

İNCEDUDAKLI KEFAL (*Liza ramada*)'İN YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONU VE BUZDOLABINDA MUHAFAZASI (4°C) SIRASINDA LİPİT OKSİDASYONU

Gülsün Özyurt*, Bahar Tokur, Yeşim Özoğul, Koray Korkmaz,
Abdurrahman Polat

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Balcalı ADANA

Özet:

Bu çalışmada, II. IV. ve VI. yaştaki incedudaklı kefalların yağ asidi kompozisyonu ve buzdolabında muhafazası sırasında lipit oksidasyonu araştırılmıştır. Tüm yaş gruplarında temel yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), oleik asit (18:1ω9), araşhidonik asit (20:4ω6), eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5ω3) ve dekosahexaenoik asit (DHA, 22:6ω3) olduğu belirlenmiştir. II. , IV. ve VI. yaş gruplarındaki incedudaklı kefalların EPA seviyeleri sırasıyla %13.37, %13.17 ve %12.28 olarak bulunurken DHA seviyeleri sırasıyla %18.14, %13.80 ve %13.76 olarak bulunmuştur. Bu araştırma sonucunda, herhangi bir yaş grubundaki incedudaklı kefalın günde 100 g tüketilmesinin EPA+DHA yağ asitleri açısından insanların ihtiyacını karşılayabilmede yeterli olduğu söylenebilir. Buzdolabında depolama süresi sonunda, II. yaş grubundaki incedudaklı kefalların pH, serbest yağ asitleri (FFA), peroksit değeri (PV) ve TBA değerleri sırasıyla 6.75, % 4.17 oleik asit, 18.59 meq O₂/kg ve 0.95 mg malonaldehit/kg'dir. Aynı parametreler IV. yaş grubundaki balıklarda sırasıyla 7.05, %5.26 oleik asit, 17.26 meq O₂/kg ve 0.67 mg malonaldehit/kg ve VI. yaş grubunda 6.51, % 4.63 oleik asit, 19.73 meq O₂/kg ve 0.88 mg malonaldehit/kg'dir. Araştırma sonucunda, duyuşal ve kimyasal kalitenin muhafaza süresine bağılı olarak azaldığı ve yaşın kalite üzerine bir etkisinin olmadığı (p>0.05) belirlenmiştir. Araştırmada, duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre tüm yaş gruplarında incedudaklı kefalların buzdolabında depolanma süresi 7 gün olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kefal, *Liza ramada*, yağ asidi kompozisyonu, lipit oksidasyonu

Abstract:

Fatty acid composition and lipid oxidation during refrigerated storage (4 °C) of thinlip grey mullet (*Liza ramada*)

In this study, the fatty acid compositions and lipid oxidation during refrigerated storage of thinlip grey mullet aged II. IV. and VI. were investigated. In all age groups, the major fatty acids in the thinlip grey mullet were observed to be palmitic acid (16:0), stearic acid (18:0), oleic acid (18:1ω9), arachidonic acid (20:4ω6), eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5ω3) and dekosahexaenoic acid (DHA, 22:6ω3). The levels of EPA in the thinlip grey mullet in II. IV. and VI. age groups were 13.37%, 13.17% ve 12.28%, while those of DHA were 18.14%, 13.80% ve 13.76%, respectively. The present study suggest that the daily consumption of 100 g thinlip grey mullet in any aged groups could meet people's needs for EPA+DHA fatty acids. At the end of the refrigerated storage period pH, free fatty acids (FFA), peroxide value (PV) and TBA values of II. age-group thinlip grey mullet were 6.75, 4.17 % oleic acid, 18.59 meq O₂/kg and 0.95 mg malonaldehyde/kg, respectively. The same parameters for IV. age-group thinlip grey mullet were 7.05, 5.26% oleic acid, 17.26 meq O₂/kg and 0.67 mg malonaldehyde/kg and

* Correspondence to: Dr. Gülsün ÖZYURT, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Balcalı ADANA
Tel: (322) 3386084, Fax: (322) 3386439, E-mail: beklevik@cu.edu.tr

for VI. age-group were 6.51, 4.63 % oleic acid, 19.73 meq O₂/kg and 0.88 mg malonaldehde/kg, respectively. At the end of the study, it was concluded that chemical and sensory quality decreased depending on the storage period and age did not have an effect (p>0.05) on the quality. In this study, acceptable shelf life was 7 days for all groups during refrigerated storage according to the sensory assessment. In this study, according to the sensory assessment, it was determined that acceptable shelf life for all age-groups during refrigerated storage was 7 days.

