

Soğuk şartlarda (4±1°C) Depolanan Gümüşü Havuz Balığı (*Carassius gibelio*)'nda Meydana Gelen Kalite Değişimleri ve Aşamalı Çoklu Regresyon Yöntemine Göre Raf Ömrü Tahmin Modelinin Geliştirilmesi

İsmail Yüksel GENÇ^{*in}, Abdullah DİLERⁱⁿ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: ismailgenc@isparta.edu.tr

Araştırma Makalesi

Geliş 04 Mart 2019; Kabul 26 Haziran 2019; Basım 15 Eylül 2019.

Alıntılama: Genç, İ.Y., & Diler, A. (2019). Soğuk şartlarda (4±1°C) depolanan gümüşü havuz balığı *Carassius gibelio*'da meydana gelen kalite değişimleri ve aşamalı çoklu regresyon yöntemine göre raf ömrü tahmin modelinin geliştirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 15(3), 365-377. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.535446>

Özet

Bu çalışmanın amacı soğuk şartlar altında depolanan gümüşü havuz balığı (*Carassius gibelio*)'nda depolama zamanı ve mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal verilere dayanarak aşamalı çoklu regresyon yöntemine göre bir raf ömrü tahmin modeli geliştirmektir. Avcılık yöntemi ile elde edilen *C.gibelio* bütün olarak soğuk şartlar altında (4±1°C) 11 gün boyunca depolanmıştır. Örnekler depolama süresi boyunca Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), Enterobacteriaceae, Laktik Asit Bakterileri (LAB), pH, duyuşsal analiz (koku, renk, tekstür ve genel beğeni) açısından değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları bütün olarak depolanan *C.gibelio*'nun soğuk şartlar altında 11 gün raf ömrüne sahip olduğunu göstermiştir. Aşamalı çoklu regresyon modeline göre sadece 2 parametre (genel beğeni ve TMAB) kullanılarak depolama zamanının tahmininin yapılabilceği gösterilmiştir. Geliştirilen model matematiksel olarak Depolama zamanı = 3,374+ (Genel beğeni*-3,211) + (TMAB*1,482) eşitliği ile açıklanabilmektedir. Bununla birlikte, F istatistiklerine göre modelin kullanılabilir olduğu araştırma sonuçlarına göre rapor edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Aşamalı çoklu regresyon, raf ömrü tahmini, kalite değişimleri, *Carassius gibelio*.

Quality Changes and Development of Shelf Life Prediction Model Based on Stepwise Multiple Regression in Prussian Carp (*Carassius gibelio*) Stored Under Chilled Conditions (4±1°C)

Abstract

The aim of this study is to develop a shelf life prediction model based on the data of microbiology, chemical and sensory in accordance with the stepwise multiple regression in whole prussian carp (*Carassius gibelio*) that are stored under chilled conditions. Captured *C. gibelio* were stored for 11 days under chilled conditions (4±1°C). Specimens were evaluated in terms of the changes in Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), total psychrophilic aerobic bacteria (TPAB), Enterobacteriaceae, Lactic Acid Bacteria (LAB), pH, sensory analysis (odor, color, texture and general acceptability) during storage time. The results of this study are showed that whole stored *C. gibelio* has 11 days of shelf life under chilled conditions. Regarding to the stepwise regression model the shelf life prediction can be made by only using two parameters (general acceptability and TMAB). The developed model could be mathematically explained by the equation storage time= 3.374+ (general acceptability*-3.211) + (TMAB*1.482). However, it was reported that the developed model can be used according to the F statistics.

Keywords: Stepwise multiple regression, shelf life prediction, quality changes, *Carassius gibelio*

GİRİŞ

Avcılık yolu ile elde edilen *Carassius gibelio* ülkemizde taze olarak tüketime sunulmaktadır. Üretim miktarı ise 2012 yılında 5.090 ton ve 2017 yılında ise artarak 7.035 ton olarak bildirilmiştir (TUİK, 2019). Balıklarda bozulma, kırmızı et ve kanatlı etine göre daha hızlı olabilmektedir. Bozulma süreci, genel anlamda bakteri faaliyetleri sonucu mikrobiyolojik (spesifik bozulma organizmaları), azotlu ve azotlu olmayan bileşiklerin oluşumu sonucu kimyasal ve duyuşsal kayıplar ile oluşabilmektedir (Gram ve Huss, 1996; Zhang vd., 2017). Su ürünlerinde depolama sırasında meydana gelen kalite kayıpları yüksek oranda depolama sıcaklığına bağlıdır (Genç, 2018). Sıcaklığın düşürülmesi mikrobiyolojik ve enzimatik faaliyetler yavaşlatır ve bunun sonunda su ürünleri gibi çabuk bozulan gıdaların depolama süreleri uzatılabilmektedir.

Hasat yönteminin de kalite değişimleri ve raf ömrü üzerine etkisinin varlığı üzerine çalışmalar da yapılmıştır. Örneğin, Scherer vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada farklı hasat tekniklerinin ot sazanında (*Ctenopharyngodon idella*) kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesine olan etkisini incelemiş, buzlu suya daldırma ve elektrik ile muameleden sonra buzlu suda asfiksasyon yöntemlerini inceledikleri çalışmada, hasat yönteminin raf ömrüne bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar sazan balıklarını $1,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ 'de 20 gün boyunca depolamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre farklı öldürme metotları arasında depolama sonunda bir fark gözlenemediği bildirilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada araştırmacılar, buzda depolanan ot sazanı filetolarında (*Ctenopharyngodon idellus*) kalite değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada sazan filetoları 12 günlük depolama süresince kalite indeks metodu, kimyasal, mikrobiyolojik ve tekstür yönünden incelenmiş ve depolama zamanı ile kalite indeks metodu arasında güçlü doğrusal bir korelasyon bulunmuştur. Araştırmacılar sazan filetolarının tazeliğini, 10 gün boyunca soğuk şartlar altında muhafaza ettiğini ve 10 günden sonra mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal açıdan değerlerin kabul edilebilir değerlerin üzerine çıktığını rapor etmişlerdir (Zhu vd., 2012).

