



Araştırma Makalesi/Research Article

## Gelibolu Tuzlu Sardalyasının +4°C de Raf Ömrünün Belirlenmesi

Hasan Basri Ormanci<sup>1\*</sup> İbrahim Ender Künili<sup>2</sup> Serhat Çolakoğlu<sup>3</sup> Fatma Arık Çolakoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü, 17020, Çanakkale.

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 17020, Çanakkale.

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, 17020, Çanakkale.

\*Sorumlu yazar: basriormanci@yahoo.com

Geliş Tarihi: 06.09.2018

Kabul Tarihi: 06.12.2018

### Öz

Bu çalışmada, Çanakkale/Gelibolu yöresine özgü geleneksel bir ürün olan tuzlanmış sardalya balığının +4°C de raf ömrü süresinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada karma tuzlama yöntemi ile (kuru tuzlama; balık: tuz (3:1), salamura (%18)) tuzlanan sardalya balıkları 28 günlük olgunlaşma sürecinden sonra 120±3,0 g olacak şekilde kavanozlara dizilmiş ve üzeri ayçiçeği yağı ile doldurulduktan sonra +4°C'de depolamaya alınmıştır. Depolama süresince, örnekler belirli periyotlarda duysal, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan analiz edilmiştir. Depolanan örneklerin 24. ayda duysal açıdan bozulduğu saptanmış, gerek üretim aşamasında, gerekse depolama süresince biyogen amin ve mikrobiyolojik açıdan risk teşkil etmediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Sardina pilchardus*, Sardalya, Gelibolu, Tuzlanmış balık, Raf ömrü

### Determination of Shelf Life Gelibolu Salted Sardine at +4°C

#### Abstract

In this study, it was aimed to determine shelf life of the salted sardine that is a traditional and particular food of Çanakkale/Gelibolu region. In addition, possible risk factors of this product, which can be occurred during consumption, were also investigated. The fishes were treated by combination salting technique (dry-salting; fish:salt (3:1) and brining (%18). After 28 days ripening period, the salted products were put in glass jars (about 120±3.0 per jar) and covered up with sunflower oil and stored at +4°C. During the storage period, samples were collected and analyzed for sensory, chemical and microbiological properties. Stored products spoiled sensorially (appearance) at 24<sup>th</sup> month, and no risk was detected either during ripening or during storage in terms of biogenic amines and pathogen microorganisms.

**Keywords:** *Sardina pilchardus*, Sardine, Gallipoli, Salted fish, Shelf life

### Giriş

Balık, ülkemizde hayvansal protein açığının, ucuz yollu derdine çare olabilecek bir gıda maddesidir. Beslenmede gerekli tüm besin öğelerini yapısında bulundurması ve sindirilebilirlik oranının yüksek olması, balık etine nitelikli bir besin maddesi olma özelliği kazandırmaktadır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Ancak balık eti yapısal özellikleri nedeniyle (zayıf bağ dokusu, yüksek su içeriği, nötre yakın pH değeri ve zengin besin içeriği) çok kolay bozulabilmektedir. Bu nedenle, özellikle bol miktarda yakalandığı mevsimlerde, balığın teknolojik işlemlere tabi tutularak tüketiciye ulaştırılması gerekmektedir. Aksi takdirde tüketiciler kaliteli balık temin edememekte, üreticiler ise boyutu büyük olan ekonomik kayıplar yaşamaktadırlar. Ayrıca kıyıda bulunan üretim merkezleri dışında ülkenin iç kısımlarına kadar sürüm yapılamadığından, iç pazarlar oluşmamakta, buradaki tüketiciler de balığa uzak kalmaktadırlar. Bu nedenle ülkemizde özellikle üretimin fazla olduğu zamanlarda (mevsimlerde) işleme teknolojileri ile balığın işlenmesine ve gerek iç gerekse de dış pazarlara sevkine, çok fazla ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Balık eti bir çok işleme teknolojisi ile dayanıklı ürün haline getirilebilmektedir. Bunlardan bir tanesi olan tuzlama teknolojisi, uygulamada kolay, maliyette ucuz bir teknolojidir. Ülkemiz denizlerinden çıkan birçok balığa uygulanabilir olması ve halkımızın da tuzlanmış balığa yabancı olmaması ülkemizde bu teknolojinin yaygın halde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Yapılan bir anket çalışması ile hemen hemen tüm bölgelerimizde evlerde veya küçük aile işletmelerinde, yöresel



balıklardan tuzlanmış balık üretimi yapıldığı ve tüketildiği yönünde bilgi edinilmiştir (Arık Çolakoğlu ve ark., 2006).

Avrupa birliği ve balıkçılıkta gelişmiş ülkelerde, tuzlanmış balık tüketimi ve pazarı oldukça büyüktür (Barat ve ark., 2006; FAO, 2007). Ama ülkemizde böyle bir ürün ne iç ne de dış pazarda, bugüne kadar, bariz bir yer edinmemiştir. Üretim ya evlerde ya da küçük ve geleneksel aile işletmelerinde çok sınırlı kapasitelerle gerçekleştirilmektedir. Söz konusu işletmeler, ürünlerin içeriklerini, depolanmış ürünlerde meydana gelen değişimleri ve hatta ürünlerinin raf ömürlerini tam olarak bilmemekte ve bu konular hakkında farazi bilgilerle hareket etmektedirler.

Çanakkale ili sınırları içerisinde, Gelibolu'ya özgü tuzlanmış sardalya balığı 1960'lardan beri üretilmekte ve kız sardalyası olarak bilinmektedir. Bu ürünün üretimi, günümüzde de gerek evsel gerekse ticari olarak geleneksel koşullarda ve farklı şekillerde (salamura ve kuru tuzlama) devam etmektedir. Ancak depolama sırasında meydana gelen kalite kayıpları, biyokimyasal kompozisyondaki değişimler ve raf ömür süreleri ile ilgili bilgi oldukça sınırlıdır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada tuzlanmış sardalya balığının raf ömrünün tespit edilmesi amaçlanmış ve depolama aşamasında kalite değişimleri duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerle tespit edilmeye çalışılmıştır.

## **Materyal ve Yöntem**

### *Materyal*

Araştırmada materyal olarak Sardalya (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) balığı kullanılmıştır. Balıklar, Ekim 2010 tarihinde Çanakkale Boğazı'ndan gırgır ile avlanmış olup strafor kutularda buzlanarak laboratuvara getirilmiştir. Çalışmada materyal olarak 75 kg balık kullanılmış olup balıkların ortalama boyları  $15,49 \pm 1,36$  cm, ortalama ağırlıkları ise  $28,27 \pm 7,69$  g ( $n=50$ ) olarak tespit edilmiştir. Tuzlama işleminde ticari olarak satılan deniz tuzu (Uyar Tuz, İzmir) kullanılmıştır.

