

Değişik Pişirme Yöntemlerinin Lambuka (*Coryphaena hippurus*) Filetolarının Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkileri

Nasuh AKGÜL^{1*}, Mehmet BAŞHAN²

Öz

Bu çalışmada lambuka balığının (*Coryphaena hippurus*) yağ asidi kompozisyonu üzerine bitkisel yağlarda kızartma ile kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. Farklı pişirme yöntemlerinin, balıkların yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği görülmüştür. Bitkisel yağlarda kızartılan lambuka filetolarında kontrole göre eikosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit ve $\sum n-3$ PUFA (çoklu doymamış yağ asitleri) yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı bir hayli düşük çıkmıştır. Zeytinyağında kızartılan örneklerde ham filetolara oranla 18:1n-9 miktarı 4 kat, ayçiçek yağı ve mısırözü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6 yüzdesi 25 kat artmıştır. Fırında pişirmede; 18:1n-9, 18:2n-6, \sum MUFA (tekli doymamış yağ asitleri), $\sum n-6$ PUFA artarken DHA, \sum PUFA, $\sum n-3$ PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur. Izgarada pişirme yönteminde ise 20:4n-6 ile $\sum n-6$ PUFA artmış, $\sum n-3$ PUFA ve DHA azalmıştır. n-3/n-6 oranı, fırın ve ızgara ile pişirme işleminde oldukça düşük bulunmuştur. Tüm pişirme yöntemlerinden elde edilen aterosjenik indeks (AI) ve trombojenik indeks (TI) değerleri, beslenme uzmanlarının önerdiği değer olan 1.0 in altında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pişirme yöntemleri, Yağ asitleri kompozisyonu, Lambuka.

The Effects of Different Cooking Methods on Fatty Acid Composition of Mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) Fillets

Abstract

In this study, the effect of cooking methods other than frying in vegetable oils and frying on the fatty acid composition of mahi-mahi fish (*Coryphaena hippurus*) was investigated. It was determined that the frying process changed the fatty acid composition of the fish. The eikosapentaenoic acid, dokosaheksaenoic acid and $\sum n-3$ PUFA (polyunsaturated fatty acid) percentages and the n-3/n-6 ratio were found to be considerably lower in mahi-mahi fillets fried with vegetable oils compared to the control. In the samples fried in olive oil, the amount of 18:1n-9 increased 4 times compared to the raw fillets, and the percentage of 18:2n-6 in the samples fried in sunflower oil and corn oil increased 25 times. While 18:1n-9, 18:2n-6, \sum MUFA (monounsaturated fatty acid), $\sum n-6$ PUFA increased in oven cooking, the percentages of DHA, \sum PUFA, $\sum n-3$ PUFA were found to be significantly lower. In the grill cooking method, 20:4n-6 and $\sum n-6$ PUFA increased, $\sum n-3$ PUFA and DHA decreased. The n-3/n-6 ratio was found to be quite low in the oven and grill cooking process. Atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) values obtained from all cooking methods were found below 1.0, which is the value recommended by nutritionists.

Keywords: Cooking methods, Fatty acid composition, Mahi-mahi..

¹Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, akgulnasuh@gmail.com

²Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Diyarbakır, Türkiye, mehmetbashan@gmail.com

¹<https://orcid.org/0000-0001-6166-5354>

²<https://orcid.org/0000-0002-1228-9548>

1. Giriş

Balık; yüksek protein içeriği, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), mineralleri ve vitaminleri içermesi nedeniyle güçlü bir antioksidan ve antiinflamatuvar özelliğe sahip olup insan diyetinde bulunması gerekli bir gıdadır (Abraha ve ark., 2018). Balıklar, çeşitli besin bileşimleri ile tanınmaktadır. Balığın bileşimi % 0.1-1 karbonhidrat, % 15-24 protein, % 70-84 su, % 0.1-22 yağ ve % 1-2 mineral, % 0.5 kalsiyum, % 0.25 fosfor ve % 0,1 A, B, C ve D vitaminlerinden oluşur (Abraha ve ark., 2018).

Balık lipitleri yüksek n-3 PUFA içeriği sayesinde kan serumundaki kolesterol ve trigliserit miktarlarını, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol seviyesini, kan basıncını ve kanın pıhtı oluşturma eğilimini azaltarak ateroskleroz, kardiyovasküler hastalıklar ve arteriyel hipertansiyon riskini indirgemektedir (Horrocks ve Yeo 1999). Sağlığın korunmasında ve bağışıklığın düzenlenmesinde rol oynayan n-3 PUFA'lar, kalp-damar, romatoid artrit, diyabet, ülseratif kolit, alerji, depresyon ve kanser gibi hastalıkları önleyici etkilere sahiptirler (Loftsson ve ark., 2016).