Sazan balıklarında soğuk depolama şartlarında kalite değişimlerini belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Can, 2011; Lu vd., 2014; Kachele vd., 2017; Lu vd., 2014; Agüeria vd., 2016; Hudecová vd., 2010; Yu vd., 2017; Fan vd., 2016). Ancak yapılan bu çalışmalar kalitatif olarak, genellikle geleneksel yöntemler ile örneklerin kalite parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

Gıdalarda kalite kayıplarının bir bütün olarak düşünülmesi ve her bir faktörün örneklerin raf ömrüne nasıl bir etki yarattığının belirlenmesi gerekmektedir. Gıdalarda raf ömrü belirlenirken zaman alan ve pahalı analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Prediktif modeller ise gıdaların çevresel etkilere nasıl tepki verdiğini matematiksel olarak ifade eden denklemlerdir. Bu kapsamda bir ürünün raf ömrü belirlenirken prediktif modellerin kullanılması hem zaman hem ekonomik olarak avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, gıdalarda ve özellikle su ürünleri gibi çabuk bozulan gıdalarda bozulma, kalitenin korunması ve raf ömrünün belirlenmesinde çoklu regresyon gibi istatistiksel metotlar sıklıkla kullanılmaktadır (Jung vd., 2013; Fidelis vd., 2017)

Literatürde birçok metot bulunmasına rağmen su ürünlerine ilişkin olarak Jorgensen vd. (2000) Salmon (*Salmo salar*) balıkları için çoklu bileşen kalite indeks metodunu önermiştir. Bu metoda göre ürünün raf ömrü biyojenik amin içeriği ve pH'ya göre belirlenebilmektedir. Bununla beraber Leroi vd. (2001) yapmış oldukları çalışmada soğuk dumanlanan salmon balıkları için mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal değişkenlere dayalı aşamalı çoklu regresyon yöntemini önermişlerdir.

Yapılan bu çalışma bütün olarak soğuk şartlar altında depolanan *C. gibelio*'da depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal değişimlerin belirlenmesini ve aşamalı çoklu regresyon yöntemine göre matematiksel olarak raf ömrü tahmin modelinin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

C. gibelio Temini

Bu çalışmada ortalama ağırlıkları $328,48\pm 29,04$ g olan 30 adet *C. gibelio* kullanılmıştır. Eğirdir gölünden avcılık yolu ile balıkçılar tarafından temin edilen örnekler ticari faaliyet gösteren işletmelerden temin edilmişlerdir. Balıklar yakalandıktan 12 saat sonra strafor kutu içerisinde buz muhafazalı olarak laboratuvara getirilmiş ve mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir.

Depolama Şartları ve Örnekleme

C. gibelio örnekleri bütün olarak buzdolabı koşullarında ($4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$) strafor kutu içinde depolanmışlardır. Strafor kutu içerisinde aerobik olarak depolanan örneklerin kurumasını en aza indirmek için strafor kutunun sıcaklığı depolama sıcaklığına geldikten sonra kapağı kapatılmıştır. Örnekler duyuşal olarak reddedilene kadar depolanmış ve depolamanın 0, 1, 4, 7 ve 11. gününde örnekleme yapılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizler

Gümüşü havuz balıklarında depolama süresince meydana gelen mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi Genç vd. (2015) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. *C. gibelio* örneklerinden alınan 10 g derili kas 90 ml peptonlu su (Merck 107228) ile homojenize edilmiştir. Sonraki seyreltmeler ilk seyreltme sıvısından hazırlanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı, Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısı (TPAB), Laktik asit bakterileri (LAB) ve Enterobacteriaceae familyası üyelerinin sayıları sırasıyla Plate Count Agar (PCA, Merck 105463), de Man Rogosa and Sharpe (MRS agar, Merck 110660) agar ve Violete Red Bile Glucose Agar (VRBG agar, Merck 1.10275) kullanılarak belirlenmiştir. Belirtilen her bir besi yerine gerekli seyreltmeden 1 ml inoküle edilmiş ve dökme plak yöntemine göre besi yerleri inkübasyona hazırlanmıştır. Hazırlanan TMAB, TPAB, LAB ve Enterobacteriaceae familyasına ait besi yerleri sırasıyla 30°C'de 2 gün, 4°C'de 10 gün, 25°C'de 5 gün ve 37°C'de 2 gün inkübasyona bırakıldıktan sonra 30-300 arası koloniye sahip olan petri kaplarının sayımları yapılmıştır. Bakteri sayıları log kob/g olarak ifade edilmiş ve ortalama \pm standart sapma olarak rapor edilmiştir.

Kimyasal Analiz

Balık örneklerinde meydana gelen kimyasal değişimleri belirlemek için örnekleme günlerinde derili olarak alınan balık eti örnekleri 1:1 oranında deiyonize saf su ile homojenize edilmiş ve pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Hanna 221 pH meter, USA).

Duyusal Analizler

Depolama süresince duyu analizler Dalgaard (2000) tarafından belirtilen yöntemin modifikasyonlarına göre yapılmıştır. Balık örneklerinde meydana gelen duyu analizler 3-5 uzman panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panelistler her örnekleme gününde gümüşü havuz balıklarının koku, renk, tekstür ve genel beğeni açısından değerlendirmişlerdir. Örneklerin duyu analiz değerlendirmesinde 3 (1 en düşük (raf ömrü sonu) ve 3 en yüksek (raf ömrü başı)) ifadeli skala kullanılmıştır. Depolama sonunda örneklerin değerlendirilmesi duyu kalite değişimlerinin ortalaması \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir.

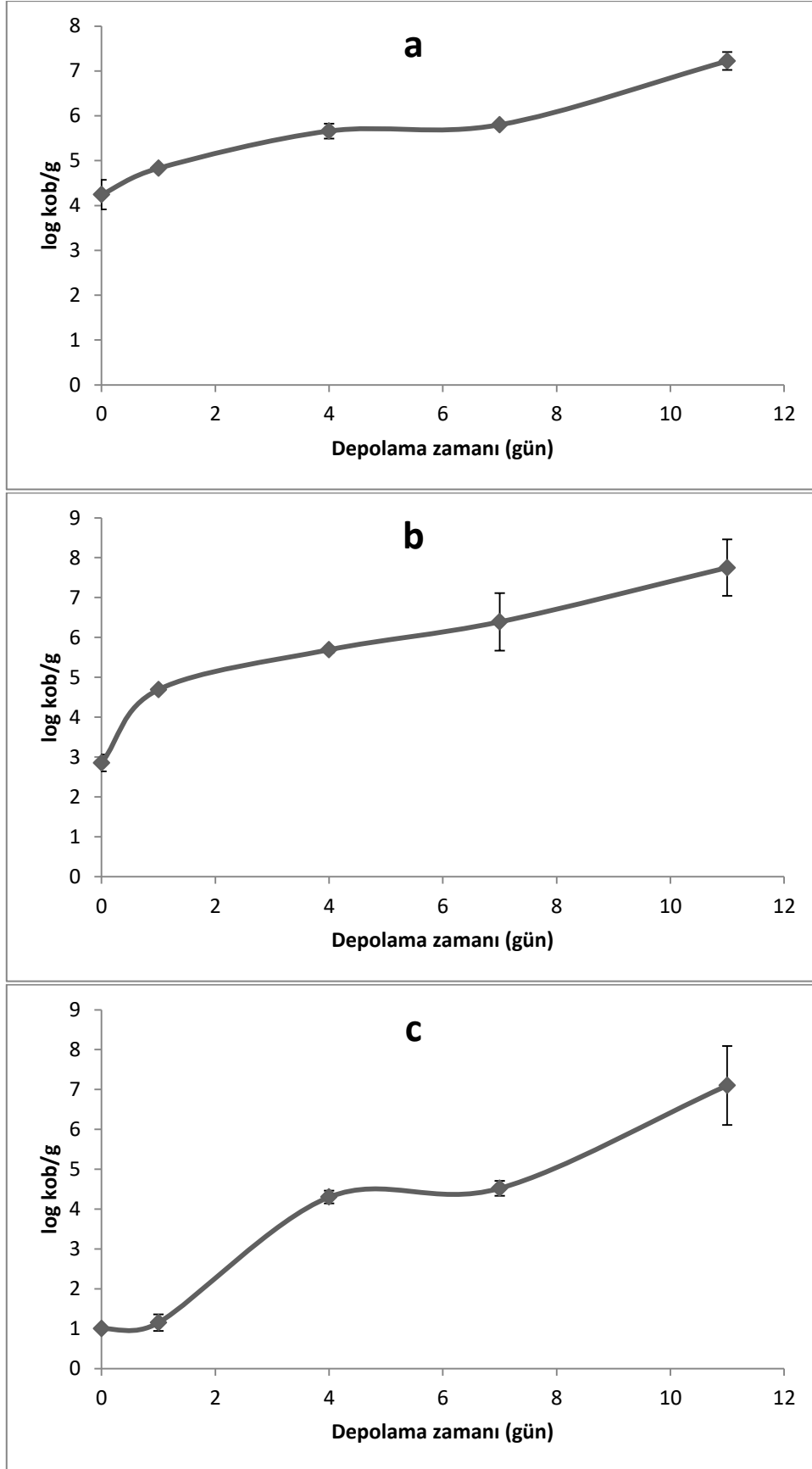
İstatistik Analizler ve Aşamalı Çoklu Regresyon Modeli