### *Yöntem*

#### *Tuzlama İşlemi*

Tuzlama yönteminde ilk aşama olarak balıklar, deri ve solungaçlarında bulunan kan ve diğer pisliklerin arındırılmıştır. Ön tuzlama (paçal) işlemi olarak adlandırılan bu aşamada, balıklar ağırlığın %5'i oranında kuru tuzla tuzlanmış ve ardından %18'lik salamura ilavesi ile 24 saat beklemeye alınmıştır. Daha sonra küvetlerden çıkarılarak suyu süzdürülen balıklar, olgunlaştırma işlemi için tekrar tuzla muamele edilerek esas tuzlamaya geçirilmiştir. Bunun için balıklar bir kat balık bir kat tuz olacak şekilde 3:1 (balık:tuz) oranında kuru tuzla tuzlanmış ve üzerine yine %18 oranında salamura ilave edilmiştir. Üzerine ağırlık uygulaması da (2 kg) yapıldıktan sonra balıklar, karanlık ve serin bir odada olgunlaşmaya bırakılmıştır. Olgunlaşma süreci, panelistlerin ürünün kokusu, rengi, dokusu ve tadını incelemeleri suretiyle duyuşal analizlerle belirlenmiş olup 28 gündür. Olgunlaşmanın tamamlanmasının ardından balıklar tuz çözeltisinden çıkarılarak baş, iç organ, deri ve pullarından arındırılmak amacıyla ayıklama işlemine tabi tutulmuştur. Temizlenen balıklar cam kavanozlara dizilerek ( $120 \pm 3,0$  g) üzerine bitkisel yağ ilave edildikten sonra kavanozlar kapatılarak  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır.

#### *Ürün Profil Analizi*

Tuzlanmış sardalyaların depolanması sırasında gerçekleşen duyuşal kalite değişimlerinin tespiti amacıyla yapılan bu analizde, Alman Tarım Derneğinin (DLG-Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) kullanmış olduğu duyuşal analiz skalası modifiye edilerek uygulanmıştır. Analizlerde ürünler beş panelist tarafından, görüntü, koku, tekstür ve lezzet yönünden 0-5 üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde, görüntü ve lezzet özelliği balıklar için son derece önemli nitelikler olduğundan, hesaplamalarda çarpan katsayısı bu kriterler için 2 olarak belirlenmiş, diğer özellikler ise 1 ile çarpılarak değerlendirilmiştir. Analizde; elde edilen toplam puanın çarpanların toplamına (6) bölünmesi ile genel kabul edilebilirlik belirlenmiştir. Genel kabul edilebilirlik skalası ise 5-4,1 çok iyi, 4-3,1 iyi (pazarlanabilir), 3-2,1 orta (tüketilebilir),  $\leq 2,0$  tüketilemez şeklinde ifade edilmiştir.

#### *Kimyasal Analizler*

Numunelerin tuz içerikleri Mohr metoduna göre tespit edilmiştir (AOAC, 2000). pH analizi ise homojenize edilmiş örnek 1:1 oranında distile su ile sulandırıldıktan sonra pH metre (HANNA pH 211) probunun solüsyona daldırılarak ölçülmesi ile gerçekleştirilmiştir (Ludorf ve Meyer, 1973). Örneklerin birincil yağ oksidasyonu değerleri Low ve Ng (1978) yöntemine göre yapılan



peroksit analizi ile tespit edilmiştir. İkincil oksidasyon parametresi olan 2-thiobarbituric acid (TBA) indeksi Tarladgis ve ark. (1960) belirttiği distilasyon metoduna göre belirlenmiştir. Elde edilen dansite değeri ise 7,8 ile çarpılarak 1000 g örnekteki mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanmıştır (Tarladgis ve ark., 1964; Tarladgis ve ark., 1960). TMA-N tayini ise TSE (1988)'de belirtilen kolorimetrik yöntemle tespit edilmiştir.

#### *Biyojen Amin Analizi*

Biyojen aminler (triptamin,  $\beta$ -feniletilamin, putresin, kadaverin, histamin, tiramin, spermidin ve spermin) Eerola ve ark. (1993) tarafından geliştirilen HPLC (High Performance Liquid Chromatography) metoduna göre tayin edilmiştir. Bu yöntemde 5 g kıyılmış örnek 10 ml 0,4 M perklorik asit ile homojenize edildikten sonra Whatman 2 filtreden süzümüştür. Filtratın 0,5 ml'si dansil klorür reaktifi ile türevlendirilerek Shimadzu SPD-20A, UV/VIS detektöre ve ZORBAX Eclipse, XDB-C18-5  $\mu$ m, 4,6x150 mm) kolona sahip HPLC sisteminde 254 nm dalga boyunda analiz edilmiştir.

#### *Mikrobiyolojik Analizler*

Tuzlanmış balık örneklerinin mikrobiyolojik analiz öncesi, peptonlu su kullanılarak desimal seyreltilimleri yapılmış ve ekimler, örneğin kendisi ile bu seyreltilimlerden yapılmıştır (FDA-BAM, 1998). Örneklerin ekimleri, yayma ve dökme plak yöntemleri kullanılarak yapılmış, sonuçlar kob/g olarak verilmiştir (Baumgart, 1993; Harrigan ve McCance, 1976). Toplam aerobik bakteri, halofilik bakteri, toplam koliform, *Micrococcus* sp. ve *Staphylococcus aureus* sayımları FDA/BAM (1998) *Enterococcus* spp. ve Maya ve Küf sayımları ise Halkman (2005)'in belirttiği metotlarına göre gerçekleştirilmiştir. Toplam aeobik bakteri sayımı için PCA Agar (Merck), Toplam halofilik bakteri sayımında %7 NaCl ilave edilmiş PCA Agar (Merck), *Micrococcus* sp. ve *Staphylococcus aureus* sayımlarında BP Agar (Merck), *Enterococcus* spp. sayımında D-Coccosel Agar (Biomerieux), Maya ve Küf sayımı için ise Malt Extract Agar (Merck) kullanılmıştır. Tüm mikroorganizmaların sayımında yayma plak yöntemi kullanılmış, petrilerin inkübasyon süre ve sıcaklıkları ise kullanılan besiyerlerinin üretici talimatlarına göre gerçekleştirilmiştir.

