakterileri tarafından üretilen hidrojen peroksidin birikmesine atfedilebilecek bir durum olduğunu (Cayre ve ark., 2005) bildirmişlerdir. Hidrojen peroksit, nitrik oksit hemokromojen ve nitrik oksit miyogloblin ile reaksiyona girebilir ve balık etinin yeşillenmesine yol açan oksitlenmiş porfirin verir (Siripatrawan ve Noipha, 2012). Teixeira ve ark (2014) yüksek basınç (HPP) uygulaması çalışmasında basınç altında tutma süresindeki artışın 400 MPa işlemlerinde kırmızı-yeşil değeri önemli ölçüde düşürdüğünü, sarı-mavi değeri 250 MPa'da basınç altında tutma süresiyle önemli ölçüde azaldığını ve her iki parametrede de basınç seviyesiyle azalma gösterdiğini bildirmişlerdir. Çaklı ve ark (2007) iç organları çıkartılmış ve çıkartılmadan tüm olarak buzda depolanan levrek ve çipura örneklerinin kalite değişimlerini belirledikleri çalışmalarında depolamanın başlangıcında levrek parlaklık değerlerini ( $L^*$ ) 54,27 ile 60,28 arasında değiştiğini,  $a^*$  değerlerinin -1,41 ila -0,89 arasında ve  $b^*$  değerlerinin ise 9,21 ila 13,11 arasında ve balık etinin zamanla daha koyu ve sarı olduğu gözlemlenmiştir.

Depolama esnasında filetoların kırmızılık değeri azalırken, balık kasının sarılığı artış göstermiştir (Şekil 4 ve Şekil 5). Depolama sırasındaki bu sarılık artışı, kanın kırmızılılaşmasıyla sonuçlanan "hem" oksidasyonuna bağlanabilir. Balık gövdesinde oksidasyonun yanı sıra mikrobiyal gelişme sonucu da renk bozulmaları görülür. *P. fluorescens* ve sarı renk maddesi oluşturan mikrokokların gelişmesi sonucu sarıdan yeşile kadar değişen renkler oluşur. Sarcina, Bacillus, bazı maya ve küflerin gelişimi ile pembe ya da kırmızı renk meydana gelir. Depolama sonuna doğru ürünün bozulması sonucu ortaya çıkan bu bozucu mikroorganizmaların varlığı renk değişimine sebep olan somut kanıtlar olarak açıklanabilir.

$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanarak hesaplanan renk beyazlığı (whiteness,  $W^*$ ), renk berraklığı (croma,  $C^*$ ) ve renk tonu (hue,  $H^*$ ) değişimleri Şekil 4a, 4b ve 4c'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4 Nisin uygulanan levrek filetolarının soğukta ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanması süresince a) renk beyazlığı (whiteness,  $W^*$ ); b) renk berraklığı (Chroma,  $C^*$ ) ve c) renk tonu (hue,  $H^*$ ) değerlerindeki değişimler  
Figure 4 Changes of a) colour whiteness (whiteness,  $W^*$ ); b) colour clarity (Chroma,  $C^*$ ) and c) colour tone (hue,  $H^*$ ) values of sea bass fillets treated with nisin during cold storage ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ )

Renk beyazlığı ( $W^*$ ) değerlerine bakıldığında gruplar arasındaki değerlendirmenin depolamanın bazı günlerinde önemli ( $P<0,05$ ) bazı günlerinde önemsiz ( $P>0,05$ ) olduğu görülmüştür. Depolama süresince renk beyazlığı değerinde artma ve azalmalar gözlenmiştir (Şekil 4a). Depolamanın başlangıcında 33,11-35,07 aralığında olan renk beyazlığı değerleri depolamanın sonunda 38,11-41,74 değerlerine ulaşmıştır. En yüksek renk beyazlığı değeri depolamanın son gününde %0,8 nisin muamele grubunda gözlenmesine karşın en düşük değer depolamanın 3. gününde %0,2 nisin muamele grubunda gözlenmiştir.

Renk berraklığı ( $C^*$ ) gıda ürünlerinin tüketim tercihi açısından gözlenebilir bir farklılık sunması dolayısıyla önem arz etmektedir. Depolamanın başlangıcından muamele gruplarının duyusal olarak red edildiği 8. güne kadar (Uçar, 2018) kontrol ve %0,8 nisin grubu benzer sonuçlar göstermiştir ve bu iki grup arasında söz konusu günlerde istatistiksel fark gözlenmemiştir. Yine renk berraklığı değerlerinde de artma ve azalma şeklinde dalgalanmalar ve istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir (Şekil 4b). Depolamanın başında en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla %0,4 (2,09) ve %0,8 (0,80) nisin muamele gruplarında gözlenirken depolamanın sonunda bu değerler tam tersi gruplarda (%0,8 nisin grubunda 5,04 ve %0,4 nisin grubunda 1,73) gözlenmiştir.

Renk berraklığı emülsiyon tipi ürünlerin üretiminde kullanılan et materyalinin ve katkı maddelerinin özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte depolama koşulları ve paketleme yöntemi de son derece önemlidir (Kim ve ark., 2004). Teixeira ve ark (2014) 250 ve 400 MPa'da (5–30 dakika) işleme tabi tutulmuş örneklerin chroma ( $C^*$ ) değerlerinin, muamele edilmemiş örneklerle ve 100 MPa'da işleme tabi tutulmuş numunelere göre önemli ölçüde daha düşük olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. Basınç oranının ayrıca levrek filetoları renk parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini, genel olarak, 0 dak'da beyazlık değerlerinin basınç altında tutma oranı ile arttığını, chroma ve kırmızı-yeşil değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir. HPP'nin neden olduğu deniz levrek kasındaki renk değişimleri temel olarak protein matriksindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Chéret ve ark., 2005). Miyofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonu nedeniyle pişmiş balık kaslarında benzer renk değişiklikleri meydana gelir (Erkan ve Üretener, 2010; Yagiz ve ark., 2009). Yine de düşük fileto kırmızılığının HPP uygulamasının pigmentlerin bozulmasına neden olabileceğini düşündürmektedir.

