

Determination of Textural and Color Parameters of Fish Fillets Stored at Refrigerated Conditions

Zafer Ceylan

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Fisheries,
Department of Seafood Processing Technology, Van, Turkey
E-mail: zaferceylan@yyu.edu.tr

Raciye Meral (Corresponding author)

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Engineering,
Department of Food Engineering, Van, Turkey
E-mail: racyemeral@yyu.edu.tr

Abstract

In this study, physicochemical deterioration detected by textural and color measurements was revealed in fish fillets during cold storage period. In this respect, L^* , a^* and b^* values of the fish fillets stored at 4°C rapidly changed with time. Especially, L^* values of fish fillets increased from 48.87 to 55.35 while a^* and b^* increased from -1.59, 6.60 to 3.44, 10.72, respectively. Also, in this study, textural parameters defined by hardness, cohesiveness, chewiness, springiness properties of fish fillets were revealed. Although decrease in hardness, cohesiveness, chewiness values of fish fillets was found to be above of 50%, springiness value increased from 0.75 above of 0.90. Moreover, while all parameters related to color analysis increased, hardness, cohesiveness, chewiness values of fish fillets decreased. The study reported that textural and color properties of fish fillets could deteriorate depending on the increase of storage period. Therefore, besides cold storage of fish fillets, different food preservation methods should be applied in order to prevent the rapid changes related to quality of fish fillets.

Keywords: Rainbow trout fillets, TPA, color measurement, physical parameters.

Soğukta Depolanan Balık Filetolarının Tekstürel ve Renk Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimlerin Belirlenmesi

Özet

Bu çalışmada, soğuk depolama süresince balık filetolarındaki fizikokimyasal bozulmalar tekstürel ve renk ölçümleri ile ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, 4°C' de depolanan balık filetolarının L^* , a^* ve b^* değerleri zamanla hızlı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir. Özellikle a^* ve b^* değerleri -1.59 ve 6.60 dan 3.44 ve 10.72 ye yükselirken, filetoların L^* değerleri ise 48.87 den 55.35' e yükselmiştir. Ayrıca, bu çalışmada, balık filetolarının sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleride ortaya konulmuştur. Balık filetolarının sertlik, bağlılık, çiğnenebilirlik değerlerindeki düşüş %50'nin üzerinde bulunmasına rağmen, esneklik değeri 0.75 den 0.90'nın üzerine çıkmıştır. Bu çalışmayla, depolama süresinin artışıyla, balık filetolarının dokusal ve renk özellikleri de bozulabildiği belirlenmiştir. Bu yüzden, balık filetolarının kalitesindeki hızlı değişimi önlemek için, balık filetolarının soğukta depolanmasının yanı sıra, farklı gıda muhafaza metotları uygulanmalıdır.

Anahtar kelimeler: Gökkuşluğu alabalığı filetoları, TPA, renk ölçümleri, fiziksel parametreler.

1. Giriş

Su ürünleri, yüksek protein değerine sahip, omega 3 yağ asitleri (EPA ve DHA) ve doymamış yağ asitlerince zengin bir gıda grubudur. Yapılan çok sayıda çalışma, su ürünleri tüketen insanların LDL kolesterol düzeylerinin düşük; alzheimer, şeker hastalığı ve kalp damar hastalıklarına yakalanma risklerinin daha az olduğunu ortaya koymuştur. Su ürünlerinin bu faydalarına rağmen, TÜİK verilerine göre ülkemizde 2002 yılında su ürünleri tüketimi 6,697 kg/kişi/yıl iken 2013 yılında bu veri 6,307 kg/kişi/yıl'a gerilemiştir. Bu yıllar arasında ise en çok su ürünleri tüketimi 2007 yılında 8,567 kg/kişi/yıl olarak tespit edilmiştir. Tüketim oranının düşüklüğü, tüketim alışkanlıklarının yanı sıra su ürünlerinin hızla bozulan bir gıda maddesi olması ile açıklanabilmektedir (Ceylan, 2014).