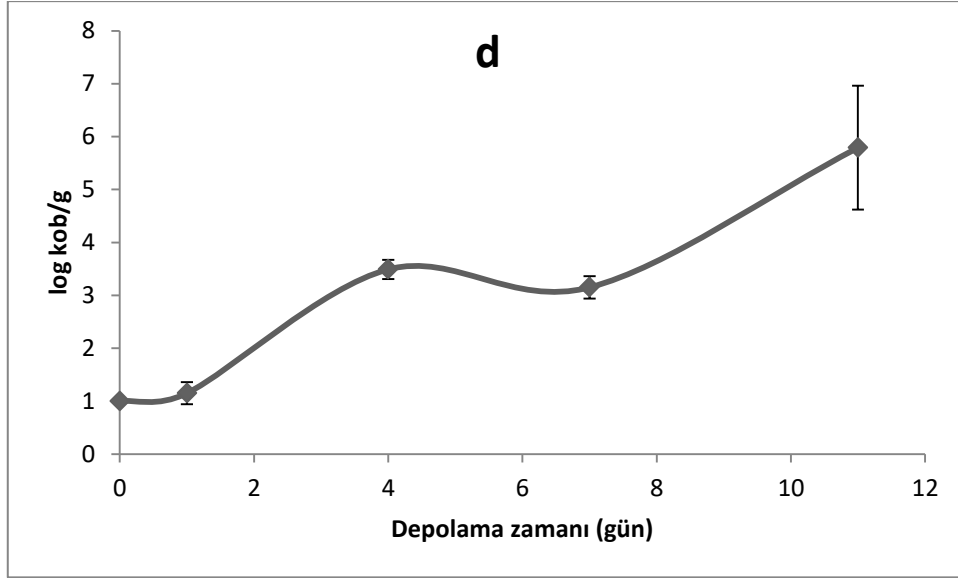
Depolama süresince boyunca elde edilen mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu analizler Tek-Yönlü Varyans (ANOVA) analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklar Tukey testi ile belirlenmiştir. Ortalamaların çoklu karşılaştırmaları istatistik paket programı (SPSS, 17.0, IBM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Esteves, 2011). Aşamalı çoklu regresyon modeli Minitab paket istatistik programı (Minitab, Coventry, UK) kullanılarak oluşturulmuştur (Svertsvik vd., 2003). Aşamalı çoklu regresyon modelinde mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu analizler bir bütün olarak modele eklenmiş ve bu parametrelerin depolama zamanını nasıl etkilediği hesaplanmıştır. Bu kapsamda bağımlı ve bağımsız değişkenler aşamalı çoklu regresyon modelinde kullanılmak üzere modele dâhil edilmiş ve modele önem seviyesine göre en az katkı sağlayan değişkenler modelden aşamalı olarak çıkarılmıştır. Geliştirilen modelin validasyonu literatür verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelin geçerliliği ve hassasiyeti F-testi sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

C. gibelio'da Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler

Bütün olarak buzdolabı koşullarında depolanan *C. gibelio*'da meydana gelen mikrobiyolojik değişimler Şekil 1'de sunulmuştur. Depolama süresince TMAB, TPAB, Enterobacteriaceae ve LAB sayıları istatistik olarak önemli derecede artış göstermiştir ($p < 0,05$). Depolamanın başında $4,24 \pm 0,33$ log kob/g olan TMAB sayıları depolamanın son günü olan 11. günde $7,22 \pm 0,20$ log kob/g olarak rapor edilmiştir (Şekil 1 a). Bütün olarak depolanan gümüşü havuz balıklarındaki TPAB sayıları (Şekil 1 b) ise depolamanın başında TMAB sayılarına göre daha düşük olarak $2,85 \pm 0,21$ log kob/g ve depolama sonunda ise TMAB sayısından yüksek olarak $7,75 \pm 0,71$ log kob/g olarak bulunmuştur. Depolama süresince TMAB ve TPAB sayılarındaki artış istatistik olarak 4 ve 7. depolama gününde önemli olmuştur ($p < 0,05$).





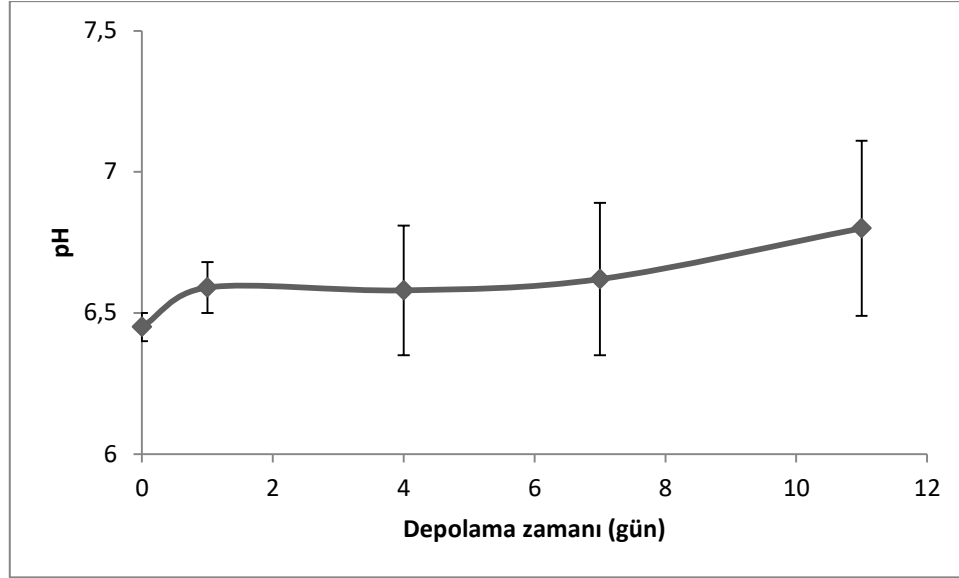
Şekil 1. Buzdolabı koşullarında bütün olarak depolanan *C. gibelio* 'da meydana gelen mikrobiyolojik değişimler. a:TMAB, b: TPAB, c: Enterobacteriaceae, d: LAB sayılarını göstermektedir.