Tüm gruplar depolamanın son günlerinde en yüksek chroma değerine sahip olmuştur. Chroma değeri, renk doygunluğunu ve daha yüksek chroma değeri ise daha saf ve katkısız rengi temsil eder (Xu, 2012). Buzdolabı depolama koşulları ve balık ürünlerinin mikrobiyal değişikliklere hassas olması, chroma değerinin azalmasına neden olabilir. Cuttle ve ark (2001), chroma değerindeki azalmanın bakteriyel aktiviteye bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Diğer bir renk parametresi olan renk tonu değerleri ( $H^*$ ) ise ürünlerin sahip oldukları renk tonlarını ifade edip, depolama çalışmalarında başlangıç değerleri ile son gün değerleri kıyaslandığında meydana gelen kalite kayıplarını ortaya çıkarmaktadır. Çalışmamızda soğuk depolanan örneklerin renk tonu değişimleri Şekil 4c'de görüldüğü gibidir. Depolamanın başlangıcında -1,51 ile -0,18 arasında değişen renk tonu değerleri depolama süresince artış ve azalışlar göstermiş ve depolamanın son gününde -0,75 ile -1,13 arasında bulunmuştur. Tüm gruplarda depolamanın başlangıç ve bitiş günleri karşılaştırıldığında %0,8 nisin muamele grubu hariç kontrol dahil diğer gruplarda istatistiksel farklılık tespit edilmiştir. En az dalgalanma %0,4 nisin içeren muamele grubunda gözlenmiş olup günler arasında yapılan istatistik analizinde depolamanın 6, 8 ve 10. günleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir. Depolamanın 3. ve 6. günlerinde gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir.

Depolamanın başında %0,4 nisin grubu haricinde diğer gruplarda istatistiksel bir farklılık gözlenmezken depolamanın son gününde ise kontrol dışında nisin muamele grupları arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Muamele gruplarının red edildiği 8. günde ise %0,2 ile %0,8 nisin grupları arasında fark gözlenmemiş bu grupların kontrol ve %0,4 nisin grupları ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ).

Balık dokusu genellikle %60-80 su içerir (Ghaly ve ark., 2010) ve damlama ile su kaybı taze balıkların görünümünü önemli ölçüde azaltabilir. Mikrobiyal büyümeden kaynaklanan balık dokusundan su salınımı, ürünün genel görünümünü ve genel kalitesini azaltır. Alfnes ve ark (2006) somon balıklarının renginin tazeliğin önemli bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. Ottestad ve ark (2011), Atlantik somonunun renginin oksijen ve miyogloblin arasındaki ilişkiye bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Han ve ark (2016) MAP ve nisin kombinasyonlarının uygulandığı Atlantik somonlarında duyusal renk farklılığı saptamadıklarını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmamızda nisin uygulamasının genel olarak ürünün rengini kontrol grubuna göre daha iyi muhafaza ettiği sonucuna varılmıştır.

Balık ürünlerinin raf ömrünün soğutma yoluyla uzatılması, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların metabolik aktivite ve gelişme hızındaki düşüş için gereklidir. Günümüzde birçok gıda koruyucu sistem olmasına rağmen, taze balığı koruma alanında doğal ve yeni bileşimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Paik ve ark., (2006) kırmızı etlerin raf ömrünü uzatma konusunda nisin ilavesinin başarılı sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Nisinin gerek etlerin rengini muhafaza etme konusunda gerekse mezofilik, psikrofilik, anaerobik bakteri gelişimini önleme konusunda sous-vide paketlenmiş kırmızı et ürünleri için önerilebileceğini vurgulamıştır. Mevcut çalışmamızda da nisin uygulamasının levrek filetolarında renk üzerine olumlu sonuçlar gösterdiği gözlemlenmiştir.

#### *Nisin Uygulanarak Vakum Paketlenen Çiğ Levrek Filetolarında Meydana Gelen Renk Değişimleri*

Nisin uygulanan levrek filetolarının vakum paketlenerek soğukta depolanması süresince renk değişimleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Depolama süresince  $L^*$  değeri kontrol ve muamele gruplarında dalgalanma göstermiştir (Şekil 5a).  $L^*$  değeri bakımından depolama süresince ve gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir ve genel olarak  $L^*$  değerinde depolama süresince artışlar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında  $L^*$  değerleri tüm gruplar için 32,02-33,05 arasında değişmekle birlikte, gruplar arasında istatistiksel farklılık tespit edilememiştir ( $P>0,05$ ). Kontrol grubunun duyusal olarak reddedildiği depolamanın 12. gününde (Uçar, 2018)  $L^*$  değeri 39,80 olmuştur. Nisin muamele gruplarının duyusal olarak reddedildiği depolamanın 14. gününde ise  $L^*$  değerleri %0,2, %0,4 ve %0,8 nisin grupları için sırasıyla 44,21, 41,37 ve 43,58 olarak bulunmuştur. Depolama süresince en yüksek  $L^*$  değeri depolamanın 16. gününde %0,8 nisin grubunda (44,83) gözlenmiştir.

Yapılan birçok çalışmada balık örneklerinde vakum paketleme veya modifiye atmosfer paketlemenin  $L^*$  değerleri üzerinde etkisinin olduğu belirtilmiştir (Olivo, 2006; Elyasi ve ark, 2010; Hayes ve ark, 2011).

Çizelge 2 Nisin uygulanarak vakum paketlenen levrek filetolarının soğukta (4±2°C) depolanması suresince renk değerlerindeki değişimler  
 Table 2 Colour changes of vacuum packed sea bass fillets treated with nisin during cold storage (4±2°C)