Balık lipitlerinin yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi; mevsim, mevcut yem türü ve miktarı, balığın boyutu, yaş, pH, tuzluluk, suyun sıcaklığı ve üreme dönemleri gibi farklı abiyotik ve biyotik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Kaushik ve ark., 2006). Balıklar; değişik besinsel yağlarda kızartma, ızgara, buğulama ve fırında pişirme gibi değişik pişirme yöntemleri uygulanarak tüketilmektedir. Pişirmedeki amaç; sindirilebilirliği arttırmak, lezzet ve tat gibi duyuşal özellikleri geliştirmek, enzimleri ve patojen mikroorganizmaları inaktif duruma getirmek, su aktivitesini azaltmak ve besinin raf ömrünü uzatmak içindir (Garcia-Arias ve ark., 2003). Ancak bu yöntemler balık filetolarındaki yağ asidi kompozisyonunda önemli değişikliklere neden olmaktadır (Weber ve ark., 2008). Ayrıca; pişmiş gıdaların işlenmesi ve hazırlanması sırasında oksidasyon oluşur. Eikosapentaenoik (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi fazla sayıda çift bağ içeren PUFA'lar, ısıtma ve diğer mutfak işlemleri sırasında oksidasyona duyarlı oldukları için serbest radikalleri oluştururlar (Loughrill ve ark., 2016). Dolayısıyla faydalı olan bu yağ asitlerinin oksidasyon ürünlerinin de tüketilme riskini beraberinde getirir (Turkkan, ve ark., 2008).

Ekonomik ve besin değeri oldukça fazla olan lambuka (*Coryphaena hippurus*), özellikle Akdeniz bölgesinde sıklıkla tüketilen bir deniz balığıdır. Daha önce yaptığımız çalışmada bu balıkla birlikte Akdeniz'den topladığımız sekiz balık türünün yağ asidi kompozisyonunu araştırdık (Akgül, 2019). Ancak; lambukanın yağ asidi bileşimine değişik pişirme tekniklerinin etkisi ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, lambuka filetolarının yağ asidi kompozisyonuna değişik yağlarda kızartma, fırın ve mikrodalgada pişirme, buğulama ve ızgara gibi farklı pişirme yöntemlerinin etkisini araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada, Mersin ili Aydıncık ilçesi Karatepe Koyu'nda 2021 yılı eylül ayında olta ile yakalanan lambuka (*Coryphaena hippurus*) deniz balığı kullanılarak, balık filetoları sekiz farklı pişirme tekniği ile pişirilmiş, pişirilmeyen (ham, çiğ) filetolar ise standart olarak belirlenmiştir.

Kızartma işleminde; zeytinyağı, mısır özü, ayçiçek ve fındık yağı kullanılmıştır. Tavaya konulan yağlar ısıtılarak kızgınlık derecesine eriştikten sonra filetoların her iki yüzü kızgın yağda üçer dakika süreyle kızartılmıştır. Değişik pişirme yöntemleriyle pişirilen balık filetolarının iç kısım sıcaklıkları ortalama 75°C olacak şekilde; fırında (180°C, 30 dakika), mikrodalgada (2450 MHz 500 W, 6 dakika), buğulamada (buğulama suyunda, 45 dakika) ve ızgarada (filetonun her iki tarafı, 8 dakika) ise kömür ateşinde pişirilmiştir.

Örneklerin yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacıyla; filetolar 2:1 oranındaki kloroform – metanolde parçalandıktan sonra (Folch ve ark., 1957) lipit kısmının ayrımı için % 0.88 KCl kullanılmıştır. Lipitteki çözücü evaporatörle buharlaştırıldıktan sonra örneğe, asitli metanol eklenip iki saat boyunca reflux sisteminde (85°C de) ısıtılıp yağ asitlerinin metil esterlerine dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Hekzan kullanılarak alınan metil esterleri 2 ml kalıncaya kadar evapore edilmiştir. Örnekler, Rtx-2330 (Bonded 90 % bicyanopropyl/ 10% phenylcyanopropyl polysioxane) kapiller kolon (30m x 0.25mm iç çapı x 0.20µm film kalınlığı) kullanılarak SHIMADZU GC 2010 PLUS model gaz kromatografi cihazında analiz edilmiştir. Dedektör ve enjektör sıcaklığı: 250°C; enjeksiyon: Split-model 1/20. Gazlardan helyumun akış hızı 0.5 ml/dk; hidrojenin: 30 ml / dk ve kuru havanın 400 ml/dk. Kolon sıcaklığı 170°C de 2 dakika tutulduktan sonra 2°C/dakika olacak şekilde 210°C e kadar ısıtılmış ve bu sıcaklık derecesinde 20 dakika beklenmiştir.

Numune, cihaza 1 mikrolitre olarak verilmiştir. Metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals) kullanılarak, yağ asitleri belirlenmiştir. GC Solution (Versiyon 2.4) programı kullanılarak kromatogramlar ve toplam yağ asidi miktarları elde edilmiştir. Analizi yapılan numunenin kromatogramında oluşan pikler, standarttaki alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde ise SPSS 10.0 programı kullanılarak yağ asidi yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen tüm veriler 3 tekrarın ortalaması olup, yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografik analizlerinde, her pişirme yöntemine ait 3'er numune ayrı ayrı enjekte edilmiş aynı yağ asidine ait 3 değerın ortalaması alınmıştır. Yağ asidi oranları arasındaki farklılıklar tek yönlü ANOVA ile analiz edilip, farklılıklar TUKEY HSD testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel farklar, p<0.05 düzeyinde olduğunda önemli kabul edilmiştir.