Li vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada *Carassius auratus*'un raf ömrünü soğuk depolama şartlarında ($4\pm 1^\circ\text{C}$) doğal koruyucular (çay polifenoller ve biberiye ekstraktı) kullanarak uzatmayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar doğal koruyucu eklenmeyen kontrol grubunda toplam bakteri sayılarını depolamanın başında $2,84 \log \text{ kob/g}$ ve depolamanın 10. gününde ise $6,97 \log \text{ kob/g}$ olarak bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada araştırmacılar farklı öldürme metotları kullanarak *C. idella*'da meydana gelen kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri incelemişlerdir. Araştırma sonuçları incelenen örneklerin mezofilik ve psikrotrofik bakteri sayılarının 13 ve 16. günler arasında ICMSF (1986) tarafından belirlenen $6 \log \text{ kob/g}$ olan limitini aştığını belirtmişlerdir (Scherer vd., 2006). Yapılan bu çalışmada *C.gibelio* örneklerinin ICMSF (1986) tarafından belirtilen limitlere TMAB ve TPAB açısından depolamanın 7. gününde yaklaştığı ancak değerlendirilen bütün bakteri grupları göz önüne alındığında ise depolamanın son günü olan 11. günde bu limitin üzerine çıktığı görülmüştür (Şekil 1 a-b). Bu kapsamda yapılan diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Enterobacteriaceae familyasının üyeleri ve LAB sayıları depolamanın başında TMAB ve TPAB sayılarına göre daha düşük olarak $1,00\pm 0,00 \log \text{ kob/g}$ olarak bulunmuştur. Depolama süresince Enterobacteriaceae ve LAB sayıları önemli derecede ($p<0,05$) artış göstererek depolama sonunda sırasıyla $7,10\pm 0,99$ ve $5,79\pm 1,17 \log \text{ kob/g}$ olarak rapor edilmiştir (Şekil 1 c-d). Enterobacteriaceae familyasının üyeleri taze soğutulmuş su ürünlerinin bozulma mikroflorasında bulunduğu bildirilmiştir (Gram ve Dalgaard, 2002). Gümüşü havuz balığı ile yapılan bu çalışmada Enterobacteriaceae sayıları TMAB ve TPAB sayılarına benzer olarak bulunmuştur. Koutsoumanis vd. (1999) 0°C 'de bütün depolanan çipura (*Sparus aurata*) ile yapmış oldukları çalışmada başlangıç Enterobacteriaceae sayılarını $1,90\pm 0,00 \log \text{ kob/g}$ olarak bildirirken 14 günlük depolamanın sonunda ise $3,90\pm 1,20 \log \text{ kob/g}$ olarak gümüşü havuz balığı ile yapılan bu çalışmaya göre daha düşük olarak rapor etmişlerdir. Taze soğutulmuş diğer balık türleri (*Dicentrarchus labrax*) ile yapılan çalışmalarda ise Enterobacteriaceae sayıları daha düşük olarak bildirilmiştir (Paleologos vd., 2004). Depolama sonunda LAB sayıları diğer bakteri gruplarına göre daha düşük değerler sergilemiştir. LAB sayılarının daha düşük değerlerde gözükmesinin sebebi olarak ise bu bakteri gruplarının genellikle yarı korunmuş su ürünlerinde daha yüksek öneme sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Françoise, 2010).

***C. gibelio*'da Meydana Gelen Kimyasal Değişimler**

Buzdolabı koşullarında bütün olarak depolanan *C. gibelio*'da meydana gelen kimyasal değişimler Şekil 2'de sunulmuştur. Depolama süresince *C. gibelio*'da kas pH'sında önemli bir değişime rastlanılmamıştır ($p>0,05$). Depolamanın başında $6,45\pm 0,05$ olan pH değeri depolama süresince önemli olmayan derecede artış göstererek 11. günde $6,80\pm 0,31$ olarak bulunmuştur ($p>0,05$).