Balıkların kimyasal özellikleri ve mikrobiyal bozulmaya olan duyarlılıkları, balık tazeliğinin hızlı bir şekilde kaybolmasına ve bozulma süreçlerinin hızlanmasına neden olmaktadır (Rodrigues ve ark., 2013). Balık tazeliği balık kalitesinin değerlendirilmesinde temel özelliklerden birisidir. Tazelik; renk, görünüm ve tekstür ile doğrudan ilgili parametreler olup, tüketicinin satın alma kararını doğrudan etkilemektedir. Balıkların tazeliğini etkileyen pek çok iç ve dış faktör bulunmaktadır. Bu faktörler; işleme koşulları, rigor mortisin başlangıç evresi, rigor mortis ve rigor mortisin sonu gibi postmortem dönüşümün farklı evreleri, kasların otolizi, proteinlerin yıkımlanması ve ölüm sonrası mikrobiyolojik bozulma şeklinde sıralanabilir (Cheng ve ark., 2014). Mikrobiyolojik bozulma, fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişiklikler nedeniyle ortaya çıkan doku yumuşaması, kas tahribatı ve parlaklığın kaybolması gibi değişimler balık tazeliğinin kaybolduğuna gösteren önemli işaretlerdir (Cheng ve ark., 2014; Yu ve ark., 2016; Rodrigues ve ark., 2017). Tazelik, balığın görünümü, dokusu ve tadıyla doğrudan bağlantılı olduğu için balık tazeliği ve kalitesinin değerlendirilmesinde tekstürel ve fiziksel analizler kritik rol oynamaktadır (Cheng ve ark., 2014). Genel olarak postmortem evresinde balık dokusu yumuşamaya eğilimlidir. Bu nedenle, balıkların tekstürü, balığın tazelik belirlemek için kullanılan temel özelliklerden birisidir. Kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gibi balık tazeliğini değerlendirmek için uygulanan analitik araçlar, zaman alıcı ve çeşitli kimyasal maddelere ihtiyaç duyulan analizlerdir (Rodrigues ve ark., 2017). Tekstür ve renk analizleri gibi enstrümantal yöntemler balık tazeliğini değerlendirmek için kullanılacak önemli araçlardır. Bu analizler; hızlı, uzmanlık gerektirmeyen ve analiz edilen örnekte tahribata neden olmayan analizlerdir. Bu analizler ile balık kalitesinin doğru değerlendirilmesi, analiz süresinin kısaltılması ve örnek kaybının engellenmesi sağlanır. Ayrıca, insan duyarlarına dayalı olan subjektif ölçümlerden daha duyarlı sonuçlar elde edilir. Bu avantajlara rağmen balık tazelik kalitesi göstergesi olarak tekstür analizinin kullanıldığı çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma depolama süresi boyunca balık filetolarında meydana gelen tekstürel ve renk değişimlerini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla, taze alabalıklardan elde edilen balık filetoları buzdolabı koşullarında depolanmış, belli depolama günlerinde renk ve (L^* , a^* ve b^*) ve tekstürel özellikler (sertlik, çiğnenebilirlik, bağlılık ve esneklik) belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*, L.) piyasadan temin edilmiştir. İç organları, baş, solungaç ve derisi vücuttan ayrılmış olan alabalık filetoları buzdolabında 8 gün süreyle depolanmıştır.

2.2. Renk ölçümü

Balık filetolarının farklı noktalarından altı tekrarlı ölçümler Konika minolta CR400 renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Model CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) L^* (siyahtan beyaza), a^* (pozitif değerde kırmızı rengi, negatif değerde yeşil rengi) ve b^* (pozitif değerde sarı, negatif değerde mavi renk) değerleri ölçülmüştür (Nokano et al., 2018).

2.3. Tekstürel özelliklerin belirlenmesi

Tekstür profil analizi Rodrigues ve ark. (2017), tarafından bildirilen yöntemde bazı modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Depolanan alabalık filetolarının dorsal bölgesinden 1 cm kalınlığında örnek alınmıştır. Filetoların tekstürel özellikleri TA-XT Plus tekstür analiz cihazında (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) P/25 donanımı kullanılarak TPA (Texture Profil Analizi) metodu ile belirlenmiştir. Test parametreleri olarak ön test ve test hızı 1 mm/s, test sonrası hızı 1 mm/s, sıkıştırma oranı ise 10 mm/30 s olarak uygulanmıştır. Analizden elde edilen sonuçlar, sertlik (hardness),