2.1. Lipit Kalite İndeksleri

Lipit kalitesinin belirlenmesinde; PUFA/SFA, n-3/n-6 ile aterosjenik indeks (Aİ, doymuş yağ asitleri ile doymamış yağ asitleri toplamı arasındaki ilişki) ve trombojenik indeks (Tİ, kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimi) gibi parametreler kullanılmaktadır (Ulbricht ve Southgate, 1991; Hosseini ve ark., 2014).

$$AI: \frac{12:0+4 \times 14:0+16:0}{\Sigma PUFA+\Sigma MUFA}$$

$$TI: \frac{14:0+16:0+18:0}{(0,5) \times \Sigma MUFA+(0,5) \times (N-6)PUFA+3 \times (N-3)PUFA+\frac{N-3}{N-6}}$$

2.2. Tablolar

Tablo 1. Kızartmada kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Zeytin Yağı (ORT.± S.H.*)	Ayçiçek Yağı (ORT. ± S.H.*)	Mısır Özü Yağı (ORT. ± S.H.*)	Fındık Yağı (ORT. ± S.H.*)
C12:0	-	0.03 ± 0.004	0.04 ± 0.006	0.04 ± 0.003
C14:0	-	0.04 ± 0.005	0.18 ± 0.01	0.03 ± 0.005
C16:0	14.22 ± 1.13	6.78 ± 0.54	12.45 ± 0.99	6.31 ± 0.50
C17:0	-	-	1.56 ± 0.12	-
C18:0	2.62 ± 0.21	3.24 ± 0.26	0.01 ± 0.00	2.45 ± 0.20
ΣSFA	16.85 ± 1.34	10.10 ± 0.81	14.26 ± 1.14	8.83 ± 0.70
C16:1n-7	1.15 ± 0.09	0.15 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.20 ± 0.02
C18:1n-9	71.04 ± 5.67	36.97 ± 2.95	30.12 ± 2.40	76.25 ± 6.08
ΣMUFA	72.20 ± 5.76	37.11 ± 2.96	30.20 ± 2.41	76.45 ± 6.10
C18:2n-6	9.95 ± 0.79	52.51 ± 4.19	54.80 ± 4.37	14.53 ± 1.16
C18:3n-6	0.28 ± 0.02	0.23 ± 0.02	-	0.10 ± 0.01
C18:3n-3	0.73 ± 0.06	0.04 ± 0.00	0.74 ± 0.06	0.09 ± 0.01
ΣPUFA	10.95 ± 0.87	52.79 ± 4.21	55.54 ± 4.43	14.72 ± 1.17
Σn-3 PUFA	0.73 ± 0.06	0.04 ± 0.00	0.74 ± 0.06	0.09 ± 0.01
Σn-6 PUFA	10.23 ± 0.82	52.74 ± 4.21	54.80 ± 4.37	14.62 ± 1.17
n-3/n-6	0.07 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
ΣPUFA/ΣSFA	0.64 ± 0.05	5.22 ± 0.41	3.89 ± 0.30	1.66 ± 0.13
AI	0.17 ± 0.01	0.08 ± 0.00	0.15 ± 0.01	0.07 ± 0.00
TI	0.39 ± 0.03	0.22 ± 0.01	0.28 ± 0.02	0.19 ± 0.01

S.H.: Standart Hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri, Aİ: Aterosjenik İndeks, Tİ: Trombojenik İndeks.

