

Gökkuşığı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Muhafaza ve Pişirme İşlemlerinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Nihayet Fadime YALÇIN*¹, Suzan YALÇIN²

¹Konya Veteriner Kontrol Enstitüsü, Konya, Türkiye.

²Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknoloji ABD, Konya, Türkiye.

*Sorumlu yazar tel: +90 332 322 47 41

E-posta: nihayetfadime.yalcin@gthb.gov.tr

Geliş Tarihi: 12.08.2015

Kabul Tarihi: 18.01.2016

Öz

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde bir alabalık üretim tesisinden temin edilen gökkuşığı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*), farklı muhafaza ve pişirme işleminin yağ asidi bileşimine etkisi araştırılmıştır. Temin edilen 27 adet alabalık 3 gruba ayrılmıştır. İlk grup 0. gün işleme alınmış olup kontrol grubu olarak değerlendirmelerde kullanılmıştır. Diğer iki grup ise, -18°C'de 15 ve 30 gün muhafaza edilmiştir. Alabalıklar 180°C'de 25dk fırında pişirilmiştir. Çiğ ve pişirilmiş olan alabalıkların kas dokusundan derili ve derisiz örnekler alınarak her bir örnekte kuru madde, toplam yağ ve yağ asitleri analizleri yapılmıştır. Çiğ gökkuşığı alabalığında toplam yağ oranı %4,33 iken, fırında pişirdikten sonra %6,54'e yükselmiştir. Balığın derili ve derisiz olması, toplam yağ oranında istatistiksel olarak bir değişim yapmamıştır. Fırında pişirme yönteminin uygulanması sonucunda Σ SFA, Σ UFA, Σ MUFA, Σ PUFA ve Σ omega-3 ile Σ omega-6 yağ asitleri düzeylerindeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Balıklarda Σ SFA düzeyleri -18°C'de 30 gün muhafaza edilmesiyle azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak dondurularak muhafaza edilen alabalıkların fırında, derili veya derisi olmadan kuru pişirme işleminden geçirilmesi sonucunda, toplam yağ oranında artış görülse de, insan sağlığı ve özellikle kalp damar hastalıklarında koruyucu olan PUFA'larda önemli bir değişime sebep olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çiğ balık, gökkuşığı alabalığı, fırında pişirme, yağ asidi, muhafaza.

Abstract

Effects of Storage and Cooking Processes on Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

In this study, the effects of different storage and cooking processes on the fatty acid profile of rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*) obtained from the fish culture manufacturing plant in Şanlıurfa were investigated. 27 rainbow trouts were divided into 3 groups. The first group as control group was processed on 0th day. Other two groups have been stored at -18°C for 15 and 30 days. Fish samples were cooked in the oven at 180°C for 25 minutes. Muscle tissue specimens with and without skin have been taken for the analysis of dry matter, total fat and fatty acid profile in the raw and cooked trouts. The total fat of the raw rainbow trout was found to be 4.33%, but after cooking in the oven increased to 6.54%. There are no statistically differences in total fat content among fish samples with and without skin. Oven cooking didn't affect the levels of Σ SFA, Σ UFA, Σ MUFA, Σ PUFA, Σ -3 fatty acids and Σ -6 fatty acids. The levels of Σ SFA were reduced after the storage at -18°C for 30 days. As a result, total fat content increased after oven cooking fish samples with and without skin under frozen storage but the levels of PUFA which is important for human health and especially for protective effect on cardiovascular diseases were not affected.

Keywords: fatty acid, rainbow trout, raw fish, oven cooking, storage.

Giriş

Balık ve diğer su ürünleri etleri, içerdikleri özellikle doymamış yağ asitlerinden dolayı diyetetik değer kazanmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Balık etinin kalitesi, yapısında bulunan %15-20 doymuş (Σ SFA) ve %80-85(Σ UFA) doymamış yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır. Bu doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğunu çoklu doymamış yağ asitleri (Σ PUFA) oluşturmaktadır (Penfield ve Campbell, 1990; Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999; Gökoğlu, 2002). Su ürünlerinin yağlarındaki PUFA'lar genellikle omega-3(Ω -3) şeklindedir (Belitz ve Grosch, 1999). Omega-3 yağ asitleri, esansiyel yağ asitleri olup, vücutta sentezlenmediği için mutlaka besinlerle dışarıdan alınmalıdır (Kayahan, 1998; Mahan ve Escott Stump, 2005). Balık sıvı yağları içinde Ω -3, fazla miktarlarda buldukları için balık yağı olarak da bilinmektedir (Penny vd., 2002). Omega-3 serisinden olan ve balıklarda bol miktarda bulunan eikosapentaenoik asit (EPA) ile dokosa-hekzaenoik asit (DHA), önce deniz algleri tarafından sentezlenir, plankton ve diğer küçük deniz hayvanları tarafından tüketilerek onların bünyesine yerleşirler ve besin zinciri yoluyla deniz ürünlerinde birikirler (Gordon ve Ratliff, 1992; Akyurt, 1993). Balık yağlarının doğal bileşenlerinden olan EPA, memeliler için esansiyel olan linolenik asitin metabolitidir (Göğüş ve Fadiloğlu, 2006). Alfa linolenik asitten sentezlenen veya doğrudan doğruya balık yağlarından elde edilen DHA, hücre membranlarında, beyin ve retinada bulunur ve bu bölgelerin işlevi için gereklidir (Mayes, 1993; Penny vd., 2002).