çıgnenebilirlik (chewiness), bağlılık (cohesiveness) ve esneklik (springiness) olarak değerlendirilmiştir. Sertlik, tekstür profil analizinde örneğin ilk sıkıştırılması esnasında elde edilen pik değeridir (örneklerinin % 25 oranında sıkıştırılması için gerekli olan kuvvet). Çıgnenebilirlik, sakızimsılık değeri ile esneklik değerlerinin çarpılmasıyla; bağlılık değeri ise prob tarafından uygulanan ikinci sıkıştırma sırasında grafik altında kalan alanın, birinci sıkıştırmadaki alana oranı olarak hesaplanmıştır. Esneklik ise uygulanan basınç sonrası filetolarda meydana gelen geri dönüş ile ilişkili olan yükseklik değerini ifade etmektedir.

2.4. İstatistiksel analiz

Elde edilen veriler JMP (SAS Campus Drive, USA Versiyon 14) istatistik yazılım programında "One-Way ANOVA" analizine tabi tutularak günler arasındaki değişimlere ait farklılıklar $p < 0.05$ önem derecesinde, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Renk değerlerinde meydana gelen değişimler

Balık filetolarının renk değişimlerini gösteren sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Soğuk depolama süresince fileto halinde depolanan balık örneklerinin parlaklık değeri (L^*) depolama süresinin artışına bağlı olarak artmıştır. Pozitif değerlerde kırmızı rengi, negatif renkte ise yeşil rengi tanımlayan a^* değeri de depolama süresi boyunca artış göstermiştir. Önemli bir fiziksel kalite göstergesi olan b^* değeri ise başlangıç değeri ile kıyaslayınca artış göstermiştir. Filetoların başlangıç L^* değeri 48.87 olarak tespit edilirken depolamanın artışıyla beraber depolamanın 2. gününde % 5.5, 4.gününde % 6.7, 6.gününde % 11.4 ve depolamanın son günü olan 8.günde ise ilk değere kıyasla % 13.2 lik artış tespit edilmiştir. Ayrıca ürünün temin edildiği (0.) gün sonuçları ile diğer günler arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Başlangıç a^* değeri -1.59 olarak tespit edilen alabalık filetolarının depolama süresindeki artışa bağlı olarak sırası ile -1.41, 2.05, 2.71 ve depolamanın 8.günü ise 3.44 ortalama değere sahip olduğu belirlenmiştir. Başlangıç değerine kıyasla soğuk depolamanın 4., 6. ve 8. günlerinde istatistiksel fark tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Elde edilen sonuçlar, depolama süresine bağlı olarak filetodaki kırmızimsı rengin artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Ham materyalin başlangıç b^* değeri 6.60 olarak tespit edilirken, bu değer 2.günde hızlı bir artış ile 9.93'e, 8.günde ise 10.72'ye yükselmiştir. Pozitif değerlerde sarı rengi tanımlayan b^* değeri depolama süresinin artışıyla önemli artış göstermiştir. Ayrıca depolamanın 2.gününden itibaren başlangıç değeri ile kıyaslandığında fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Lefevre ve ark. (2016)'ya göre, gökkuşağı alabalığı etinin sahip olduğu başlangıç L^* değeri (46.8 ile 46.3), a^* değeri (-1.0 ve -0.9) ve b^* değeri (7.24 ile 7.60) dır. Bu sonuçlar, çalışmamızın sonuçlarıyla uyumludur.

Tablo 1. Soğuk depolama süresince L^* , a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen değişimler.

Gün	L^*	a^*	b^*
0	48.87±1.15 ^C	-1.59±0.04 ^C	6.60±0.01 ^D
2	51.57±0.01 ^B	-1.41±0.01 ^C	9.93±0.01 ^{AB}
4	52.16±0.12 ^B	2.05±0.01 ^B	9.10±0.11 ^{BC}
6	54.48±0.24 ^A	2.71±0.59 ^{AB}	8.75±0.66 ^C
8	55.35±0.09 ^A	3.44±0.43 ^A	10.72±0.47 ^A