Keywords: Mullet, *Liza ramada*, fatty acid composition, lipid oxidation

Giriş

Balık yağlarının tüketiminin büyüme ve gelişme üzerine olumlu etkileri, kalp damar hastalıkları, depresyon, yüksek kolesterol, tansiyon, bazı alerji türleri ve kanser gibi birçok hastalıktan korunmada ise yararlı etkileri vardır (Simopoulos, 1989). Özellikle anne adaylarının beslenmelerine dikkat ettikleri hamilelik döneminde EPA ve DHA gibi çoklu doymamış yağ asitleri tüketiminin bebek gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu da bilinmektedir. Balıklar bu yağ asitlerinin temel kaynaklarından biri olmakla birlikte, yağ asidi kompozisyonları tür, mevsim, cinsiyet, yaş, yakalanılan coğrafi bölge gibi faktörlerden dolayı büyük farklılıklar gösterebilmektedirler (Özyurt ve Polat, 2006; Saito ve ark. 1999; Ackman, 1989; Nettleton, 1985). Bu nedenle uygun diyetlerin belirlenebilmesi için özellikle besin tablosu hazırlayan diyetisyenler, bu yönde yapılan araştırmalara ihtiyaç duymaktadırlar.

Lipit oksidasyonu özellikle yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) içeren balıkların ve balık ürünlerinin besinsel değerinin azalmasına, kalitesinin bozulmasına ve raf ömrünün kısılmasına neden olan en önemli faktörlerden birisidir. Balığın kas dokusunda bulunan PUFA'lar, enzimatik veya enzimatik olmayan yollarla oksitlenmektedir. Bunun sonucunda meydana gelen peroksiradikaller ve hidroperoksiradikallerin uçucu yıkım ürünleri, balık yağlarının acılaşmasına neden olmaktadır. Özellikle yağlı balıkların bozulmalarının başlıca nedenlerinden biri olan lipit oksidasyonu, proteinlerin denatürasyonunda, enzimlerin inaktivasyonunda ve biyolojik membranların yıkımında da önemli rol oynamaktadır. Bunların sonucu olarak da balığın doku yapısında, renginde, kokusunda ve tadında arzu edilmeyen değişimler ortaya çıkmaktadır (Polat ve Tokur, 2000).

İncedudaklı kefal (*Liza ramada*) ekonomik öneme sahip kefal türlerinden birisidir. Has kefal (*Mugil cephalus*) ile aynı familyada yer

alan bu türün ayrımı tecrübeli ve uzman kişilerce yapılabilmekte, sıradan tüketici bu türü ayırt edememektedir. Yapılan araştırmalar çoğunlukla has kefalın yağ asidi kompozisyonu, amino asit kompozisyonu, lipit ve protein gibi besin madde bileşenlerinin belirlenmesine yönelik olup (Tanakol ve ark., 1999; Şengör ve ark., 2003; Özoğul ve Özoğul, 2007) incedudaklı kefalın yağ asidi kompozisyonu ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. Bu amaçla balıkların yağ asidi kompozisyonunu etkileyen etmenlerden bir tanesi olan yaş faktörü de dikkate alınarak incedudaklı kefalın yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Genel olarak taze tüketim alışkanlığına sahip olan halkımız bu türü de satın aldıktan sonra buzdolabı koşullarında saklayarak tüketme eğilimindedir. Bu çalışmada, incedudaklı kefalın farklı yaş gruplarındaki yağ asidi kompozisyonunun belirlenerek, en yaygın saklama şekli olan buzdolabında (+4°C) depolanması sırasında, meydana gelen lipit oksidasyonu ve duyu kalite kriterlerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Method

Örneklerin hazırlanması ve depolanması

Akdeniz'de Mersin Körfezinden temin edilen kefal örneklerinin ortalama ağırlıkları 149 ±41.01 gr'dır. Nikolsky (1969) yöntemine göre yaş grupları belirlenen (II yaş, IV yaş ve VI yaş) kefal örnekleri yıkanmış ve iç organları temizlenmiş şekilde strafor tabaklarda üzerleri streç filmle kaplanarak buzdolabında (+4°C) depolanmıştır. Her yaş grubundan 3 balık tesadüfî olarak seçilerek 0. 3. ve 7. günlerde analizler yapılmıştır.

Duyusal analiz

Pişirilmemiş ve pişmiş örneklerin duyu analizleri 6 deneyimli panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Pişirilmemiş örneklerde renk 4 derecelik bir skalada (0= kuvvetli sarı - 3= tipik taze kefal rengi), koku ise 7 derecelik bir skalada (0= kokmuş - 6= taze koku) Botta

(1995)'e göre değerlendirilmiştir. Renk ve koku değerlendirmelerinden sonra örnekler mikrodalga fırında pişirilerek genel kabul edilebilirlik (oldukça beğenmedim – oldukça beğendim) yönünden değerlendirilmiştir.