İnsanoğlunun daha anne karnında iken Ω -3 yağ asitlerine (EPA, DHA), ihtiyaç duyduğu ve hayatın her evresinde bu ihtiyacın artarak devam ettiği bildirilmiştir (Kaya vd., 2004). Kanser ve kardiyovasküler hastalıklardan korunma ve tedavide, gastrointestinal sistemin sağlığının korunmasında, menapoz semptomlarının hafifletilmesi, osteoporozun önlenmesi ve göz sağlığının korunmasında Ω -3 yağ asitleri etkilidir (Coşkun, 2005). Günümüzde ölümlerin büyük çoğunluğunun kalp krizi, damar tıkanıklığı, yüksek kolesterol ve kansere bağlı hastalıklardan kaynaklandığı, depresyon, stres, şiddet ve intihar vakalarının da çok fazla arttığı düşünülürse, balık tüketiminin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Ancak insan sağlığı için önemli olan su ürünlerinin, diğer etlere oranla kolay bozulan bir ürün olması nedeniyle, balıkların avlanmasından tüketimine değin hızlı bir şekilde niteliğini yitirmeden tüketiciye ulaştırılması ve korunması gerekir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan su ürünleri içerisinde %43,5 'lik oranla oldukça fazla paya sahip olan (İzci vd., 2009), gökkuşağı alabalığı *Onchorynchus mykiss* (Roberts ve Shepherd, 2001), genellikle canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, ve tütsülenmiş şekilde tüketime sunulmaktadır (İzci vd., 2009).

Gökkuşağı alabalığının özellikle fazlaca üretildiği dönemlerde kalite kaybına uğramadan ya da en az kayıpla tüketiciye ulaştırılması önemli bir konudur (Dönmez ve Tatar, 2001).

Yapılan çalışmalarda,soğuk muhafaza koşullarının yağ asidi bileşimine etkisi (Öksüz ve Garthwaite,1997; Özen vd., 1997; Şengör vd., 2000; Dönmez ve Tatar, 2001; İkinci ve Yapar, 2004; Özyurt vd., 2007) ve tütsülemenin balıklardaki duyuşal ve mikrobiyolojik etkileri (Angiş vd., 2006; Oğuzhan vd., 2006; Bilgin vd., 2007) ve pişirme işleminin yağ asidine etkisi (Gökoğlu vd., 2004; Castro vd., 2006; Yanar vd., 2007; Ferreira vd., 2007; Tokur, 2007) incelenmiştir.

Ancak derin dondurucuda muhafaza edilen balıkların, fırınlanması sonucunda derili ve derisi olmaksızın tüketilmesi esnasında yağ asidi bileşiminde oluşan değişimlerle ilgili yeterli sayıda çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışma ile sağlığımız için önemli olan Ω -3 yağ asitlerini içeren alabalığın tüketim öncesinde uygulanan dondurma ve pişirme gibi ısı işlemlerin, derisi ve derisi çıkarıldıktan sonra yağ asidi bileşimine olan etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Şanlıurfa İli Birecik İlçesinde kafes balıkçılığı yapan özel bir alabalık üretme çiftliğinden kış mevsiminde alınan, tüketime hazır hale gelen toplam 27 adet gökkuşağı alabalığı (*Onchorynchus mykiss*) kullanılmıştır. 0. günde uygulanan işlemler Şekil.1'de gösterilmiş olup, muhafaza işlemlerinin yapıldığı 15., ve 30. günlerde de aynı işlemler uygulanmıştır.

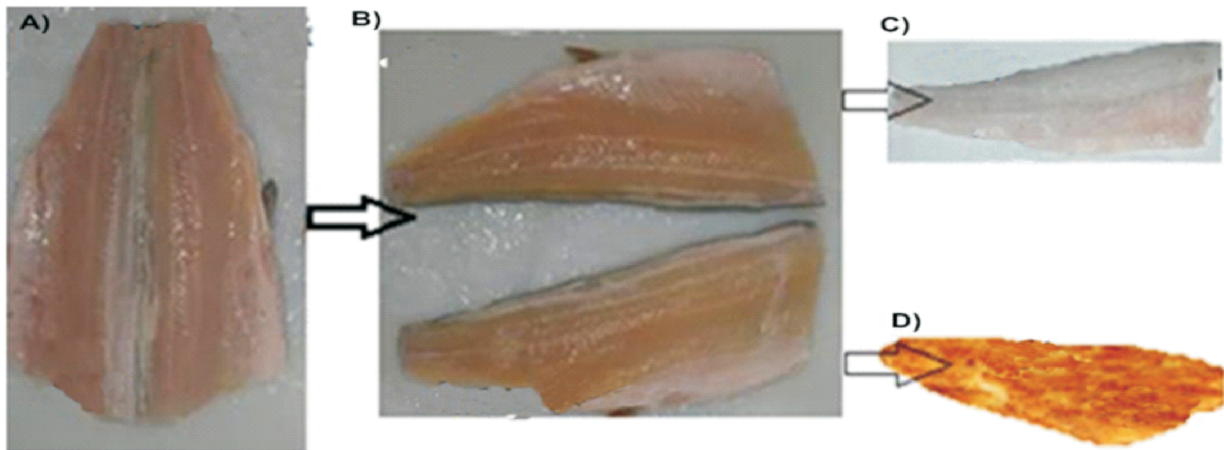
Çalışmada kullanılan her bir balığın karın bölgesi makasla anüsten girilerek açılmış, iç organları temizlendikten sonra, bir yüzeyindeki sırt yüzgeçleri ile yan hat (linea lateral) arasındaki kas dokusundan yeterli miktarda derili ve derisiz kas dokusu alınmıştır.

