



Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojileri ile Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Sardalye (*Sardina pilchardus*)’nin Depolama Süresince Renk Parametrelerinin İncelenmesi ve Bazı Kalite Parametreleri ile Karşılaştırılması

Zayde Ayvaz*¹ Hatice Gündüz² Mehmet Erdağ¹ Buminhan Burkay Selçuk¹ Ebru Ak¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi 17020 Çanakkale

²İzmir Katip Celebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 35620 İzmir

*Sorumlu yazar: zaydealcecek@gmail.com

Geliş Tarihi: 21.11.2018

Kabul Tarihi: 09.10.2019

Öz

Renk, önemli bir balık tazelik belirleyicisidir. Balık derisinin, gözlerinin ve solungaçların rengi tazelik hakkında bazı ipuçları vermektedir. Ancak renk, birçok sebepten dolayı kişiden kişiye değişir (renk körlüğü, ışık, tüketici deneyimi vb.). Bilgisayarlı görüntüleme teknolojisi (BGT), bu bilgilerin sayılabilir, tekrarlanabilir ve objektif olması için geliştirilmiştir. Bu çalışmada, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalye (*Sardina pilchardus*) balıklarının BGT kullanarak renklerini belirlenmiş ve depolama boyunca değişimleri izlenmiştir. Analiz edilen diğer kalite parametreleri: toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N), toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), su aktivitesi, kuru madde (%) ve pH analizleridir. Renk değişimlerinin bazı kalite parametreleri ile ilişkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Hamsi ve sardalye için iki farklı depolama sıcaklığı (4°C±2 ve oda sıcaklığı) belirlenmiştir. 4±2°C depolanan hamsi grubunun depolamanın 3. gününde TVB-N, TAMB, pH değerleri sırasıyla 51,60 mg/100g, 4,69 kob/g ve 6,33 değerlerine ulaşmıştır. 4°C depolanan sardalye grubunun ise depolamanın 3. gününde TVB-N, TAMB, pH değerleri sırasıyla 50,09 mg/100g, 4,69 kob/g ve 6,38 değerlerine ulaşmıştır. Oda sıcaklığında depolanan hamsi grubunun depolamanın 2. gününde TVB-N, TAMB, pH değerleri sırasıyla 67,44 mg/100g, 5,78 kob/g ve 6,64 iken aynı depolama sıcaklığında depolanan sardalye grubunda depolamanın 2. gününde bu değerler sırasıyla 77,91 mg/100g, 5,78 kob/g ve 6,87 olduğu belirlenmiştir. Renk parametreleri sonuçlarına göre hamsi ve sardalye örneklerinde zamana ve sıcaklığa bağlı olarak L^* değerinde düzenli azalış, a^* ve b^* değerlerinde ise düzenli artış takip edilmiştir. Bu artış ve azalışlar istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kalite parametreleri ile renk analizi sonuçları arasındaki korelasyon sonuçlarına göre ise hamsi balığında b^* değerinin ve sardalyede ise a^* değerinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Buna göre bu parametrelerin takibi kalite açısından önemli ipuçları vereceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hamsi, Sardalye, Kalite, Bilgisayarlı Görüntü Teknolojisi (BGT)

Investigation of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and Sardine (*Sardina pilchardus*) Color Parameters During Storage by using Imaging Technology and Comparison of Some Quality Parameters

Abstract

The first important fish freshness determinant is color. The color of fish skin, eyes and gills give lots of information about freshness. However, this information varies from person to person due to many reasons (color blindness, light, the experience of consumer, etc.). Computer-Based Image Analyze (CBI) methods have been developed to make this information countable, repeatable and objective. This study was aimed to determine the color of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) by using CBI. At the same time, total volatile base nitrogen (TVB-N), total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), water activity, moisture, and pH analysis were done during storage. Two different storage temperature (4±2°C and room temperature (24°C)) were determined for anchovy and sardines. Anchovy 4±2°C group’s TVB-N, TAMB, pH values were reached 51.60 mg/100g, 4.69 CFU/g and 6.33 on the third day of storage, respectively. Sardine 4±2°C group’s TVB-N, TAMB, pH values were reached 50.09 mg/100g, 4.69 CFU/g and 6.38 on the third day of storage, respectively. It was determined that anchovy 24°C group’s TVB-N, TAMB, pH values were 67.44 mg/100g, 5.78 CFU/g and 6.64, sardine 24°C group’s TVB-N, TAMB, pH values were 77.91 mg/100g, 5.78 CFU/g and 6.87 at the second day of storage, respectively. However, there are no statistically differences a^* value of anchovy and sardine 4°C groups were not significantly different each other ($p>0.05$), while anchovy and sardine 24°C groups were significantly different ($p<0.05$). b^* value of anchovy 4°C and 24°C significantly increased during storage



($p < 0.05$), although sardine 4°C and 24°C groups' b^* value do not show any significances ($p > 0.05$). According to the results of color parameters, a decrease in L^* value and an increase in a^* and b^* values were observed in anchovy and sardine samples depending on time and temperature. These increases and decreases were found to be statistically significant ($p < 0.05$). According to the correlation between the quality parameters and color analysis results, b^* value in anchovy fish and a^* value in sardine gave the best results. It is estimated that monitoring these parameters will provide important clues in terms of quality.

Keywords: Anchovy, sardine, quality, computer based image analyses (CBI)

Giriş

Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalye (*Sardina pilchardus*) Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında yaygın olarak tüketilen balık türlerindedir. 2016 yılında Türkiye'de denizlerden elde edilen toplam avcılık miktarı 301464 ton olarak kaydedilmiştir. Bu toplamın 102 595 tonu hamsiden ve 18162 tonu ise sardalyeden oluşmaktadır (TÜİK, 2018). Avlanıldığı sahil kesiminden pek çok erişim noktasına, buzlu strafor kutularda veya dondurulmuş vaziyette transfer edilerek tüketime sunulmaktadır. Oldukça besleyici ve "yağlı balık" kategorisinde değerlendirilen bu iki tür (Varlık, 2004), avlanmanın ardından başlayan rigor mortis ve daha sonra gelişen kimyasal, enzimatik ve mikrobiyal gelişmeler sonucunda hızla bozulmaktadır. Özellikle taşıma, transfer ve satış hattında maruz kaldıkları sıcaklık değişimlerinden dolayı bu bozulma daha hızlı gerçekleşebilmektedir. Ayrıca, tüketici tarafından satın alındıktan sonra buzdolabı koşullarında ya da oda sıcaklığında bekletilerek tüketime kadar geçen zamanda sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalabilmektedirler. Bu nedenle balıklarda tazeliğin takibi gıda zehirlenmelerinin ve israfın önüne geçmek açısından önemlidir.

Balık tazeliğinin belirlenmesinde mikrobiyolojik ve kimyasal metotlar kullanılmaktadır. Ancak bu metotlar zaman alıcı, iş gücü gerektiren ve çoğu zaman pahalı analizlerden oluşur. Bu nedenle gıda endüstrisi tarafından hızlı gıda analiz yöntemleri aranmaktadır (He ve ark., 2015). Görüntüleme yöntemleri bu hızlı yöntemlerden biri olarak gıda endüstrisinde ölçme, tartma, ayıklama ve otomasyon sistemleri içinde kullanılmaktadır (Mathiassen ve ark., 2011). Su ürünleri işleme sektöründe kullanımı ile ilgili hata/kusur ayıklama, boy, ağırlık, hacim ölçümleri, renk ve alan belirleme gibi pek çok çalışma yapılmıştır (Gümüş ve Balaban, 2010; Balaban ve ark., 2011; Gümüş ve ark., 2011; Dowlati ve ark., 2013; Alçiçek ve Balaban, 2014). Görüntüleme teknolojileri; hızlı, tekrarlanabilir, kalıntı bırakmayan ve objektif bilgiler sunar (Ayvaz ve ark., 2017). Görüntüleme teknolojilerinde özellikle renk belirleme oldukça önemli bir unsurdur. Renk, gıdanın tüketici tarafından satın alma tercihi üzerinde birincil açıdan önem arz etmektedir (Spence ve ark., 2010; Ayvaz ve ark., 2017). Balığın derisinin ve gözünün parlak olması ile solungacının kırmızılığı balık tazeliğini belirlemede ilk göze çarpan, renk özellikleridir. Renk belirlemede enstrümantal analiz yöntemleri kullanılmakla birlikte, bilgisayarlı görüntüleme sistemleriyle karşılaştırıldığı zaman balıkların renk analizinde görüntüleme sistemlerinin daha etkili olduğu belirtilmiştir (Ünal Şengör ve ark., 2018; Yagiz ve ark., 2009)