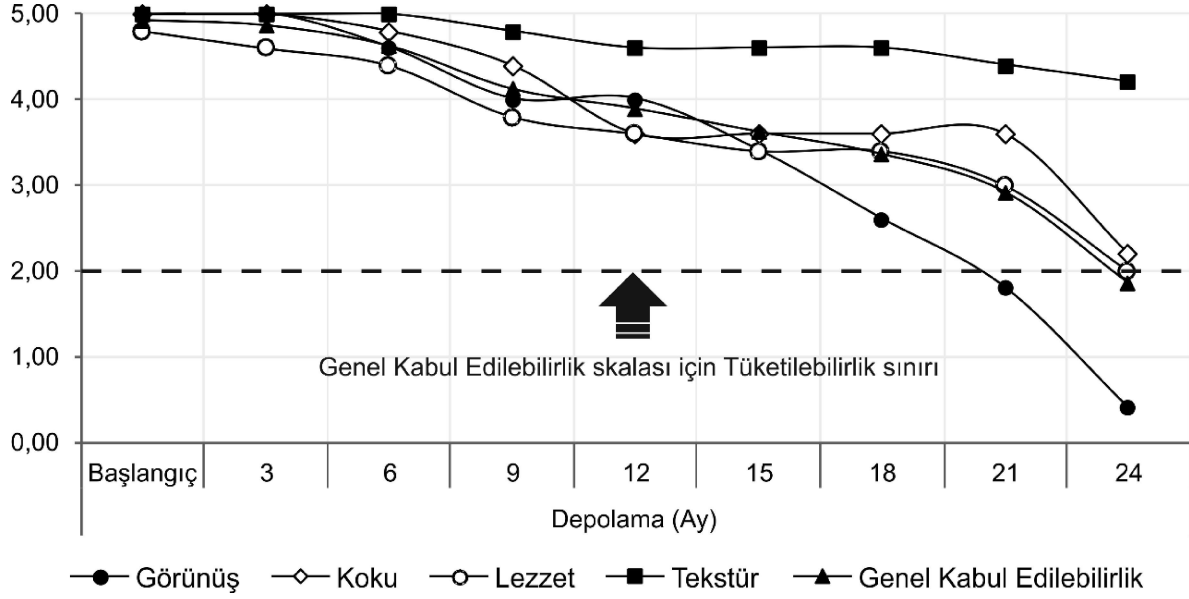
### **Bulgular ve Tartışma**

#### *Duyusal Değişimler*

Tuzlanmış sardalyaların depolanması esnasında kalite değişimlerinin tespiti amacıyla yapılan bu analizde DLG duyusal analiz skalası modifiye edilerek kullanılmış, analizler kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere paralel olarak yapılmıştır.

Başlangıç gününde yapılan analizde görünüş, koku ve tekstür özellikleri 5 puan ile değerlendirilmesine rağmen lezzet özelliği 4,80 olarak puanlanmış ve başlangıç günündeki genel kabul edilebilirlik puanı 4,93 olarak hesaplanmıştır. Başlangıçtan itibaren 3., 6., ve 9. ayların sonunda, yapılan ürün profil analizleri tuzlanmış sardalyaların 4,1'in üzerinde puan aldığından dolayı çok iyi kalitede ürün özelliği göstermiştir (Şekil 1). Depolamanın 12. ayı ile 18. ayı arasında ise genel kabul edilebilirlik puanları bir önceki döneme göre azalarak 4-3,1 arasında tespit edilmiştir. Bu dönemde özellikle görünüş, koku ve lezzet kriterinde meydana gelen azalma genel kabul edilebilirlik puanına yansımış ve azalmasına neden olmuştur. Bu dönemden sonra ise ürünlerin başta görünüş kriterinde meydana gelen azalma nedeniyle duyusal puanları azalmaya devam etmiş ve depolamanın 24. ayında ortalama olarak görünüş 0,40; koku 2,20; lezzet 2,00 ve tekstür 4,20 olarak puanlanmıştır. Bu ayda genel kabul edilebilirlik puanı 1,87 olarak hesaplanmış ve bu değer 2,0'ın altında olduğundan dolayı çalışma bu ayda sonlandırılmıştır.

Yapılan çalışmada ürünlerin duyusal profil analizlerinde en belirleyici nitelik görünüş olmuştur. Görünüş diğer duyusal özelliklere göre özellikle depolamanın 18. ayından sonra bariz bir azalma göstermiştir. Bunun sebebi ürünlerde meydana gelen renk bozulmalarıdır. Özellikle 24. ayda tuzlanmış balıkların kavanoz cidarı ile temas ettikleri noktalarda renk bozuklukları çok belirgin olarak göze çarpmaktadır. Söz konusu bu renk bozulmalara tuzlu balık ürünlerinde meydana gelen proteinlerin çökmesinden dolayı beyaz tanecik ve lekelerin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. Depolama boyunca duyu analizi sonuçları

### Kimyasal Değişimler

#### Tuzluluk

Tuzluluk değeri tuzlanmış ürünler için en önemli niteliklerden bir tanesidir. Ete aromatik tat ve kokuyu veren tuz, fazla olduğunda ise tüketimde sakınca oluşturabilmektedir. Yapılan çalışmada depolamanın başlangıcında tuzlanmış sardalyalar da %18,27 olarak tespit edilmiş olup; depolama aşamasında tuz miktarı küçük değişimler göstermiş olsa da %18 civarında bulunmuştur (Çizelge 1).

Balıkların tuzlanması üzerine yapılan çalışmalarda, tuz miktarı; tuzlama çeşidine, tuzlama prosedürüne, olgunlaştırma süresine, balık türüne, balığın besinsel içeriğine ve hammaddenin tazeliğine göre değişiklikler göstermektedir. Hernandez-Herrero ve ark. (2002); farklı kalitedeki taze hamsilerin kuru tuzlama yöntemi ile tuzlanması üzerine yapmış oldukları çalışmada tuz miktarlarını %18,13-%20,09 arasında rapor etmişlerdir. Koral (2016) ise kuru ve salamura tuzlama yöntemi ile tuzlanan hamsilerdeki tuz miktarının %10,28-%18,42 aralığında değiştiğini bildirmiştir.