Tablo 2. Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
	(ORT. ± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)
C12:0	0.10 ± 0.01a	0.02 ± 0.003b	0.02 ± 0.002b	0.03 ± 0.004c	0.01 ± 0.001d
C14:0	0.76 ± 0.09a	0.14 ± 0.02b	0.08 ± 0.007c	0.59 ± 0.07d	0.14 ± 0.02b
C15:0	0.25 ± 0.03a	0.05 ± 0.007b	0.04 ± 0.006b	0.03 ± 0.005b	0.03 ± 0.004b
C16:0	24.15 ± 1.73a	8.21 ± 0.74b	14.70 ± 1.16c	12.69 ± 1.02c	8.08 ± 0.69b
C17:0	0.18 ± 0.002a	0.02 ± 0.004b	0.18 ± 0.015a	0.02 ± 0.003b	0.06 ± 0.007c
C18:0	11.83 ± 0.87a	4.41 ± 0.37b	4.19 ± 0.30b	3.10 ± 0.26b	4.29 ± 0.34b
ΣSFA	37.27 ± 2.52a	12.85 ± 1.14b	19.21 ± 1.48c	16.46 ± 1.19c	12.61 ± 0.84b
C16:1n-7	0.88 ± 0.13a	0.19 ± 0.03b	0.84 ± 0.06a	0.07 ± 0.005c	0.19 ± 0.02b
C18:1n-9	12.39 ± 1.54a	35.98 ± 2.87b	67.08 ± 3.44c	31.16 ± 2.45d	36.44 ± 2.79b
C20:1n-9	0.20 ± 0.02a	0.06 ± 0.007b	0.07 ± 0.005b	0.16 ± 0.01c	0.16 ± 0.03c
ΣMUFA	13.47 ± 1.68a	36.23 ± 2.90b	67.99 ± 4.51c	31.39 ± 2.46d	36.79 ± 3.81b
C18:2n-6	1.76 ± 0.91a	44.92 ± 3.50b	7.71 ± 0.67c	47.40 ± 3.01b	44.95 ± 2.08b
C18:3n-6	0.17 ± 0.02a	0.23 ± 0.02a	0.35 ± 0.03b	0.38 ± 0.04b	0.13 ± 0.01a
C18:3n-3	0.18 ± 0.02a	0.11 ± 0.02a	0.53 ± 0.04b	0.67 ± 0.05c	0.05 ± 0.007d
C20:2n-6	0.02 ± 0.002a	0.04 ± 0.005b	0.04 ± 0.006b	0.02 ± 0.003a	0.05 ± 0.004b
C20:3n-6	0.11 ± 0.02a	0.09 ± 0.008a	0.12 ± 0.01a	0.02 ± 0.003b	0.04 ± 0.006c
C20:4n-6	3.74 ± 0.23a	0.76 ± 0.05b	0.29 ± 0.03c	0.15 ± 0.02d	0.48 ± 0.06e
C20:5n-3	4.30 ± 0.35a	0.41 ± 0.03b	0.27 ± 0.02c	0.24 ± 0.02c	0.40 ± 0.07b
C22:5n-3	1.27 ± 0.09a	0.08 ± 0.01b	0.08 ± 0.01b	0.08 ± 0.01b	0.22 ± 0.02c
C22:6n-3	37.61 ± 1.42a	4.29 ± 0.30b	3.32 ± 0.19b	3.11 ± 0.20b	4.26 ± 0.28b
ΣPUFA	49.16 ± 2.78a	50.93 ± 3.94a	12.71 ± 0.98b	52.07 ± 3.32a	50.58 ± 2.32a
Σn-3 PUFA	43.36 ± 2.67a	4.89 ± 0.36b	4.20 ± 0.26b	4.10 ± 0.27b	4.93 ± 0.41b
Σn-6 PUFA	5.80 ± 0.61a	46.04 ± 3.57b	8.51 ± 0.73c	47.97 ± 3.05b	45.65 ± 3.12b
n-3/n-6	7.47 ± 0.78a	0.10 ± 0.01b	0.49 ± 0.05c	0.08 ± 0.01b	0.10 ± 0.01b
ΣPUFA/ΣSFA	1.31 ± 0.13a	3.96 ± 0.41b	0.66 ± 0.06c	3.16 ± 0.33b	4.01 ± 0.42b
AI	0.43 ± 0.04a	0.10 ± 0.01b	0.18 ± 0.01c	0.18 ± 0.01c	0.09 ± 0.01b
TI	0.24 ± 0.02a	0.22 ± 0.02a	0.36 ± 0.03b	0.31 ± 0.03b	0.22 ± 0.02a

*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart Hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri, AI: Aterojenik İndeks, TI: Trombojenik İndeks.

Tablo 3. Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çığ filetoların yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çığ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
	(ORT.± S.H.*)	(ORT.± S.H.*)	(ORT.± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)	(ORT. ± S.H.*)
C12:0	0.01 ± 0.002a	0.09 ± 0.01b	0.10 ± 0.01b	0.18 ± 0.02c	0.23 ± 0.02d
C14:0	0.79 ± 0.09a	0.42 ± 0.04b	0.39 ± 0.05b	0.92 ± 0.06a	0.54 ± 0.05c
C15:0	0.43 ± 0.03a	0.28 ± 0.03b	0.26 ± 0.03b	0.43 ± 0.04a	0.29 ± 0.04b
C16:0	24.07 ± 1.73a	23.23 ± 1.24a	20.91 ± 1.25a	24.71 ± 1.63a	18.63 ± 1.06b
C17:0	0.13 ± 0.002a	0.08 ± 0.01b	0.07 ± 0.001b	0.76 ± 0.08c	0.09 ± 0.02b
C18:0	11.94 ± 0.67a	12.49 ± 0.89a	12.58 ± 0.99a	13.92 ± 1.11a	12.87 ± 0.80a
Σ SFA	37.37 ± 2.52a	36.59 ± 2.19a	34.31 ± 2.33a	40.92 ± 2.48b	32.65 ± 2.33c
C16:1n-7	0.66 ± 0.07a	0.60 ± 0.08a	0.54 ± 0.06a	1.12 ± 0.09b	0.44 ± 0.06a
C18:1n-9	10.96 ± 1.54a	17.08 ± 0.90b	14.34 ± 1.12b	10.18 ± 1.03a	11.86 ± 1.24a
C20:1n-9	0.12 ± 0.01a	0.12 ± 0.02a	0.02 ± 0.003b	0.10 ± 0.01a	0.08 ± 0.02a
Σ MUFA	11.74 ± 1.68a	17.80 ± 0.99b	14.9 ± 1.22b	11.40 ± 1.12a	12.38 ± 1.34a
C18:2n-6	1.17 ± 0.91a	11.24 ± 1.17b	6.52 ± 0.67c	1.51 ± 0.17a	4.70 ± 0.37d
C18:3n-6	0.08 ± 0.03a	0.14 ± 0.03b	0.51 ± 0.03c	0.23 ± 0.02d	0.04 ± 0.01e
C18:3n-3	0.08 ± 0.01a	0.22 ± 0.03b	0.12 ± 0.04c	0.15 ± 0.02c	0.21 ± 0.02b
C20:2n-6	0.21 ± 0.02a	0.18 ± 0.02a	0.19 ± 0.02a	0.26 ± 0.02b	0.21 ± 0.01a
C20:3n-6	0.05 ± 0.02a	0.11 ± 0.01b	0.18 ± 0.02c	0.21 ± 0.02c	0.08 ± 0.007ab
C20:4n-6	4.01 ± 0.33a	2.48 ± 0.30b	15.58 ± 1.24c	3.77 ± 0.30a	3.80 ± 0.25a
C20:5n-3	3.66 ± 0.45a	2.22 ± 0.26b	1.97 ± 0.23b	3.57 ± 0.20a	3.30 ± 0.22a
C22:5n-3	1.06 ± 0.16a	0.84 ± 0.07b	0.76 ± 0.07b	1.08 ± 0.10a	1.60 ± 0.15c
C22:6n-3	40.50 ± 2.42a	28.10 ± 1.80b	24.87 ± 1.43c	36.83 ± 2.53d	40.96 ± 2.37a
Σ PUFA	50.82 ± 2.78a	45.53 ± 2.79b	50.70 ± 3.43a	47.61 ± 3.38ab	54.90 ± 3.31c
Σ n-3 PUFA	45.30 ± 3.67a	31.38 ± 2.15b	27.72 ± 2.77c	41.63 ± 3.86a	46.07 ± 3.65a
Σ n-6 PUFA	5.52 ± 0.67a	14.15 ± 1.64b	22.98 ± 2.67c	5.98 ± 0.52a	8.83 ± 0.66d
n-3/n-6	8.20 ± 0.95a	2.21 ± 0.25b	1.20 ± 0.13c	6.96 ± 0.80a	5.21 ± 0.60d
Σ PUFA/ Σ SFA	1.35 ± 0.15a	1.24 ± 0.14a	1.47 ± 0.17a	1.16 ± 0.13a	1.68 ± 0.19b
AI	0.43 ± 0.05a	0.39 ± 0.04a	0.34 ± 0.03a	0.48 ± 0.05a	0.31 ± 0.03a
TI	0.24 ± 0.02a	0.32 ± 0.03b	0.32 ± 0.03b	0.28 ± 0.03a	0.21 ± 0.02a