Bu çalışmanın amacı; oda sıcaklığı ve buzdolabı koşullarında (4°C±2) depolanan hamsi ve sardalye balıklarının raf ömrü boyunca renk değişimlerinin incelenmesi ve bazı kalite parametreleri ile ilişkisinin ortaya konmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Balık materyali

Çalışmada her bir gruba 75'er adet hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalye (*Sardina pilchardus*) gelecek şekilde toplam 300 adet balık kullanılmıştır. Hamsi balıklarının ortalama ağırlıkları 8-10 gr iken sardalyelerin ise 12-15 gr olarak ölçülmüştür. Örnekler taze olarak yerel bir balık satış noktasından alınmıştır. Alınan örnekler buz eklenmiş strafor kutular içinde 20 dakika içinde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi İşleme Laboratuvarına getirilmiştir. Ürünler buza temas etmişlerdir. Gruplara ayrılarak her bir analiz için ayrı ayrı 12 adet plastik kapaklı kutularda muhafaza edilen örnekler, analiz anına kadar aşağıda belirtilen gruplara göre depolanmıştır (EKT 725 Emsaş, Türkiye). Buna göre gruplar:

- H4: 4±2°C'de muhafaza edilen hamsi örneklerini,
- S4: 4±2°C'de muhafaza edilen sardalye örneklerini,
- H24: Oda sıcaklığında muhafaza edilen hamsi örneklerini,
- S24: Oda sıcaklığında muhafaza edilen sardalye örneklerini temsil etmektedir.

Analizler

Bu çalışmada nem analizi kurutma metoduna göre belirlenmiştir (AOAC,2000). Bu yöntemle göre, homojenize edilmiş örneklerden daraları alınmış petrilere 5 g alınarak, 105°C ‘deki etüvde 16-18 saat kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrası petrilere desikatörde soğutulmuş, tartımları alınmış ve nem içerikleri hesaplanmıştır (Anonim, 2000).

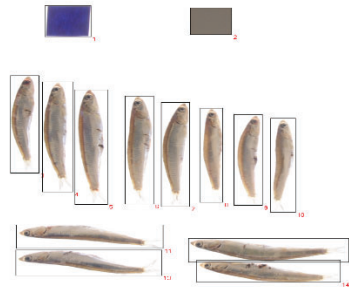
Toplam uçucu bazik nitrojenin (TVB-N) belirlenmesinde ise Anonim (1988)’de belirtilen metod kullanılmıştır. Homojenize edilmiş örneklerden 10’ar g tartılarak 90 ml 0,1 N perklorik asit çözeltisi ilave edilmiş, karışım Ultra Turrax’ta 1-2 dakika homojenize edildikten sonra, filtre kağıdı ile filtre edilmiştir. Elde edilen ekstraktan 50 ml alınarak üzerine 1-2 damla fenol fitalein ve birkaç damla köpük kırıcı ve 6,5 ml %20’lik sodyum hidroksit çözeltisi ilave edildikten sonra su buharı distilasyonuna geçilmiştir. Distilat erlenine 100 ml borik asit çözeltisi (3g/1000ml) ve 3-5 damla indikatör (2g metil kırmızısı ve 1 g metilen mavisi; 1000ml etanol; %96) damlatılmıştır. Elde edilen distilat 0.01 N HCl çözeltisi ile gri renk oluncaya kadar titre edilmiştir. Balıklardaki TVB-N miktarı titrasyonda harcanan HCl çözeltisi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

pH analizi için ise 10g örnek homojenize edilerek 100 mL suya tamamlanmış ve elde edilen karışım Ultra Turrax’ta (Yellow line-IKA, Belçika) 1 dakika homojenize edildikten sonra 4.00 ve 7.00’lük tampon çözeltileri ile kalibre edilmiş pH metre (HI-2211 Bench Top pH & mV Meter, Leighton Buzzard, İngiltere) ile ölçülmüştür. Su aktivitesi analizi ise 25°C’deki su aktivite cihazı ile ölçülmüştür (Aqua Lab Series/ 4 TE – ABD).

Mikrobiyolojik analizler için ise 10 g balık örneği steril plastik torbada tartılıp, üzerine 90 ml steril serum fizyolojik ilave edilerek stomacherde (Seward stomacher/400 Circulator, İngiltere) homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizatın toplam aerobik mezofilik bakteri analizi (TAMB) için Plate Count Agar (Oxoid) besiyeri kullanılmış ve 30°C’da 2 gün, inkübasyona tabi tutulmuştur (Anonim, 2000). Elde edilen bakteri koloni sayıları log₁₀ kob/g olarak belirlenmiştir. Yukarıda sayılan tüm analizler üç tekerrürlü yapılmıştır.

Bilgisayarlı görüntüleme teknolojisi

Alççek ve Balaban, (2012)’nin açıkladıkları “iki resim tekniği” (two-image method) kullanılmıştır. Buna göre bir ışık kutusu kullanılmıştır. Bu kutunun alt ve üst kısımlarında 6500 Kelvin ışık yayan LED lambalar eklenmiştir. Üst LED lambanın önüne polarize ışık elde etmek için polarize film (Rosco, Stamford, CT, USA) yapıştırılmıştır. Alt ışıkla çekilen resim segmentasyonu belirlemede (Şekil 1), üst ışıkla çekilen resim ise renk analizi için kullanılmıştır. Bu kutunun üst kısmına 18-200 bir lens (Nikon Lens, Tokyo, Japonya) ile bilgisayarla kontrol edilebilen D300 Nikon (Tokyo, Japonya) monte edilmiştir. D300’ü kontrol etmek için bilgisayar ile fotoğraf makinası bağlantısını sağlayan bir ticari program (Camera Control Pro Nikon, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Işık kutusuna renk standartları için Gretag Color Checker (Gretag Color Checker, X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, ABD) yerleştirilmiştir. Çekilen fotoğraflar Adobe Photoshop (Adobe, CA, ABD) programında işlenmiştir. Ardından bu fotoğraflar Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojisi için geliştirilmiş olan LensEye (Gainesville, FL, ABD) programında analiz edilmiştir. Resimler bir kez çekilip tek seferde analiz edilmiştir. Analiz esnasında polarizasyon şartları test edilmiş ve bu şartı sağlamayan örnekler elenmiştir.