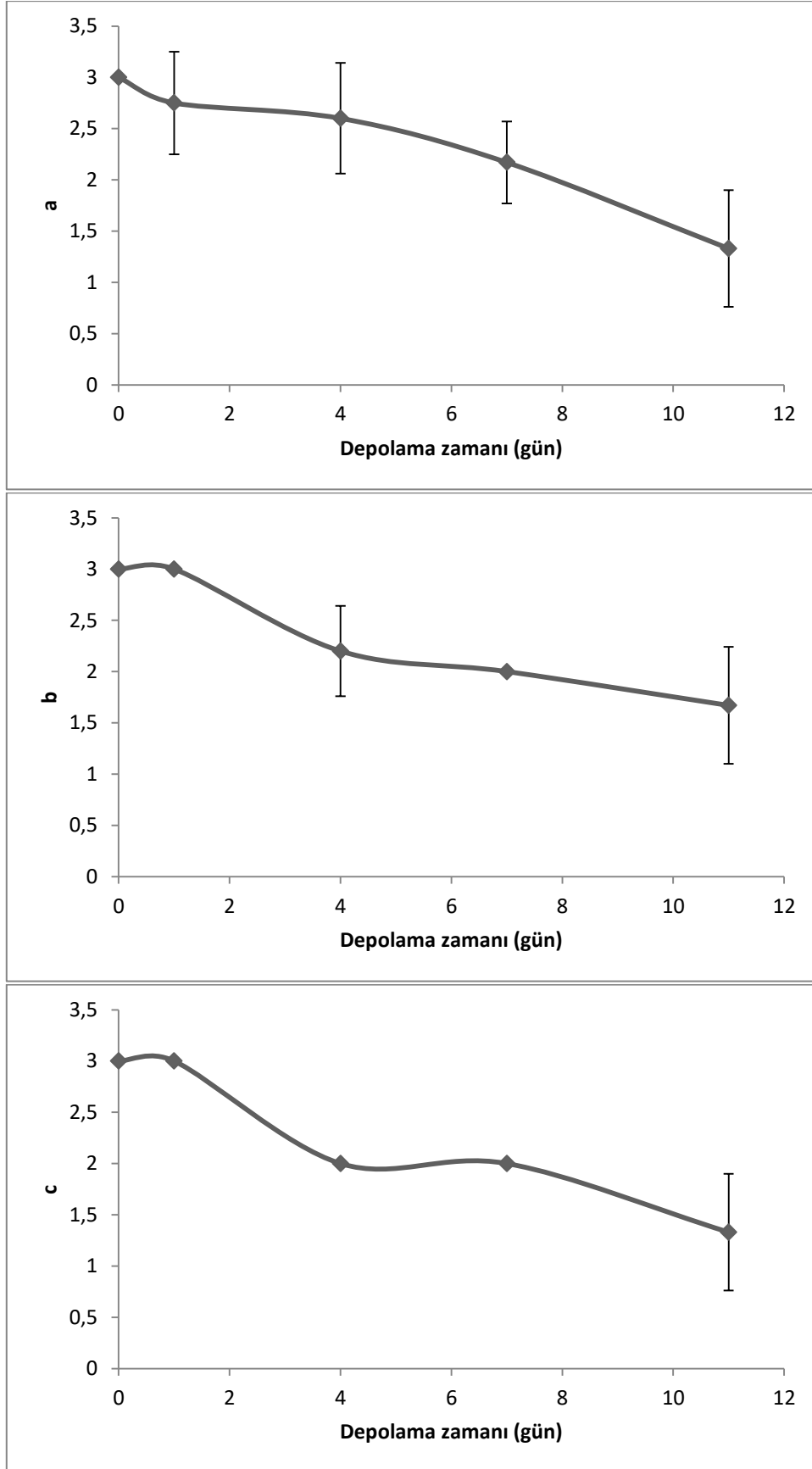


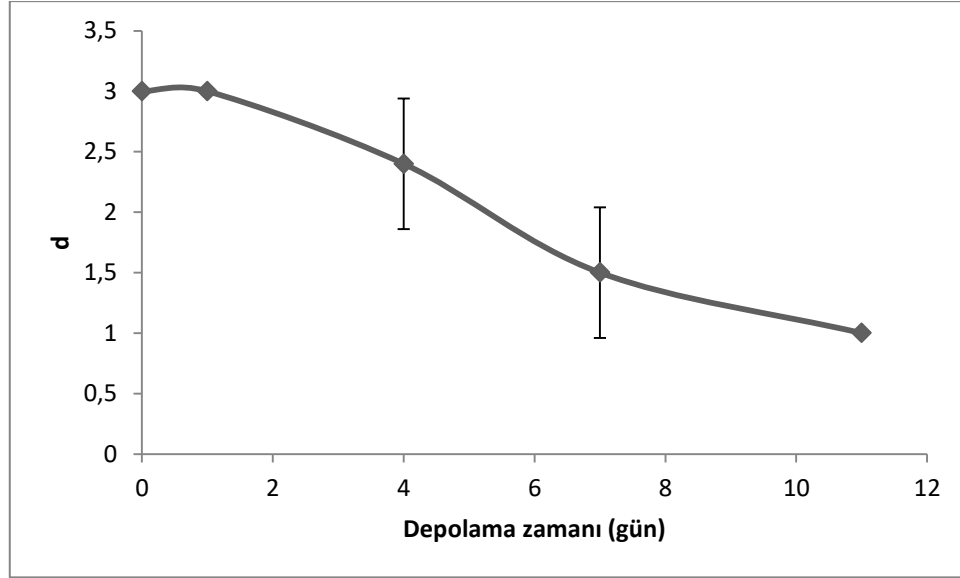
Şekil 2. Buzdolabı koşullarında bütün olarak depolanan *C. gibelio*'da meydana gelen kimyasal değişimler

Araştırmacılar balık kasındaki pH düşüşünün glikojenin ATP ve kreatin fosfata parçalanmasına ve balık kasında CO₂'nin çözünmesi ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir (Manju vd., 2007; Zhang vd., 2012). Ancak buzdolabı koşullarında depolanan *C. gibelio*'da pH da depolama süresince meydana gelen değişim artış yönünde olmuştur. Gümüş sazan balıkları (*Hypophthalmichthys molitrix*) ile yapılan bir çalışmada kitosan ile kaplanan iç organları alınmış örneklerin depolama süresince pH'larında meydana gelen değişim *C. gibelio* ile yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar *H. molitrix*'in başlangıç pH'sını yaklaşık olarak 6,00 olarak bildirirken depolama sonunda (30 gün) kontrol ve kitosan ile kaplı örneklerin pH'ları sırasıyla yaklaşık 7,5 ve 7,0 olarak bildirilmiştir (Fan vd., 2009). Ancak depolamanın ilk günlerinde meydana gelen düşüş *C. gibelio* ile yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermemektedir. Gümüş sazan balığı (*H. molitrix*) kıymaları ile yapılan diğer bir çalışmada 6 ay boyunca dondurulmuş olarak depolanan örneklerin pH larında meydana gelen değişimin istatistiki olarak önemsiz olduğu bildirilmiştir (Asgharzadeh vd., 2010). Yapılan bu çalışmada da istatistiki olarak önemli olmayan değişimler ($p>0,05$) rapor edilmiştir ve bu kapsamda yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir.

***C. gibelio*'da Meydana Gelen Duyusal Değişimler**

Soğuk şartlar altında depolanan *C. gibelio*'da depolama süresince meydana gelen duyusal değişimler koku, renk, tekstür ve genel beğeni açısından 3 ifadeli skalaya göre incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3'te sunulmuştur. Örneklerin incelenen parametreleri depolama zamanına bağlı olarak önemli derecede düşüş göstermiştir ($p<0,05$). Depolama sonunda örnekler koku, renk, tekstür ve genel beğeni açısından sırasıyla $1,33\pm0,57$; $1,67\pm0,57$; $1,33\pm0,57$ ve son olarak $1,00\pm0,00$ değerlerine ulaşmış ve raf ömrünü tamamlamış olarak kabul edilmişlerdir. Su ürünlerinin kabul edilebilirliği yüksek oranda tüketicilerin genel beğenilerine bağlıdır. Bu çalışmada örneklerin renk ve tekstür (Şekil 3 b-c) açısından değerlendirildiğinde değerlerinde önemli bir düşüş olmasına rağmen istatistiki sonuçlara göre ürün kalitesinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Bununla birlikte renk parametresi (Şekil 3 a) balığın büyük pullu olmasından kaynaklı olarak büyük ölçüde korunduğu kanaatine varılmıştır. Ancak genel beğeni parametresinin (Şekil 3 d) zamana göre sistematik bir şekilde azaldığı görülmektedir. Bu kapsamda soğuk şartlar altında bütün olarak depolanan *C. gibelio* tazeliğini 11 güne kadar korumaktadır. Bu sonuçlar mikrobiyolojik veriler ile desteklenmektedir (Şekil 1 a-d). Duyusal değerlerin zamana göre önemli ölçüde düşüş gösterdiği diğer sazan türleri (*C. carpio* ve *H. molitrix*) ile yapılan diğer çalışmalarda da bildirilmiştir (Tokur vd., 2006; Fan vd., 2009).