*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart Hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri, AI: Aterojenik İndeks, TI: Trombojenik İndeks.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Lambukanın Total Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Tekniklerinin Etkisi

3.1.1. Lambuka Filetolarının Kızartılmasında Kullanılan Besinsel Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu

Yağda kızartma yöntemi için kullanılan bitkisel yağların yağ asidi kompozisyonu Tablo 1’de verilmiştir. Her yağın kendine has bir yağ asidi bileşimine sahip olduğu görülmüştür. Örneğin, zeytinyağı ve fındık yağı oleik asit (18:1n-9) ve total tekli doymamış yağ asidi (Σ MUFA); ayçiçek yağı ve mısır özü yağı ise linoleik asit (18:2n-6) ve Σ PUFA ile Σ n-6 PUFA bakımından zengin olduğu görülmüştür (Tablo 1).

3.1.2 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Filetoların Total Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla çiğ (ham) filetonun total yağ asidi kompozisyonu Tablo 2’de verilmiştir. Denenen yağlarda kızartılan filetolar ile çiğ filetolarda 16:0’ın doymuş yağ asitleri (SFA) arasında, 18:1n-9’un MUFA’lar arasında baskın yağ asitleri olduğu görülmüştür. Besinsel yağlarla kızartılan örneklerde PUFA’lar içinde 18:2n-6, çiğ örneklerde ise % 37.61 ile 22:6n-3, yüzde dağılımda en fazla bulunmuştur. Çiğ filetolarda yağ asidi gruplarında sıralama PUFA>SFA>MUFA şeklinde olmuştur. Bu sonuçlar, Akdeniz’den toplanan balıklardan elde edilen sonuçlarla uyumludur (Prato ve Biandolino, 2012; Akgül, 2019). Ayçiçek yağı ile mısır özü yağı benzer yağ asidi kompozisyonuna sahip oldukları için (Tablo 1), bu yağlarla pişirilen filetoların yağ asidi içeriklerinin de yakın olduğu görülmüştür (Tablo 2). Örneğin her iki yağda pişirilen örneklerde 18:2n-6 ve Σ PUFA ile Σ n-6 PUFA’ların çiğ filetolardan oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ayçiçek ile mısır özü yağının yüksek düzeyde 18:2n-6 içermesidir (Tablo 1). Dolayısıyla kızartma işlemiyle filetolara geçen linoleik asit, balığın yağ asidi bileşimini değiştirmiştir.

Zeytinyağı ile fındık yağında kızartılan filetolarda ise oleik asit ve Σ MUFA içeriğinin hem çiğ balıklardan hem de diğer besinsel yağlarda kızartılan örneklerden çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Bunun nedeni, zeytinyağı ile fındık yağında yüksek yüzdede bulunan 18:1n-9’un (Tablo 1), kızartma esnasında filetolarca emilmesi ve onların yağ asidi kompozisyonunu değiştirmesidir (Tablo 2). Çiğ filetolardaki 16:0 ve Σ SFA’lar ile 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 düzeylerinin değişik besinsel yağlarda kızartılan filetolardan oldukça yüksek olduğu, 18:1n-9 ve Σ MUFA’ların ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni yukarıda da belirtildiği gibi kızartma

yağlarının kimi yağ asitleri bakımından zengin olmaları ve besinsel yağlarda 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 gibi n-3 yağ asitlerinin olmamasıdır.