Şekil 1: Segmente edilmiş bir resim örneği

İstatistik analiz



Çalışmada elde edilen IBM SPSS (SPSS for Windows, Version 23.0., IBM, IL, Amerika Birleşik Devletleri) paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler öncelikle Shapiro-Wilk ve Levene Median test ile normallik testine tabi tutulmuştur. Buna göre normal veriler tek faktörlü varyans analizi (Oneway ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar arasındaki istatistik farkı belirlemede Tukey' post-hoc testi %95 güven aralığında kullanılmıştır ($p < 0.05$). İki güne ait verilerin karşılaştırılmasında ise Independent Sample T-test kullanılmıştır. Günler arasındaki değişimin L^* , a^* ve b^* değerlerine göre bar grafik illüstrasyonları aynı programda hazırlanmış ve hata barları güven aralığı (Confidence Interval) %95 olarak sunulmuştur. Örneklem büyüklüğünün etkisini (effect size) belirlemek için One-Way ANOVA verilerinin, Partial Eta Square değeri yine aynı program ile belirlenmiştir. Independent Sample T-test verilerinin, Cohen's d (Cohen, 1988; Sawilowsky, 2009) değerleri (0,01 ~ small, 0,06 ~ medium, >0.14 ~ large) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$Cohen's\ d = \frac{Ortalama\ fark}{Standart\ hata}$$

Renk parametreleri ile TVB-N ve TAMB değerleri arasındaki korelasyon grafiklerle sunulmuştur. Buna göre lineer hesaplama yine aynı program kullanılarak görsel üzerinde R^2 değeri ve denklemi verilmiştir. Bu işlem sadece gün sayısı şartını sağladığından 4H ve 4S gruplarına uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tüm gruplara ait TVB-N, pH, TAMB, kuru madde (%) ve su aktivitesi değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Balık örneklerinde yapılan analizlerin sonuçları

Grup	Gün	TVB-N (mg N/100 g)	pH	TAMB (log ₁₀ kob/g)	Kuru madde (%)	Su Aktivitesi
H4	1	20.715±0.225 ^a	6.265±0.00 ^{a*}	2.558±0.000 ^a	32.977±0.485 ^a	0.950±0.001 ^a
	2	21.289±0.307 ^a	6.295±0.00 ^{ab}	3.602±0.000 ^b	32.162±0.659 ^a	0.951±0.000 ^b
	3	51.604±0.014 ^b	6.335±0.021 ^b	4.699±0.000 ^c	32.875±17.836 ^a	
H24	1	20.715±0.159 ^a	6.265±0.007 ^a	2.558±0.002 ^a	32.977±0.485 ^a	0.951±0.000
	2	67.436±0.862 ^b	6.640±0.282 ^b	5.778±0.000 ^b	32.908±1.957 ^a	
S4	1	21.036±0.315 ^a	6.705±0.007 ^a	2.524±0.006 ^a	34.639±2.588 ^a	0.954±0.000 ^a
	2	21.625±0.24 ^a	6.51±0.014 ^a	3.604±0.000 ^b	34.904±0.065 ^a	0.951±0.002 ^a
	3	50.095±0.431 ^b	6.385±0.233 ^a	4.699±0.000 ^c	34.252±0.867 ^a	
S24	1	21.036±0.315 ^a	6.705±0.007 ^a	2.52±0.006 ^a	34.639±2.588 ^a	0.953±0.001
	2	77.905±1.968 ^b	6.865±0.049 ^b	5.778±0.000 ^b	34.085±1.036 ^a	

*Küçük harfler aynı grupta aynı parametrenin farklı günleri arasındaki istatistik farkı gösterir ($p < 0,05$)

TVB-N değeri su ürünlerinde bozulmayı takip amaçlı kullanılmaktadır (Özoğul ve Özoğul, 2000). Bu çalışmada TVB-N bozulma sınırı, 35 mg N/100 g olarak belirlenmiştir (Connell, 1995). Buna göre başlangıç TVB-N değeri tüm gruplarda “taze” olarak değerlendirilmiştir. Ancak depolama süresince TVB-N değerlerinde artışlar gözlenmiştir. H4 ve S4 gruplarında depolamanın ilk iki gününde gösterdiği artışlar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Bunun nedeni ise depolama sıcaklığının uygun olması olarak değerlendirilmiştir. Ancak depolamanın 3. gününde önemli bir artış gözlenmiştir ($p < 0,05$). Böylece her iki grup da TVB-N açısından tüketilemez olarak değerlendirilmiştir. Buna göre 4°C’de hamsi ve sardalye örneklerinin raf ömrü 3. günde dolmuştur. H24 ve S24 gruplarının TVB-N değerleri ise depolamanın ikinci gününde “tüketilebilir” sınırlarını aşmıştır. Bunun nedeni, depolama sıcaklığının enzimatik ve mikrobiyal bozulmayı hızlandırması olarak değerlendirilmiştir. Günler arasındaki istatistik fark ise önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Köse (2004) çalışması ile sonuçlarımız uyumludur. Bu sonuçlar aynı sıcaklıkta depolanan grupların TAMB bozulma verileri ile benzerlik göstermiştir. H4 ve S4 gruplarına ait TAMB değerlerinin başlangıçta uygun değer aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ancak depolama süresi arttıkça mikrobiyal gelişimde de artış izlenmiştir. Her iki grupta da depolamanın her gününde elde edilen TAMB değerleri arasında istatistik açıdan önemli farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Benzer değerlerde TVBN açısından raf ömrünün dolduğu Alçiçek (2011) tarafından da kaydedilmiştir. Sıcaklık ile toplam mezofilik bakteri gelişimi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Hwang ve Tamplin, 2005). Buna göre H24 ve S24



grupları oda sıcaklığında muhafaza edildiklerinden depolama süresince yüksek dalgalanmalar tespit edilmiştir. Depolama süresince elde edilen TAMB değerleri arasındaki fark, her iki grupta da istatistik açıdan önemli olarak değerlendirilmiştir ($p<0,05$). Benzer sonuçlar Köse (2004) ve Erkan ve Özden (2008) tarafından da kaydedilmiştir. pH sonuçlarında ise TAMB artışlarından kaynaklı dalgalanmalar izlenmiştir.

Su ürünleri, su aktivitesi ve nem oranı yüksek gıda maddeleridir (Varlık, 2004; Rehbein ve Oehlenschläger, 2009). Bu nedenle çalışmamızın başında tüm örneklerden alınan su aktivitesi sonuçları oldukça yüksektir. Depolama boyunca hiçbir grupta su aktivitesinde görülen değişimler istatistik açıdan önem arz etmemiştir ($p>0,05$). Bunun nedeni ise raf ömrünün hızlı dolması ve buna bağlı kısa süreli depolama, ayrıca herhangi bir işleme metodunun uygulanmamasıdır. Bu sonuçlar nem oranı ile paralellik göstermiştir. Benzer nem içerikleri Alçiçek ve ark. (2010) tarafından da kaydedilmiştir.

Renk analizi dışındaki analiz bulgularımıza göre; buzdolabı koşullarında depolanan hamsi ve sardalye örneklerinin raf ömrü 3, oda sıcaklığında depolanan örneklerin ise, depolamanın 2. gününde tüketilebilir sınırların çok üstünde TVB-N değeri olduğundan, analizin gerçekleştiği andan çok daha erken raf ömrü dolduğu varsayılarak, bu grubun raf ömrünün 1 gün olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular BGT analizi sonuçlarımız ile uyumlu bulunmuştur.

Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojisi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 2 ve 3’de verilmiştir.

Çizelge 2: Buzdolabı koşullarında depolanan hamsi ve sardalye gruplarının depolama boyunca renk parametrelerindeki değişimler

Gruplar	4H				4S				
	Depolama Günü	Ortalama	±Std. Sapma	Post-Hoc (Tukey)^	Partial Eta Squared (η^2)	Ortalama a	±Std. Sapma	Post-Hoc (Tukey)	Partial Eta Squared (η^2)
L^*	Gün 1	58.88	3.74	a	0.477	60.44	3.66	a	0.412
	Gün 2	53.03	3.16	b		54.56	3.46	b	
	Gün 3	51.56	3.55	cb		53.37	3.27	cb	
	Gün 4	50.55	3.29	c		53.01	3.63	c	
a^*	Gün 1	-0.09	0.51	a	0.486	-1.52	0.48	a	0.617
	Gün 2	0.48	0.47	b		-0.66	0.58	b	
	Gün 3	1.00	0.60	c		-0.24	0.59	c	
	Gün 4	1.69	1.00	d		0.51	0.61	d	
b^*	Gün 1	7.38	2.03	a	0.541	9.87	1.75	a	0.126
	Gün 2	9.69	1.41	b		10.77	2.02	b	
	Gün 3	10.83	1.65	c		11.62	2.04	c	
	Gün 4	12.41	1.77	d		11.81	2.10	d	
Chroma	Gün 1	8.86	0.91	a	0.63	10.38	1.51	a	0.272
	Gün 2	10.42	1.08	b		11.70	1.54	b	
	Gün 3	11.64	1.39	c		12.57	1.59	c	
	Gün 4	13.30	1.62	d		12.89	1.60	c	
Whiteness	Gün 1	57.63	3.81	a	0.515	58.64	3.82	a	0.429
	Gün 2	51.43	3.23	b		52.44	3.64	b	
	Gün 3	49.65	3.69	cb		50.98	3.46	cb	
	Gün 4	48.19	3.50	c		50.53	3.78	c	

^Farklı küçük harfler aynı renk parametresinde farklı depolama günleri arasındaki istatistik farkı vermektedir ($p<0,05$).