RP	Günler				
	0	3	6	8	10
L*	32,61±0,20 <sup>Da</sup>	33,49±0,45 <sup>Da</sup>	34,61±0,42 <sup>Db</sup>	34,27±0,43 <sup>Db</sup>	37,61±0,09 <sup>Cb</sup>
	32,42±0,23 <sup>Fa</sup>	32,83±0,69 <sup>Fa</sup>	35,02±0,23 <sup>Eb</sup>	35,98±0,24 <sup>DEa</sup>	39,09±0,27 <sup>Ba</sup>
	33,05±0,25 <sup>Da</sup>	33,51±0,53 <sup>Da</sup>	38,68±0,38 <sup>Ba</sup>	35,77±0,15 <sup>Ca</sup>	38,97±0,35 <sup>Ba</sup>
	32,02±0,45 <sup>Da</sup>	32,71±0,37 <sup>Da</sup>	37,42±0,22 <sup>Ca</sup>	36,39±0,08 <sup>Ca</sup>	36,38±0,77 <sup>Cc</sup>
a*	0,82±0,05 <sup>Aa</sup>	0,45±0,02 <sup>ABa</sup>	0,36±0,01 <sup>ABa</sup>	0,36±0,04 <sup>ABa</sup>	0,05±0,03 <sup>BCa</sup>
	-0,49±0,11 <sup>Bc</sup>	-0,35±0,02 <sup>ABc</sup>	-0,07±0,00 <sup>Ab</sup>	-0,22±0,03 <sup>ABab</sup>	-0,44±0,03 <sup>Bb</sup>
	-0,13±0,00 <sup>ABb</sup>	-0,09±0,01 <sup>ABb</sup>	-0,67±0,03 <sup>Dc</sup>	-0,60±0,05 <sup>Db</sup>	-0,50±0,02 <sup>CDB</sup>
	-0,05±0,01 <sup>Ab</sup>	-0,10±0,01 <sup>Ab</sup>	-0,13±0,00 <sup>ABb</sup>	-0,23±0,02 <sup>ABCab</sup>	-0,22±0,01 <sup>ABCab</sup>
b*	-0,17±0,01 <sup>BCa</sup>	-0,56±0,02 <sup>DEa</sup>	-0,91±0,04 <sup>Fa</sup>	-0,46±0,01 <sup>CDa</sup>	-1,62±0,11 <sup>Gb</sup>
	-0,90±0,12 <sup>ABCDbc</sup>	-1,10±0,04 <sup>BCDEb</sup>	-0,67±0,02 <sup>ABCa</sup>	-1,53±0,06 <sup>Ed</sup>	-1,23±0,07 <sup>CDEab</sup>
	-1,45±0,03 <sup>DEc</sup>	-1,55±0,03 <sup>Eb</sup>	-1,35±0,12 <sup>CDEb</sup>	-1,28±0,06 <sup>BCDEc</sup>	-1,00±0,04 <sup>BCa</sup>
	-0,56±0,03 <sup>BCab</sup>	-1,29±0,12 <sup>Db</sup>	-0,93±0,02 <sup>CDa</sup>	-0,95±0,02 <sup>CDb</sup>	-0,92±0,07 <sup>CDa</sup>
W*	32,60±0,20 <sup>Da</sup>	33,48±0,45 <sup>Da</sup>	34,60±0,42 <sup>Db</sup>	34,26±0,43 <sup>Db</sup>	37,59±0,09 <sup>Cb</sup>
	32,40±0,24 <sup>Fa</sup>	32,82±0,69 <sup>Fa</sup>	35,02±0,23 <sup>Eb</sup>	35,96±0,24 <sup>DEa</sup>	39,07±0,27 <sup>Ba</sup>
	33,04±0,25 <sup>Da</sup>	33,49±0,53 <sup>Da</sup>	38,66±0,38 <sup>Ba</sup>	35,75±0,15 <sup>Ca</sup>	38,96±0,35 <sup>Ba</sup>
	32,01±0,45 <sup>Da</sup>	32,70±0,37 <sup>Da</sup>	37,41±0,22 <sup>Ca</sup>	36,38±0,08 <sup>Ca</sup>	36,37±0,77 <sup>Cc</sup>
H*	-0,21±0,01 <sup>BCc</sup>	-0,69±0,02 <sup>CDb</sup>	-1,15±0,02 <sup>Dc</sup>	0,37±0,01 <sup>Ba</sup>	0,04±0,02 <sup>BCb</sup>
	0,91±0,06 <sup>ABab</sup>	1,25±0,03 <sup>Aa</sup>	1,47±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,15±0,01 <sup>Ca</sup>	1,23±0,03 <sup>Aa</sup>
	1,49±0,00 <sup>Aa</sup>	1,51±0,00 <sup>Aa</sup>	1,10±0,03 <sup>ABb</sup>	1,14±0,02 <sup>ABa</sup>	1,11±0,02 <sup>ABa</sup>
	0,15±0,06 <sup>BCbc</sup>	-0,12±0,02 <sup>Cb</sup>	1,43±0,00 <sup>Aa</sup>	-0,18±0,01 <sup>Ca</sup>	1,18±0,02 <sup>ABa</sup>
C*	0,83±0,06 <sup>BCb</sup>	0,81±0,02 <sup>BCb</sup>	1,03±0,04 <sup>Bb</sup>	0,96±0,04 <sup>BCc</sup>	1,68±0,10 <sup>Aa</sup>
	1,20±0,14 <sup>ABCab</sup>	1,16±0,03 <sup>ABCab</sup>	0,68±0,02 <sup>CDc</sup>	1,64±0,06 <sup>Aa</sup>	1,30±0,07 <sup>ABab</sup>
	1,46±0,03 <sup>Aa</sup>	1,55±0,03 <sup>Aa</sup>	1,51±0,11 <sup>Aa</sup>	1,42±0,06 <sup>Ab</sup>	1,12±0,04 <sup>ABb</sup>
	0,66±0,03 <sup>BCc</sup>	1,32±0,11 <sup>Aa</sup>	0,94±0,02 <sup>ABb</sup>	1,03±0,03 <sup>ABc</sup>	0,98±0,06 <sup>ABb</sup>
RP	Günler				
	12	14	16	18	G
L*	39,80±0,65 <sup>BCb</sup>	39,74±0,50 <sup>BCb</sup>	42,81±0,39 <sup>Ab</sup>	41,14±0,26 <sup>ABa</sup>	K
	37,28±0,29 <sup>CDc</sup>	44,21±0,36 <sup>Aa</sup>	38,80±0,32 <sup>BCd</sup>	40,25±0,30 <sup>Ba</sup>	%0,2
	40,07±0,55 <sup>ABb</sup>	41,37±0,67 <sup>Aab</sup>	40,92±0,52 <sup>Ac</sup>	40,69±0,49 <sup>Aa</sup>	%0,4
	44,22±0,33 <sup>Aa</sup>	43,58±0,99 <sup>Aa</sup>	44,83±0,59 <sup>Aa</sup>	41,22±0,27 <sup>Ba</sup>	%0,8
a*	-0,10±0,01 <sup>Ca</sup>	-0,65±0,03 <sup>Dc</sup>	-0,58±0,02 <sup>Db</sup>	-0,14±0,01 <sup>Ca</sup>	K
	-0,25±0,02 <sup>ABa</sup>	-0,28±0,01 <sup>ABb</sup>	-0,06±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,41±0,02 <sup>Bb</sup>	%0,2
	-0,23±0,01 <sup>ABa</sup>	-0,05±0,00 <sup>Aa</sup>	-0,18±0,02 <sup>ABab</sup>	-0,29±0,02 <sup>BCb</sup>	%0,4
	-0,20±0,02 <sup>ABCa</sup>	-0,46±0,02 <sup>BCbc</sup>	-0,53±0,02 <sup>Cb</sup>	-0,31±0,01 <sup>ABCb</sup>	%0,8
b*	-0,80±0,04 <sup>EFab</sup>	0,44±0,03 <sup>Aa</sup>	0,40±0,02 <sup>Aa</sup>	0,14±0,01 <sup>ABa</sup>	K
	-1,37±0,07 <sup>DEb</sup>	-0,89±0,04 <sup>ABCDbc</sup>	-0,45±0,01 <sup>Abc</sup>	-0,55±0,04 <sup>ABb</sup>	%0,2
	-1,09±0,07 <sup>BCDab</sup>	-1,18±0,02 <sup>BCDEc</sup>	-0,89±0,03 <sup>Bc</sup>	-0,31±0,02 <sup>Ab</sup>	%0,4
	-0,68±0,01 <sup>BCa</sup>	-0,38±0,02 <sup>ABCb</sup>	-0,20±0,02 <sup>ABb</sup>	0,11±0,00 <sup>Aa</sup>	%0,8
W*	39,79±0,65 <sup>BCb</sup>	39,74±0,50 <sup>BCb</sup>	42,80±0,39 <sup>Ab</sup>	41,14±0,26 <sup>ABa</sup>	K
	37,27±0,29 <sup>CDc</sup>	44,19±0,36 <sup>Aa</sup>	38,80±0,32 <sup>BCd</sup>	40,24±0,30 <sup>Ba</sup>	%0,2
	40,06±0,55 <sup>ABb</sup>	41,35±0,67 <sup>Aab</sup>	40,90±0,53 <sup>Ac</sup>	40,69±0,49 <sup>Aa</sup>	%0,4
	44,21±0,33 <sup>Aa</sup>	43,57±0,99 <sup>Aa</sup>	44,82±0,59 <sup>Aa</sup>	41,22±0,27 <sup>Ba</sup>	%0,8
H*	1,44±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,66±0,01 <sup>CDc</sup>	-0,58±0,02 <sup>CDa</sup>	-0,04±0,04 <sup>BCbc</sup>	K
	1,33±0,03 <sup>Aa</sup>	0,90±0,01 <sup>ABb</sup>	0,21±0,03 <sup>BCa</sup>	0,89±0,04 <sup>ABa</sup>	%0,2
	1,35±0,03 <sup>Aa</sup>	1,53±0,00 <sup>Aa</sup>	0,09±0,03 <sup>Ca</sup>	0,64±0,02 <sup>Bab</sup>	%0,4
	0,36±0,02 <sup>ABCb</sup>	0,54±0,01 <sup>ABCb</sup>	-0,19±0,03 <sup>Ca</sup>	-0,36±0,00 <sup>Cc</sup>	%0,8
C*	0,80±0,04 <sup>BCa</sup>	0,80±0,04 <sup>BCa</sup>	0,71±0,02 <sup>Ca</sup>	0,27±0,01 <sup>Db</sup>	K
	1,41±0,06 <sup>ABa</sup>	0,98±0,04 <sup>BCDa</sup>	0,53±0,01 <sup>Da</sup>	0,70±0,03 <sup>CDa</sup>	%0,2
	1,12±0,06 <sup>ABa</sup>	1,18±0,02 <sup>ABa</sup>	0,98±0,03 <sup>Ba</sup>	0,43±0,02 <sup>Cb</sup>	%0,4
	0,80±0,01 <sup>BCa</sup>	0,65±0,03 <sup>BCa</sup>	0,76±0,02 <sup>BCa</sup>	0,33±0,01 <sup>Cb</sup>	%0,8