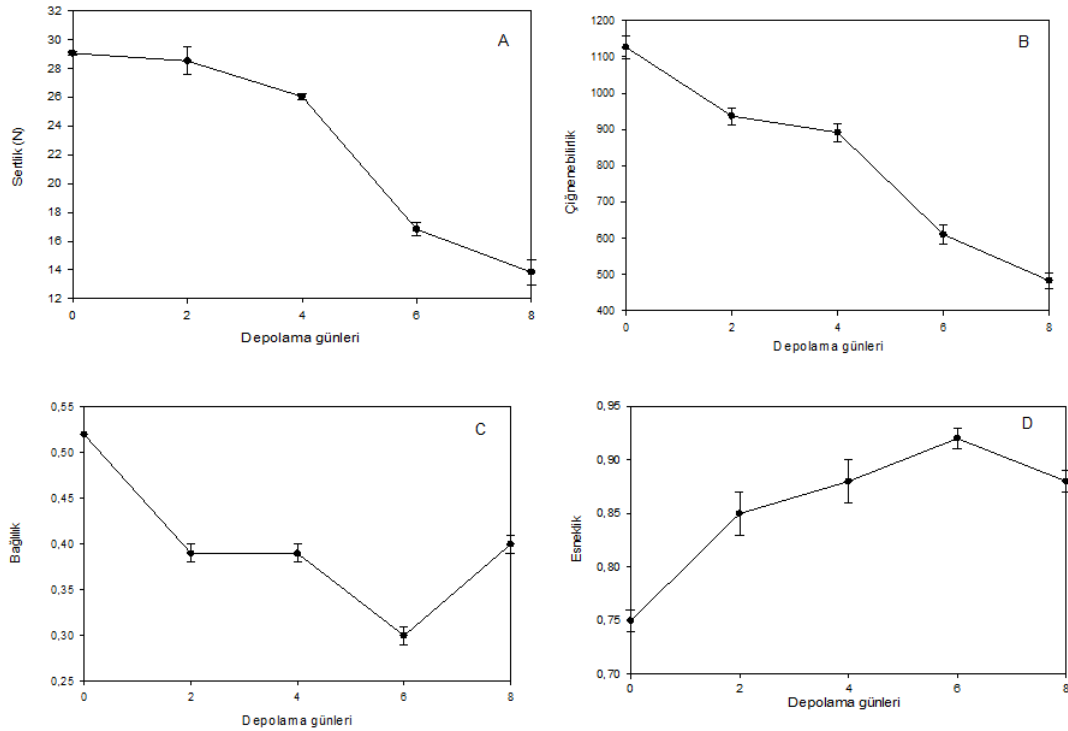
^{A-D} aynı parametreye ait günler arasındaki istatistiksel farkı tanımlar.

Ceylan ve ark. (2018a), çipura filetolarının başlangıç L^* , a^* , b^* değerlerinin, 46.60, 5.03, -2.90 olduğunu ve bu değerlerin depolamanın 11.gününde 51.71, 8.87, -0.86'ya yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bu anlamda çalışmamızda da benzer olarak depolama süresinin artışına bağlı olarak, renk değerlerinde artış belirlenmiştir. Metin (2002), modifiye atmosferde paketlenmiş (MAP) gökkuşağı alabalığı burgerlerinin a^* ve b^* değerlerinin depolama süresinin artışına bağlı olarak arttığını tespit etmiştir. Burgaard ve Jørgensen (2010), -10 °C' de 18 ay boyunca depolanan morina balığının L^* ve b^* değerlerinde artış, a^* değerinde ise azalma olduğunu ortaya koymuştur. Llave ve ark. (2014), yüksek yağ içeriğine sahip balık etlerinin daha çabuk siyah renk yönünde değişim gösterebildiğini belirtmiştir. Ancak sunulan çalışmadaki

gökkuşuğu alabalığı filetoalarının yağ oranı uskumru, somon gibi yağlı balıklara kıyasla çok düşüktür. Bu nedenle, çalışmamızda L^* değeri siyaha ve beyaza doğru artan bir eğilim göstermemiştir. Balık etinin yağ içeriği, yetiştirme koşulları, depolama koşulları, öldürmede kullanılan yöntem veya yöntemler, yağ oksidasyonu ve işleme esnasındaki balık etinde kalabilen kan kalıntıları da bu bozulma da rol oynamaktadırlar (Stien ve ark., 2005; Guillerm-Regost ve ark., 2006; Haugen ve ark., 2006). Balık etinin renginin fiziksel olarak bozulmasına etken olan faktörler L^* değerindeki değişime neden olmuş olabilir. José ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, dondurulmuş gökkuşuğu alabalığı filetoalarının L^* değerinin depolama süresine bağlı olarak düştüğü, a^* ve b^* değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. Çalışmanın renk değerleri bir arada değerlendirildiğinde, gökkuşuğu alabalığı filetoalarının L^* , a^* ve b^* değerlerinin depolama periyodunca stabil kalmadığı, bu değerlerde artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durum yani renk değerlerinin stabil olmayışı aynı zamanda tüketici beğenilirliğini azaltabilmekte, buna bağlı olarak da üreticiler içinde ticari kayıpların artmasına yol açabilmektedir.