#### pH

Gıda endüstrisinde mikrobiyal ve enzimatik aktiviteyi etkileyen önemli faktörlerden olan pH değerinin, işlenmiş ürünlerde belirlenmesi ve sabit değerde tutulması ürün kalitesinin korunmasında önemli bir kriterdir (Olgunoğlu, 2007). Bir ürünün asidite veya alkalinitesinin ölçüsü olarak bilinen pH, gıdadan gıdaya farklılık göstermektedir (McLay, 1972; Anonim, 2005). Banwart (1989), pH değerine göre gıdaları; 3,7'den aşağı olanları yüksek asitli, 3,7–4,6 arasında olanları asitli, pH değeri 4,6–5,3 arasında olanları ise orta asitli olarak ifade etmiş, pH değeri 5,3'ün üzerinde olan gıdaları da düşük ya da asitsiz gıdalar şeklinde tanımlamıştır. Yapılan bu çalışmada depolamanın başlangıcında 5,92 olarak saptanan pH değeri depolama boyunca giderek azalmış ve 24. ayda 5,11 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuzlanmış sardalyanın olgunlaştırılmasında ve depolanmasında kimyasal değişimler

|                                       | Taze | Ön Tuzlanmış | Tuzlanmış | Depolama (Ay) |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|------|--------------|-----------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                       |      |              |           | 3             | 6    | 9    | 12   | 15   | 18   | 21   | 24   |
| Tuzluluk (%)                          | 1,73 | 1,14         | 18,27     | 0             | 9    | 9    | 8    | 4    | 2    | 1    | 6    |
| pH                                    | 6,52 | 6,69         | 5,92      | 5,76          | 5,63 | 5,58 | 5,49 | 5,38 | 5,32 | 5,29 | 5,11 |
| TBA (mg MA/kg)                        | 0,30 | 0,20         | 1,09      | 1,17          | 1,40 | 2,68 | 2,99 | 4,04 | 4,69 | 7,04 | 3    |
| Peroksit (milimol O <sub>2</sub> /kg) | 0,83 | 1,16         | 1,32      | 1,59          | 2,43 | 2,79 | 3,04 | 4,13 | 4,38 | 4,75 | 6,28 |
| TMA-N (mg/100 g)                      | 0,19 | 0,14         | 0,88      | 1,35          | 1,58 | 1,79 | 2,09 | 3,17 | 3,46 | 4,25 | 5,14 |





### *Tiyobarbutirik Asit Sayısı (TBA)*

TBA analizleri, yağ oksidasyonunun belirlenmesinde önemli bir kalite parametresidir. Yağların okside olması sonucunda yağların tadında bir acılaşıma meydana gelmekte, oksidatif acılaşıma olarak bilinen bu değişim, daha çok yağlı balıklarda görülmektedir (Connell, 1980). Yapılan bir çok araştırmada, özellikle yağlı balıklarda, TBA değeriyle duyu test sonuçları arasında, tat kalitesi yönünden korelasyon olduğu bildirilmektedir (Barnett ve ark., 1991; Ramanathan ve Das, 1992). Ette yağların okside olması ile birlikte protein ve vitaminlerde de bozulmaların olduğu, bunun sonucunda ürünün tat ve aromasının değiştiği, kalite ve beslenme değerinde de azalmaların meydana gelebileceği ifade edilmektedir (Beltran ve Moral, 1990; Özden ve ark., 2001). Yağların oksidasyonunda ortamdaki atmosferik oksijen, önemli rol oynamakta ve sürecin ilerlemesi ile reaksiyon hızı daha da artmaktadır. Oksidasyonun hızı, yağların doymamışlık durumu, miktarı, ortamın sıcaklığı, ışık, oksijen miktarı ve nem oranına bağlı olarak değişmektedir (Khayat ve Schwall, 1983; Hultin, 1994; Yapar ve Erdol, 1999).

Bir gıda maddesi yapısındaki yağın bozulması sonucu, tüketilebilirlik özelliklerini kaybederek lezzetsiz hal almaktadır (Kietzmann ve ark., 1969). Yağların bozulması sonucunda üründe meydana gelen değişimler; lezzet ve koku değişimi, asitlik değişimi, peroksit oluşumu, aldehit ve keton oluşumu şeklinde kendini göstermektedir (Varlık ve ark., 2004). Schormüller (1968) ve (1969) taze balık etindeki TBA düzeyine göre kaliteyi derecelendirmiştir. Araştırmacıya göre, TBA değeri 3 mg malonaldehid (MA)/kg'dan daha az değere sahip olan et; çok iyi kalitede, <5 mg malonaldehid (MA)/kg değeri ise iyi kalitede ürün özelliği taşımaktadır. Tüketilebilirlik sınırını ise, 7-8 mg malonaldehid (MA)/kg olarak bildirmiştir. İşlenmiş ürünlerde ise durum biraz daha farklı olmakta birlikte, tuzlanmış balık etinde araştırmacılar TBA değerinin, 4 mg malonaldehid (MA)/kg'ı aşmasıyla beraber acılaşımanın başladığı bildirilmiştir (Curran ve ark., 1980; Eke, 2007). Marinat gibi yine tuzun dahil olduğu işleme tekniklerinin uygulandığı levrek ve sardalya balıklarında, kullanılan asetik aside rağmen, TBA değerleri raf ömürleri süresince sırasıyla 5,87 – 8,21 mg MA/kg değerlerine ulaşabildiği bildirilmiştir (Kılınç ve Çaklı, 2005; Kaya ve Baştürk, 2014).

Yapılan bu çalışmada TBA değeri depolamanın başlangıcında 1,09 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). Depolama aşamasında ise TBA miktarı depolama boyunca artış göstermiş olup depolamanın 21. ayında 7,04 mg MA/kg, 24 ayında ise bariz şekilde artarak 12,53 mg MA/kg olduğu saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada ise, Hernandez-Herrero ve ark. (2002) tuzlanmış hamsi balıklarının (*Engraulis encrasicolus*) TBA değerlerinin 10,70-12,57 malonaldehid/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

### *Peroksit Sayısı*

Balık yağları, yüksek doymamış yağ asitleri içeriği nedeniyle, diğer etlere oranla oksidasyona daha meyillidir (Ramanathan ve Das, 1992). Bu yağların, enzimler ve havanın oksijeni ile parçalanması sonucu, oksidatif ürünler oluşmakta ve balıkta ileri düzeyde acı (ransit) tat oluşmaktadır (Çetinkaya, 2008). Yağların oksidasyonunda, ilk olarak yağ asitleri ve peroksitler meydana gelmekte, kokusuz ve tatsız olan bu bileşikler, balıkta organoleptik olarak hiçbir bozulmanın olmadığı durumlarda bile ortaya çıkabilmektedirler. Bundan sonra oluşan peroksitler ise, oksitlenerek aldehit ve ketonlara dönüştüğü zaman, ette hoşça gitmeyen bir koku ve acılaşıma meydana getirmektedir (Özden ve Gökoglu, 1997). Yağların oksitlenmesi sonucu oluşan peroksit değeri, balığın kalitesi hakkında fikir vermektedir (Olgunoğlu, 2007). *Taze balıkta* peroksit değeri, 2 milimol O<sub>2</sub>/kg'ın altındaki materyaller “çok iyi”, 5 milimol O<sub>2</sub>/kg'dan fazla olmayan materyal ise “iyi” kalitede olarak ifade edilmektedir. Peroksit değerinde “tüketilebilirlik sınır değeri” ise 8-10 milimol O<sub>2</sub>/kg arasındadır (Schormüller, 1968; Ludorf ve Meyer, 1973).