Kimyasal analizler

Kimyasal değişimi belirlemek amacıyla pH ölçümleri dijital bir pH metre (WTW 315i, Germany) ile Lima dos Santos ve ark. (1981)'na göre, tiyobarbitürik asit sayısı (TBA, mg malonaldehit/kg örnek) Lynch ve Frei (1993) göre yapılmıştır. Serbest yağ asidi analizi (FFA) AOCS (1994)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla daha önce elde edilmiş yağın üzerine ısıtılmış ve 2 ml fenolfitalein eklenerek 0.1 N'lik sodyum hidroksit çözeltisinde nötralize edilmiş etil alkol eklenmiştir. Çözelti bir miktar karıştırıldıktan sonra üzerine 2 ml fenolfitalein eklenerek ve 0.1 N'lik sodyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmiştir. Harcanan sodyum hidroksit miktarına göre serbest yağ asidi miktarı belirlenmiştir. Peroksit değeri (PV) ise AOCS (1994)'e göre, daha önce elde edilen yağın üzerine asetik asit/kloroform çözeltisi ve potasyum iyodür çözeltisi eklenerek sodyum tiyosülfat ile titre edilmiş ve harcanan sodyum tiyosülfat miktarına bağlı olarak belirlenmiştir.

Yağ ekstraksiyonu ve yağ asidi analizi

Yağ ekstraksiyonu işlemi Bligh ve Dyer (1959) metoduna göre yapılmıştır. Yağ asidi metil esterleri, Ichihara ve ark., (1996) tarafından tanımlanmış metoda göre küçük bir ekleme ile n-hexane ve metanol içerisinde 2 M KOH kullanılarak transmetilasyon ile hazırlanmıştır.

Gaz kromatografisi şartları

Yağ asitleri analizi GC Clarous 500 cihazında (Perkin-Elmer, USA), alev iyonizasyon detektörü ve asit silisit tuzu tüpü SGE (30 m · 0.32 mm ID · 0.25 lm BP20 0.25 UM, USA) kullanılarak yapılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile önce 220°C'ye sonra 280°C'ye ayarlandı. Bu esnada fırın sıcaklığı 5 dakika 140°C'de tutuldu. Sonrasında her dakika 4°C artırılarak 200°C'ye kadar, 200°C'den 220°C'ye de her dakika 1°C artırılarak getirildi. Numune ölçüsü 1ml ve taşıyıcı gaz da 16 ps'de kontrol edildi. Ayıraç 1:100 oranında kullanıldı. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan yağ asitleri metil esterleri karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak

karşılaştırılmasıyla tanımlandı. % olarak ifade edilen EPA ve DHA yağ asitlerinin g/100 g'a çevrimi Paul ve Southgate (1988) in önerdiği formüle göre yapılmıştır.

İstatistiksel analiz

Verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi (ANOVA) uygulanarak Duncan (1955) çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. İstatistiksel karşılaştırmalar her yaş grubundan örnekleme üç örnekten elde edilen verilerde yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yağ asidi kompozisyonu

İncedudaklı kefalın yağ içeriği II., IV. ve VI. yaş gruplarına göre sırasıyla %1.44, %1.29 ve %1.28 olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak yaş grupları arasında bir fark gözlenmemiştir (p>0.05). İncedudaklı kefalın farklı yaş gruplarına ait yağ asidi kompozisyonu Tablo 1'de görülmektedir. Araştırma sonucunda, tüm yaş gruplarında incedudaklı kefalın hakim temel yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), oleik asit (18:1ω9), araşidonik asit (20:4ω6), eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5ω3) ve dekosahexaenoik asit (DHA, 22:6ω3) olduğu belirlenmiştir. İncedudaklı kefalın yağ asidi kompozisyonu ile ilgili herhangi bir bilimsel veriye ulaşamamış ancak Özoğul ve Özoğul (2007) bu tür ile aynı familyada yer alan has kefalın (*Mugil cephalus*) temel yağ asitlerinin de palmitik asit (16:0), palmitoleik asit (16:1), oleik asit (18:1ω9), eikosapentaenoik asit (20:5ω3) ve dekosahexaenoik asit (22:6ω3) olduğunu belirtmişlerdir.