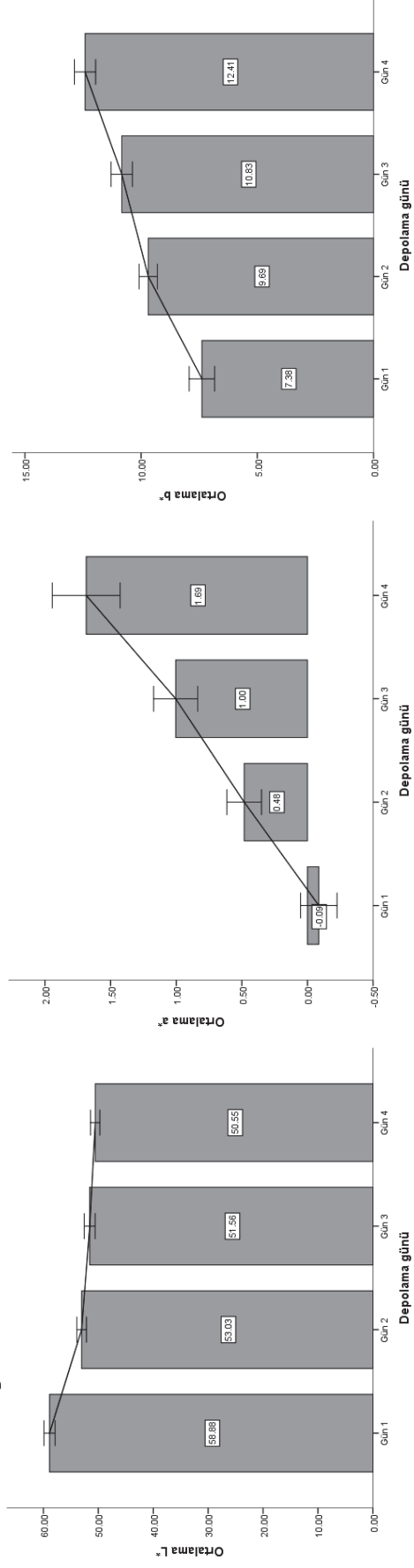
Çizelge 3: Oda sıcaklığında depolanan hamsi ve sardalye gruplarının depolama boyunca renk parametrelerindeki değişimler

Gruplar	24H	24S							
Renk Parametresi	Depolama Günü	Ortalama	±Std. Sapma	Significanc e [^]	Cohen's d	Ortalama	±Std. Sapma	Significa nce	Cohen's d
<i>L</i> [*]	Gün 1	59.85	3.18	a	2.73	60.19	3.61	a	1.59
	Gün 2	52.10	2.55	b		55.01	2.74	b	
<i>a</i> [*]	Gün 1	-0.07	0.37	a	-3.08	-1.55	0.48	a	-3.55
	Gün 2	1.61	0.65	b		0.56	0.72	b	
<i>b</i> [*]	Gün 1	8.28	1.55	a	-3.30	10.00	1.66	a	-2.46
	Gün 2	12.54	1.06	b		13.53	1.07	b	
Chroma	Gün 1	9.23	0.95	a	-4.04	10.49	1.42	a	-2.68
	Gün 2	13.08	0.95	b		13.92	1.08	b	
Whitene ss	Gün 1	58.48	3.27	a	2.99	58.37	3.73	a	1.86
	Gün 2	49.90	2.52	b		52.20	2.71	b	

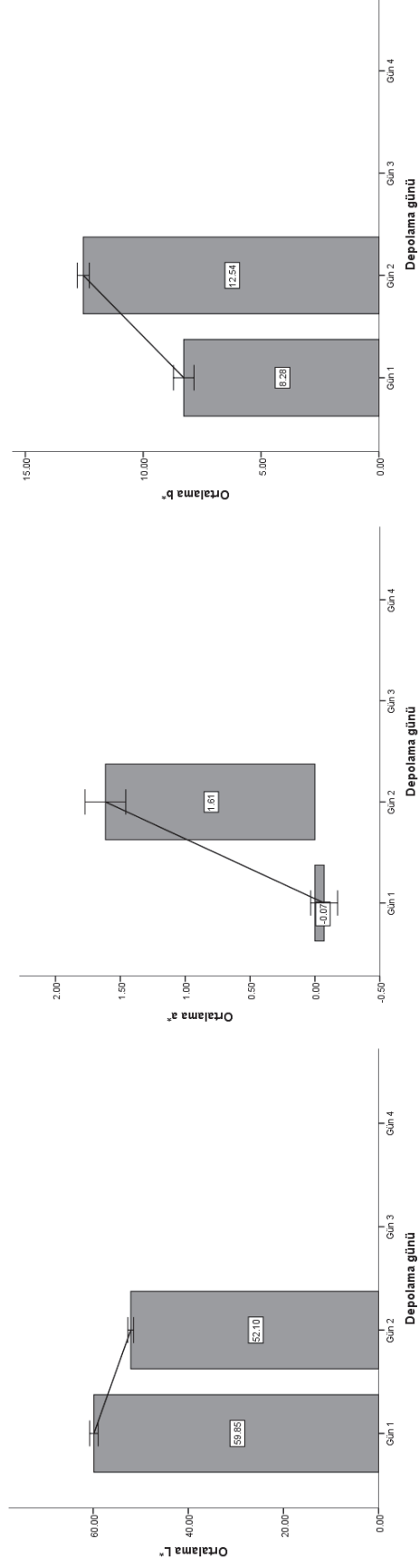
[^]Farklı küçük harfler aynı renk parametresinde farklı depolama günleri arasındaki istatistik farkı vermektedir ($p < 0,05$).