Çalışmada, depolamanın başlangıcında peroksit değerleri 1,32 milimol O<sub>2</sub>/kg olarak tespit edilmiştir. Peroksit değeri depolama sürecinde artış göstermiş ve 24. ayda 6,28 milimol O<sub>2</sub>/kg olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Bunun yanında Hernandez-Herrero ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, tuzlama teknolojisinde hammadde balığın tazelik derecesinin peroksit değeri açısından çok önemli olduğunu vurgulamışlar ve düşük kalitedeki hammaddelerden elde edilen tuzlanmış balıkların peroksit değerlerini 51,08 meq.O<sub>2</sub>/kg yağ olarak bildirmişlerdir.

### *Trimetilamin Azot (TMA-N)*

Olgunlaşma süresince tuzlanmış sardalyalarda tespit edilen TMA-N değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Schormüller (1968) ve Kietzmann ve ark. (1969)'a göre balık etindeki en önemli kimyasal



maddelerden biri Trimetilamin oksittir (TMAO). Trimetilamin oksit, tatlı su balıklarına göre deniz balıklarında daha fazla bulunmaktadır. Balığın depolanması sırasında mikroorganizma ve enzim faaliyetleri sonucu Trimetilamin oksit, Trimetilamine (TMA) indirgenmektedir. TMAO kokusuz bir bileşiktir. TMA ise çok düşük bir koku eşliğine sahip olup, bayat balık ve balıkthane kokusundadır. Balıkların içerdiği TMA miktarı; türe, yaşa, avlanma dönemine, kas tipine, balığın beslenme durumuna, mikrobiyal flora, pH değerine ve işleme tekniklerine göre değişmektedir (Serdaroğlu ve Deniz, 2001; Kyra ve Lougovois, 2002; Goulas ve Kontominas, 2005). Bu maddenin bozulma bakterilerinin etkinliği sonucu oluştuğu düşünülmekle birlikte, bakteri sayısı ile TMA arasında açık bir ilişkinin olmadığı da ifade edilmektedir (Huss, 1995). TMA-N sınır değerinin uluslararası standartlara göre, iyi kaliteli bir taze materyalde 1 mg/100g, bozulmuş örneklerde 8 mg/100g'ın üzerinde olduğu bildirilmiştir (FAO, 1986). Ayrıca Sikorski (1989), 5 mg/100 g TMA-N değerinin kritik limit olarak rapor etmiştir.

Yapılan bu çalışmada TMA-N değeri taze sardalya balığı için 0,19 mg/100g olarak saptanmış, olgunlaşma süresince de bu değerde önemli bir artış görülmemiştir. Olgunlaşmış üründe ise TMA-N değeri ile ilgili olarak birçok araştırmacı çeşitli tespitler yapmışlardır. Turan ve ark. (2006) kuru tuzlanmış palamut lakerdasında TMA-N değerini 1,19 mg/100 g olarak bildirmiş, diğer bir çalışmada ise 1,1 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Lülleci, 1991). Bu çalışmada ise tuzlanmış sardalya örneklerinde tespit edilen TMA-N değeri, yukarıda belirtilen değerden daha düşük, 0,88 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Depolama aşamasında ise TMA-N değeri 24. ayda 5,14 mg/100g olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Uygulanan işleme teknolojisindeki farklılıklar da TMA-N değerine önemli etkiler etmektedir. Aynı türde balık kullanılmasına rağmen farklı çalışmalarda sardalya marinatlara ait TMA-N değeri raf ömrü sonlarında 1,67 ve 10,86 mg/100g olarak ifade edilirken (Gökoğlu ve ark., 2004; Kılın ve Çaklı, 2005), bu değer levrek marinatında ise 3,07 mg/100g değerine ulaştığı rapor edilmiştir (Kaya ve Baştürk, 2014). Balık türlerinin farklı olması kadar, uygulanan işleme teknolojisi ve bu teknolojiye ilave olarak yapılan, pastörizasyon, soslama ve paketleme gibi işlemler de TMA-N değerindeki farklılıklara neden olabilmektedir.

#### *Biyojen Amin Değişimi*

Serbest amino asitlerin, amin pozitif bakteriler tarafından dekarboksilasyona uğraması sonucu biyojen aminler oluşmaktadır. Biyojen aminler taze balıkta bulunabileceği gibi işlenmiş ürünlerde de bulunabilmektedir. Yapılan bu çalışmada 8 adet biyojen aminin tespiti yapılmıştır. Bunlar triptamin, feniletilamin, putresin, kadaverin, histamin, tiramin, spermidin ve spermindir. Yapılan çalışmada depolama aşamasında ise toplam biyojen amin miktarları ilk üç aylık periyottan sonra depolama süresince bariz şekilde azalmıştır. Nitekim depolama başlangıç değeri 105,05 mg/kg olan toplam biyojen amin depolamanın 24. ayında 57,81 mg/kg olarak saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tuzlanmış sardalyanın olgunlaştırılmasında ve depolamasında biyojen amin değişimleri (mg/kg)

|               | Taze   | Ön       |          | Depolama (Ay) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|--------|----------|----------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               |        | Tuzlanmı | Tuzlanmı | 3             | 6     | 9     | 12    | 15    | 18    | 21    | 24    |
| Triptamin     | 37,28  | 26,56    | 32,66    | 13,58         | 7,27  | 3,96  | 3,54  | 3,11  | 2,78  | 2,12  | 2,05  |
| Feniletilamin | 4,41   | 12,10    | 3,23     | 2,74          | 2,27  | 2,57  | 2,37  | 2,15  | 2,31  | 2,47  | 2,14  |
| Putresin      | 2,06   | 4,11     | 2,47     | 3,61          | 4,05  | 4,15  | 3,96  | 3,74  | 3,83  | 3,40  | 3,80  |
| Kadaverin     | 1,09   | 11,39    | 9,30     | 10,64         | 10,63 | 9,48  | 9,16  | 8,56  | 7,88  | 7,30  | 7,60  |
| Histamin      | TE     | 0,08     | 4,23     | 4,96          | 5,30  | 6,44  | 6,95  | 7,60  | 8,14  | 8,51  | 9,23  |
| Tiramin       | 44,80  | 37,87    | 20,32    | 24,67         | 16,98 | 11,49 | 10,60 | 9,68  | 9,15  | 8,24  | 8,41  |
| Spermidin     | 5,74   | 5,12     | 2,79     | 3,88          | 3,74  | 4,11  | 4,04  | 3,69  | 3,32  | 3,02  | 2,64  |
| Spermin       | 6,25   | 7,14     | 30,05    | 37,66         | 35,14 | 24,38 | 25,21 | 21,04 | 22,65 | 22,09 | 21,94 |
| ΣBA           | 101,64 | 104,38   | 105,05   | 101,75        | 85,37 | 66,59 | 65,82 | 59,56 | 60,06 | 57,15 | 57,81 |