3.2. Tesktürel özelliklerde meydana gelen değişimler

Depolama periyodu boyunca, alabalık örneklerinin sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi tekstürel parametrelerinde meydana gelen değişiklikler Şekil 1' de sunulmuştur.



Şekil 1. Depolama boyunca tekstürel özelliklerde meydana gelen değişiklikler A: Sertlik, B: Çiğnenebilirlik, C: Bağlılık, D: Esneklik

Depolama günleriyle, sertlik ($r=-0.94$), çiğnenebilirlik ($r=-0.97$) ve bağlılık ($r=-0.53$) arasında negatif korelasyon belirlenirken, esneklik ($r=0.77$) arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında 29.05 N olan sertlik değeri, 8 günlük depolama sonunda 13.83 N' a düşmüştür. Depolamanın 6. gününe kadar sertlik değerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma meydana gelmezken ($p>0.05$), 6. günden itibaren depolama başlangıcına göre sertlik değerinde önemli azalma ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Buzdolabında depolanan filetoalar genellikle 4. ve 5. depolama gününde tüketilemez hale gelmektedir (Ceylan ve ark., 2018b). Depolamanın başlangıcından 4. depolama gününe kadar sertlik değerinde % 10 luk bir azalma meydana gelmiştir. Sertlik değeri, gıdanın uygulanan kuvvete karşı koyma gücü olarak tanımlanmakta (Ertaş & Doğruer, 2010) ve balıklarda yumuşamanın en önemli

doku kusurlarından biri olduğu ifade edilmektedir (Cheng ve ark., 2014). Jain ve ark. (2007), buzda depolamanın Hint Rohu balıklarının dokusal özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında balık sertliğinin 95-48 N arasında değiştiğini, sertlik değerinin 5 gün sonunda önemli oranda düştüğünü belirlemişlerdir. Alasavar ve ark. (2001), çipura (*Sparus aurata*) filetolarının sertlik değerinin depolama boyunca azaldığını ortaya koymuşlardır. Ocaño-Higuera ve ark. (2011) buzda tutulan ışınlanmış balıkların depolanması sırasında sertlik değerinde azalma tespit etmiş ve bu azalmayı enzimatik bozulmaya bağlamışlardır. Sertlik değerinde depolama boyunca meydana gelen azalma, kimyasal ve enzimatik bozulmalar sonucu dokunun zayıflaması şeklinde açıklanabilir (Cheret ve ark., 2005). Çiğnenebilirlik, bir gıdanın yutmaya hazır hale getirilebilmesi için harcanan enerji, çiğneme süresi ve çiğneme sayısı ile ilgili bir özelliktir (Ertaş & Doğruer, 2010). Bu çalışmada, çiğnenebilirlik değerinin 483-1127 arasında değiştiği ve depolama boyunca çiğnenebilirliğin önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Yu ve ark. (2016), çimen sazan (*Ctenopharyngodon idellus*) filetolarının sertlik ve çiğneme değerlerinin depolama boyunca azaldığını belirlemişlerdir. Rodriques ve ark. (2017), beş farklı balık türünün tekstürel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında sertlik ve çiğnenebilirlik değerinin depolamayla azaldığını ortaya koymuşlardır. Bağlılık değeri, ürünün deformasyona karşı direncini ifade etmektedir. Bağlılık değeri 0.30-0.52 arasında değişmiş ve 0.52 olan başlangıç değeri depolamanın 6. gününde 0.30'a düşmüştür. Bu değer 6. depolama gününden itibaren yeniden artış göstererek 8. günde 0.40'a yükselmiştir. Depolama başlangıcına göre bağlılık değerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bu çalışmadan elde ettiğimiz bulgular, diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar ile uyumludur. Rodriques ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada 6 günlük depolama periyodunda bağlılık değerinin azalan ve artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Yu ve ark. (2016), sazan filetolarının bağlılık değerinin 20 günlük depolama süresince önce azalan ardından artan bir eğilim gösterdiğini belirlemişlerdir. Esneklik değeri, gıda maddesinde herhangi bir etkiden sonra oluşan şekil bozukluğunun, bu etki kaldırıldığında kaybolmasıyla ilgili bir kavramdır ve tekstür profil analizinde elde edilen önemli parametrelerden birisidir (Ertaş & Doğruer, 2010). Bu çalışmada depolamanın 6. gününe kadar esneklik değeri 0.75 den 0.92'ye yükselmiş, 8. günde ise esneklik değeri 0.88'e düşmüştür. Esneklik değeri depolamanın başlangıcına göre istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir ($p<0.05$). Benzer bulgular Yu ve ark. (2017), Rodriques ve ark. (2017) tarafından da elde edilmiştir. Ayala ve ark., (2010) deniz çipura filetosunun dorsal kasının dokusal parametrelerini inceledikleri çalışmalarında 5 günlük depolama süresi içinde esneklik değeri hariç bütün tekstürel özelliklerin önemli ölçüde azaldığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Rodriques ve ark. (2017), sertlik ve çiğnenebilirlik değerindeki düşmeyi ve esneklik değerindeki artışı otolitik bozulmaya bağlamışlardır.