L^{*} değeri örneklerdeki parlaklık hakkında bilgi verir. Bu değer su ürünlerinde tazeliğin azalması ile deride parlaklığın azalmasının takibinde kullanılabilir. Buna göre 4H (Şekil 2) ve 24H (Şekil 3) gruplarının başlangıç *L*^{*} değerleri sırasıyla $58,88 \pm 3,74$ ve $59,85 \pm 3,18$ olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar Çakır ve Ayvaz (2019a) tarafından da kaydedilmiştir. Bu değer 24H grubu için depolamanın ikinci gününde $52,10 \pm 2,15$ 'e düşmüştür. Başlangıç *L*^{*} değeri ile ikinci gün arasında istatistik açıdan fark bulunmuştur (Cohen's $d=2,73$, $p < 0,05$). 4H grubunun ikinci gün *L*^{*} değeri $53,03 \pm 3,16$ bulunmuştur ve bu değer ile başlangıç *L*^{*} değeri arasında da istatistik açıdan fark görülmüştür ($p < 0,05$). Ancak 3. gün *L*^{*} değeri ile 2. gün *L*^{*} değeri arasında ve 3. gün ile 4. gün arasında benzerlik kaydedilmiştir ($\eta^2=0,477$, $p > 0,05$). Bu da değişimin soğukta depolama boyunca kademeli olarak azaldığını kanıtlamaktadır. Şekil 4 ve 5 sırasıyla 4H ve 24H gruplarının depolama boyunca değişimleri göstermektedir. Sardalye örneklerinin başlangıç *L*^{*} değeri 4S (Şekil 6) ve 24S (Şekil 7) için sırasıyla $60,44 \pm 3,66$ ve $60,19 \pm 36,61$ olarak analiz edilmiştir. Benzer sonuçlar Çakır ve Ayvaz (2019b) tarafından da kaydedilmiştir. 4S grubunda *L*^{*} değerinde depolama boyunca azalma kaydedilmiştir (Şekil 8). Bu azalma kademeli olarak gerçekleşmiştir. Ancak 1. depolama günü ile 2. depolama günü arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunurken ($p < 0,05$), 2 ve 3 ile 3 ve 4. depolama günleri arasındaki istatistik fark önemsizdir ($\eta^2=0,412$, $p > 0,05$). Ancak 24H grubunun *L*^{*} değerinin depolama günleri arasındaki farkı, istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Cohen's $d=1,59$, $p > 0,05$). Benzer trendler hamsi ve sardalye gruplarının Whiteness değerleri için de kaydedilmiştir. Buna göre *L*^{*} değerinin depolama süresince tüm gruplarda sıcaklığa bağlı olarak değişen hıza rağmen düzenli azalma izlenmiştir. Bunun en önemli nedenleri ise; (a) yüzeydeki parlak deri katmanının bozularak parçalanması ve (b) bozulan kas miyofibrilleri nedeni ile *a*^{*} değerinde artış ve (c) etteki sararma nedeni ile *b*^{*} değerindeki artışlar gösterilebilir.

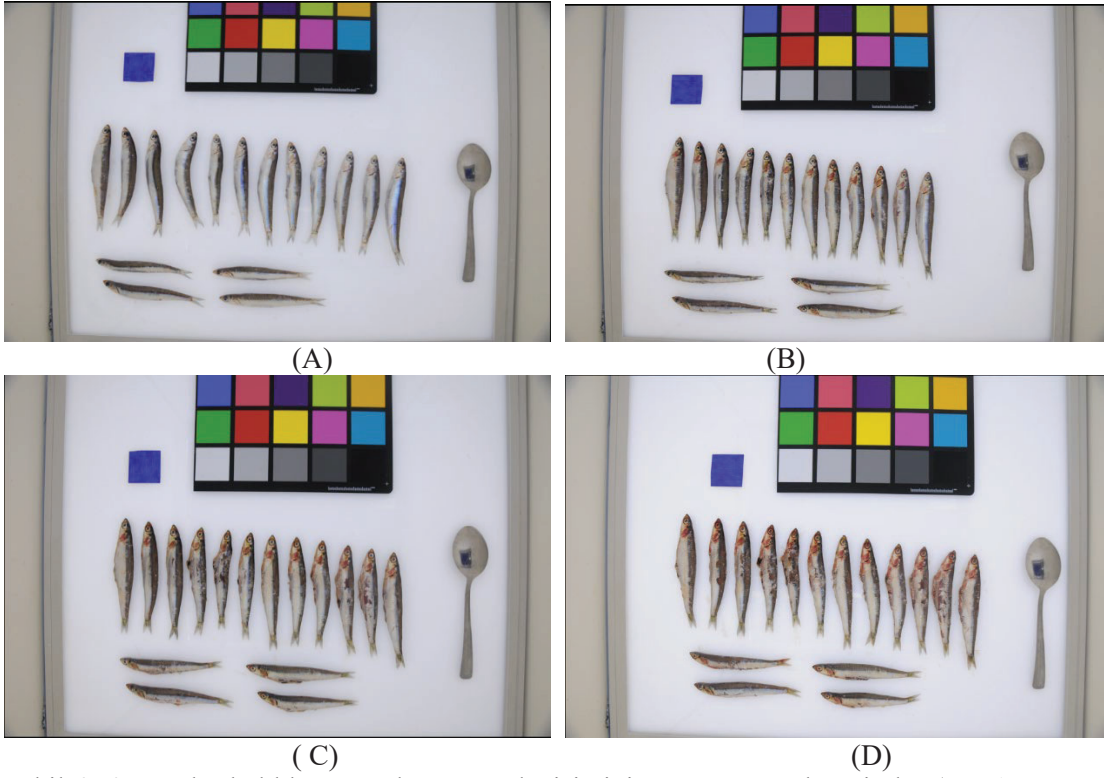
4H ve 24H gruplarının başlangıç *a*^{*} değerleri sırasıyla $-0,09 \pm 0,51$ ve $-0,07 \pm 0,37$ olarak analiz edilmiştir. Bu değer depolama süresince her iki grupta da artış göstermiştir. Ancak 24H grubunda 2. depolama gününde ulaşılan değere, 4H grubunda 4. depolama gününde ulaşılmıştır. Bu durum depolama sıcaklığının *a*^{*} değeri üzerine olan etkisini açıkça göstermektedir. *a*^{*} değerinin zamana bağlı değişimi 4S grubunda her bir depolama gününde istatistik açıdan önemli görülmüştür ($\eta^2=0,486$, $p < 0,05$). Benzer biçimde 24H grubunun *a*^{*} değeri değişimi günlere göre istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Cohen's $d=-3,08$, $p < 0,05$) (Şekil 2 ve 3). 4S grubuna ait *a*^{*} değeri değişimleri hamsi örneklerindeki gibi artış yönündedir ve her depo gününe ait istatistik fark önemlidir ($\eta^2=0,617$, $p < 0,05$) (Şekil 8). 24S grubundaki *a*^{*} değeri artışı depolama günleri arasında istatistik açıdan farka neden olmuştur (Cohen's $d=-3,55$, $p < 0,05$) (Şekil 9). *a*^{*} değerindeki bu artış, özellikle kas yapısının bozularak parçalanması ve buna bağlı kırmızı-kahverengi renk dağılımının bozulması ve iç organlarının dağılımı görüntüsü neden olmuştur.



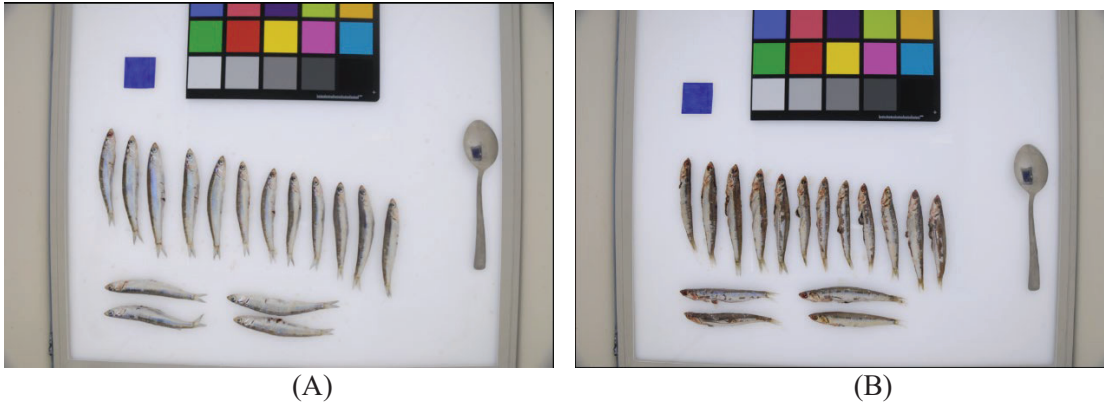
Şekil 2: 4H grubunun depolama boyunca L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimler (Güven aralığı %95)



Şekil 3: 24H grubunun depolama boyunca L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimler (Güven aralığı %95)



Şekil 4: 4H grubu balıkların günlere göre değişimini gösteren örnek resimler (A- 1. gün, B- 2. Gün, C- 3. gün, D- 4. gün)