Palmitik asidin, II., IV. ve VI. yaş gruplarında sırasıyla toplam doymuş yağ asitlerinin %59.41, %59.08 ve %60.61'lik kısmını oluşturmamasından dolayı bu yağ asidinin temel doymuş yağ asidi olduğu söylenebilir. Stansby (1982), palmitik asidin bazı balık yağlarında toplam yağ asidinin %50'sini oluşturabileceği gibi, çok az balıkta %20'sinden daha az kısmını oluşturacağını belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada da palmitik asidin toplam yağ asitlerinin yaş gruplarına göre % 17.21 - 20.83'lik kısmını oluşturduğu saptanmıştır. Palmitik asidin IV. yaş grubunda diğer gruplardan istatistiksel olarak daha az oranda saptanmasına rağmen (p<0.05), yaş gruplarına göre toplam doymuş yağ asitlerinin istatistiksel olarak ben-

zer oranlarda olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) temel bileşenlerinden oleik asitin oranı yaş grupla-

rına göre sırasıyla %6.00 %7.52 ve %7.91 olarak saptanmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir.

Tablo 1. İncedudaklı kefalın yağ asidi kompozisyonu
Table 1. Fatty acid composition of thinlip grey mullet

(%)	II. Yaş	IV. Yaş	VI. Yaş
C _{14:0}	1.89 ±0.28 ^a	1.86±0.21 ^a	1.99±0.11 ^a
C _{15:0}	0.18 ±0.04 ^a	0.19±0.03 ^a	0.22±0.01 ^a
C _{16:0}	20.83 ±0.11 ^b	17.21±1.73 ^a	20.43±0.13 ^b
C _{17:0}	0.11 ±0.00 ^a	0.11±0.01 ^a	0.14±0.00 ^b
C _{18:0}	9.09 ±0.16 ^a	7.32±0.89 ^a	7.78±0.31 ^a
C _{24:0}	2.98 ±0.18 ^a	2.45±0.44 ^a	3.15±0.13 ^a
ΣSFA	35.06 ±0.16^a	29.13±3.25^a	33.71±0.19^a
C _{16:1}	3.23 ±0.42 ^a	2.63±0.25 ^a	4.20±0.11 ^b
C _{17:1}	0.26 ±0.08 ^a	0.12±0.03 ^{ab}	0.39±0.05 ^b
C _{18:1ω9}	6.00 ±0.13 ^a	7.52±0.91 ^a	7.91±0.48 ^a
C _{20:1ω9}	0.09 ±0.01 ^a	0.08±0.00 ^a	0.17±0.01 ^b
ΣMUFA	9.58 ±0.37^a	10.34±0.64^a	12.66±0.33^b
C _{18:2ω6}	2.04 ±0.14 ^a	5.79±0.41 ^b	2.17±0.01 ^a
C _{18:3ω6}	0.18 ±0.00 ^b	0.15±0.01 ^a	0.18±0.01 ^b
C _{18:3ω3}	0.11 ±0.03 ^a	0.10±0.00 ^a	0.14±0.01 ^a
C _{18:4ω3}	0.21 ±0.00 ^a	0.19±0.04 ^a	0.23±0.01 ^a
C _{20:2ω6}	0.29 ±0.04 ^a	0.41±0.01 ^b	0.41±0.01 ^b
C _{20:4ω6}	5.59 ±0.12 ^a	4.67±0.77 ^a	4.7±0.01 ^a
C _{20:5ω3}	13.37 ±0.06 ^a	13.17±2.35 ^a	12.28±0.19 ^a
C _{22:6ω3}	(0.16 g/100g) 18.14 ±1.31 ^b	(0.14 g/100g) 13.80±1.70 ^a	(0.13 g/100g) 13.76±0.54 ^a
ΣPUFA	(0.22 g/100g) 39.93 ±1.04^a	(0.15 g/100g) 38.26±4.47^a	(0.15 g/100g) 33.86±0.36^a
Tanımlanamayan	15.44	22.27	19.77
EPA+DHA	0.38 g/100g	0.29 g/100g	0.28 g/100g

Aynı satırdaki farklı harfler (a,b,c) istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Pek çok balık yağının çoklu doymamış yağ asitlerinde ω-3 serisi yağ asitlerinden EPA ve DHA yağ asitlerinin baskın olduğu görülmektedir (Ackman, 1995). Bu çalışmada da, EPA ve DHA yağ asitlerinin hakim çoklu doymamış yağ asitleri olduğu görülmektedir. EPA seviyesi II., IV. ve VI. yaş gruplarında sırasıyla %13.37, %13.17 ve %12.28 olarak bulunurken DHA seviyesi sırasıyla %18.14, %13.80 ve %13.76 olarak bulunmuştur. Gruplar arasında EPA içeriği bakımından istatistiksel olarak bir fark gözlenmezken ($p>0.05$) en yüksek DHA içeriği II. Yaş grubunda gözlenmiştir ($p<0.05$). Balık yumurtalarının temel yapıtaşlarını ω-3 serisi yağ asitlerince zengin fosfolipidler oluşturdukları için bu yağ asitleri tercihli olarak adipoz dokudan yumurtalara transfer edilirler

(Henderson ve ark., 1984; Henderson ve Almatar, 1989). Çalışmamızda, özellikle DHA seviyesinin IV. ve VI. yaşlarda II. yaşa göre daha düşük oranlarda bulunması, bu yağ asidinin eşeyssel olgunluğuna erişen bireylerde kaslardan üreme organlarına aktarılmış olabileceğini düşündürmektedir.