Şekil 3. Buzdolabı koşullarında bütün olarak depolanan *C. gibelio*'da meydana gelen duysal değişimler. a: Koku, b: Renk, c: Tekstür, d: Genel beğeni değerlerini göstermektedir.

Aşamalı Çoklu Regresyon Modelinin Geliştirilmesi

Aşamalı çoklu regresyon modeli çok değişkenli parametreleri içeren sistemlerde modele en fazla katkı yapan değişkeni/değişkenleri bulmaya yönelik olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu kapsamda model geliştirilmeden önce bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar Tablo 1'de sunulmuştur. Yapılan bu çalışmada depolama zamanının diğer kalite parametreleri ile korelasyonu incelendiğinde en düşük korelasyonun 0,913 ile pH ve en yüksek korelasyonun ise -0,988 ile genel beğeni parametresi olduğu açıkça görülmektedir (Tablo 1). Tüm bu değişkenler ile oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modeli eşitlik (1)'de gösterilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon modelinde kullanılan değişkenler depolama zamanı ile yüksek korelasyon göstermiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon değerleri

	Depolama Zamanı
Depolama Zamanı	1,000
TMAB	,967
TPAB	,931
Enterobacteriaceae	,962
LAB	,932
Koku	-,978
Renk	-,962
Tekstür	-,957
Genel beğeni	-,988
pH	,913

Ancak depolama zamanı tahmini 9 değişkenli çoklu doğrusal regresyon ile tahmin edildiğinde gözlenen ve beklenen değerler arasında istatistiki olarak önemli farklar görülmüştür ($p < 0,05$) (sonuçlar gösterilmemektedir). Bununla birlikte mikrobiyolojik verilerin ise korelasyonları yüksek olmasına rağmen (Tablo 1) modeldeki katsayılarının oldukça düşük olduğu görülmektedir (Eşitlik 1).

$$\text{Depolama zamanı} = -0,814 + (\text{TMAB} * 4,58e-14) + (\text{TPAB} * -7,46e-14) + (\text{Enterobacteriaceae} * 8,91e-14) + (\text{LAB} * 1,30e-13) + (\text{Koku} * -2,34) + (\text{Renk} * -2,151) + (\text{Genel beğeni} * -1,596) + (\text{pH} * 2,959)$$

(1)

Aşamalı çoklu regresyon modeline göre denklemden çıkarılan parametreler Tablo 2’de sunulmuştur. Bu kapsamda çıkarılan parametreler en düşük kısmi korelasyon derecesinden en yükseğe doğru incelendiğinde sıralamanın Enterobacteriaceae, tekstür, renk, TPAB, LAB, koku ve pH olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Aşamalı çoklu regresyon modelinden çıkarılan parametreler

Model	Beta In	t	Sig	Kısmi korelasyon
TPAB	,062	1,033	,341	,389
Enterobacteriaceae	-,012	-,125	,905	-,051
LAB	,085	1,496	,185	,521
Koku	-,161	-2,064	,085	-,644
Renk	,032	,360	,731	,145
Tekstür	-,011	-,130	,901	-,053
pH	,115	2,159	,074	,661

Aşamalı regresyon modeli incelendiğinde depolama zamanının kalan diğer parametreler ile (genel beğeni ve TMAB) ilişkili olduğu ancak bu parametrelerin tek başına kullanılamayacağı Tablo 2’de modelden çıkarılan parametreler incelendiğinde görülmüştür. Bu çerçevede aşamalı çoklu regresyon modelinin son denklemi eşitlik 2’de gösterilmiştir.

$$\text{Depolama zamanı} = 3,374 + (\text{Genel beğeni} * -3,211) + (\text{TMAB} * 1,482) \quad (2)$$

Eşitlik 2’de belirtilen regresyon denkleminde istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) derecede regresyona ulaşılmıştır (Tablo 3). ANOVA tablosunda belirtilen modelin F-istatistiği 1098 ($p < 0,05$) ve hata kareleri toplamı 0,516 iken hata karelerinin ortalaması 0,074 olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen aşamalı çoklu regresyon modelinde düzeltilen R^2 değeri ise 0,996 olarak kaydedilmiştir. Modelin tahmin verilerine uyarlanmasında bu değer oldukça yüksek olduğu açıkça görülmektedir (Tablo 4). Bununla birlikte model parametreleri olarak kullanılan genel beğeni ve TMAB sayılarının *C.gibelio*’larda depolama zamanı varyasyonunun % 99’unun açıklandığını göstermektedir. Yapılan bir çalışmada araştırmacılar sarı yüzgeçli orkinos (*Thunnus albacares*) balıklarında uçucu bileşiklerin kalite parametreleri ile ilişkisini araştırmışlardır. Araştırma yöntemine göre aşamalı çoklu regresyon metodu kullanılarak uçucu bileşiklerin toplam uçucu bazik azot (TVBN) ve duyuşal değişimler gibi parametreler ile yüksek bir korelasyona sahip olduğunu bildirmişler ve aşamalı çoklu regresyon yöntemine göre kalite parametrelerinde meydana gelen değişimlerin varyasyonlarının % 99 kadarının açıklandığını belirtmişlerdir (Edirisinghe vd., 2007). Yapılan çalışma *C.gibelio*’nun kalite değişkenlerinin varyasyonlarının açıklanması açısından benzerlik göstermektedir. Buna karşılık olarak Hassan vd., (1999) tarafından yapılan çalışmada soğuk depolanan kefal balıklarının kalite kriterleri, raf ömrü ve market kayıplarının belirlenmesi amaçlanmış ve aşamalı regresyon metodu kullanılarak raf ömrü tahmin modeli geliştirilmiştir. Aşamalı doğrultuda oluşturulan regresyon eşitliklerine göre market kayıplarının tahminindeki varyasyonların sadece % 22’si açıklanabilmiştir. Bu durumun ise bazı değişkenlerin veri toplamada kullanılmadığı veya gözlenen verilerin sayılarının yetersiz olabileceğinden kaynaklandığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ancak *C.gibelio* ile yapılan bu çalışmada varyansların %99’u açıklandığından gerekli ve yeterli parametrelerin kullanıldığı ve modele eklendiği düşünülmektedir.