Diğer iki grup da aynı temizleme işleminden geçirilerek, tek tek alüminyum

folyo ile sarılıp streç filmle kaplanıp ambalajlandıktan sonra, 0. grup kontrol grubu diğer iki grup ise 15. gün ve 30. günde işlenmek üzere -18°C 'de dondurularak muhafaza edilmiştir. Her çalışma gününde, balığın bir tarafı çiğ (derili ve derisiz) ve diğer tarafı ise alüminyum folyolara sarılmak suretiyle elektrikli fırında 180°C 'de 25 dk'luk kuru pişirme (derili-derisiz) işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kuru madde tayini, 102°C 'da kurutulduktan sonra darası alınmış kuru madde kaplarına 5g civarında örnek tartılarak 102°C 'deki kurutma dolabında sabit ağırlığa kadar kurutulmuş ve tartım farkından örnekteki % nem miktarı (AOAC, 1990) belirlenerek, 100'den çıkartılarak balıkların % kuru maddesi belirlenmiştir.

Balık yağı asitlerinin metilleştirilmesinde, 0,5g kas dokusu numuneleri test tüplerine alınmış, üzerine 1 ml metanolik NaOH çözeltisinden (45g NaOH, 150ml metil alkol ve 150ml saf su karışımı) ilave edilmiştir. Tüpler 5–10sn vortekste çalkalanmış ve 100°C 'lik su banyosunda 25dk inkübasyona bırakılmış, üzerlerine 2ml çözelti (325ml HCl ve 275ml metil alkol karışımından) ilave edilerek 80°C 'lık su banyosunda 10dk tutulmuş, hızlı soğutmaya bırakılmıştır. Metillenmiş yağ asitleri üzerine 3ml çözelti (hegzan : metiltert butil eter (1:1) karışımından) ekle-



Şekil.1. Alabalık numunelerinin analize hazırlanması. A) Taze Alabalık (n= 27) B) Ayırma işlemi (n=54) C) Çiğ (derili, n=27; derisiz, n=27) D) Pişmiş (derili, n=27; derisiz, n=27).

nerek 10dk çalkalanmış, oluşan üst faz tüpe alınmıştır. Her tüpe 3 ml çözelti (10,8g sodyum hidroksit ve 900ml saf su karışımından) ilave edilip 5dk çalkalandıktan sonra 10dk oda sıcaklığında bekletilmiş, üst fazdan 0,2–0,3ml alınarak gaz kromatografisine verilmiştir (Haliloğlu, 2001).

Elde edilen yağ asidi metil esterleri, HP-88 kolonu (100m x 250µm x 0.25µm) (Agilent, USA) kullanılarak Gaz Kromatografisinde (HP 6890, Agilent, USA) analiz edilmiştir. Gaz Kromatografisinin şartları; enjeksiyon sıcaklığı 250°C, dedektör sıcaklığı 280°C, taşıyıcı gaz H₂, split oranı 1/100-1/50, sıcaklık programı 120°C 1dk, dakikada 10°C artırılarak 175°C'ye çıkartılmış ve 175°C'de 10 dk bekletilmiştir. Dakikada 5°C artırılarak 210°C'ye çıkartılmış, 210°C'de 15 dk bekletilmiş, sonra sıcaklık dakikada 5°C artırılarak 230°C'ye çıkartılmış, 230°C'de 5dk bekletilmiştir. Alıkonma zamanları yağ asidi metil esterleri mix-37 standartları (Supelco, Bellefonte, PA, USA) ve yağ asidi metil esterleri mix-C8-C24 standartları (Supelco, Bellefonte, PA, USA) karşılaştırılarak pikler belirlenmiştir. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME (Metilleştirilmiş yağ asitleri) karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. 4:0 ve 24:1 arasındaki yağ asitlerini kapsayan pikler hesaplanmıştır.

Yağ asitleri miktarı, toplam yağ asitleri (TYA) metil esterlerinin yüzdesi olarak (g/100g) belirlenmiştir. Her bir balık üzerinde derili-derisiz, çiğ ve pişirme yöntemleri kullanılarak, toplam 108 adet numunede 30 adet yağ asidi analiz edilmiştir (Tablo.1).

Gruplara ait istatistiksel hesaplamalar SPSS programı (SPSSINC, Chicago, II, USA) kullanılarak yapılmıştır. Veri dağılımının normalitesi Kolmogorov- Smirnov testi kullanılarak kontrol edilmiştir. Dönemler arasındaki farklılığın (0., 15. ve 30. gün) incelemesinde tek yönlü Varyans analizi (ANOVA) ve alt grup analizleri Duncan testi ile incelenmiştir. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiş ve önemlilik düzeyi p<0,05 olarak alınmıştır (Dawson ve Trap, 2001).

Bulgular

Çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalığının (*Onchorynchus mykiss*) kuru madde yüzdesinin (%KM) ortalama düzeyi ilk gün (33.918 ±0.757) ile 30 günlük depolama süresi sonundaki (34.262±1.022) fark önemli bulunmamıştır. Ancak çalışma süresi içerisinde çiğ balıktaki kuru madde (29.479±0.206) yüzdesinin, pişirme (37.975±0.458) işleminden sonra arttığı görülmektedir (Tablo.2).