İnsan sağlığı için son derece önemli olan EPA ve DHA yağ asitlerinin g/100 g yağ ağırlığındaki oranları Tablo 1’de görülmektedir. İngiltere Beslenme Kuruluşu (British Nutrition Foundation, 1992) dengeli ve sağlıklı bir beslenme için tüketilen diyetlerin günde en az 0.2g EPA+DHA içermesi gerektiğini önermişlerdir. Buna göre, yaş grubu gözetmeksizin günde 100g incedudaklı kefal tüketiminin

dengeli ve sağlıklı beslenme isteğini karşılayacağı görülmektedir.

Duyusal değerlendirme

İncedudaklı kefalların buzdolabında saklanmaları süresince pişirilmemiş duyuşsal renk (deri ve karın) ve koku değerlerinde gözlenen değişimler Tablo 2’de görülmektedir. Tüm yaşı gruplarında depolama süresince deri ve karın renk değerleri ile koku değerlerinin istatistiksel olarak önemli derecede azaldığı ($p<0.05$) ve 7. günde tüm grupların tüketilmezlik sınırına

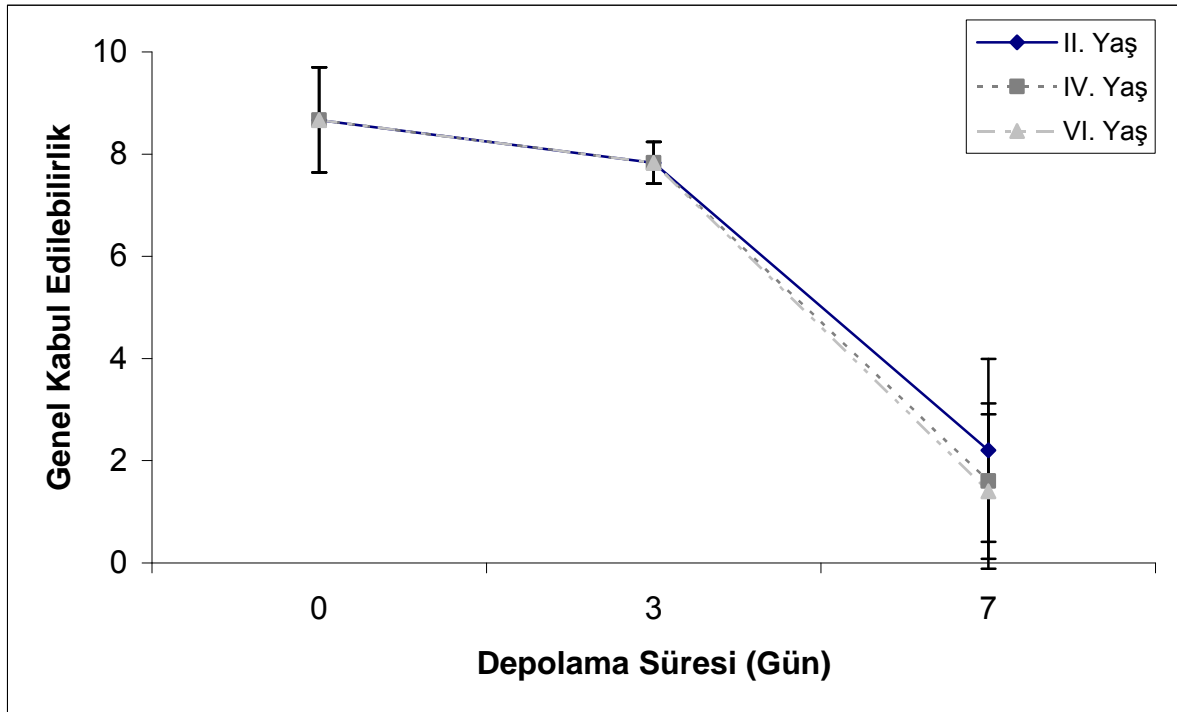
ulaştığı belirlenmiştir. Panelistler depolama süresi sonunda koku değerlerinin IV. ve VI. yaşı gruplarında II. yaşı grubuna göre daha düşük olduğunu belirtmelerine rağmen karın ve deri renk değerlerinin tüm yaşı gruplarında benzer olduğunu belirtmişlerdir ($p>0.05$). Benzer şekilde pişirilmiş duyuşsal değerlendirme sonucuna göre de tüm yaşı gruplarında 7 günlük muhafaza süresinin sonunda genel kabul edilebilirlik değerlerinde azalma ($p<0.05$) olduğu ancak yaşı grupları arasında farklılıklar ($p>0.05$) olmadığı belirlenmiştir (Şekil 1).