Sonuç olarak yapılan çalışmada depolama boyunca tuzlanmış sardalyalar da biyojen amin riski bulunmadığı belirlenmiş, aksine tuz ile muamele öncesi balık etinde var olan biyojen amin miktarının, olgunlaşma sürecinde miktar olarak azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Bu konuda Silla Santos (1996), tuzun uskumru balıklarında, konsantrasyonu ne olursa olsun, biyojen amin oluşumunu inhibe ettiğini ifade etmiştir. Tuzlanmış balık ürünleri üzerine farklı ülkelerde de pek çok çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmalardan Zhai ve ark. (2012), Çin'de ticari olarak satılan 49 adet tuzlanmış, fermente ve konserve



balık ürünlerinin biyojenik amin (histamin, triptamin, putresin, feniletilamin, kadaverin, triamin, spermidin ve spermin) miktarlarını araştırmışlardır. Çalışmada, birçok üründe biyojenik amin miktarının düşük belirlenmesine rağmen, fermente ürünlerden hafif tuzlanmış istavrit balığında (484,42 mg/kg) ve paketlenerek satılan yılan balığında (166,45 mg/kg) toplam biyojenik amin miktarları oldukça yüksek oranda tespit edilmiştir. Bunun yanında aynı çalışmada, Güney Çin bölgesinin geleneksel balık ürünü olarak belirtilen hafif tuzlanmış istavrit balığında, feniletilamin, putresin, kadaverin ve tiramin miktarları sırasıyla 57,61 mg/kg, 64,53 mg/kg, 244,41 mg/kg ve 62,85 mg/kg olarak saptanmıştır. Tuzlanmış ve fermente ürünlerdeki histamin miktarı ise, en yüksek 35,08 mg/kg olarak bildirilmiştir (Zhai ve ark., 2012). Yine Koral (2012), ülkemizde üretilen çiroz örneklerinde histamin miktarının 2,21 ppm'den daha az bulunduğunu, ançüez örneklerinden sadece birinde 229,11 ppm değeri tespit edildiğini belirtmiştir. Kanki ve ark. (2004), Japonya'da 2002 yılında tüketilen "Iwashi mirinboshi" adlı kurutulmuş sardalya (*Sardinops sagax*) ürününden kaynaklanan histamin zehirlenme vakasını bildirmişlerdir. Zehirlenme vakasına neden olan ürünün numunelerinin analizi sonucu histamin içeriklerinin sırasıyla 3000 mg/kg ve 1700 mg/kg olduğu rapor edilmiştir. Diğer bir çalışmada Wootton ve ark. (1989), Asya da tüketilen geleneksel yöntemlerle tuzlanmış ve kurutulmuş fermente ürünlerde, yüksek miktarda histamin bulunduğunu bildirmişlerdir.

#### Mikrobiyolojik Değişimler

Yüksek asit ve tuz konsantrasyonlarının, mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici etkiye sahip olduğu, ancak bazı mikroorganizmaların da bu koşullara toleranslı oldukları bilinmektedir. Yapılan çalışmada depolama sırasında, toplam mezofilik aerobik bakteri (TAB), halofilik bakteri (HB), toplam koliform (TK), *Enterococcus* sp. (Ent.), *Staphylococcus aureus* (*Staph.*), *Micrococcus* sp. (*Mic.*) ve Maya-Küf (MK) yönünden incelenmiştir. Toplam aerobik bakteri sayısı olgunlaşmış balıkta  $10^2$  kob/g seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Halofilik bakteriler ise olgunlaşmış balıkta  $9,0 \times 10^2$  kob/g olarak bulunmuştur. Depolama aşamasında ise toplam aerobik bakteri miktarı depolamanın ilk 12 ayı  $10^1$  kob/g civarında, 12-24. aylar arasında ise  $10^2$  kob/g seviyesinde tespit edilmiştir. Halofilik bakteriler ise depolama süresince  $10^2$ - $10^3$  kob/g arasında değişim göstermişlerdir. Toplam koliform bakteri grubu taze ve ön tuzlanmış balıkta sırasıyla  $0,9 \times 10^2$  kob/g ve  $1,1 \times 10^1$  kob/g olarak tespit edilmiş olmasına rağmen olgunlaşmış balıkta ve depolama aşamasında bu bakteri grubuna rastlanılmamıştır. *Enterococcus* sp., grubu bakteriler depolamanın ilk 3 ayında  $10^1$  kob/g düzeyinde bulunurken depolamanın diğer aylarında izole edilememiştir. *Staphylococcus aureus* ve *Micrococcus* sp. bakterileri ise taze balıkta ve olgunlaştırma sürecince  $10^2$  kob/g olarak tespit edilmiş olup *Staphylococcus aureus* depolamanın ilk 3 ayından sonra *Micrococcus* sp. bakterileri ise ilk 9 aydan sonra izole edilememiştir. Çağlak ve ark. (2012), tuzlanmış palamutta (lakerda), toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının  $10^2$ - $10^3$  kob/gr arasında değiştiğini belirtmiş ve koliform, *S. aureus*, Maya-Küf, *E. coli*, *Salmonella* sp. *Aeromonas* sp. ve *Listeria* sp. bakterilerine ise rastlanılmadığını bildirmiştir. Koral ve ark. (2013) ise yine lakerda ürünlerin toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam halofilik bakteri sayılarının  $10^2$  kob/gr civarında olduğunu rapor etmişlerdir. Tuzlanmış hamsi balığında ise yüksek halofilik bakterilerin  $10^4$ - $10^5$  kob/gr arasında bulunduğu, Enterobakterlere ve *Enterococcus* sp. rastlanmadığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Hernandez-Herrero ve ark., 1999; Hernandez-Herrero ve ark., 2002).