Tablo.1. Çalışma kapsamında analizi yapılan yağ asitleri ve kimyasal formülleri

| Kimyasal Formülü | Yağ Asidi | Kimyasal Formülü | Yağ Asidi | Kimyasal Formülü | Yağ Asidi |
|------------------|--------------------|------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------------|
| C6:0 | Kaproik asit | C18:0 | Stearik asit | C18:2n6 | Linoleik asit |
| C8:0 | Kaprilik asit | C22:0 | Behenik asit | C18:3n6 | γ - Linolenik asit |
| C10:0 | Kaprik asit | C23:0 | Trikosanoik asit | C18:3n3 | α Linolenik asit |
| C11:0 | Andekanoik asit | C14:1 | Miristeloik asit | C20:2n6 | Eikosadienoik asit |
| C12:0 | Laurik asit | C16:1 | Palmiteloik asit | C20:3n6 | Homo- γ linolenik asit |
| C13:0 | Tridekanoik asit | C17:1 | Cis-10 Heptadesenoik asit | C20:3n3 | cis 8-11-14 Eikosatrienoik asit/ETE |
| C14:0 | Miristik asit | C18:1 | Oleik asit | C20:3n3 | cis11-14-17 Eikosatrienoik asit |
| C15:0 | Pentadekanoik asit | C20:1 | Eikosenoik asit | C20:4n6 | Araşidonik asit |
| C16:0 | Palmitik asit | C22:1 | Erüsik asit | C20:5n3 | Eikosapentaenoik asit /EPA |
| C17:0 | Heptadekanoik asit | C24:1 | Nervonik asit | C22:6n3 | Dokosaheksaenoik asit/DHA |

Tablo 2. Muhafaza (-18°C) işlemleri ile derili ve derisiz kuru pişirme(180°C) işlemlerinin çiğ gökkuşağı alabalıklarındaki yağ asidi bileşimlerine etkisi (toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak, g/100g).

| | Çiğ (n=54) | Pişmiş(n=54) | Derili(n=54) | Derisiz(n=54) | 0.gün(n=36) | 15.gün(n=36) | 30. gün(n=36) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Kuru madde, %KM | 29.479±0.206 ^b | 37.975±0.458 ^a | ----- | ----- | 33.918 ±0.757 | 33.001±0.692 | 34.262±1.022 |
| Toplam Yağ % KM'de | 4.326±0.160 ^b | 6.544±0.191 ^a | ----- | ----- | 5.002±0.302 ^z | 5.311±0.223 ^{yz} | 5.993±0.300 ^y |
| Kaproik a. | 0.022±0.002 | 0.019±0.001 | 0.019±0.001 | 0.022±0.002 | 0.015±0.001 ^z | 0.024±0.003 ^y | 0.022±0.002 ^{yz} |
| Kaprilik a. | 0.016±0.002 | 0.013±0.001 | 0.013±0.001 | 0.016±0.002 | 0.014±0.001 | 0.013±0.001 | 0.016±0.002 |
| Kaprik a. | 0.019±0.002 | 0.017±0.002 | 0.018±0.002 | 0.018±0.002 | 0.017±0.002 | 0.019±0.002 | 0.018±0.002 |
| Andekanoik a. | 1.353±0.034 | 1.345±0.024 | 1.323±0.030 | 1.375±0.029 | 1.366±0.029 ^z | 1.473±0.040 ^y | 1.209±0.024 ^{yz} |
| Laurik a. | 0.091±0.004 | 0.098±0.003 | 0.092±0.003 | 0.097±0.003 | 0.089±0.003 | 0.098±0.005 | 0.096±0.003 |
| Tridekanoik a. | 0.089±0.008 ^a | 0.065±0.008 ^b | 0.071±0.007 | 0.084±0.009 | 0.094±0.010 ^y | 0.055±0.004 ^z | 0.083±0.012 ^y |
| Miristik a. | 5.376±0.138 | 5.229±0.091 | 5.141±0.114 ⁿ | 5.465±0.116 ^m | 5.409±0.112 ^y | 5.750±0.166 ^y | 4.749±0.087 ^z |
| Pentadekanoik a. | 0.495±0.026 ^b | 0.717±0.026 ^a | 0.678±0.027 ^m | 0.534±0.030 ⁿ | 0.516±0.031 ^z | 0.700±0.038 ^y | 0.602±0.035 ^{yz} |
| Palmitik a. | 16.303±0.123 | 16.408±0.113 | 16.621±0.115 ^m | 16.090±0.110 ⁿ | 16.416±0.131 | 16.539±0.178 | 16.112±0.109 |
| Heptadekanoik a. | 0.270±0.004 ^b | 0.289±0.006 ^a | 0.274±0.004 | 0.285±0.005 | 0.269±0.003 ^{yz} | 0.271±0.005 ^z | 0.299±0.007 ^y |
| Stearik a. | 3.210±0.060 | 3.352±0.047 | 3.282±0.052 | 3.280±0.058 | 3.181±0.058 ^{yz} | 3.101±0.072 ^z | 3.561±0.042 ^y |
| Behenik a. | 0.029±0.003 | 0.023±0.003 | 0.027±0.003 | 0.025±0.003 | 0.046±0.003 ^y | 0.022±0.004 ^z | 0.010±0.001 ^{yz} |
| Trikosanoik a. | 0.851±0.020 | 0.840±0.009 | 0.835±0.019 | 0.856±0.011 | 0.862±0.011 | 0.810±0.027 | 0.865±0.012 |
| ΣSFA | 28.124±0.163 | 28.415±0.156 | 28.391±0.148 | 28.147±0.171 | 28.293±0.162 ^z | 28.874±0.210 ^y | 27.641±0.159 ^{yz} |
| Miristeloik a. | 0.531±0.009 | 0.514±0.006 | 0.504±0.007 ⁿ | 0.541±0.008 ^m | 0.533±0.008 ^z | 0.552±0.011 ^y | 0.484±0.006 ^{yz} |
| Palmiteloik a. | 6.484±0.119 | 6.396±0.095 | 6.205±0.102 ⁿ | 6.675±0.103 ^m | 6.704±0.124 ^y | 6.805±0.123 ^y | 5.811±0.070 ^z |
| Cis-10Heptadesenoik a. | 0.745±0.020 | 0.744±0.023 | 0.729±0.021 | 0.759±0.023 | 0.839±0.014 ^y | 0.826±0.021 ^y | 0.567±0.014 ^z |
| Oleik a. | 20.322±0.298 | 20.400±0.228 | 19.383±0.260 ⁿ | 21.340±0.192 ^m | 20.308±0.302 | 20.153±0.318 | 20.623±0.351 |
| Eikosenoik a. | 1.596±0.055 | 1.579±0.040 | 1.491±0.043 ⁿ | 1.685±0.050 ^m | 1.493±0.032 ^z | 1.436±0.055 ^z | 1.834±0.062 ^y |
| Erisik a. | 1.843±0.039 ^b | 1.978±0.047 ^a | 1.876±0.044 | 1.946±0.044 | 1.753±0.027 ^z | 1.809±0.048 ^z | 2.170±0.054 ^y |
| Nervonik a. | 0.233±0.015 | 0.249±0.010 | 0.228±0.015 | 0.254±0.010 | 0.233±0.008 ^z | 0.211±0.023 ^z | 0.279±0.011 ^y |
| ΣMUFA | 31.755±0.384 | 31.861±0.305 | 30.416±0.347 ⁿ | 33.199±0.218 ^m | 31.863±0.430 | 31.792±0.406 | 31.768±0.443 |
| Linoleik a. | 11.543±0.169 | 11.746±0.136 | 11.204±0.155 ⁿ | 12.085±0.128 ^m | 11.704±0.204 | 11.909±0.178 | 11.319±0.173 |
| γ Linolenik a. | 0.318±0.007 | 0.316±0.009 | 0.300±0.007 ⁿ | 0.334±0.008 ^m | 0.315±0.008 | 0.318±0.008 | 0.317±0.013 |
| α Linolenik a. | 2.306±0.038 | 2.329±0.029 | 2.257±0.034 ⁿ | 2.378±0.032 ^m | 2.376±0.043 ^y | 2.375±0.039 ^y | 2.201±0.037 ^z |
| Eikosadienoik a. | 0.468±0.015 | 0.487±0.010 | 0.454±0.012 ⁿ | 0.501±0.014 ^m | 0.446±0.016 ^z | 0.447±0.014 ^z | 0.538±0.012 ^y |
| Homo- γ linolenik a. | 0.272±0.007 | 0.282±0.009 | 0.273±0.008 | 0.282±0.008 | 0.244±0.005 ^z | 0.245±0.005 ^z | 0.343±0.007 ^y |
| ETE | 0.224±0.004 | 0.223±0.004 | 0.222±0.004 | 0.225±0.004 | 0.218±0.004 | 0.223±0.006 | 0.228±0.004 |
| Araşidonik a. | 0.325±0.008 | 0.349±0.011 | 0.337±0.009 | 0.337±0.010 | 0.325±0.007 | 0.332±0.016 | 0.355±0.010 |
| EPA | 5.935±0.078 ^a | 5.708±0.074 ^b | 6.004±0.075 ^m | 5.639±0.071 ⁿ | 5.940±0.076 ^y | 5.904±0.111 ^y | 5.621±0.086 ^z |
| DHA | 18.731±0.477 | 18.288±0.382 | 20.145±0.470 ^m | 16.874±0.233 ⁿ | 18.277±0.58 ^{yz} | 17.583±0.440 ^z | 19.669±0.502 ^z |
| ΣPUFA | 40.121±0.374 | 39.727±0.334 | 41.194±0.364 ^m | 38.654±0.243 ⁿ | 39.845±0.451 | 39.336±0.423 | 40.591±0.411 |
| ΣUFA | 71.876±0.163 | 71.587±0.155 | 71.611±0.148 | 71.853±0.171 | 71.708±0.162 ^{yz} | 71.128±0.209 ^z | 72.359±0.159 ^y |
| Σ Ω -3 | 27.195±0.487 | 26.548±0.394 | 28.627±0.472 ^m | 25.116±0.241 ⁿ | 26.811±0.585 | 26.085±0.476 | 27.719±0.543 |
| Σ Ω -6 | 12.926±0.178 | 13.179±0.142 | 12.567±0.162 ⁿ | 13.538±0.131 ^m | 13.034±0.213 | 13.251±0.197 | 12.872±0.180 |
| Ω 6 / Ω3 | 0.487±0.014 | 0.504±0.010 | 0.449±0.012 ⁿ | 0.542±0.008 ^m | 0.498±0.016 | 0.516±0.014 | 0.473±0.014 |