Şekil 5: 24H grubu balıkların günlere göre değişimini gösteren örnek resimler (A- 1. gün, B- 2. gün)





Şekil 6: 4S grubu balıkların günlere göre değişimini gösteren örnek resimler (A- 1. gün, B- 2. Gün, C- 3. gün, D- 4. gün)



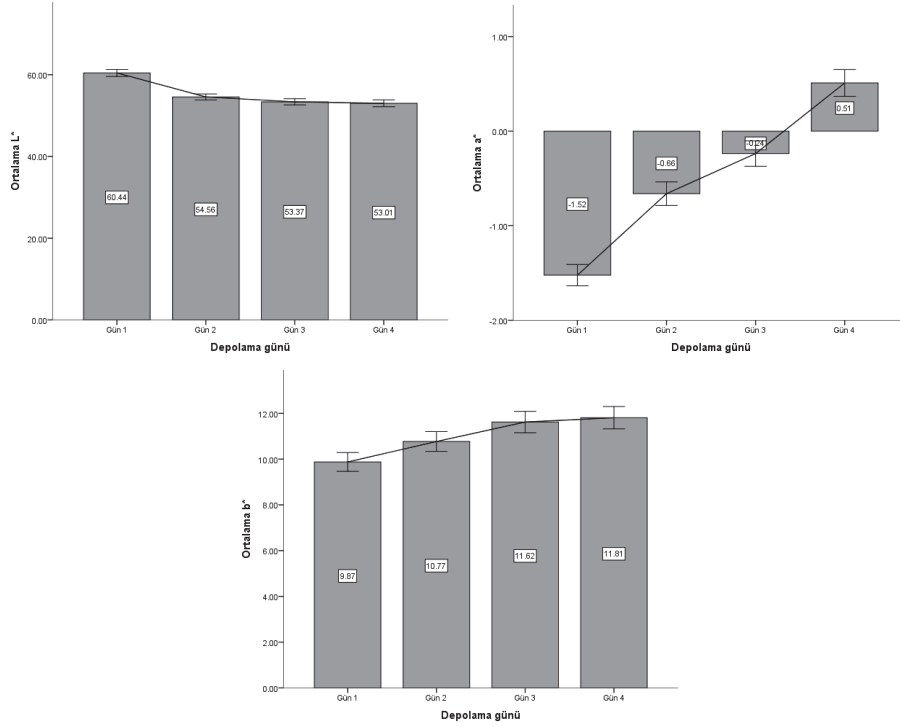
Şekil 7: 24S grubu balıkların günlere göre değişimini gösteren örnek resimler (A- 1. gün, B- 2. gün)

b^* değeri mavi-sarı aralığında renkler için matematiksel ölçüm verir. Balıkların raf ömrü ilerledikçe parlaklık azalmakta ve oluşan yıkım reaksiyonlarının sonucunda deride sararma olmaktadır. 4H grubunun başlangıç b^* değeri $7,38 \pm 2,03$ olarak ve 24H grubunun ise $8,28 \pm 1,55$ olarak bulunmuştur. Bu değerler depolama süresince 4H ve 24H için hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Bu artış tüm depolama günleri için her iki grup için de istatistik olarak önemli bulunmuştur (Cohen's $d = -3,30$, $\eta^2 = 0,541$, $p < 0,05$). Benzer artış trendi 4S ve 24S grupları için de kaydedilmiştir (Cohen's $d = -2,46$, $\eta^2 = 0,126$, $p < 0,05$). Bu artışın en önemli nedeni bozulma parametrelerindeki artan değerler enzimatik reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar ette sararma-kahverengileşmeyi arttırmaktadır (Rehbein ve Oehlschläger, 2009). Bu da b^* değerinde önemli artış kaydedilmesine neden olmaktadır. Benzer trend Chroma değerinde de her iki balık türünde tespit edilmiştir.

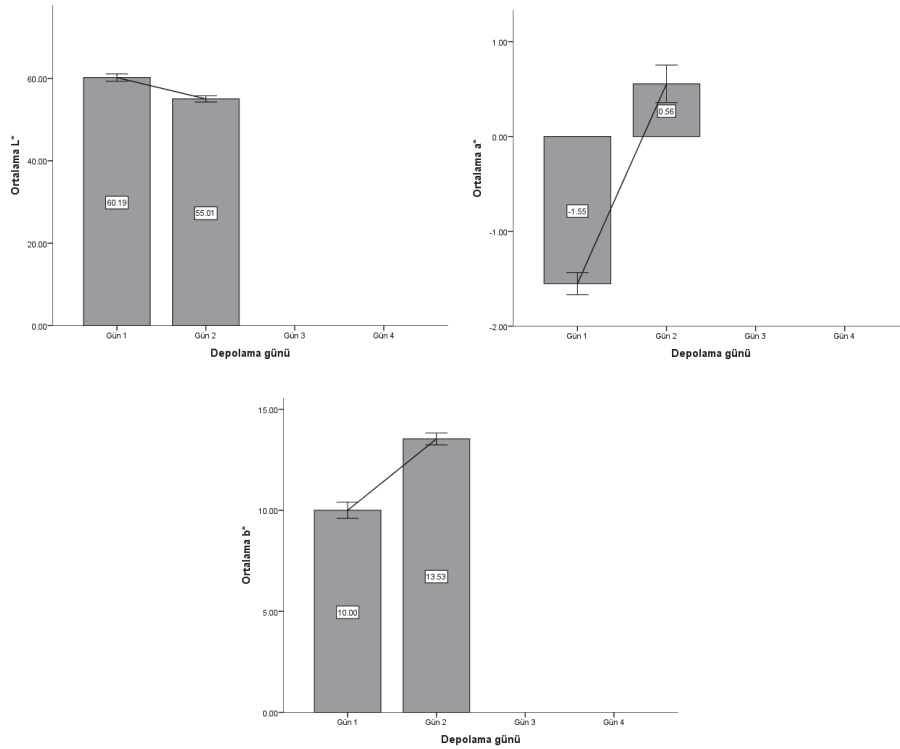
4H grubunun TVB-N değeri ile L^* değeri arasındaki korelasyon eğrisine göre (Şekil 10), TVB-N bozulmalarının L^* ile ilişkilendirmenin R^2 değeri açısından düşük olduğu görülmüştür ($R^2 = 0,007$, $y = 78,69 - 0,69 \cdot x$). Buna göre bu örneklem büyüklüğünde L^* değeri takibinin TVB-N açısından anlamlılığı düşüktür. Ancak a^* değerinin $R^2 = 0,311$ (Şekil 11) ve b^* değerinin ise $R^2 = 0,435$ (Şekil 12) düzeyinde anlamlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre TVB-N değerinin 4H grubu için korelasyonu en yüksek renk parametresi b^* değeridir. Benzer biçimde 4H grubunun TAMB ile korelasyonunun yine L^* değeri ile düşük bir korelasyon sağladığı ($R^2 = 0,075$, Şekil 13), a^* ve b^* değeri ile sırasıyla $R^2 = 0,245$ (Şekil 14) ve $R^2 = 0,595$ (Şekil 15) değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre hamsi bozulmasında b^* değerinin takibi ile kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri arasında bir ilişkiye ulaşılabileceği bulunmuştur.