Tablo 3. Aşamalı çoklu regresyon modeli ANOVA analizi

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
Regresyon	161,884	2	80,942	1097,990	,000
Hata	,516	7	,074		
Toplam	162,400	9			

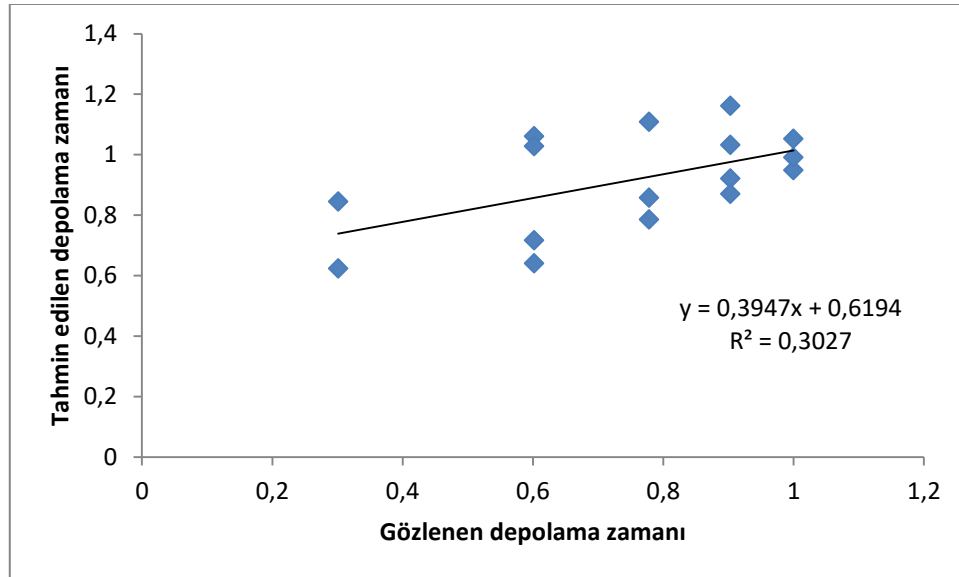
Tablo 4. Aşamalı regresyon model özeti

R	R ²	Düzeltilen R ²	Tahminin standart hatası	Değişim istatistikleri				
				R ² değişimi	F değişimi	df1	df2	Sig. F değişimi
,998	,997	,996	,272	,021	46,926	1	7	,000

Aşamalı regresyon modeli validasyonu Tablo 5’te belirtilen kaynaklara göre gerçekleştirilmiştir. Sazangiller familyasına ait olan farklı türler ile gerçekleştirilen çalışmalarda depolama sıcaklıkları *C.gibelio* ile yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Kalite değişimlerinin sıcaklığa birincil oranda bağlı olduğu bildirilirken (Genç, 2018) aşamalı çoklu regresyon modelinin validasyonunda kullanılacak olan verilerin eldesindeki depolama sıcaklıklarının aynı olmasına dikkat edilmiştir.

Tablo 5. Aşamalı çoklu regresyon modelinde validasyon için kullanılan parametreleri içeren soğuk ortamda depolanan farklı sazan balığı türleri ile yapılan çalışmalar

Tür	Depolama sıcaklığı (°C)	TMAB (log kob/g)	Duyusal analizler	Kaynak
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+4	4,00 – 7,33	9 – 3	Huang vd., 2018
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+4	3,44 – 8,62	9 - 1	Huang vd., 2017
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+4	3,59 – 7,18	20 - 4	Wang vd., 2014
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+4	4,58 – 7,09	35 - 19	Zhang vd., 2012
<i>Cyprinus carpio</i>	+4	3,90 – 8,10	20 - 9	Zhang vd., 2017

**Şekil 4.** Aşamalı çoklu regresyon modeline göre tahmin edilen ve gözlenen depolama zamanına ilişkin regresyon modeli (n=16).

Eşitlik 2 kullanılarak gerçekleştirilen depolama zamanı tahmini gözlenen veriler ile göreceli olarak yüksek korelasyon göstermiş ve sonuçlar Şekil 4’te sunulmuştur. Bu kapsamda regresyon denklemi $y=0,39x+0,61$ olarak ve açıklama katsayısı ise $R^2=0,30$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada *C.gibelio*’da gözlenen ve tahmin edilen depolama zamanı arasındaki varyasyonun % 30 kadarının açıklandığı görülmüştür. Regresyon modellerinde R^2 değeri bazı kriterlere göre birbirinden ayrılmakta ve bu kriterler R^2 değerinin kullanım alanlarını belirlemektedir. Özelliklerinden bir kısmı ise $0 \leq R^2 \leq 1$; değişken eklendiğinde R^2 değerinin değişmemesi gibi durumlar olarak araştırmacılar tarafından bildirilmiş (Cameron ve Windmeijer, 1996) ve *C.gibelio* ile yapılan bu çalışmada araştırmacılar tarafından belirtilen kriterleri sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte F-istatistikleri incelendiğinde $F=1,94$ ve F olasılık değerinin ise 0,10 olduğu hesaplanmış ve modelin geçerliği olabileceği yapılan istatistik analizler ile ortaya konmuştur.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada *C.gibelio*’da meydana gelen kalite değişimlerinin belirlenmesi ve bu kalite değişimleri kullanılarak aşamalı çoklu regresyon yöntemine göre bir raf ömrü tahmin modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre örnekler depolama sonunda mikrobiyolojik olarak tüketime uygun olmayan ölçüte ulaşmışlardır (≥ 7 log kob/g). Bununla birlikte duysal açıdan ise genel beğeni değeri yaklaşık olarak 7. Günde 1,5’a ulaşmış ve örnekler tüketim açısından reddedilmişlerdir. Örneklerin kalite değişimleri belirlenirken pH’larında istatistiki olarak önemli bir değişime rastlanılmamıştır.

Aşamalı çoklu regresyon modeli 9 parametre arasından sadece 2 parametrenin toplam varyansın %99 kadarını açıkladığını göstermiş ve modelde sadece genel beğeni ve TMAB sayılarının kullanılabilir olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte geliştirilen matematiksel ifade Depolama zamanı = $3,374 + (\text{Genel beğeni} \cdot 3,211) + (\text{TMAB} \cdot 1,482)$ olarak belirlenmiş ve geliştirilen modelin validasyonu literatürde belirtilen farklı türler ile gerçekleştirilmiş ve F-istatistiklerine göre modelin kullanılabileceği anlaşılmıştır. Geliştirilen modelin sadece iki parametre kullanarak raf ömrünü tahmin edebilmesi ve toplamda 48 saat içerisinde sonuç alınabiliyor olması açısından avantajları mevcuttur. Ancak geliştirilen modelin TMAB parametresini içermesi ve bu parametrenin değerinin 4 log kob/g’den küçük olmaması gerekmektedir. Doğal kontamine olmuş su ürünlerinin bakteriyel yükü yaşadığı ortama, av/hasat yöntemlerine, transfer ve depolama koşullarına büyük ölçüde bağlı olmasından dolayı bu kısıtlamanın önüne geçmek mümkün olmamaktadır. Bu kapsamda geliştirilen model genel beğeni değerleri ve TMAB sayılarının belirlenmesi temeline dayanmaktadır. Bununla beraber bu çalışmada geliştirilen model F-istatistiklerine göre büyük ölçüde başarıya ulaşmış olduğundan bilimsel çalışmalara katkı sağlaması ve endüstriye uygulanabilir olması yönüyle önem arz etmektedir.