Ortalama±SH, Ω: omega

a, b: Çiğ-pişmiş; m, n: Derili-derisiz; y, z: 0-15-30.gün sütunlarındaki; aynı satırda yer alan ancak farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki farkın, istatistiksel bakımdan önemli olduğunu ifade eder.

Toplam yağ düzeyinde (TYD) ise, hem ilk güne (5.002±0.302) göre 30. günün (5.993±0.300) sonunda hem de kuru pişirme işleminden (6.544±0.191) sonra artış görül-müştür (Tablo.3).

Balığın derili ve derisiz olması, Σ SFA ve Σ UFA düzeylerini etkilemezken, derili olarak işlem görmesi Σ PUFA ve $\Sigma\Omega$ -3 yağ asitleri düzeyinde artış, Σ MUFA ve $\Sigma\Omega$ -6 yağ asitleri düzeyleri ile $\Sigma\Omega$ -6/ $\Sigma\Omega$ -3 oranında ise azalma olarak görülmüştür. Balığın derili olarak işlem görmesi pentadekanoik asit, palmitik asit, EPA ve DHA düzeylerinde artış, miristik asit, miristeloik asit, palmiteloik asit, oleik asit, eikosenoik asit, linoleik asit, -linolenik asit, -linolenik asit, eikosadienoik asit düzeylerinde azalış olarak bulunmuştur (Tablo 3).