Tablo 2. İncedudaklı kefalın buzdolabında saklanması süresince pişirilmemiş duyuşsal renk (deri ve karın) ve koku değerlerindeki değişimler

Table 2. Changes in raw sensory colour (skin and belly) and odour values of thinlip grey mullet during refrigerated storage

Depolama süresi	Renk (Deri)			Renk (Karın)			Koku		
	II. Yaşı	IV. Yaşı	VI. Yaşı	II. Yaşı	IV. Yaşı	VI. Yaşı	II. Yaşı	IV. Yaşı	VI. Yaşı
0. Gün	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	6.0 ±0.00 ^{bx}	6.0 ±0.00 ^{cx}	6.0 ±0.00 ^{cx}
3. Gün	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	3.0 ±0.00 ^{bx}	2.92 ±0.20 ^{bx}	2.92 ±0.20 ^{bx}	5.33 ±1.03 ^{bx}	5.00 ±0.89 ^{bx}	5.0 ±0.89 ^{bx}
7. Gün	1.33 ±0.52 ^{ax}	0.67 ±1.03 ^{ax}	0.67 ±1.03 ^{ax}	1.17 ±0.75 ^{ax}	0.67 ±1.03 ^{ax}	0.67 ±1.03 ^{ax}	1.17 ±0.41 ^{ay}	0.17 ±0.41 ^{ax}	0.33 ±0.52 ^{ax}

Aynı sütun (a,b,c) ve satırdaki (x, y) farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).



Şekil 1. İncedudaklı kefalın buzdolabında saklanması süresince pişmiş duyuşsal genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler

Figure 1. Changes in overall acceptability value for cooked sensory of thinlip grey mullet during refrigerated storage

Kimyasal değerlendirme

İncedudaklı kefalların buzdolabında saklanmaları süresince pH değerlerinde gözlenen değişimler Tablo 3’de görülmektedir. pH değerlerinin II. ve IV. yaş gruplarında 7 günlük depolama süresi sonunda istatistiksel olarak önemli derecede arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi sonunda en yüksek pH değerinin ise IV. yaş grubunda olan balıklarda (7.05) olduğu belirlenmiştir.

Lipit oksidasyonu depolama ömrünü sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir (Pearson ve ark., 1983). Gliseritler, glikolipitler ve fosfolipidler lipoliz ile serbest yağ asitlerine (FFA) hidrolize olurlar. Gıdanın bileşiminde serbest yağ asidi miktarının artması oksidasyonu hızlandıran etmenlerden birisidir. Oksidasyonun birinci basamağında doymamış yağ asitlerinin çift bağlarına oksijenin eklenmesiyle peroksitler (PV) meydana gelir. Peroksitler tatsız kokusuz bileşikler olduğu için tüketiciler tarafından ayırt edilemezler. Ancak bunlar bizim acılaşmayı algılamamızı sağlayan aldehytler, ketonlar ve karboksilik asitler gibi ikincil ürünlerin ortaya çıkmasına neden olurlar (Porter ve ark., 1992). Bu yıkım ürünlerinden bir tanesi olan malonaldehit tiyobarbitürik asit (TBA) ile kolorimetrik olarak reaksiyona girdiği için acılaşmanın seviyesi TBA analizi ile belirlenebilmektedir. Lipit oksidasyonunun ikincil ürünleri de diğer kimyasal ürünlere yıkıldığı için depolama süresince TBA değerinde artış ve azalışlar gözlenebilmektedir (Melton, 1983; Regenstein ve Regenstein, 1991).

Tablo 4’de incedudaklı kefalların buzdolabında bekletildikleri 7 günlük süre boyunca serbest yağ asitleri (FFA), peroksit değeri (PV) ve tiyobarbitürik asit (TBA) değerlerinde gözlenen değişimler görülmektedir. Araştırmada, II. ve IV. yaş gruplarında olan incedudaklı kefalların buzdolabında saklandıkları 7 gün sonunda FFA değerlerinde istatistiksel olarak artış olduğu ($p<0.05$) VI. yaş grubunda olan balıklardaki artışın ise istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Depolama sonunda her üç yaş grubundaki artışın ise benzer olduğu saptanmıştır ($p>0.05$). Benzer şekilde, PV değerlerinde de her üç yaş grubunda depolama sonunda artış olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama süresinin başlangıcında II., IV. ve VI. yaş gruplarında sırasıyla 0.60, 0.35 ve 0.59 mg malonaldehit/kg olan TBA değerlerinin depolama süresi sonunda sırasıyla 0.95, 0.67 ve 0.88 mg malonaldehit/kg’a yükseldiği saptanmıştır. Araştırmada, TBA değerlerinin Schormüller (1969)’un belirttiği gibi, çok iyi bir materyalde bulunması gereken 3 mg malonaldehit/kg değerini aşmamasına rağmen, duyuşal verilere göre balıkların tüketilemezlik sınırına ulaştığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Poli ve ark. (2001) tarafından buzda ve +4 °C’de depolanan levrekler (*Dicentrarchus labrax*) için de belirtilmiştir.