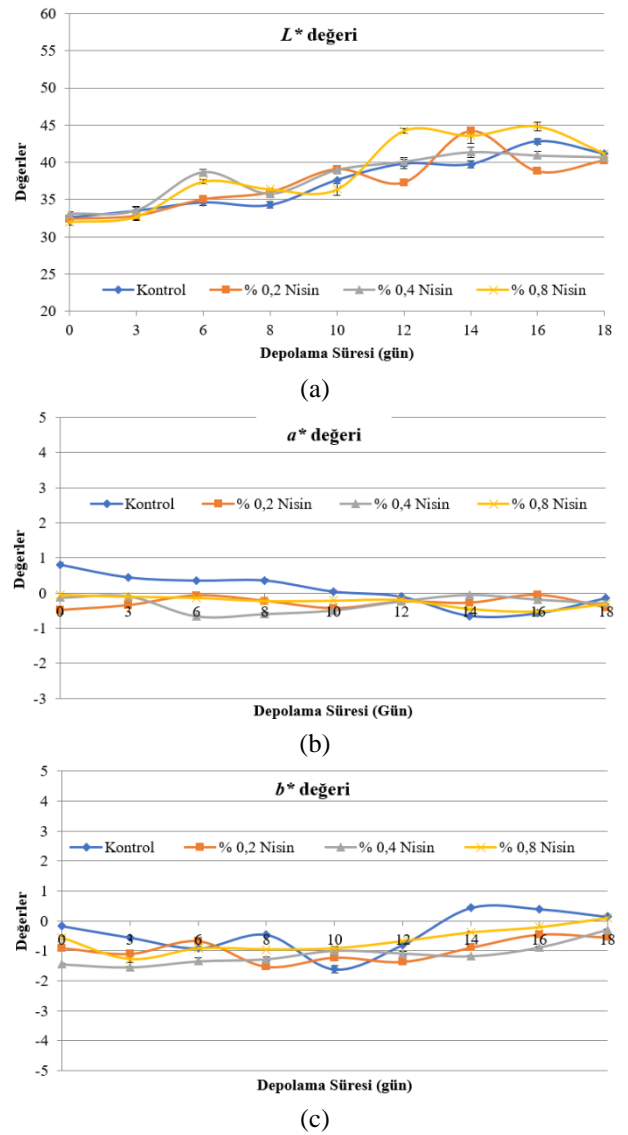
RP: Renk Parametreleri, K: Kontrol, G: Gruplar, <sup>a-d</sup> Her bir gün için gruplar arası önemli farklılıkları (P<0,05) göstermekte, <sup>A-E</sup> Her bir grup için günler arası önemli farklılıkları (P<0,05) göstermektedir.



Yapmış olduğumuz çalışmada levrek filetolarına nisin uygulanması, renk özelliklerinde küçük değişikliklere neden olmuştur ve özellikle renk parlaklığını ( $L^*$ ) depolama süresi ile birlikte artırmıştır. Jouki ve Khazaei (2012),  $L^*$  değerlerindeki artışı, heme pigmentlerinin oksidasyonuna bağlamışlardır. Ceylan (2014), yapmış olduğu çalışmada vakum paketlenerek soğukta depolanan levrek filetolarında kontrol ve nisin muamele grupları için başlangıç  $L^*$  değerlerinin sırasıyla 52,77 ve 54,17 olduğunu ve nisin uygulamasının bu değerleri önemli ölçüde değiştirmediği ( $P>0,05$ ), depolama süresince de gruplar arası istatistiksel farklılığın önemsiz olduğunu bildirmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik gösteren çalışmamızda olduğu gibi biyo-prezervatif solüsyonlarla vakum paketlenme işleminin, levrek filetolarının raf ömrünü uzatabildiği, üründe bulunan başlangıç mikroorganizma sayısını azaltabildiği ve renk değişimlerine neden olabilecek mikroorganizma gelişimini geciktirebildiği sonuçlarına varılmıştır.