Çiğ ve 180°C'de 25 dk'lık kuru pişirme yönteminin uygulandığı alabalıklarda, Σ SFA, Σ UFA, Σ MUFA, Σ PUFA, $\Sigma\Omega$ -3, $\Sigma\Omega$ -6 düzeyleri ile $\Sigma\Omega$ -6/ $\Sigma\Omega$ -3 oranı bakımından farklılık gözlenmezken, kuru pişirme uygulanması ile tridekanoik asit ve eikosapentaenoik asit düzeylerinde azalma, pentadekanoik asit, heptadekanoik asit ve erüsik asit düzeylerinde ise artış saptanmıştır (Tablo 3).

Gökkuşuğu alabalıklarının (*O.mykiss*), 0. gün, 15. ve 30. gün (-18°C'de) muhafaza edilmelerinin yağ asidi bileşimine etkisi (Tablo 3) incelendiğinde, Σ SFA 15 günlük muhafaza sonunda artış gözlenirken 30 günlük muhafaza sonunda azalma tespit edilmiştir. Ancak balıkların 15 ve 30 gün muhafaza edilmesi, Σ MUFA ve Σ PUFA düzeylerini etkilememiştir. Balıkların 15 gün muhafaza edilmesi (-18°C) andekanoik asit, pentadekanoik asit ve miristeloik asit düzeylerinde artış, tridekanoik asit ve behenik asit düzeylerinde ise azalma kaydedilmiştir.

Balıkların 30 gün muhafaza edilmesi ile andekanoik asit, miristik asit, behenik asit, palmiteloik asit, cis-10 heptadesenoik asit, -

linolenik asit ve EPA düzeylerinde azalma, heptadekanoik asit, stearik asit, eikosenoik asit, erüsik asit, nervonik asit, eikosadienoik asit, homo--linolenik asit düzeylerinde ise artışlar saptanmıştır. Balık eti yağındaki Ω -3 ve Ω -6 yağ asitleri ile Ω -6/ Ω -3 oranı muhafaza koşullarından etkilenmemiştir.

Tartışma

Yapılan çalışmaya göre 0. 15.ve 30.güne ait çiğ gökkuşuğu alabalığı kas dokularında KM %29.48, TYD ise %4.33 düzeyinde bulunmuş olup, diğer çalışmalarla sonuçlar benzerlik göstermektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999, Dönmez ve Tatar, 2001, Gökoğlu vd., 2004, Tekelioğlu, 2005, Oğuzhan vd., 2006, Aydın, 2007). Yapılan çalışma sonucunda, gökkuşuğu alabalığındaki TYD çiğ balıkta %4,33 iken, fırında kuru pişirme işlemi uygulanmış olanlarda %6,54'a yükselmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur (Gökoğlu vd., 2004; Oğuzhan vd., 2006; Ferreaira vd., 2007; Tokur, 2007; Ünüsan, 2007; Yanar vd., 2007).

Yapılan çalışma sonucunda, fırında pişirildikten sonra yağ asidi bileşimi açısından bakıldığında, PUFA'lardan EPA'da, SFA'lardan tridekanoik asit değerlerinde azalma, SFA'lardan pentadekanoik asit ve heptadekanoik asit ile MUFA'lardan erusik asit düzeylerinde ise artış görülmüştür. Ötleş ve Şengör (2005) tarafından yapılan araştırmada da pişirilen ve kızartılan çift kabuklular ile midyelerdeki EPA ve DHA'nın miktarlarında azalma olması, yaptığımız çalışmayı desteklemektedir. Castro vd. (2006) tarafından çalışılan balık türlerinde derisiz balıklarda Σ PUFA içeriği artarken, Σ MUFA içeriğinde azalma görülmüştür. Çalışmalar arasında TYD'ndeki değişimlerde paralellik görülmektedir. Σ SFA ve Σ UFA arasındaki farklılığın ise çalışılan balık türünden kaynak-

landığı düşünülmektedir. Gökkuşuğu alabalığının fırında pişirme yöntemlerinin uygulanması sonucunda elde edilen Σ SFA, Σ UFA, Σ MUFA ve Σ PUFA düzeylerinde benzer çalışmalarda olduğu gibi farklılık bulunmamıştır (Castro vd., 2006; Ferreira vd., 2007; Ünüsan, 2007; Yanar vd., 2007).

Dönmez ve Tatar (2001)'in yaptığı çalışmada, gökkuşuğu alabalığının (-30°C'de) bir yıllık muhafazası sonucu toplam yağ oranlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Yapılan çalışmada ise toplam yağ oranında 0.gün %5,00 \pm 1,8 olan değer 30. günde %5,99 \pm 1,80 olup, muhafaza süresine bağlı olarak artış görülmektedir. Bulunan sonuçlardaki fark, uygulanan dondurma sıcaklığı ve süresindeki değişikliklerden kaynaklanabilmektedir. Yağlarda meydana gelen hidroliz ve otooksidasyondan dolayı depolama süresince yağlarda artış ve azalışlar olabilmektedir (Dönmez ve Tatar, 2001). Castro vd. (2006), sazan, pirana ve tilapia balık türlerinde -20°C'de, 45 güne kadar muhafaza etme işleminin yağ asidi bileşiminde önemli değişiklik olmadığına değinmiş olup, yapılan çalışmayı desteklemektedir. Dönmez ve Tatar (2001)'in yaptığı çalışmada, ilk 1. ve 3. aylarda MUFA değerlerinde azalmanın oksidasyondan kaynaklandığını belirtmiştir. Dondurularak muhafaza edilen alabalıkların fosfolipidlerindeki hidroliz ve otooksidasyonları bir arada olmaktadır. Bu nedenle UFA otooksidasyonundan kaynaklanan bir azalma doğrudan SFA artış oranına yansımaktadır.