4S grubunun TVB-N değeri ile L^* değeri arasındaki korelasyon eğrisine göre (Şekil 16) $R^2 = 0,051$ 'dir. Bu değer L^* değerinin takibinin kalite belirlemede oldukça zayıf olduğunu kanıtlamaktadır. a^* (Şekil 17) ve b^* (Şekil 18) değeri ise sırasıyla $R^2 = 0,440$ ve $R^2 = 0,387$ olarak

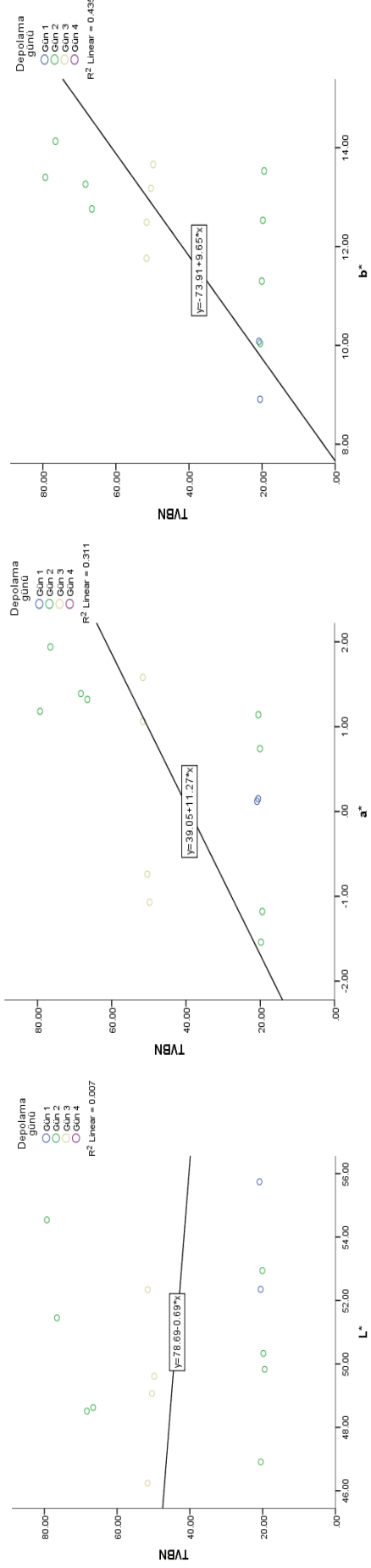
hesaplanmıştır. Bu açıdan TVB-N ile en yüksek korelasyonu sardalye balığında a^* değerinin verdiği bulunmuştur. TAMB değerinin L^* ile korelasyon eğrisi Şekil 19’da sunulmuştur. Buna göre $R^2=0,225$ olarak bulunmuştur. Bu da düşük bir değer olarak kaydedilmiştir. Bu nedenle korelasyon ilişkisi zayıftır. Şekil 20, TAMB ile 4S grubu a^* değeri arasındaki korelasyonu belirtmektedir. Buna göre $R^2=0,542$ ’dir. Bu korelasyon anlam düzeyi açısından L^* değerine göre oldukça yüksektir. b^* değerinin TAMB ile yaptığı korelasyon ise $R^2=0,404$ olarak kaydedilmiştir (Şekil 21). Buna göre sardalya balıklarında en yüksek korelasyon a^* değerinde yakalanmıştır.



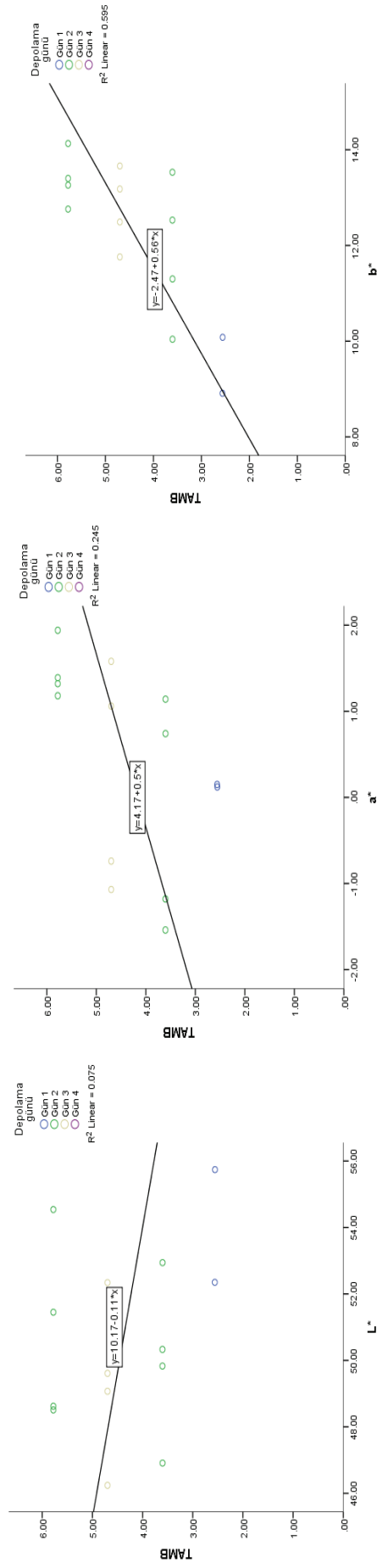
Şekil 8: 4S grubunun depolama boyunca L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimler (Güven aralığı %95)



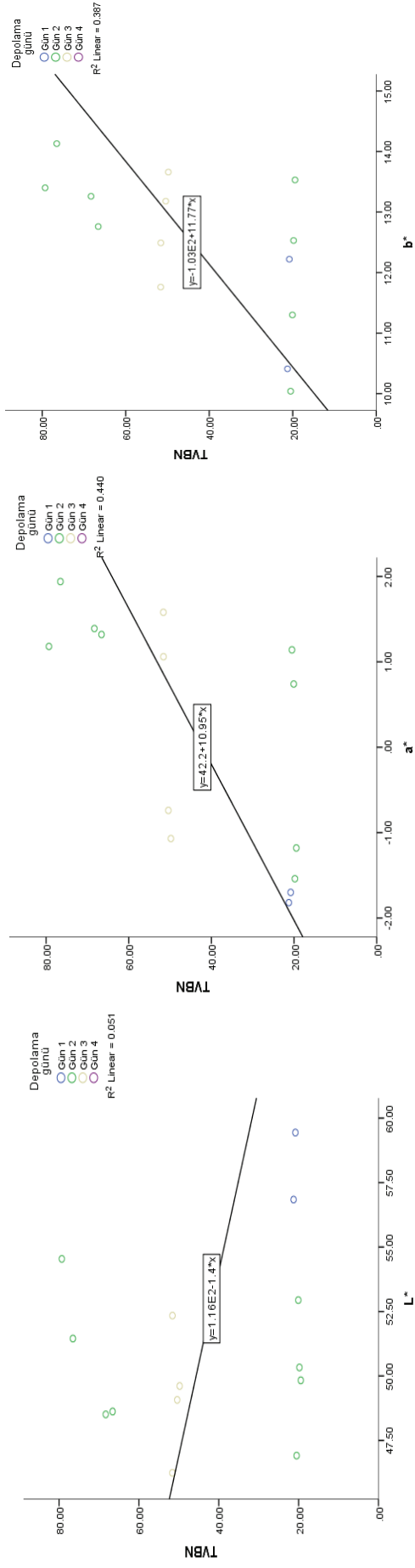
Şekil 9: 24S grubunun depolama boyunca L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimler (Güven aralığı %95)



