

Balıklarda Yağ Asitlerinin Önemi

N. Mevlüt ARAS H. İbrahim HALİ LOĞLU¹ Muhammed ATAMANALP
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü 25240 ERZURUM

Geliş Tarihi : 16.11.2001

ÖZET : Bu derlemede lipidlerin temel yapıtaşları olan yağ asitlerinin önemi ve balıklardaki fonksiyonları ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmaların sonuçları üzerinde durulmuştur. Daha faydalı olur düşüncesiyle, farklı amaçlarla yapılan çalışmaların sonuçları ayrı ayrı ve bir bütünlük içerisinde değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler : Balık, yağ asidi, doymamış yağ asitleri

The Importance of Fatty Acids In Fish

ABSTRACT : In this review the importance and function of the fatty acids in fish that are the basic structures of lipids have been summarised. In order to obtain maximum benefit from this research the results were interpreted by itself and presented in a whole context.

Key words: Fish, fatty acids, unsaturated fatty acids

GİRİŞ

Bilindiği üzere balıklarda yağlar ve yağ asidi profilleri, türlere, cinsiyete, mevsimlere, beslenme ortamına, besin farklılığına, suyun biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine, coğrafik yapıya, (rakım-basınç), balıkların pelajik veya demersal olmalarına ve göçler gibi daha pek çok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Christiansen vd, 1989; Yılmaz, 1995). Yapılan çalışmalar aynı balığın farklı dokularında değişik oranlarda depolanabilen total yağın, yağ asidi kompozisyonunun bile önemli ölçüde farklılık arzettiğini ortaya koymuştur (Haliloğlu, 2001). Enerji kaynağı olarak rasyonla alınan yağlar farklı dokularda farklı oranlarda depolanmaktadır (Okumuş 2000). Bu yönüyle yetiştiricilere ürettikleri balıkların farklı safhalarında önceden yağ asidi profilini belirleyebilme fırsatı doğmaktadır. Mesela, gonad dokusu ile damızlık balıkların yağ asidi bilgileri, ilgili rasyonun hazırlanmasında, kastaki kompozisyonun ideal kabul edilen doğal hemcinslerine göre ayarlanmasında kullanılabilceği kaydedilmektedir (Halver, 1988).

Lipidler hayvansal organizmaların en önemli enerji kaynaklarından biri olmanın yanı sıra; yapılarında yer alan yağ asitleri hücre zarlarının yapı taşlarını oluştururlar. Ayrıca depolanabilme, taşınabilme, koruyucu özelliği ve yağda eriyen vitaminlerin kaynağı olarak vücutta önemli görevler üstlenirler. Bunların yanı sıra balıklarda uzun zincirli doymamış yağ asitleri hormon aktivitesine sahip prostoglandinlerin hammaddesidirler (Çetinkaya, 1989). Demersal ve pelajik balıkların total lipid oranları ve yoğunluklarının farklılığı statik olarak derinlere inme, buralarda yaşama ve su yüzeyine çıkışlarda da etkin bir şekilde hava kesesine ve yüzgeçlere yardımcı olmaktadır (Bell vd, 1986). Özellikle biyolojik membranların yapısında yer alan ve hayati rol oynayan fosfolipidler ve sterin esterleri balıkların düşük sıcaklıklarda bile hücre fonksiyonlarını aktif kıldığından adeta antifiriz gibi etkin olmakta,

üreme, beslenme ve kışlama göçlerinde tatlı sulardan tuzlu sulara geçişte değişebilen yağ asidi kompozisyonuyla birlikte yüksek adaptasyon kabiliyeti sağlamaktadır (Hazel, 1979; Skuladottir vd; 1990). Bu yönüyle balıklar derin sularda basınca karşı ve farklı rakımlarda üreme ve yaşama potansiyeline ulaşabilmektedirler.