4.Sonuç

Soğuk koşullarda depolanan balık filetolarının depolama süresinin artmasına bağlı olarak fiziksel olarak bozulduğu tekstürel ve renk analizleri ile ortaya konulmuştur. Öyle ki, L^* , a^* ve b^* değerleri depolamanın artışına bağlı olarak artarken, sertlik ve çiğnenebilirlik gibi tekstürel özellikleri tanımlayan değerlerde önemli oranda düşme tespit edilmiştir. Tüketicinin balık satın alırken mikrobiyolojik analiz yapma şansı olmadığından, tüketici balığın renk ve sertlik gibi fiziksel özelliklerine bakarak değerlendirme yapmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmanın sonuçları tüketicinin balık satın alırken renk ve sertlik gibi kriterleri göz önünde bulundurmasının önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Kaynaklar

- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Oksuz, A., Garthwaite, T., Alexis, M. N., & Grigorakis, K. (2001). Freshness Assessment of Cultured Seabream (*Sparus aurata*) by Chemical, Physical, and Sensory methods, *Food Chemistry*, **72**, 33–40.
- Ayala, M. D., Abdel, I., Santaella, M., Martinez, C., Periago, M. J., Gil, F., Blanco, A., Albors, O. L. (2010). Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream (*Sparus aurata*) during postmortem storage, *LWT*, **43(3)**:465–75.
- Burgaard, M. G. & Jørgensen, B. M. (2010). Effect of Temperature on Quality-Related Changes in Cod (*Gadus morhua*) During Short-and Long-Term Frozen Storage, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **19**, 249-263.