Muhafaza edilen günlerde MUFA ve PUFA'de görülen değişkenlik istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu nedenle yapılan çalışmalar birbirine paralellik gösterse de, aradaki farklılığın muhafaza edilen sürenin 30 gün ile sınırlı kalmasından kaynaklanabilir. Kalp ve damar sağlığı ve vücudun hayati fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için oldukça önemli bir yeri olan PUFA'ların

azalması istenmeyen bir durumdur. Yapılan çalışmada PUFA'lar arasında ise 30 günlük depolama sonrasında eikosadienoik asit ve homo-linolenik asit'de artış, α -linolenik asit'te ise azalma tespit edilmiştir. Dönmez ve Tatar (2001)'in çalışmasına göre ise, linolenik asit dışındaki diğer PUFA azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Gökkuşuğu alabalığına uygulanan muhafaza koşullarının -0°C'de 12 aylık bir sürede gerçekleştirilmesi, yapılan çalışmanın da -18°C'de 1 ay ile sınırlı kalması, çalışma sonuçlarında farklılıklara neden olabilmektedir.

İnsan sağlığı açısından büyük önem taşıyan, kaynağı balık olan Ω -3/ Ω -6 oranı, derili olanlarda daha yüksek, pişirme işlemleri ve muhafaza edilmeleri sırasında meydana gelen değişiklikler ise önemsiz bulunmuştur. Bu konu ile ilgili başka çalışma bulunmadığından karşılaştırma yapılamamaktadır.

Gökkuşuğu alabalıklarıyla yaptığımız çalışmada Ω -3/ Ω -6 oranı 2 dolayında bulunmuştur. Visentainer vd. (2007) deniz balıklarında bu oranı 3, Yanar vd. (2007) çığ levrekte bu oranı 1,33, Rasoarhona vd. (2005) bu oranının her bir tür için mevsimlere göre farklılık gösterdiğini kaydetmişlerdir. Çalışmalar arasındaki oranların değişik çıkması, balık türlerindeki ve yağ asidi bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, gökkuşuğu alabalığındaki TYA, %70-72'sinin Σ UFA'dan oluşması, insan sağlığı açısından önemli yeri olan Ω -3 yağ asitlerinden DHA ve EPA'nın yüksek oranda bulunması, esansiyel yağ asidi olan linoleik asit ile linolenik asit bakımından da zengin bir gıda olması tüketilmesini gerekli ve önemli kılmaktadır. Muhafaza edilen (-18°C'de 30 gün) alabalıklarda, EPA'da çığ balığa göre bir azalma görülmekle birlikte, Σ MUFA, Σ PUFA ve Ω -3/ Ω -6 oranında -18°C'de 30 güne kadar Gökkuşuğu alabalığının muhafaza edil-

mesinde bir sakınca olmadığını düşündürmektedir. Balığın derili veya derisiz çalışmasında, Σ SFA ve Σ UFA'nde bir değişim görülmezken, derisiz olarak işlem görmesi MUFA'da artışa, PUFA'da ise azalmaya yol açmıştır. Derili olarak işlem görmesi derisize oranla DHA ve EPA'da artış sağlamıştır. Sonuç olarak bu durumda Ω -3 destekli beslenmelerin tercih edilmesinde balığın derisi ile işlenmesinin daha uygun olacağı görüşüne varılmıştır. Çalışma sonucunda ısı işlem görmemiş çığ alabalığın TYD kuru pişirmeden sonra artış göstermektedir. Ancak balıktaki TYA bileşiminin değişiklik göstermemesi, fırında pişirilmiş balığın tüketilmesinin sağlığımız açısından daha uygun olacağını göstermektedir.

Teşekkürler

Bu araştırma, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 07202021 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Akyurt, İ. 1993. Fish feeding technology (in Turkish). Atatürk Üniv Zir Fak ders kitabı, Erzurum, yayın no: 156: 75.

Angiş, S., Oğuzhan, P. ve Atamanalp, M. 2006. Soğuk tütsülenmiş ve mangalda pişirilmiş gökkuşuğu alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*)'nda duyu kalite kriterlerinin karşılaştırılması. Ege Üniv Su Ürün Derg, 23(1/3): 337–338.

AOAC, 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. IAC.

Aydın, F. 2007. Alabalık biyolojisi ve yetiştirme teknikleri, <http://aydintarim.gov.tr/yetiştiricilik>.

Belitz, H. D. ve Grosch, W. 1999. Lipids. In. Belitz HD and Grosch W, Eds, Food Chemistry, 2nd, Berlin, Germany: Springer-Verla, 152–157.

Bilgin, Ş., Ertan, Ö. O ve İzci, L. 2007. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak dumanlanmış (*Salmo trutta macrostigma, dumeril 1858*)'in kimyasal kompozisyonundaki değişimlerin incelenmesi. Jour. of Fisheries sciences.com, 1(2): 68–80.

Castro, F. A. F., Sant'Ana, H .M. P., Campos, F. M., Costa, N. M. B., Silva, M. T. C, Salaro, A. L. ve Franceschini, S. C. C. 2006. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 1–11.

Coşkun, T. 2005. Fonksiyonel besinlerin sağlımız üzerine etkileri, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 48:6984

Dawson, B. ve Trap, R. G. 2001. Basic and Clinical Biostatistics. 3rd edn. Lange Medical Books / McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York.

Dönmez, M. ve Tatar, O. 2001. Fileto ve bütün olarak dondurulmuş gökkuşuğu alabalığının (*Onchorhynchus mykiss W.*) muhafazası süresince yağ asitleri bileşimindeki değişimlerin araştırılması. E. Ü, Su Ürünleri Dergisi, 18(1/2):125-134.