Çizelge 3. Tuzlanmış sardalyanın olgunlaştırılması ve depolaması sırasında meydana gelen mikrobiyolojik değişimler (kob/g)

|        | Taze               | Ön Tuzlanmış      | Tuzlanmış         | Depolama (Ay)     |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|        |                    |                   |                   | 3                 | 6                 | 9                 | 12                | 15                | 18                | 21                | 24                |
| TAB    | $11,4 \times 10^3$ | $6,4 \times 10^3$ | $9,0 \times 10^2$ | $3,4 \times 10^1$ | $5,4 \times 10^1$ | $5,3 \times 10^1$ | $7,2 \times 10^1$ | $2,9 \times 10^2$ | $3,7 \times 10^2$ | $4,3 \times 10^2$ | $4,6 \times 10^2$ |
| HB     | $1,5 \times 10^1$  | $1,1 \times 10^1$ | $9,0 \times 10^2$ | $2,6 \times 10^3$ | $3,2 \times 10^3$ | $3,8 \times 10^3$ | $4,2 \times 10^3$ | $2,8 \times 10^2$ | $3,1 \times 10^2$ | $4,2 \times 10^2$ | $2,5 \times 10^3$ |
| TK     | $0,9 \times 10^2$  | $1,1 \times 10^1$ | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           |
| Ent.   | $2,8 \times 10^1$  | $4,2 \times 10^1$ | $3,2 \times 10^1$ | $1,8 \times 10^1$ | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           |
| Staph. | $2,0 \times 10^2$  | $2,4 \times 10^2$ | $2,0 \times 10^2$ | $1,1 \times 10^1$ | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           |
| Mic.   | $2,0 \times 10^2$  | $2,0 \times 10^2$ | $1,0 \times 10^2$ | $1,2 \times 10^1$ | $1,1 \times 10^1$ | $1,1 \times 10^1$ | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           |
| MK     | $5,1 \times 10^3$  | $2,8 \times 10^3$ | $5,0 \times 10^2$ | $1,6 \times 10^1$ | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           | $<10^1$           |

TAB: Toplam mezofilik aerobik bakteri, HB: halofilik bakteri, TK: toplam koliform, Ent.: *Enterococcus* spp., Mic.: *Micrococcus* sp. Staph.: *Staphylococcus aureus*., MK: Maya ve Küf, Örnek sayısı; N=3



### Sonuç ve Öneriler

Çanakkale/Gelibolu yöresine özgü geleneksel tuzlu sardalya balığının depolanması sırasında meydana gelen kalite değişimleri; duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan incelenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, bitkisel yağ içerisinde +4°C'de depolanan olgunlaşmış ürünlerin ise, 24. ayda duyuşal (görünüş) açıdan tüketilebilirlik sınırına ulaştığı saptanmıştır. Ayrıca, ürünün depolama aşamasında, biyogen amin ve mikrobiyolojik açıdan sağlığı tehdit edici bir özellik taşımadığı belirlenmiştir.

Diğer taraftan ekonomik anlamda potansiyeli bulunan bu ürünün üretimini yapan başta Çanakkale/Gelibolu'da bulunan firmaların kalite standartlarını oluşturmalarına destek verilerek, ihracat yapabilir hale gelmeleri sağlanmalıdır. Bunun içinde daha düşük tuzlu, farklı damak tatlarına hitap eden hazır tüketilebilir özellikli yeni ürünler üretilerek ürün yelpazesini genişletme üzerine yeni çalışmalar yapılmalıdır.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Biriminin FYL- 2010/238 kodlu projesi ile desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Anonim, 2005. Determination of product shelf-life. In Guidance note No:18, Vol. 18 Abbey Court, Dublin.: Food Safety Authority of Ireland.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis of the AOAC International (17th). Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2000 p.
- Arık Çolakoğlu, F., İşmen, A., Özen, Ö., Çakır, F., Yığın, Ç., Ormancı, H.B., 2006. Çanakkale ilindeki su ürünleri tüketim davranışlarının değerlendirilmesi. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 23 (1/3): 387-392
- Banwart, G.J., 1989. Basic food microbiology (2nd ed.). New York, USA: Chapman & Hall. 773p.
- Barat, J.M., Gallart-Jornet, L., Andrés, A., Akse, L., Carlehög, M., Skjerdal, O.T., 2006. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. Journal of Food Engineering. 73 (1): 9-19.
- Barnett, H.J., Nelson, R.W., Poysky, F.T., 1991. A comparative study using multiple indices to measure changes in quality of pink and coho salmon during fresh and frozen storage. Seattle, U.S.A: Utilization Research Division, Northwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. 59p.
- Baumgart, J. 1993. Mikrobiologische untersuchung von lebensmitteln. Hamburg: Bher's Verlag. 514p.
- Beltran, A., Moral, A., 1990. Gas chromatographic estimation of oxidative deterioration in sardine during frozen storage. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. 23 (6): 499-504.
- Connell, J.J., 1980. Control of fish quality in marinades, 102-105 Aberdeen: Torry Research Station. 102-105.
- Curran, C.A., Nicoladies, L., Poulter, R.G., Pors, J., 1980. Spoilage of fish from Hong Kong at different storage temperatures. Tropical science. 22: 367-382.
- Çetinkaya, S., 2008. Eğirdir Gölü'nden avlanan gümüş balığı (*Atherina boyeri*, Risso 1810)'ndan marinad yapımı ve bazı besinsel özelliklerinin tespiti. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 126 s. Isparta.
- Eerola, S., Hinkkanen, R., Lindfors, E., Hirvi, T., 1993. Liquid-chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. Journal of AOAC International. 76 (3): 575-577.
- Eke, E., 2007. Farklı balık türlerinden marinad yapımı ve kalitesinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 64 s. Samsun.
- FAO, 1986. Manuals of food quality control food analysis: Quality, adulteration, and tests of identity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 326p.
- FAO, 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2000. FAO (Food and Agriculture Organization)
- FDA/BAM, 1998. Bacteriological analytical manual edition 8, Revision A. New Hampshire, USA: Food and Drug Administration (FDA) Division of Microbiology and Association of Official Analytical Chemists. 250p.
- Goulas, A.E., Kontominas, M.G., 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. Food Chemistry. 93 (3): 511-520.
- Göğüş, A.K., Kolsarıcı, N., 1992. Su ürünleri teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fak. Yay.: 1243, Ders Kitabı:358, Ankara.
- Gökoğlu, N., Cengiz, E., Yerlikaya, P., 2004. Determination of the shelf life of marinated sardine (*Sardina pilchardus*) stored at 4°C. Food Control. 15: 1-4.
- Halkman, A.K., 2005. Merck gıda mikrobiyolojisi uygulamaları. Başak Matbaacılık Limited Şti. 358 s.