Diğer bir renk parametresi olan  $a^*$  değerine bakıldığında artış ve azalışlar gözlenirse de çok fazla dalgalanmalar gözlenmemiştir (Şekil 5b). Mevcut çalışmamızda  $a^*$  değeri depolama süresince tüm uygulama gruplarında genel olarak azalmıştır.  $a^*$  değerindeki azalma, lipitlerin ve oksimiyoglobinin ( $MbO_2$ ) metmiyoglobine (MMb) oksidasyonundan (miyoglobinin oksidasyonu) kaynaklanmaktadır. Depolamanın başlangıcından 10. gününe kadar kontrol grubunda  $a^*$  değeri pozitif iken, depolamanın 12. gününden sonra diğer gruplarda olduğu gibi negatif değerlerde olmuştur.  $a^*$  değeri kontrol grubu ve nisin uygulanmış gruplarda -1 ile +1 değerleri arasında olmuştur. Kontrol grubunda  $a^*$  değeri bakımından depolamanın 3, 6, 8. günleri ve 14, 16. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Ancak kontrol grubunun duyuşal olarak reddedildiği depolamanın 12. gününde (Uçar, 2018) -0,10 değerini alarak 12. günün grupları arasında en düşük  $a^*$  değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Gruplar arasında yapılan istatistiki analizde de 12. günde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılıklar tespit edilememiştir. Nisin muamele gruplarının reddedildiği depolamanın 14. günde ise tüm gruplar arasında istatistiksel fark tespit edilmiş olup en düşük  $a^*$  değeri -0,65 ile kontrol grubuna en yüksek değer ise -0,05 ile %0,4 nisin muamele grubunda gözlenmiştir.

Orkusuz ve ark (2017) modifiye atmosfer (MA) altında paketlenmiş etlerin 7 ile 11. günleri arasında, vakum paketlenmiş etlere göre daha düşük bir renk yoğunluğu (duyuşal değerlendirme ile) gözlemişlerdir. Bunun sebebinin ise muhtemelen MA paketlenmiş etlerin yüzeyindeki yüksek MMb yüzdesinin ve daha düşük kırmızılık seviyesinin sonucu olduğuna bağlamışlardır. Ceylan (2014), nisin ve ışınlama uyguladığı levrek filetolarının depolanması boyunca  $a^*$  değerinde gruplar arasındaki istatistiksel değerlendirmenin depolamanın bazı günlerinde önemli olduğunu bildirmiştir ( $P<0,05$ ). Ancak belli bir günün sürekli daha düşük veya sürekli daha yüksek  $a^*$  değerine sahip olduğu bir durumun gözlenmediğini rapor etmiştir. Depolamanın bazı günlerinde  $a^*$  değerinin negatif rakamlar ile temsil edildiği ve artış-azalış şeklinde dalgalanma gösterdiği bildirilmiştir.



Şekil 5 Nisin uygulanarak vakum paketlenen levrek filetolarının soğukta ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanması süresince a)  $L^*$ ; b)  $a^*$  ve c)  $b^*$  değerlerindeki değişimler  
Figure 5 Changes of a)  $L^*$ ; b)  $a^*$  and c)  $b^*$  values of vacuum packed sea bass fillets treated with nisin during cold storage ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ )

Nisin uygulanan levrek filetolarının vakum paketlenerek soğukta depolanması süresince  $b^*$  değerindeki değişimleri Şekil 5c'de gösterilmiştir. Balık etindeki  $b^*$  değeri depolama süresince dalgalanma göstermiş olup günler ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir. Tüm depolama süresi boyunca en yüksek ve en düşük  $b^*$  değeri kontrol grubunda (sırasıyla +0,44 ve -1,62 olarak) gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında  $b^*$  değeri kontrol, %0,2, %0,4 ve %0,8 nisin grupları için sırasıyla -0,17, -0,90, -1,45 ve -0,56 olup depolamanın sonunda bu değerler 0,14, -0,55, -0,31 ve 0,11'e ulaşmıştır. Jouki ve Khazaei (2012)'ye göre,  $b^*$  değerindeki artış, depolama sırasında et pigmentasyonundaki değişiklikler ile açıklanabilir. Uzun süreli soğuk depolama sırasında, genel olarak et rengindeki değişikliklerden sorumlu olan metmiyoglobinin sentezlenir. Ceylan (2014), levrek filetolarında  $b^*$  parametresinin değerlendirilmesi sonucunda; gruplar arası istatistiksel değerlendirme

sonucuna göre oluşan farkın bazı günlerde önemli bazı günlerde ise önemsiz olduğunu bildirmiştir.  $a^*$  değerinde olduğu gibi  $b^*$  değerinin de bir grupta tutarlı biçimde diğerlerinden yüksek veya düşük olduğu bir durumun gözlenmediği ancak depolamanın bazı günlerinde  $b^*$  değerinin negatif rakamlar ile temsil edildiği ve artış-azalış şeklinde dalgalanma gösterdiği bildirilmiştir. Ceylan (2014), çalışmasında tüm deneme gruplarında  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin depolama süresince kalite kaybı olarak nitelendirilebilecek büyük bir değişiklik göstermediğini ve renk parametrelerinin deneme grupları açısından ayırt edici bir değişim yaratmadığını bildirmiştir. Zuckerman ve Avraham (2002), somon balıklarını mikrogram, nisin ve vakumun çeşitli kombinasyonlarıyla paketlediklerinde farklı uygulamaların renk değerlerinde dikkati çekecek şekilde bir değişiklik oluşturmadığını bildirmişlerdir. López ve ark (2017), soğukta depolanan vakum paketlenmiş gökkuşuğu alabalığı örneklerine nisin uygulamasının pozitif etkisinin renk stabilitesi ile sonuçlandığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar nisin uygulamasının ayrıca  $a^*$  ve  $b^*$  değişkenleri üzerinde depolama süresiyle birlikte önemli bir etki gözlenmediğini, nisin grubunun aksine kontrol grubunda depolama süresince  $L^*$  değerinde önemli artışlar ve Hue ( $H^*$ ) ve Croma ( $C^*$ ) değerlerinde önemli farklılıklar gözlediklerini bildirmişlerdir. Nisinin ürün kalitesi ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği etkileyen renk üzerindeki etki mekanizmasının araştırılması için daha ileri çalışmalar gerektiğini rapor etmişlerdir.