Sonuç

Araştırma sonucunda belirlenen tüm bu lipit oksidasyon ürünlerindeki artışın tazeliğın azaldığını işaret ettiği, ancak yaş grupları açısından bir fark olmadığı ve bunun duyuşal verilerle de paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 3. İncedudaklı kefalın buzdolabında saklanması süresince pH değerindeki değişimler

Table 3. Changes in pH value of thinlip grey mullet during refrigerated storage

Depolama süresi	II. Yaş	IV. Yaş	VI. Yaş
0. Gün	6.56 ±0.01 ^{ax}	6.57 ±0.01 ^{ax}	6.94 ±0.04 ^{cy}
3. Gün	6.69 ±0.11 ^{abx}	6.67 ±0.36 ^{ax}	6.64 ±0.05 ^{bx}
7. Gün	6.75 ±0.42 ^{by}	7.05 ±0.71 ^{bz}	6.51 ±0.18 ^{ax}

Aynı sütun (a,b,c) ve satırdaki (x, y, z) farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 4. İncedudaklı kefalın buzdolabında saklanması süresince FFA (% oleik asit), PV (meq O₂/kg) ve TBA (mg malonaldehit/kg) değerindeki değişimler

Table 4. Changes in FFA (oleic acid %), PV (meq O₂/kg) and TBA (mg malonaldehyde/kg) values of thinlip grey mullet during refrigerated storage

Depolama süresi	FFA			PV			TBA		
	II. Yaş	IV. Yaş	VI. Yaş	II. Yaş	IV. Yaş	VI. Yaş	II. Yaş	IV. Yaş	VI. Yaş
0. Gün	2.91 ±0.11 ^{ax}	2.15 ±0.35 ^{ax}	4.08 ±0.32 ^{ay}	1.54 ±0.04 ^{ax}	1.67 ±0.1 ^{ax}	2.52 ±0.72 ^{ay}	0.60 ±0.11 ^{ay}	0.35 ±0.02 ^{ax}	0.59 ±0.08 ^{ay}
3. Gün	3.53 ±0.26 ^{bx}	4.75 ±0.99 ^{bz}	4.12 ±0.04 ^{ay}	7.81 ±0.58 ^{bx}	14.79 ±0.32 ^{bz}	11.33 ±2.59 ^{by}	1.02 ±0.06 ^{by}	0.60 ±0.03 ^{bx}	1.04 ±0.05 ^{by}
7. Gün	4.17 ±0.06 ^{cx}	5.26 ±1.32 ^{bx}	4.63 ±0.05 ^{ax}	18.59 ±0.71 ^{cxy}	17.26 ±1.3 ^{cx}	19.73 ±0.83 ^{cy}	0.95 ±0.02 ^{by}	0.67 ±0.07 ^{bx}	0.88 ±0.03 ^{cy}

Aynı sütun (a,b,c) ve satırdaki (x, y, z) farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir (p<0.05).