Daha önceki çalışmalarda, kızartma işleminde kullanılan yağın yağ asidi kompozisyonunun, balıkların yağ asidi içeriğine etki ettiği belirlenmiştir (Sánchez-Muniz ve ark., 1992; Little ve ark., 2000; Başhan, 2019). Ayçiçek yağı, uskumrunun linoleik asit yüzdesini 9.74, mısır özü yağı ise 13.7 kat arttırmıştır. Zeytinyağında kızartılan filetoların 18:1n-9 düzeyi % 48.18 yükselmiştir (Başhan, 2019). Zeytin yağında kızartılan lagosta (*Epinephelus coioides*) 18.1n-9 düzeyi artmış, EPA ve DHA azalma olmuştur (Zahra Momenzadeh ve ark., 2017). Çalışmada da görüldüğü gibi belirli yağ asitleri bakımından zengin olan besinsel yağlar, kızartma işlemi ile filetolara geçip yağ asidi kompozisyonunun değişimine neden olmuştur. Kızartma yağında baskın olan yağ asitlerinin balıklara geçmesi, bitkisel yağlarda bulunmayan ve önemli n-3 PUFA'lar olan (Tablo 1) EPA ve DHA oranlarını da çok fazla düşürmüştür.

Gıdalardaki yağların besinsel kalitesini belirleyen başlıca parametreler; n-3/n-6 oranı, PUFA/SFA oranı, Aİ ile Tİ indeksleridir. Çalışmada çığ lambuka filetosunda ω -3/ ω -6 oranı 7.47 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Sağlıklı beslenme için bu indeksin 0.2'den fazla olması gerekir (Simopoulos, 2002). Çığ lambukadaki n-3/n-6 oranının, önerilen aralığın oldukça üstünde olması, balığın önemli bir diyet kaynağı olduğunu gösterir. Farklı balık türlerinde bu oran 0.24- 4.1 arasında belirlenmiştir (Hosseini ve ark., 2014). Mersin Karatepe Koy'unda çalışılan sekiz balıkta n-3/ n-6 oranı, 2.3-7.86 arasında belirlenmiştir (Akgül, 2019). Farklı besinsel yağlarda kızartılan lambuka filetolarında n-3/ n-6 oranı 0.08 (mısır özü yağında kızartılmış balıklar) – 0.49 (zeytinyağında kızartılmış balıklar) arasında tespit edilmiştir (Tablo 2). Görüldüğü gibi yağlarda kızartılan lambuka filetolarında, n-3/n-6 oranı ham filetolara oranla hayli düşük bulunmuştur. Bu orana göre, denenen yağlar arasında en sağlıklı yağın zeytinyağı olduğunu söyleyebiliriz. Mısır özü yağı, ayçiçek ve fındık yağında 18:2n-6'nın fazla düzeyde olması, bu yağlarla kızartılan balıkların n-3/n-6 oranının düşük olmasına neden olmuştur. Daha önce yapılan çalışmada, bu orandaki azalma en fazla ayçiçek yağında, en az zeytinyağında kızartılan örneklerde bulunmuştur (Başhan, 2019). Mısır özü yağında kızartılan Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balığında n-3/n-6 oranı 1.21, çığ balıkta ise 9.93 olarak saptanmıştır (Turhan ve ark., 2011). Ayçiçek yağı, çipura balığında n-3/n-6 oranını 26.75 kat azaltmıştır (Özoğul ve ark., 2009).

PUFA/SFA oranının sağlıklı bir diyet için 0.4'ten fazla olması önerilmektedir (WHO, 2003). Araştırmamızda çığ lambukada bu oran 1.31, değişik besinsel yağlarda kızartılan filetolarda 0.66 – 3.16 arasında bulunmuştur. Ayçiçek yağı ve mısırözü yağında 18:2n-6 yüksek olduğu için bu yağlarda kızartılan filetolarda oran yüksek olarak saptanmıştır (Tablo 2). Örneğin, ayçiçek yağında kızartılan sardalyada PUFA/SFA oranı kontrole oranla 3.0 kat (Gall ve ark., 1983), uskumruda ise 1.5 kat artmıştır (Başhan, 2019). Ulbricht ve Southgate'ın (1991), kullandığı ve formülleri daha önce

belirtilen indekslerden Aİ, çeşitli yağ asitlerinin, serum kolesterol düzeyi üzerine olan etkileriyle ilgilidir. Tİ ise trombositlerin agregasyonunu uyarma potansiyelinin bir ölçüsüdür. Her iki indeksin yüksek olması, kalp-damar hastalıkları için bir risktir. Bu nedenle beslenme uzmanları bu indekslerin 1.0'den düşük olmasını önermektedir. Çalışmada Aİ indeksi 0.09 (fındık yağında kızartılan filetolar) – 0.43 (çiğ fileto); Tİ ise 0.22 (fındık yağında kızartılan filetolar) – 0.36 (zeytinyağında kızartılan filetolar) aralığında bulunmuştur (Tablo'2). Fındık yağında kızartılan filetolarda her iki indeksin, çiğ ve diğer yağlarda kızartılan filetolardan daha düşük olmasının nedeni, bu yağda kızartılan balıklarda 16:0'ın düşük; 18:1n-9 ve \sum MUFA'nın yüksek olmasıdır (Tablo 2). Bu verilere göre, Aİ ve Tİ indeksi bakımından en uygun yağın fındık yağı, n-3/n-6 oranı açısından ise zeytinyağı olduğunu söyleyebiliriz.