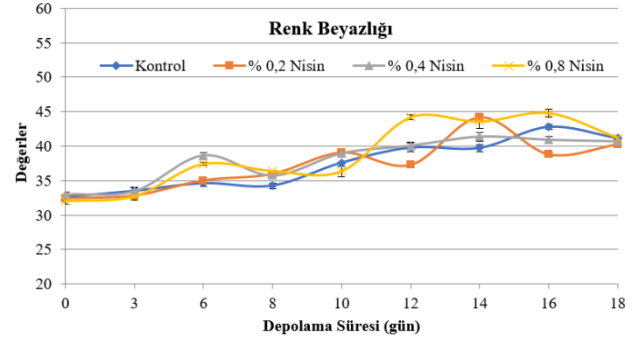
$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanarak hesaplanan renk beyazlığı (whiteness,  $W^*$ ), renk berraklığı (croma,  $C^*$ ) ve renk tonu (hue,  $H^*$ ) değişimleri sırasıyla Şekil 6a, 6b ve 6c'de verilmiştir.

Depolama süresi boyunca renk beyazlığı değerlerinde dalgalanmalar gözlenmesine rağmen genel olarak depolama sonuna doğru artış olmuştur (Şekil 6a). Balık etindeki renk beyazlığı %0,8 nisin grubunda depolamanın 12. ve 16. günlerinde (sırasıyla 44,21 ve 44,82), %0,2 nisin grubunda depolamanın 14. gününde maksimum değere (44,19) ulaşmıştır.

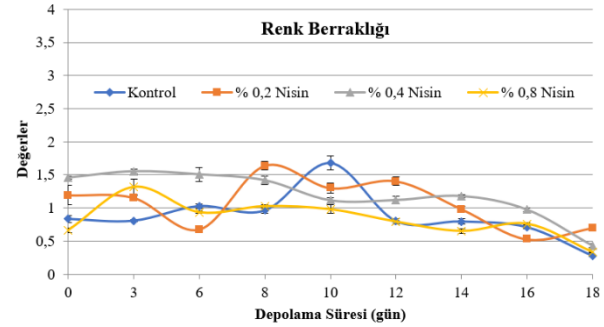
Renk berraklığı emülsiyon tipi ürünlerin üretiminde kullanılan et materyalinin ve katkı maddelerinin özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte depolama koşulları ve paketleme yöntemi de renk berraklığını etkilemektedir (Kim ve ark, 2004). Depolamanın başında gruplar arasında farklılık bulunmasına rağmen ( $P<0,05$ ), renk berraklığı (chroma,  $C^*$ ) değerlerinde depolamanın 12, 14 ve 16. günlerinde gruplar arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir ( $P>0,05$ ). Depolama süresi sonunda kontrol, %0,2, %0,4 ve %0,2 nisin muamele grupları için renk berraklıkları sırasıyla 0,27, 0,70, 0,43 ve 0,33 olarak bulunmuştur (Şekil 6b). Depolama süresince tüm gruplarda dalgalanmalar gözlenmesine rağmen genel olarak bir azalış eğrisine sahip olmuştur. Depolama süresince en yüksek renk berraklığı değeri 1,68 ile depolamanın 10. gününde kontrol grubunda, en düşük renk berraklığı değeri ise 0,27 ile depolamanın son gününde ve yine kontrol grubunda gözlenmiştir.

Çalışmamızda vakum paketlenerek soğuk depolanan levrek örneklerin renk tonu değişimleri Şekil 6c'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında -0,21 ile 1,49 arasında değişen renk tonu (hue,  $H^*$ ) değerleri depolama süresince dalgalanma göstermiş olup depolama sonunda -

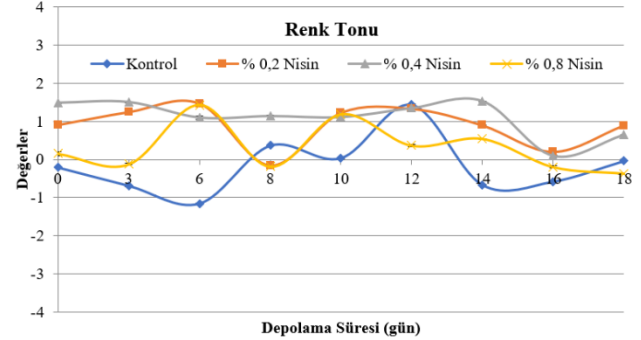
0,36 ile 0,89 arasında bulunmuştur. Depolamanın başlangıç ve sonunda tüm gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $P<0,05$ ). Depolama süresince kontrol, %0,2 ve %0,8 nisin muamele grupları yüksek bir dalgalanma eğrisi göstermiştir. %0,4 nisin içeren muamele grubunda renk tonu değerleri depolamanın başlangıcından 6. gününe kadar kısmi bir azalış 6. günden itibaren balığın duyusal olarak reddedildiği depolamanın 14. gününe kadar ise hafif bir dalgalanma göstermiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6 Nisin uygulanarak vakum paketlenen levrek filetolarının soğukta ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ ) depolanması süresince a) renk beyazlığı (whiteness,  $W^*$ ); b) renk berraklığı (Chroma,  $C^*$ ) ve c) renk tonu (hue,  $H^*$ ) değerlerindeki değişimler

Figure 6 Changes of a) colour whiteness (whiteness,  $W^*$ ); b) colour clarity (Chroma,  $C^*$ ) and c) colour tone (hue,  $H^*$ ) values of vacuum packed sea bass filets treated with nisin during cold storage ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ )

Et ürünlerinde renk değişimini etkileyen temel faktörler; üründe bulunan pigment konsantrasyonu, pigmentin kimyasal durumu, pH, indirgeme aktivitesi, etin solunum hızı (oksijen tüketimi), zaman, pişirme ve depolama sıcaklığı, kullanılan paketleme yöntemi ve mikrobiyal yük olmaktadır. Modern ambalajlama

yöntemlerinin ana hedeflerinden birisi, ürünün uzun sürede rengini korumaktır (Gazali ve ark., 2013). Vakum paketlenme uygulaması havanın ortamdaki çıkarılması neticesinde etleri istenmeyen renk değişikliklerine karşı korur ve rengi stabilize edebilir (Invanova ve Sergeeva, 1984; Ahvenainen, 1989). Vakum paketlenme ile ortamdaki hava uzaklaştırıldığı için lipit oksidasyonu gecikmekte ve buna bağlı ortaya çıkan renk kararmaları dolayısıyla etin renginin kahverengileşmesi de önlenmektedir. Bu ürünlerin renklerinin yeşil, sarı veya renksiz değişimlere dönüşüne pigmentin oksidasyonu neden olur. Bu ürünlerin O<sub>2</sub> ve su buharı için düşük geçirgenliğe ve düşük sıcaklıkta depolamaya sahip filmlerle paketlenmesi, problemi en aza indirmeye yardımcı olur. Aynı zamanda mikrobiyal bozulmadan kaynaklı renk değişimleri de önlenmektedir. Mevcut çalışmamızın sonuçlarında olduğu gibi vakum paketlenme ve nisin uygulamalarının ürünün rengini stabilize ettiği ve dolayısıyla tüketici algısında önemli bir parametre olan ürünün rengini koruduğu sonucuna varılmıştır.