Ekinci, R. ve Yapar, A. 2004. Alabalıkların (*O. mykiss W, 1792*) donma ve çözünme süreleri üzerine dondurma sıcaklığı ve hava sirkülasyonunun etkileri. Fırat Üniv Fen ve Muh Bil Derg, 16(1): 61-68.

Ferreira, M. W., Bressan, M. C. ve Souza, X. R. D. 2007. Vieira jo, faria pb, andrade pl. efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do nilo (*Oreochromis Niloticus Linnaeus 1757*). Fillets. Ciênc. Agro-tec., Lavras, 31(3): 798-803.

Gordon, D. T. ve Ratliff, V. 1992. The implications of omega-3 fatty acids in human health, Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality, Ed. By George L. Flick, 406.

Göğüş, F. ve Fadiloğlu, S. 2006. Lipids. Food Chemistry. 1. Baskı, Nobel yayınları, 98–107.

Gökoğlu, N., Yerlikaya, P. ve Cengiz, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). Food Chemistry, 84:19-22.

Gökoğlu, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. A.Ü. Zir. Fak. Gıda Muh. Bölümü. Su vakfı yayınları. ISBN:975–9703–48–3.

Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın, M. 1999. Su ürünleri işleme teknolojisi. Süley Dem Üniv Eğirdir Su Ürün Fak, Ders kitabı.

Haliloğlu, H. İ. 2001. Farklı işletmelerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*)'nin kas ve adipoz dokuları ile karaciğer ve gonadlarındaki yağ asidi profillerinin belirlenmesi. Atatürk Üni. Fen. Bil. Ens. Su Ürünleri ABD, Doktora tezi.

- İzci, L., Günlü, A. ve Bilgin, Ş. 2009. Ülkemizde Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss Walbaum, 19-792*)'nin Değerlendirme Şekilleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 5:1-2.
- Kaya, Y., Duyar, H. A. ve Erdem, M. E. 2004. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi. Ege Üniv Su Ürün Derg; 21(3/4): 365-370.
- Kayahan, M. 1998. Gıda Kimyası. İn: Saldamlı İ. Edİ. HÜ Yayın. Ankara, 107-193.
- Mahan, L. K. ve Escott- Stump, S. 2005. Krause aliömentos, nutriçia and dietoterapia, 11 th ed Sao Paulo, 1280.
- Mayes, P. A. 1993. Lipidlerin fizyolojik önemi ve doymamış yağ asitlerinin ve eikozanoidlerin metabolizması. İn: Murray RK, Granner PA, Rodwell VW, editors. Harper'ın Biyokimyası, İstanbul, 23. Baskı, Barış Kitabevi, 264-271.
- Oğuzhan, P., Anıç, S., Haliloğlu, H. İ. ve Atamanalp, M. 2006. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. E.U. Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 23 (1/3): 465-466.
- Öksüz, A. ve Garthwaite, T. 1997. The effect of storage temperature on k value in rainbow trout (*O. mykiss*). IX. Ulusal Su Ürünleri sempozyumu Eğirdir/Isparta, 695-704.
- Ötleş, S. ve Şengör, G. 2005. Effect of various technological processes on the fatty acid composition of mussel (*Mytilus galloprovincialis*, L). International Journal of Food Engineering, 1(3/5):1-7.
- Özen, M. R., Ünlüsayın, M., Gülyavuz, H. ve Yıldırım M. Z. 1997. Dondurulmuş gökkuşluğu alabalıklarında (*O. mykiss*) dondurma süresi ve defrost şekline göre meydana gelen değişimlerin histolojisi üzerine bir araştırma. IX. Ulusal Su Ürünleri sempozyumu, Eğirdir/Isparta, 683-694.
- Özyurt, G., Tokur, B., Özoğul, Y., Korkmaz, K., Polat, A. 2007. İnce dudaklı kefal (*Liza ramada*)'in yağ asidi kompozisyonu ve buzdolabında muhafazası (4° C) sırasında lipid oksidasyonu. Journal of Fisheries Sciences, 1307-2340.
- Penfield, M.P. ve Campbell, A. M. 1990. Experimental food science. 3. baskı. Academic Pres. The University of Tennessee, Knoxville -University of Nebraska,;333-386.
- Penny, M., Etherton, K., Harris, W. S. ve Appel, L. J. 2002. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and Cardiovascular Disease. Circulation, 106: 2747-2757.
- Rasoarahona, J. R. E., Barnathan, G., Bianchini, J. P. ve Gaydou, E. M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. Food Chemistry, 91: 683-694.
- Roberts, R. J. ve Shepherd, C. J. 2001. Alabalık ve Salmon Hastalıkları, 1. baskı, Ankara, 1-5.
- Şengör, G., Çelik, U. ve Akkuş, S. 2000. Buzdolabı koşullarında depolanan İstavrit balığının (*Trachurus trachurus*, L. 1758)'nin tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi. Turk J Vet Anim Sci, 24: 187-193.
- Tekelioğlu, N. 2005. İç su balıkları yetiştiriciliği bölüm, Alabalık yetiştiriciliği, Adana, 1-68.
- Tokur, B. 2007. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food Science & Technology, 42(7): 874-879.
- Ünüsan, N. 2007. Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after cooking. International Journal of Food Science & Technology, 42(9):1087-1093.
- Visentainer, J. V., Noffs, M. D., Carvalho, P. O., Almeida, V. V., Oliveria, C. C. ve Souza, N. V. 2007. Lipid content and fatty acid composition of 15 marine fish species from the southeast coast of Brazil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 84(6):543-547.
- Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Ersoy, B. ve Çelik, M. 2007. Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. J of Muscle Foods, 18(1): 88-94.