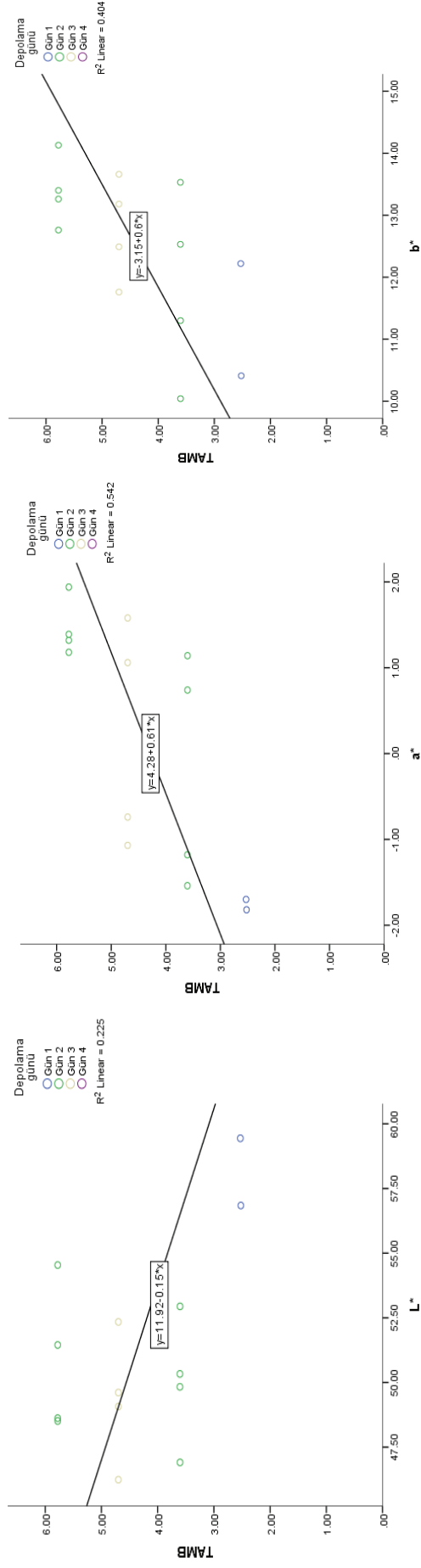
Şekil 10: 4H grubunun zamana bağlı TVBN ile L*, a* ve b* değerleri arasındaki korelasyon grafiği ve R² değeri



Şekil 11: 4H grubunun zamana bağlı TAMB ile L*, a* ve b* değerleri arasındaki korelasyon grafiği ve R² değeri



Şekil 12: 4S grubunun zamana bağlı TVBN ile L*, a* ve b* değerleri arasındaki korelasyon grafiği ve R² değeri



Şekil 13: 4S grubunun zamana bağlı TAMB ile L*, a* ve b* değerleri arasındaki korelasyon grafiği ve R² değeri



Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın sonucunda, taze hamsi ve sardalye balıklarının renk ve bazı kalite değerleri iki farklı depolama süresince takip edilmiştir. Buna göre; soğuk muhafaza ile kalitenin korunmasının gerektiği ve ürünlerin mümkün olduğunca hızlı tüketime sunulması önerilmektedir. Kalite belirlemede hamsi balığında b^* değerinin takibi ve sardalye için ise a^* değerinin takibini önermekteyiz. Bunlar çalışmamızın en önemli bulgularıdır. Gelecek araştırmalar için ise; tazelik belirleme çalışmalarına, fileto elde etmek ve farklı paketleme tekniklerinin etkinliğini ölçmek de eklenerek genişletilmesi tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

- Alçıçek, Z., Balaban, M.Ö., 2012. Development and application of “The Two Image” method for accurate object recognition and color analysis. *J. Food Eng.* 111(1): 46-51.
- Alçıçek, Z., Balaban, M.Ö., 2014. Estimation of whole volume of green shelled mussels using their geometrical attributes obtained from image analysis. *Int. J. Food Prop.* 17(9): 1987-1997.
- Alçıçek, Z., 2011. The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid-smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food Chem.* 128(3):683-688.
- Alçıçek, Z., Zencir, Ö., Çelik Çakiroğulları, G., Atar, H.H., 2010. The effect of liquid smoking of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) fillets on sensory, meat yield, polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content, and chemical changes. *J. Aquat. Food Prod. T.* 19(3-4): 264-273.
- Anonim, 1988. Untersuchung von Lebensmitteln Bestimmung des Gehaltes von flüchtigen stickstoffhaltigen Basen (TVB-N) in Fischen und Fischerzeugnissen Referenzerfahren. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach 35 LMBG, 80.
- Anonim, 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Sim Matbaası, Ankara, Türkiye, 522 s.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17 th Edition Vol II. Assoc. Off. Anal. Chem., Wash. D.C., USA.
- Ayvaz, Z., Balaban, M.O., Kong, K.J.W., 2017. Effects of different brining methods on some physical properties of liquid smoked King Salmon. *J. Food Process. Pres.* 41(1): e12791.
- Balaban, M.O., Ünal Şengör G.F., Soriano, M.G., Ruiz, E.G., 2011. Quantification of gaping, bruising, and blood spots in salmon fillets using image analysis. *J. Food Sci.* 76(3).
- Cohen, J., 1988. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences Second Edition Second. Lawrence Erlbaum Associates, New York.
- Connell, J., 1995. Methods of assessing and selecting for quality. Page J. Conell, editor Control of Fish Quality. Fishing News Books, Oxford.
- Çakır, F., Ayvaz, Z., 2019a. The effects of different immersion time with water-based liquid smoke applications on the color of anchovy fillets. 2. International Conference on “Agriculture, Forestry & Life Sciences.” 54. 18-20 April, Prague.
- Çakır, F., Ayvaz, Z., 2019b. Investigation of color changes of anchovy and sardine fillets treated with different oils and liquid by computer-based image analysis technology. 2. International Conference on “Agriculture, Forestry & Life Sciences.” 59. 18-20 April, Prague.
- Dowlati, M., Mohtasebi, S.S., Omid, M., Razavi, S.H., Jamzad, M., De La Guardia, M., 2013. Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes. *J. Food Eng.* 119(2): 277-287.
- Erkan, N., Özden, Ö., 2008. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *Int. J. Food Sci. Tech.* 43(9):1549-1559.
- Gümüş, B., Balaban, M.Ö., Ünlüsayın, M., 2011. Machine vision applications to aquatic foods: A review. *Turk. J. Fish. Aquat. Sc.* 11(1):171-181.
- Gümüş, B., Balaban, M.O., 2010. Prediction of the weight of aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by image analysis. *J. Aquat. Food Prod. T.* 19(3-4): 227-237.
- He, H.J., Wu, D., Sun, D.W., 2015. Nondestructive spectroscopic and imaging techniques for quality evaluation and assessment of fish and fish products. *Crit. Rev. Food Sci.* 55(6): 864-886.
- Hwang, C.A., Tamplin, M.L., 2005. The influence of mayonnaise pH and storage temperature on the growth of *Listeria monocytogenes* in seafood salad. *Int. J. Food Microbiol.* 102(3): 277-285.
- Köse, S., Erdem, M.E., 2004. An investigation of quality changes in anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) stored at different temperatures. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 28(3): 575-582.
- Mathiassen, J.R., Misimi, E., Bondø, M., Veliyulin, E., Østvik, S.O., 2011. Trends in application of imaging technologies to inspection of fish and fish products. *Trends Food Sci. Tech.* 22(6): 257-275.
- Özoğul, F., Özoğul, Y., 2000. Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk. J. Zool.* 24(1): 113-120.



- Rehbein, H., Oehlenschläger, J., 2009. Fishery Products: Quality, safety and authenticity. Page H. Rehbein and J. Oehlenschläger, editors. Rehbein, H., Oehlenschläger, J. Fishery products quality, safety and authenticity. United Kingdom.
- Sawilowsky, S.S., 2009. New effect size rules of thumb. J. Mod. Appl. Stat. 8(2): 26.
- Spence, C., Levitan, C.A., Shankar, M.U., Zampini, M., 2010. Does food color influence taste and flavor perception in humans? Chemosens. Percept. 3(1): 68-84.
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. 2018. Su Ürünleri İstatistikleri.
- Ünal Şengör, G.F., Balaban, M.O., Topaloğlu, B., Ayvaz, Z., Ceylan, Z., Doğruyol, H., 2018. Color assessment by different techniques of gilthead seabream (*Sparus aurata*) during cold storage. Food Sci. Tech.
- Varlık, C., 2004. Su ürünleri işleme teknolojisi. Page C. Varlık, editor. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465, İstanbul.
- Yagiz, Y., Balaban, M.O., Kristinsson, H.G., Welt, B.A., Marshall, M.R., 2009. Comparison of Minolta colorimeter and machine vision system in measuring colour of irradiated Atlantic salmon. J. Sci. Food Agr. 89(4): 728-730.