Nisinin renk stabilizasyonundaki etkisi hakkında çeşitli hipotezler öne sürülmüştür. Balık filetoalarının renk stabilitesinde nisinin rolü, karotenoidler ve nisinin apolar fraksiyonu arasında olası hidrofobik bağların oluşumundan kaynaklanabilir veya bir başka hipotez olarak, hücre lümenindeki karotenoidlerin mekanik/yapısal dağılımını kolaylaştırmada nisinin etkin bir rol oynuyor olabileceğidir. Bir başka hipotez, hücresel yapıdaki pigmentlerin konumu ve bunların hücredeki difüzyon kolaylığıdır. Nisin por oluşumu yoluyla (Sobrinio-Lopez ve Martin-Belloso, 2008), balık kas dokusu hücrelerindeki pigmentli bileşiklerin daha yüksek difüzyonunu ve hareketliliğini kolaylaştırmakta ve böylece görünüşteki değişimlere bağlı olarak ürünün yıpranmasını önleyebilmektedir (López ve ark, 2017).

## Sonuç

Nisinin renk stabilitesi üzerine pozitif bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Su ürünlerinin işlenmesi ve raf ömrünün uzatılması için nisinin sıvı ortamda aktivitesinin optimal teknolojik koşullarının belirlenmesi için daha ileri araştırmalar yapılması önerilmektedir. Bu çalışmaya paralel yaptığımız çalışmada nisinin levrek filetoalarının soğuk depolamada tek başına kullanımının vakum paketlenme ile kombine kullanımına göre çok etkin bir raf ömrü artışı sağlamadığı ancak antimikrobiyal ve antioksidan etkinliğinin kombine kullanımında daha düşük mikrobiyal yük ve oksidasyona neden olduğu tespit edilmiştir. Bu durum renk sonuçlarına da yansımış ve vakum paketlenme ve nisin uygulamalarının birlikte kullanımlarının tüketici algısı üzerinde pozitif sonuçlar verdiği kanısına varılmıştır.

## Kaynaklar

- Abbasi F, Samadi F. 2014. Effect of different levels of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf powder on the performance and meat quality of japanese quail. Poultry Science Journal. 2:95–111.
- Abdollahzadeh E, Rezaei M, Hosseini H. 2014. Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of Thyme essential oil, nisin, and their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. Food Control. 35(1):177e183.

- Acar K. 2009. Floresans renkler içeren boyama reçetesi tahmin algoritmalarında başarının artırılmasına yönelik yeni bir yöntem, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ahvenainen R. 1989. Gas packaging of chilled meat products and ready to eat foods. VOT Tech. Res. Centre Publ. No. 58, Finland.
- Alfnes F, Guttormsen AG, Steine G, Kolstad K. 2006. Consumers' willingness to pay for the color of salmon: a choice experiment with real economic incentives. American Journal of Agricultural Economics. 88(4):1050-1061.
- Altinelataman C, Kışla D, Kılınç B, Yılmaz EBŞ, Yünlü AC, Dinçer T, Çelik U. 2015. Antioxidant, antimicrobial and sensorial effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.) on sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) filets. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 32(3):121-126.
- Álvarez A, García BG, Garrido MD, Hernández MD. 2008. The influence of starvation time prior to slaughter on the quality of commercial-sized gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. Aquaculture. 284(1-4):106-114.
- Ashie INA, Smith JP, Simpson BK, Haard NF. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. Critical Reviews in Food Science & Nutrition. 36: 87-121.
- Behnama S, Anvari M, Rezaei M, Soltanian S, Safari R. 2015. Effect of nisin as a biopreservative agent on quality and shelf life of vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stored at 4°C. Journal of Food Science and Technology. 52(4):2184-2192.
- Behnama S, Anvari M, Rezaei M, Soltanian S. 2016. Effect of nisin on shelf-life extension of filleted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food and Allied Sciences. 2(1):1-7.
- Bekhit AEDA, Morton JD, Dawson CO, Zhao JH, Lee HY. 2009. Impact of maturity on the physicochemical and biochemical properties of chinook salmon roe. Food Chemistry. 117(2):318-325.
- Body LC, Green DP, LePors LA. 1992. Quality changes of pondraised hybrid striped sea bass during chillpack and refrigerated storage. Journal of Food Science. 59–62.
- 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.
- Cayre ME, Garro O, Vignolo G. 2005. Effect of storage temperature and gas permeability of packaging film on the growth of lactic acid bacteria and *Brochothrix thermosphacta*, in cooked meat emulsions. Food Microbiology. 22(6):505e512.
- Ceylan Z. 2014. Nisin ve ışınlama uygulamalarının birlikte kullanılmasının soğukta depolanan balığın raf ömrüne etkisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 104.
- Chéret R, Chapleau N, Delbarre-Ladrat C, Verrez-Bagnis V, Lamballerie M. 2005. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) filets. Journal of Food Science. 70(8):e477–e483
- Cuttle CK, Bierman A, Gotti MB. 2001. Effects of light exposure on the appearance of meat displays, Journal of the Illuminating Engineering Society. 30:116-123.
- Çaklı S, Kilinc B, Cadun A, Dincer T, Tolasa S. 2006a. Effect of uncutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. European Food Research and Technology. 222(5-6):719-726.