Kaynaklar

- Ackman, R.G., 1989. Nutritional Composition of Fats in Sea Foods. *Progress in Food and Nutrition Science*, **13**: 161-241.
- Ackman, R.G., 1995. Composition and Nutritive Value of Fish and Shellfish Lipids. *In A. Ruither, eds, Fish and Fishery Products.*, 117-156. CAB International, UK.
- AOCS 1994. The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, the American Oil Chemists' Society, Champaign, II.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid Method of Total Lipit Extraction and Proficiation, *Canadian Journal of Biochemical Physiology*, **37**: 911-917.
- Botta JR.1995. Sensory Evaluation: Attributed Assessment in Evaluation of Seafood. VCH publishers inc, New York.
- British Nutrition Foundation 1992. Unsaturated Fatty Acids. Nutritional and Physiological Significance. (Report of British Nutrition Foundation). Chapman & Hall, London, 156-157.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple Range and Multiple F.Test. *Biometrics*, **11**: 1-42
- Henderson, R.J., Sargent, J.R. and Hopkins, C.C.E., 1984. Changes in the Content and Fatty Acid Composition of Lipid in an Isolated Population of Capelin (*Mallotus villosus*) During Sexual Maturation and Spawning. *Marine Biology*, **78**: 255-263.
- Henderson, R.J and Almatar, S.M., 1989. Seasonal Changes in the Lipid Composition of Herring (*Clupea harengus*) in Relation to Gonad Maturation. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **69**: 323-334.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K. And Nakayama, T. 1996. An Improved Method for Rapid Analysis of the Fatty Acids of Glycerolipids. *Lipids*, **31**: 535-539.
- Lima Dos Santos, C., James, D. and Teutscher, F., 1981. Guidelines for Chilled Fish Storage Experiments. FAO. Fish Tech. Pep., Food and Agricultural Organization, Rome, 210 p.
- Lynch, S.M., Frei, B. 1993. Mechanism of copper- and -iron- dependent oxidative modification of human low density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*, **34**: 1745- 1753.
- Nettleton, J. A., 1985. Seafood Nutrition. Facts, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish. Van Nostrand/Reinhold, New York, Osprey Books, 280 p
- Nikolsky, G. V., 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Oliver and Boyd Ltd. Edinburg, 323p.
- Melton S., 1983. Methology for Following Lipid Oxidation in Muscle Foods. *Food Technology*, **37**: 111-116.

- Özoğul Y. and Özoğul F., 2007. Fatty Acid profiles of Commercially Important Fish species from Mediterranean, Aegean and Black Seas, *Food Chemistry*, **100**: 1634-1638.
- Özyurt, G. and Polat, A., 2006. Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a seasonal differentiation. *European Food Research and Technology*, **222**: 316-320.
- Paul, A.A. and Southgate, D.A.T. 1988 In: McCance A, Widdowson F, eds, *The composition of foods*. HMSO, 16-17, London.
- Pearson, A.M., Gray, J.J., Wolzak, A.M. and Horenstein, N.A., 1983. Safety Implications of Oxidized Lipids in Muscle Foods. *Food Technology*, **37**: 121.
- Poli, B.M., Parisi, G., Zampacavallo, G., Mecatti, M., Lupi, P., Gualtieri, M. and Franci O., 2001. Quality Outline of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Rared in Italy: Shelf Life, Edible Yield, Nutritional and Dietetic Traits. *Aquaculture*, **202**: 303-305.
- Porter, P.J., Kennish J.M. and Kramer, D.E., 1992. The Effects of Exsanguination of Sockeye Salmon on the Changes in the Lipid Composition During Frozen Storage. In E.G. Bligh, eds, *Seafood and Tech*, 76-84. Fishing News Books.
- Polat, A. ve Tokur B., 2000. Balıklarda prooksidan ve antioksidanların lipit oksidasyonuna etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **17**: 299-310.
- Regenstein J.M. and Regenstein C.E., 1991. Introduction to Fish Technology. New York: Van Nostrand Reinhold (an Osprey Book), 269.
- Saito, H., Yamashiro, R., Alasalvar, C. and Konno, T., 1999. Influence of Diet on Fatty Acids of Three Subtropical Fish, Subfamily Caesioninae (*Caesio diagramma* and *C. tile*) and Family Siganidae (*Siganus canaliculatus*). *Lipids*, **34**: 1073-1082.
- Sargent, J.R., 1995. Origins and Functions of Egg Lipids: Nutritional Implications. In N.R. Bromage, R.J. Roberts, eds, *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. 353-372. Blackwell, Oxford.
- Schormüller, J., 1969. Handbuch der Lebensmittel Chemie, Band IV. Fette und Lipide (Lipids). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-NewYork, 872-878.
- Simopoulos, A.P. 1989. Summary of the NATO Advanced Research Workshop on Dietary Omega 3 and Omega 6 Fatty Acids: Biological Effects and Nutritional Essentiality, *Journal of Nutrition*, **119**: 521-528.
- Stansby, M. E., 1982. Properties of Fish Oils and Their Application to Handling of Fish and to Nutritional and Industrial Use, In R. E Martin, G.J Flick, C.E. Hebard and D.R Ward, eds, *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*, 75-92. Avi Publishing Wesport, Connecticut.
- Şengör G.F., Özden Ö., Erkan N., Tüter M. and Aksoy H.A., 2003. Fatty Acid Compositions of Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*) Fillet, Raw and Beeswaxed Caviar Oils. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **3**: 93-96.
- Tanakol R., Yazıcı Z, Şener E. and Sencer E., 1999. Fatty acid composition of 19 species of fish from the Black Sea and the Marmara Sea., *Lipids*, **34** (3): 291-297.