3.1.3. Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Total Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki tekniklerle pişirilen balığın total yağ asidi kompozisyonu Tablo 3'te verilmiş olup buradan da anlaşılacağı üzere ham örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde palmitik asit, tekli doymamışlar içerisinde oleik asit, çoklu doymamışlar içerisinde ise DHA'nın baskın olduğu görülmüştür. Buğulama yönteminde 16:0 ve \sum SFA yüzdesi, çiğ (ham) filetolara oranla bir miktar azalmıştır. Fırınla pişirme yöntemlerinde 18:1n-9, 18:2n-6, \sum MUFA, \sum n-6 PUFA artmış, DHA, \sum PUFA, \sum n-3 PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur. Izgarada pişirme yönteminde ise 20:4n-6 ile \sum n-6 PUFA artmış, \sum n-3 PUFA ve DHA azalmıştır (Tablo 3). n-3/n-6 oranı, fırın ve ızgara ile pişirme işleminde oldukça düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, fırın ile pişirilen filetolarda n-6 yağ asitlerinden 18:2n-6'nın, ızgara ile pişirilenlerde ise 20:4n-6'nın çiğ filetolara oranla oldukça yüksek yüzde de bulunmasıdır. Tablo 3'te de görüldüğü gibi çiğ (ham) filetolarda 8.20 olan n-3/n-6 oranı ızgara yöntemi ile pişirilen örneklerde 1.20, fırınla pişirilenlerde 2.21 olarak bulunmuştur.

Tüm bu veriler özellikle ısı işlemler uygulanan fırında ve ızgarada pişirme yöntemlerinin lambuka total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunu olumsuz bir şekilde değiştirdiğini göstermiştir. Çünkü her iki yöntemde \sum n-3 PUFA ile n-3/n-6 yüzdeleri kontrol filetolarına oranla önemli düzeyde azalmıştır. Bu parametreler mikrodalga ve buğulama ile pişirilen örneklerde ham örneklere yakın bulunmuştur. Bu nedenle bu pişirme yöntemleri arasında en sağlıklı yöntemlerin buğulama ve mikrodalga ile pişirme yöntemleri olduğunu söyleyebiliriz.

Buğulama işlemi, Çipura balığında 18:1n-9 ve \sum n-3 PUFA yüzdesinde azalmaya neden olmuş, Sarı Benekli Lagos balığında ise n-3 PUFA'lardan EPA ve DHA düzeylerini değiştirmemiştir (Zahra Momenzadeh ve ark., 2017).

Kızartma dışında denenen çeşitli pişirme teknikleri uskumru (Başhan, 2019), Ringa (Ilow ve Ilow, 2002) ve Deniz Levreğinin (Yanar ve ark., 2007) bireysel yağ asitleri ile yağ asitleri grubu kompozisyonu, üzerinde önemli bir etki oluşturmamıştır.

Çalışmada kızartma dışında uygulanan pişirme yöntemleri lambuka filetolarının PUFA/SFA oranını pek fazla etkilemezken, mikrodalga ve buğulama ile pişirme dışındaki yöntemler, n-3/n-6 oranını oldukça düşürmüştür (Tablo 3).

Mikrodalgayla pişirilen ve buğulama yapılan dört tatlı su balığında (Neff ve ark., 2014), fırında ve mikrodalgada pişirilen, buğulama, tütsüleme ve ızgara yapılan uskumruda n-3/n-6 ile PUFA/SFA oranı değişmemiştir (Başhan, 2019).

Değişik pişirme yöntemleriyle pişirilen lambukadaki Aİ ve Tİ değerleri, beslenme uzmanlarının önerdiği aralık olan 1.0'in altında bulunmuştur (Tablo 3). Bu da sağlık açısından bir risk oluşturmadığının kanıtıdır.

Tırsi (*Alosa immaculata*) balığında, Aİ indeksi ızgarada, Tİ ise hem ızgara hem de buğulamada artmıştır (Merdzhanova ve ark., 2016). Fırında pişirilen Hazar kutumu (*Rutilus kutum*) balığında Aİ ve Tİ değerleri kontrole yakın çıkmış, ancak mikrodalgada pişirme yönteminde artmıştır (Hosseini ve ark., 2014). Bu sonuçlar, yaptığımız çalışmadan elde edilenlerle uyum içindedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Kızartma işleminin balıkların yağ asidi kompozisyonuna önemli etki yaptığı, ayçiçek ve mısır özü yağında kızartılan filetolarda 18:2n-6 ile \sum n-6 PUFA'nın, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılan örneklerde 18:1n-9 ve \sum MUFA'nın kontrole oranla önemli düzeyde arttığı saptanmıştır.

Fırınla pişirme yöntemlerinde 18:1n-9, 18:2n-6, \sum MUFA, \sum n-6 PUFA artmış, DHA, \sum PUFA, \sum n-3 PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur. Iızgarada pişirme yönteminde ise 20:4n-6 ile \sum n-6 PUFA artmış, \sum n-3 PUFA ve DHA azalmıştır. Her iki pişirme yöntemi ile değişik bitkisel yağlarda kızartılan filetolarda n-3/n-6 oranı, kontrol balıklara oranla oldukça düşük bulunmuştur.

n-3/n-6 değerleri baz alındığında yağda pişirme yönteminde en sağlıklı yağın zeytin yağı, kızartma dışında denenen yöntemlerden ise en uygun olanın buğulama ve mikrodalgada pişirme yöntemi olduğunu söyleyebiliriz.