Yetiştiricilik yoluyla üretilen ürünler içerisinde sadece su ürünlerinin yapılarında yer alan uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA - polyunsaturated fatty acid) ve bunlardan 20:5n3 (EPA eikosapentaenoik asit) ile 22:6n3 (DHA - dokosaheksaenoik asit)'in insan sağlığı açısından önemli olduğu anlaşılmıştır (Sağlık, 1994; Okumuş, 2000).

Kısaca vurgulanmaya çalışılan balıklardaki total lipidin ve yağ asitlerinin çeşitliliği çok önemli metabolik faaliyetlere yön vermektedir. Üreticileri ve tüketicileri ilgilendiren boyutlarıyla birlikte yürütülen konu ile ilgili çalışmalar daha kolay anlaşılması bakımından alt başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

Deniz ve Tatlısu Balıklarında Yağ Asitleri ve Beslenmeye Bağlı Olarak Değişimi

Bir çok hücre ve dokuda serbest haldeki yoğunlukları düşük seviyede olmasına karşın nötr yağlar, fosfolipidler, glikolipidler, kolesterol esterleri ve bazı mumların temel yapı elemanları olmalarıyla bilinen yağ asitlerinin bilinen 100'ün üzerinde çeşidi tesbit edilmiştir (Keha ve Küfrevioğlu, 2000). Gelişmiş bitki ve hayvansal dokulardaki nötr yağ asitlerinin tamamına yakını çift karbon atomu ihtiva ederken zincir uzunlukları çoğunlukla 2-22 arasında değişmekte ve en yaygın olanları 16-18 karbonlulardan oluşmaktadırlar. Bitkilerle mukayese edildiğinde yağ asitlerini doymamış hale getirmede hayvansal dokular daha kısıtlı yeteneğe sahiptirler. Bundan dolayı beslenme ortamının

dolayısıyla yetiştiricilikte beslemenin ayrı bir önemi bulunmaktadır.

Sargent vd, (1989), su ürünleri lipidlerinin yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asitleri n-3 PUFA ihtiva ettiğini bildirmektedirler. Aynı araştırmacılar çiftlik hayvanları içerisinde en zengin PUFA'nın balıklarda bulunduğunu, bunun da beslenmeye bağlı olarak sudaki besin zincirinden ileri geldiğini rapor etmektedirler. Benzer bilgileri Steffens (1997) ve Okumuş (2000)'de teyid etmektedir. Buna, deniz ve tatlı su balıklarının PUFA profillerinin ve su ekosistemlerindeki beslenme zincirinin temelini ve ilk basamağını oluşturan fitoplanktonların PUFA kompozisyonlarındaki farklılıklar neden olmaktadır. Tatlısu fitoplanktonları 18:2n-6 (linoleik), 18:3n-3 (linolenik) ve EPA yağ asitlerince, deniz fitoplanktonları ise PUFA' lardan 18:3 n-3 (linolenik), EPA, DHA bakımından zengindir. Esas önemli fark n-6 serisinin karasal ve tatlısu organizmalarına ait bir özellik olması itibariyle deniz canlılarında n3/n6 oranında görülmektedir. Genellikle bu oran tatlı sularda 1-5 arasında iken denizlerde 5-15'e kadar çıkmaktadır. Hove ve Nielsen (1991) tarafından yürütülen bir çalışmada kullanılan diyetle ilgili olarak larval dönemlerinin sonunda 14:0, 14:1n-5, 16:0, 20:1n-9, 20:2n-6, 22:1n-11 yağ asitlerinin önemli ölçüde arttığını, 18:1n-9, 18:2n-3, 20:3n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3'ün nisbi miktarlarının ise düştüğü kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, balıklardaki yağ asitlerinin değişkenliğini gösterdiği gibi en önemli etkenlerden birinin de beslenme olduğunu göstermektedir.