- Harrigan, W.F., McCance, M.E., 1976. Laboratory methods. In Food and Dairy Microbiology. Academic Press. London.
- Hernandez-Herrero, M.M., Roig-Sagues, A.X., Lopez-Sabater, E.I., Rodriguez-Jerez, J.J., Mora-Ventura, M.T., 2002. Influence of raw fish quality on some physicochemical and microbial characteristics as related to ripening of salted anchovies (*Engraulis encrasicolus* L). Journal of Food Science. 67 (7): 2631-2640.
- Hernandez-Herrero, M.M., Roig-Sagues, A.X., Rodriguez-Jerez, J.J., Mora-Ventura, M.T., 1999. Halotolerant and halophilic histamine-forming bacteria isolated during the ripening of salted anchovies (*Engraulis encrasicolus*). Journal of Food Protection. 62 (5): 509-514.
- Hultin, H.O., 1994. Oxidation of lipids in seafoods. In Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality, 49-74 (Eds F. Shahidi and J. R. Botta). Blackie Academic & Professional. 49-74.
- Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 195 p. Rome.
- Kanki, M., Yoda, T., Ishibashi, M., Tsukamoto, T., 2004. *Photobacterium phosphoreum* caused a histamine fish-poisoning incident. International Journal of Food Microbiology. 92 (1): 79-87.
- Kaya, G.K., Baştürk, Ö., 2014. Organoleptic and chemical changes during storage of sea bass marinades (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). Journal of Food Processing and Preservation. 38: 1072-1079.
- Khayat, A., Schwall, D., 1983. Lipid Oxidation in Seafood. Food Technology. 37 (7): 130-140.
- Kılınç, B., Çaklı, S., 2005. Determination of the shelf life of sardina (*Sardina pilchardus*) marinades in tomato sauce stored at 4°C. Food Control. 16, 639-644.
- Kietzmann, U., Pribe, K., Rakou, D., Reichstein, K., 1969. See-fisch als Lebensmittel. Hamburg-Berlin: Paul Parey Verlag. 368 p.
- Koral, S., 2012. Türkiye’de geleneksel yöntemlerle işlenmiş balık ürünlerinde biyojenik amin miktarlarının tespiti ve oluşumuna neden olan faktörlerin incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 231 s.
- Koral, S., Tufan, B., Scavnicar, A., Kocar, D., Pompe, M., Kose, S., 2013. Investigation of the contents of biogenic amines and some food safety parameters of various commercially salted fish products. Food Control. 32 (2): 597-606.
- Koral, S., 2016. Farklı tuzlama ve depolama tekniklerinin hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balığının besin değerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 9: 29-36.
- Kyran, V.R., Lougovois, V.P., 2002. Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. International Journal of Food Science and Technology. 37 (3): 319-328.
- Low, L.K., Ng, C.S., 1978. Determination of peroxide value. In Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. C7.1-C7.3 (Ed H. Hasegawa). Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. C7.1-C7.3.
- Ludorf, M., Meyer, W. 1973. Fische und fischerzeugnisse. Paul Parey Verlag. 309p. Hamburg-Berlin.
- Lülledi, E., 1991. Palamut balığının *Sarda sarda* (Bloch, 1793) lakerda’ya işlenmesi ve raf ömrünün belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 30 s. İstanbul.
- McLay, R., 1972. Marinades. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 7 p. Aberdeen.
- Meilgaard M., Civille, G. V. ve Carr, B. T. 1999. In Sensory evaluation techniques. Boca Raton, FL.
- Olgunoğlu, İ.A., 2007. Marine edilmiş hamside (*Engraulis engrasicolus*) duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 111 s. Adana.
- Özden, Ö., Gökoglu, N., 1997. Sardalya balığının, (*Sardina pilchardus* W, 1792) soğukta depolanması sırasında yağında oluşan değişmelerin incelenmesi. Gıda. 22 (4): 309-313.
- Özden, Ö., Metin, S., Baygar, T., Erkan, N., 2001. Vakum paketlenmiş marine balıkların kalitesinin belirlenmesinde yağ asitleri ve aminoasit bileşimindeki değişimlerin incelenmesi. İstanbul: Tubitak Proje No: VHAG-1713/ADP. 29 s.
- Ramanathan, L., Das, N.P., 1992. Inhibitory effects of some natural products on metal-induced lipid oxidation in cooked fish. Biological Trace Element Research. 34 (1): 35-44.
- Schormüller, J., 1968. Tierische lebensmittel eier, fleisch, buttermilch. In Handbuch der Lebensmittel Chemie, Band III/2 Teil, 1493-1494. Springer- Verlag pp.1493-1494. Berlin-Heidelberg-New York.
- Schormüller, J., 1969. Fette und lipoide (Lipids). In Handbuch der Lebensmittel Chemie, Band IV, 872-878. Springer-Verlag. 872-878. Berlin-Heidelberg-New York.
- Serdaroğlu, M., Deniz, E.E., 2001. Balıklarda ve bazı su ürünlerinde trimetilamin (TMA) ve dimetilamin (DMA) oluşumunu etkileyen koşullar. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. 18 (3/4): 575-581.
- Sikorski, Z.E., 1989. The nutritive composition of the major groups of marine food organisms, seafood: resources, nutritional composition and preservation. Boca Raton, Florida: CRC Press. 256p.



- Silla Santos, M.H., 1996. Biogenic amines: Their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology*. 29 (2-3): 213-231.
- Tarladgis, B.G., Pearson, A.M., Dugan Jun, L.R., 1964. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods. II—Formation of the TBA-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 15 (9): 602-607.
- Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T., Dugan, J.L., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 37 (1): 44-48.
- Turan, H., Kaya, Y., Erkoyuncu, I., Sonmez, G., 2006. Chemical and microbiological qualities of dry-salted (lakerda) bonito (*Sarda sarda*, Bloch 1793). *Journal of Food Quality*. 29 (5): 470-478.
- Varlik, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T., 2004. Su ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları. 490 s. İstanbul.
- Wootton, M., Silalahi, J., Wills, R.B.H., 1989. Amine levels in some Asian seafood products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 49 (4): 503-506.
- Yapar, A., Erdol, M., 1999. Changes in some properties of whiting liver oil stored in a refrigerator. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 23 (4): 333-336.
- Zhai, H.L., Yang, X.Q., Li, L.H., Xia, G.B., Cen, J W., Huang, H., Hao, S.X., 2012. Biogenic amines in commercial fish and fish products sold in Southern China. *Food Control*. 25 (1): 303-308.