Teşekkür: Çalışma süresince duysal analizlerde yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi personeline teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Agüeria, D., Sanzano, P., Vaz-Pires, P., Rodríguez, E., & Yeannes, M. I. (2016). Development of Quality Index Method Scheme for Common Carp (*Cyprinus carpio*) Stored in Ice: Shelf-Life Assessment by Physicochemical, Microbiological, and Sensory Quality Indices. *Journal Of Aquatic Food Product Technology*, 25(5), 708-723.
- Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S. P., & Hosseini, H. (2010). Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. *Grasas Y Aceites*, 61(1), 95-101.
- Cameron, A. C., & Windmeijer, F. A. (1996). R-squared measures for count data regression models with applications to health-care utilization. *Journal of Business & Economic Statistics*, 14(2), 209-220.
- Can, Ö. P. (2011). Evaluation of the microbiological, chemical and sensory quality of carp processed by the sous vide method. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5, 1060-1065.
- Dalgaard, P. (2000) Fresh and lightly preserved seafood. In Shelf-Life Evaluation of Foods, 2nd ed. Man, C. M. D., Jones, A. A., Eds.; Aspen Publishers: London, U.K., pp 110-139

- Edirisinghe, R. K., Graffham, A. J., & Taylor, S. J. (2007). Characterisation of the volatiles of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) during storage by solid phase microextraction and GC–MS and their relationship to fish quality parameters. *International Journal Of Food Science & Technology*, 42(10), 1139-1147.
- Esteves E.(2011). Statistical analysis in food science. R.M. Cruz (Ed.), Practical Food and Research, Nova Science Publishers Inc., NY, USA, pp. 409-451.
- Fan, H., Liu, X., Hong, H., Shen, S., Xu, Q., Feng, L., & Luo, Y. (2016). Quality changes and biogenic amines accumulation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at different temperatures. *Journal of Food Protection*, 79(4), 635-645.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., & Chi, Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115(1), 66-70.
- Françoise, L. (2010). Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food microbiology*, 27(6), 698-709.
- Fidelis, M., Santos, J. S., Coelho, A. L. K., Rodionova, O. Y., Pomerantsev, A., & Granato, D. (2017). Authentication of juices from antioxidant and chemical perspectives: A feasibility quality control study using chemometrics. *Food control*, 73, 796-805.
- Genç, İ. Y., Esteves, E., Anibal, J., & Diler, A. (2015). Effects of different thawing methods on the quality of meagre fillets. *Veterinary Journal of Ankara University (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi)*, 62(2), 153-159.
- Genç, İ.Y. 2018. Taze ve marine edilmiş su ürünlerinde mikrobiyal kalite değişimlerinin tahmini ve değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 131 s.
- Gram, L., & Huss, H.H., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33, 121–137.
- Gram, L., & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(3), 262-266.
- Hassan, I. M., Khallaf, M. F., Abd-Al Fattah, L. E., & Yasin, N. M. (1999). Quality criteria, expiration period and marketing loss estimations of pre-treated and cold stored mullet fish. *Grasas y Aceites*, 50(3), 208-217.
- Huang, Z., Liu, X., Jia, S., & Luo, Y. (2017). Antimicrobial effects of cinnamon bark oil on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage. *Food Control*, 82, 316-324.
- Huang, Z., Liu, X., Jia, S., Zhang, L., & Luo, Y. (2018). The effect of essential oils on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 52-59.
- Hudecová, K., Buchtová, H., & Steinhäuserová, I. (2010). Effects of modified atmosphere packaging on the microbiological properties of fresh common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 79(9), 93-100.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1986). *Microorganisms in foods, 2: sampling for microbiological analysis: principles and specific applications* (2nd ed.). London: Blackwell Scientific Publications.
- Jorgensen, L.V., Dalgaard, P. and Huss, H.H. (2000) Multiple compound quality index for cold-smoked salmon (*Salmo salar*) developed by multivariate regression of biogenic amines and pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2448-2453.
- Jung, J. Y., Lee, S. H., Lee, H. J., & Jeon, C. O. (2013). Microbial succession and metabolite changes during fermentation of saeu-jeot: traditional Korean salted seafood. *Food microbiology*, 34(2), 360-368.
- Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z., & Adhikari, B. (2017). Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4° C. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 163-168.
- Koutsoumanis, K., Lampropoulou, K., & Nychas, G. J. E. (1999). Biogenic amines and sensory changes associated with the microbial flora of Mediterranean gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) stored aerobically at 0, 8, and 15 C. *Journal of Food Protection*, 62(4), 398-402.
- Leroi, F., Joffraud, J. J., Chevalier, F., & Cardinal, M. (2001). Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters. *Journal of Applied Microbiology*, 90(4), 578-587.
- Li, T., Li, J., Hu, W., Zhang, X., Li, X., & Zhao, J. (2012). Shelf-life extension of crucian carp (*Carassius auratus*) using natural preservatives during chilled storage. *Food Chemistry*, 135(1), 140-145.
- Lu, H., Luo, Y., Zhou, Z., Bao, Y., & Feng, L. (2014). The Quality Changes of Songpu Mirror Carp (*Cyprinus carpio*) during Partial Freezing and Chilled Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 948-954.

- Manju, S., Jose, L., Gopal, T. S., Ravishankar, C. N., & Lalitha, K. V. (2007). Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsport (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chemistry*, 102(1), 27-35.
- Paleologos, E. K., Savvaıdis, I. N., & Kontominas, M. G. (2004). Biogenic amines formation and its relation to microbiological and sensory attributes in ice-stored whole, gutted and filleted Mediterranean Sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food microbiology*, 21(5), 549-557.
- Scherer, R., Augusti, P. R., Bochi, V. C., Steffens, C., Fries, L. L. M., Daniel, A. P., Kubota, E. H., Neto, J. R., & Emanuelli, T. (2006). Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods. *Food Chemistry*, 99(1), 136-142.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., & Kleiberg, G. H. (2003). Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Journal of Food Science*, 68(4), 1467-1472.
- Tokur, B., Ozkütük, S., Atici, E., Ozyurt, G., & Ozyurt, C. E. (2006). Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (- 18 C). *Food Chemistry*, 99(2), 335-341.
- Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK, (2019). http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005, Erişim Tarihi 23.01.2019.
- Wang, H., Luo, Y., Huang, H., & Xu, Q. (2014). Microbial succession of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) filets during storage at 4° C and its contribution to biogenic amines' formation. *International Journal of Food Microbiology*, 190, 66-71.
- Yu, D., Li, P., Xu, Y., Jiang, Q., & Xia, W. (2017). Physicochemical, microbiological, and sensory attributes of chitosan-coated grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets stored at 4° C. *International Journal of Food Properties*, 20(2), 390-401.
- Zhang, L., Luo, Y., Hu, S., & Shen, H. (2012). Effects of chitosan coatings enriched with different antioxidants on preservation of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) during cold storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(5), 508-518.
- Zhang, Y., Li, D., Lv, J., Li, Q., Kong, C., & Luo, Y. (2017). Effect of cinnamon essential oil on bacterial diversity and shelf-life in vacuum-packaged common carp (*Cyprinus carpio*) during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 249, 1-8.
- Zhu, Z., Ruan, Z., Li, B., Meng, M., & Zeng, Q. (2013). Quality loss assessment of crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) fillets during ice storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(3), 254-261.