Deniz ortamında büyütülen cinok salmonları (*Oncorhynchus tshawytscha*)'nda ticari yem ve ringa balığından oluşan iki farklı rasyon mukayese edilmiş ve iki ay sonra sadece ringayla beslenen muamele gruplarında total yağ, kontrol grubunun iki katı, n3/n6 oranı ise %28 daha fazla çıkmıştır. Farklılık 18:2 n-6 yağ asidine bağlanmış aynı balıklarda başlangıca göre kolesterol seviyesinde önemli ölçüde düştüğü belirtilmiştir. Bu sonuçlar araştırmacılara pazar boyuna ulaşan balıkların yağ asidi bileşiminin rahatlıkla değiştirilebileceğini göstermiştir (Kennish vd, 1992).

Kalkan balıklarında (*Scophthalmus maximus*) beynin yağ ve yağ asitleri seviyelerinin belirlenmesi üzerine yürütülen bir çalışmada, kuru ağırlık esasına göre canlı yemlerden (*Artemia*) iki kat EPA ve 13 kat daha fazla DHA içeren peletlerle beslenen gruplarda beyin normalden % 21,6 oranında büyük bulunmuştur. Buna karşın lipid içerikleri değişmezken, PI (fosfotidilinositol) belirgin seviyede düşmüş, DHA birikimi ise daha fazla olmuştur. Bu gruplardaki yüksek yaşama gücünün beynin fazla DHA seviyesiyle ilgili olduğu sonucuna varılmıştır (Mourente ve Tocher, 1992).

Whyte vd, (1994), *Anoplopoma fimbria* (sablefish) larvalarında canlı yem olarak kullanılan Rotifer (*Brachionus plicatilis*) ve *Artemia* farklı alg türleri ile

beslenerek büyüme ve yaşama oranı izlenmiş en yüksek yaşama oranının *Nannochloropsis oculata* ile beslenen gruplarda en düşük ise *Chroomanas salina* ile beslenenlerde gözlenmiştir. *N. oculata* ile beslenen canlı yem gruplarında EPA % 15, DHA % 0.3, *C. salina* ile beslenenlerde EPA %5,6 ve DHA %3 seviyesinde tespit edilmiştir.

Benzeri bir çalışmada, Ibeas vd, (1996), farklı n-3 PUFA konsantrasyonlarının kas, solungaç, beyin gelişimine etki ettiklerini, n-3 PUFA konsantrasyonlarının düşük olduğu rasyonlarla beslenenlerde özellikle nötr yağlardaki EPA ve DHA oranlarının düşük olmasının asıl rolü oynadığı kaydedilmiştir.

Konuyla ilgili yapılan pek çok araştırmada rasyon yağ asidi profilinin doğrudan ve dolaylı olarak balıkların büyüme özelliklerine, yaşama oranlarına ve lipid yağ asidi bileşimlerine etki ettiği rapor edilmiştir (Coutteau vd, 2000, Frances vd, 2000). Balık, kabuklu ve diğer yumuşakçaların yaşam süreçlerinde larva dönemleri en hassas evreleri olduğundan üretim aşamasında kullanılması zorunlu olan fitoplankton, zooplankton ve diğer canlı yemler PUFA'larla değişik yoğunluklarda zenginleştirilerek kullanılmaktadırlar. Örneğin Lemm ve Lemaire (1991), Çizgili levrek (*Morone saxatilis*) larvalarına farklı konsantrasyonlarda PUFA ile desteklenmiş *Artemia* kullanarak yaptığı 24 günlük ilk besleme döneminde % 24 olan yaşama oranı % 64'e ulaşırken (%8.24 - 20:5 n3; %3.1- 22:6n3), büyüme oranı ise beklenen değerlerin çok üstüne çıkmıştır. Çalışmada larvaların yağ asidi bileşimi beslendikleri yemin kompozisyonu ile benzer bulunmuş, ayrıca larva evresinde PUFA'nın esansiyel olduğu, dolayısıyla ihtiyaç nisbetinde verilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Dhert vd (1990), Asya deniz levreği (*Lates calisfier*) larvalarında; Tuncer ve Harrell, (1991), farklı miktarlarda esansiyel yağ asitleri ile zenginleştirilen *Artemia* larvaları çizgili levrek (*M. saxatilis* ve *M. chrysops*) balıklarında; yine aynı balıklarda Clawson ve Lovell (1992), Rees vd (1994), ise kaplan karidesi (*Penaeus monodon*) postlarvalarında ve sudak (*Stizostedion vitreumun*)'da PUFA ihtiyacının belirlenmesi amacıyla dört farklı dozda zenginleştirerek kullandığı diyetlerle yapmış olduğu araştırmalardan, diğer bütün çalışmaların sonuçlarına paralel bulgular elde etmişlerdir (Czesny vd 1999). Bütün araştırmalar PUFA larla desteklenen yemlerin uygun dozları gerek larva döneminde ve gerekse diğer evrelerde büyümeyi teşvik ederken yaşama gücüne pozitif katkılar sağlamıştır. Özellikle yetiştiriciliği zor ve yaşama oranı düşük olan su ürünlerinde seçilen besin kaynaklarının esansiyel yağ asidi bakımından zengin olması veya zenginleştirilmiş yemlerin kullanılması başarıyı artıracaktır.