Tüm pişirme yöntemlerinden elde edilen Aİ ve Tİ değerleri, beslenme uzmanlarının önerdiği aralığın altında bulunmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma Nasuh AKGÜL'ün Doktora Tezinin bir bölümünden türetilmiş olup DÜBAP (Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FBE.21.019).

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X.W. and Fang, Y. (2018). Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *Food Processing and Technology*, 6(4), 376-382. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00191>.
- Akgül, N., (2019). *Akdeniz'deki bazı balıkların yağ asidi içerikleri* (Tez no 10264151). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Başhan, U. (2019). *Uskumru balığının (Scomber scombrus) yağ asidi içeriğine farklı pişirme tekniklerinin etkisi*. Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Folch J, Lees M, & Stanley G.H.S. (1957), A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.
- Gall, K. L., Otwell, W. S., Koburger, J. A., & Appledorf, H. 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science Technology* 48:1068–1074.
- Garcia-Arias, M.T.; Pontes, E.A.; Garcia-Linares, M.C.; Garcia-Fernandez, M.C.; & Sanchez- Muniz, F.J. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. *Food Chemistry* 2003, 83, 349–356.
- Horrocks, L. A., and Y. K. Yeo. 1999. Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA), *Pharmacological Research*, 40(3), 211–225. doi:10.1006/phrs.1999.0495
- Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, L., Mahmoudzadeh, R., Khaksar, N., Khosroshahi K., & Babakhani, A. (2014). Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). *Food Chemistry* 148: 86-91.
- Ilow, B.R. & Ilow, R. (2002), Comparison of the effects of microwave cooking and conventional cooking methods on the composition of fatty acids and fat quality indicators in herring. *Nahrung/ Food*, 6, 383-388.
- Kaushik, S. J., Corraze, G., Radunz-Neto, J., Larroquet, L., and Dumas, J. 2006. Fatty acid profiles of wild brown trout and Atlantic salmon juveniles in the Nivelle basin. *Journal of Fish Biology* 68: 1376–1387.

- Little, S. O., Armstrong, S. G., & Bergan, J. G. (2000) Fatty acids in foods and their health implications. In C. K. Chow (Ed.), *Factors affecting stability and nutritive value of fatty acids: Culinary practices* (2nd ed., pp. 427–437). New York, NY: Marcel Dekker.
- Loftsson, T., Ilievska, B., Asgrimsdottir, G. M., Ormarsson, O. T., & Stefansson, E. (2016) Fatty acids from marine lipids: Biological activity, formulation and stability. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 34:71–75.
- Loughrill E, & Zand N. An Investigation into the fatty acid content of selected fish-based commercial infant foods in the UK and the impact of commonly practiced re-heating treatments used by parents for the preparation of infant formula milks. *Food Chemistry*, 2016; 197: 783 - 789.
- Merdzhanova, A., Dobрева, D.A., & Makedonski, L. (2016) Comparison of polyunsaturated fatty acid and fat-soluble vitamins content of cooked Shad (*Alosa immaculata*). *Journal of Agricultural Technology* 12(6): 1043-1056.
- Neff, M. R, Bhavsar, S.P., Braekevelt, E., & Arts, M. T. Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry* 164, 544–550 (2014)
- Özogul, Y., Özogul, F., Çiçek, E., Polat, A., & Kuley, E., 2009. Fat content and fatty acid compositions of 34 marine water fish species from the Mediterranean Sea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 60(6): 464-475.
- Prato, E. & Biandolino, F., 2012. Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. *Food Chemistry* 131: 1233–123.
- Sa'nchez-Muniz, F. J, Viejo, J. M., & Medina, R. (1992), Deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acids composition of sardines and frying fats. *Journal Agriculture. Food Chemistry* 40, 2252–2256.
- Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of American College Nutrition*, 21, 495–505.
- SPSS10.0 for Windows. Statistical Software, SPSS Inc., Chicago, IL, 1999.
- Turhan S, Üstun N.S.; & Temiz H. Lipid quality of anchovy (*engraulis encrasicolus*) fillets affected by different cooking methods. *International Journal of Food Properties*, 14:1358–1365, 2011
- Turkkan, A.U.; Cakli, S.; & Kilinc, B. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing* 2008, 86, 163–166.
- Ulbricht, T. & Southgate, D. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338: 985–992.
- Un, H., StroËhle A., & Wolters M. ErnÄhrung bei Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises. *Monatsschrift für Pharmazeuten* 2007; 30: 138 ± 146.
- Weber, J.; Bochi, V.C.; Ribeiro, C.P.; Victoria, A.M.; & Emanuelli, T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry* 2008, 106, 140–146.
- WHO, Diet, nutrition and the prevention of chronic disease: report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, WHO, Geneva (2003).
- Yanar Y, Küçükgülmez A, Ersoy B, & Çelik M. (2007), Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 18 (1), 88–94.
- Zahra Momenzadeh, Z., Khodanazary, A., & Ghanemi, K. (2017), Effect of different cooking methods on vitamins, minerals and nutritional quality indices of orangespotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Food Measure*, 11, 434–441