- Ceylan, Z. (2014). Nisin ve Işınlama Uygulamalarının Birlikte Kullanılmasının Soğukta Depolanan Balığın Raf Ömrüne Etkisi, İstanbul University Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Programı, *Yüksek lisans tezi*, 104.
- Ceylan, Z., Sengor, G.F.U., Basahel, A., & Yilmaz, M.T. (2018a). Determination of Quality Parameters of Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*) Fillets Coated with Electrospun Nanofibers, *Journal of Food Safety*, <https://doi.org/10.1111/jfs.12518>.
- Ceylan, Z., Meral, R., Karakas, C. Y., Dertli, E., Yilmaz, M. T. (2018b). A Novel Strategy for Probiotic Bacteria: Ensuring Microbial Stability of Fish Fillets Using Characterized Probiotic Bacteria-loaded Nanofibers, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **48**, 212-218.
- Cheng, J. H., Sun, D. W., Han, Z. & Zeng, X.A. (2014) Texture and Structure Measurements and Analyses for Evaluation of Fish and Fillet Freshness Quality: A Review: Fish and Fillet Freshness Quality: A Review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **13**:52-61.
- Cheret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., & De Lamballerie, M. (2005). Effects of High Pressure on Texture and Microstructure of Sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets, *Journal of Food Science*, **70**, 477-483.
- Guillerm-Regost, C., Haugen, T., Nortvedt, R., Carlehog, M., Lunestad, B.T., Kiessling, A. & Rora, A.M.B. (2006). Quality Characterization of Farmed Atlantic Halibut During Ice Storage, *Journal of Food Science*, **71**,2, 83-90.
- Ertaş, N. & Doğruer, Y.(2010). Besinlerde Tekstür, *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **7**, 1, 35-42.
- Haugen, T., Kiessling, A., Olsen, R., Rora, A. M. B, Slinde, E. & Nortvedt, R. (2006). Seasonal Variations in Muscle Growth Dynamics and Selected Quality Attributes in Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) Fed Dietary Lipids Containing Soybean and/or Herringoil Under Different Rearing Conditions, *Aquaculture*, **261**, 2, 565-779.
- Jain, D., Pathare, P. B. & Manikantan, M. (2007). Evaluation of texture parameters of rohufish (*Labeo rohita*) during iced storage, *Journal of Food Engineering*, **81**(2):336-40.
- José L. Arredondo-Figueroa, PhD., Genoveva Ingle de la Mora, MSc., Jesús T. Ponce-Palafox, PhD., Irene de los A. Barriga-Sosa, PhD & Eduardo J. Vernon-Carter, PhD, (2007). Color of Raw, Frozen, and Smoked Fillets of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed Diets Supplemented with Astaxanthin and Saponified Red Chilli (*Capsicum annum*) Extracts, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **16**:1,35-50.
- Lefevre, F., Cos, I., Pottinger, T.G. & Bugeon, J. (2016). Selection for Stress Responsiveness and Slaughter Stress Affect Flesh Quality in Pan-size Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*, **464**, 654-664.
- Llave, Y., Matsuda, H., Fukuoka, M. & Sakai, N. (2014). Comparison of browning colour formation on the surface of fish samples during grilling, *Food Science and Technology Research*, **20**, 1, 85-91.
- Metin, S. (2002). Modifiye Atmosferde Paketlemenin Alabalık Burgerlerinin Raf Ömrü Üzerine Etkisi, *Gıda*, **27**(3), 209-217.
- Nakano, M., Sagane, Y., Koizumi, R., Nakazawa, Y., Yamazaki, M., Watanabe, T., Takano, K. & Sato, H. (2018). Chemical Properties and Colors of Fermenting Materials in Salmon Fish Sauce Production, *Data in Brief*, **16**, 483-488.
- Ocaño-Higuera, V. M., Maeda-Martínez, A. N., Marquez-Ríos, E et al (2011). Freshness assessment of Ray Fish stored in Ice by Biochemical, Chemical and Physical Methods, *Food Chemistry*,

125:49-54.

Rodrigues, B. L., Alvares, T. S., da Costa, M. P., Lopes Sampaio, G. S., Lázaro, C. A., Mársico, E.T. & Conte-Junior, C. A. (2013) Concentration of Biogenic Amines in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Preserved in Ice and its Relationship with Physicochemical Parameters of Quality, *Journal of Aquaculture Research and Development*, **4**:174.

Rodrigues, B. L., M. P., da Costa, B., da Silva Frasao, F. A., da Silva, E. T. M., Marsico, T. E., da Silva F. A. & ConteJunior, C. A. (2017). Instrumental Texture Parameters as Freshness Indicators in Five Farmed Brazilian Freshwater Fish Species, *Food Analytical Methods*, **10** (11):3589-3599.

Stien, L.H., Hirmas, E., Bjornevik, M., Karlsen, O., Nortvedt, R., Rora, A. M. B., Sunde, J. & Kiessling, A., (2005). The Effects of Stress and Storage Temperature on The Colour and Texture of Pre-rigor Filleted Farmed Cod (*Gadus morhua* L.), *Aquaculture Research*, **36**, 12, 1197-1206.

Yu, D.; Xu, Y.; Jiang, Q.; Yang, F.; Xia, W. (2016). Freshness Assessment of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Fillets during Storage at 4°C by Physicochemical, Microbiological and Sensorial Evaluations, *Journal of Food Safety*, doi:10.1111/jfs.12305