- Çaklı S, Kilinc B, Cadun A, Dincer T, Tolasa S. 2006b. Effects of gutting and ungutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46(7):519-527.
- Çaklı S, Kilinc B, Cadun A, Dincer T, Tolasa S. 2007. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control*. 18:391-397.
- Donelli J, Robinson DS. 1995. Free radicals in foods. *Free radical research*. 22:147-176.
- Elyasi A, Zakipour Rahim Abadi E, Sahari MA, Zare P. 2010. Chemical and microbial changes of fish fingers made from mince and surimi of common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *International Food Research Journal*. 17(4).
- Erkan N, Üretener G. 2010. The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological, chemical and sensory quality of fresh gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *European Food Research and Technology*. 230(4):533-542.
- Gao M, Feng L, Jiang T, Zhu J, Fu L, Yuan D, Li J. 2014. The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage. *Food Control*. 37(0):1e8.
- Ghaly AE, Dave D, Budge S, Brooks MS. 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *American Journal of Applied Sciences*. 7(7):859.
- Ghomi MR, Nikoo M, Heshmatipour Z, Jannati AA, Ovissipour M, Benjakul S, Hashemi M, Faghani Langroudi H, Hasandoost M, Jadiddokhan D. 2011. Effect of sodium acetate and nisin on microbiological and chemical changes of cultured grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*. 31:169-175.
- Ginés R, Valdimarsdóttir T, Sveinsdóttir K, Thorarensen H. 2004. Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Food Quality and Preference*. 15:177-185.
- Haard NF. 1992. Biochemistry and chemistry color and color changes in seafoods. In: Flick GJ, Martin RE, editors. *Advances in seafood biochemistry*. Lancaster, Pa.: Technomic Publishing. p 305-60.
- Hamre K, Lie Ø, Sandnes K. 2003. Development of lipid oxidation and flesh color in frozen stored fillets of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). Effects of treatment with ascorbic acid. *Food Chemistry*. 82:447-453.
- Han D, Han I, Dawson P. 2016. Combining modified atmosphere packaging and nisin to preserve Atlantic salmon. *Journal of Food Research*. 6(1):22.
- Hayes JE, Stepanyan V, Allen P, O'grady MN, Kerry JP. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *LWT-Food Science and Technology*. 44(1):164-172.
- Hernández MD, López MB, Álvarez A, Ferrandini E, García-García B, Garrido MD. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry*. 114:237-245.
- 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.
- Hui YH, Cross N, Kristinsson HG, Lim MH, Nip WK, Siow LF, et al. 2006. Biochemistry in seafood processing. In Y.H. Hui, W. Nip, L. M. L. Nollet, G. Paliyath, & B. K. Simpson (Eds.), *Food biochemistry and food processing* (pp. 351-378) (1 ed.). Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing.
- Invanova RP, Sergeeva EL. 1984. *Kholodil'naya-Technika*. 10:49.
- Jiang ST. 2000. Effect of proteinases on the meat and seafood quality. *Food Science and Agricultural Chemistry*. 2(2):55-74
- Jouki M, Khazaei N. 2012. Lipid oxidation and color changes of fresh camel meat stored under different atmosphere packaging systems. *Journal of Food Processing and Technology*. 11:1-4.
- Juneja VK, Dwivedi HP, Yan X. 2012. Novel natural food antimicrobials. *Annual Review of Food Science and Technology*. 3(1):381e403.
- Kim GD, Jeong JY, Jung EY, Yang HS, Lim HT, Joo ST. 2013. The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science*. 94:267-273.
- Kim SY, Gunasekaran S, Olson NF. 2004. Combined use of chymosin and protease from *Cryphonectria parasitica* for control of meltability and firmness of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*. 87(13):274-283.
- López CC, Serio A, Montalvo C, Ramirez C, Álvarez JAP, Paparella A, Mastrocola D, Martuscelli M. 2017. Effect of nisin on biogenic amines and shelf life of vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Food Science and Technology*. 54(10):3268-3277.
- Mancini RA, Hunt MC. 2005. Current research in meat colour. *Meat Science*. 71:100-121.
- Mills S, Stanton C, Hill C, Ross RP. 2011. New developments and applications of bacteriocins and peptides in foods. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2:299e329.
- Offer G, Knight P, Jeacocke R, Almond R, Cousins T, Elsey J, Parsons N, Sharp A, Starr R, Purslow P. 1989. The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*. 8:151-170.
- Olivo R. 2006. Oxidative changes in meat products. p.155-163. In: Shimokomaki, M.; Olivo, R.; Terra, N.N.; Franco, B.D.G.M., eds. *News in Meat Science and Technology*. Varela, São Paulo, SP, Brazil.
- Orkusz A, Haraf G, Okruszek A, Wereńska-Sudnik M. 2017. Lipid oxidation and color changes of goose meat stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Poultry Science*. 96(3):731-737.
- Ottestad S, Sørheim O, Heia K, Skaret J, Wold JP. 2011. Effects of storage atmosphere and heme state on the color and visible reflectance spectra of salmon (*Salmo salar*) fillets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(14):7825-7831.
- Paik HD, Kim HJ, Nam KJ, Kim CJ, Lee SE, Lee DS. 2006. Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef. *Food Control*. 17(12):994-1000.
- Pena-Pereira F, Lavilla I, Bendicho C. 2010. Colorimetric assay for determination of trimethylamine-nitrogen (TMA-N) in fish by combining headspace-single-drop microextraction and microvolume UV-vis spectrophotometry. *Food Chemistry*. 119(1):402-407.
- Puwastien P, Judprasong K, Kettwan E, Vasanachitt K, Nakngamanong Y, Bhattacharjee L. 1999. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. *Journal of Food Composition and Analysis*. 12:9-16.
- Ramirez MR, Morcuende D, Estevez M, Lopez RC. 2005. Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage. *Food Chemistry*. 92:159-167.
- Sallam KI. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*. 18:566-575.
- Shabanpour B, Etemadian Y. 2016. Chemical changes and shelflife of conventional surimi and proteins recovered using pH change method from common carp (*Cyprinus carpio*) muscle during 5 months storage at -18°C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 1:311-332.
- Siripatrawan U, Noipha S. 2012. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocolloids*. 27(1):102e108.

- Smart G. 2001. Problems of sea bass and sea bream quality in the Mediterranean. In S. C. Kestin & P. D. Warriss (Eds.), *Farmed Wsh quality* (pp. 120–128). Oxford: Fishing News (Boks)/Blackwell.
- Sobrinho-Lopez A, Martín-Belloso O. 2008. Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products-review. *International Dairy Journal*. 18(4):329–343.
- Şahin S, Sumnu SG. 2006. *Physical properties of food*. New York: Springer Science and Business Media, LLC.
- Teixeira B, Fidalgo L, Mendes R, Costa G, Cordeiro C, Marques A, Saraiva JA, Nunes ML. 2014. Effect of high pressure processing in the quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets: Pressurization rate, pressure level and holding time. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 22:31-39.
- TÜİK. 2017. (Turkish Statistical Institute, Fisheries statistics—2009. Prime Ministry Publications, Publication Number; 3624, 58p, Ankara, Turkey)
- Uçar Y. 2018. Farklı konsantrasyonlarda kullanılan nisin soğukta (4±2°C) ve vakum paketlenerek depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) filetolarının kalite parametreleri üzerine etkileri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Wu T, Wu C, Fang Z, Ma X, Chen S, Hu Y. 2017. Effect of chitosan microcapsules loaded with nisin on the preservation of small yellow croaker. *Food Control*. 79:317-324.
- Xu S. 2012. Developing healthy snack chips by continuous vacuum belt drying. Ph.D dissertation. Department of Food Science and Technology, University of Georgia, Athens, Georgia, USA.
- Yagiz Y, Kristinsson HG, Balaban MO, Welt BA, Ralat M, Marshall MR. 2009. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chemistry*. 116(4):828–835.
- Zuckerman H, Avraham RB. 2002. Control of growth of *L.monocytogenes* in fresh salmon using Micrograd and Nisin. *LWT-Food Science and Technology*. 35(6):543-548.