Ekolojik Faktörler ve Yağ Asitleri

Canlı organizmaların buldukları ortama adaptasyonlarında hücre membranlarında oluşan kimyasal reaksiyonlar dolayısıyla değişen şartlara duyarlılıkları artmaktadır. Öyleki ani değişimler ölümlere kadar gidebilmektedir. Araştırmacılara göre, düşük sıcaklıklarda yaşayan poikilotherm canlıların dokularındaki hücrelerin membran fosfolipidleri yüksek sıcaklıklardakilerden daha fazla PUFA ihtiva etmektedir. Poikilotherm canlıların dokularındaki aşırı doymamış yağ asitlerinin adaptasyonla doğrudan ilgili olduğu dolayısıyla değişen şartlara göre profillerinde farklılaştığı anlaşılmıştır (Moris ve Culkin, 1989; Fodor vd, 1995).

Örneğin, Elazığ Hazar gölünde yaşayan Siraz balığı (*Capoeta capoeta umbla*) dişi ve erkeklerinin yağ asidi kompozisyonlarının mevsimsel olarak değiştiği doymamış yağ asitlerinden n-3'ün n-6'dan fazla bulunduğu, total lipid içerisinde doymuş yağ asitlerinin ise (SFA), çoklu doymamış yağ asitlerinden daha fazla olduğu, doymamış yağ asitleri içerisinde de çoklu doymamış yağ asitlerinin (n-3, n-6 PUFA), tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) daha fazla olması balıkların özellikle soğuk su şartlarına adaptasyonlarının gereği olarak yorumlanmıştır (Yılmaz, 1995). Benzer bir çalışmada sıcaklığın düşüşüne paralel olarak SFA ve MUFA oranlarının azaldığı buna karşın PUFA oranının arttığı kaydedilmiştir. Aynı çalışmada kan parametrelerinin ve yağ asidi bileşimlerinin de değiştiği, materyal balıkların Morina (*Gadus moruha*) 16 C 'ta en yüksek eritrosit, hematokrit ve hemoglobin sayısına ulaştığı gözlenmiştir (Lie vd, 1989). Hazel (1979), düşük sıcaklıkta tutulan gökkuşuğu (*O. mykiss*) alabalıklarının yüksek sıcaklıklara göre daha fazla PUFA içerdiğini ve n-3 PUFA'nın n-6 PUFA'ya oranla önemli seviyede yüksek olduğunu bildirmiştir. Skuladottir vd (1990), ise iki ve üç yaşlı salmonların (*Salmo salar*) -1,8 ve +6,5°C'de tutularak kalp, karaciğer ve kaslarındaki yağ asidi profillerini belirledikleri çalışmalarında, üç yaşlı balıkların iki yaşlılara göre düşük sıcaklığa daha dayanıklı çıktıklarını ve iki yaşındaki balıkların fosfolipidlerindeki 18:1 n-9 yağ asidinin karaciğerde önemli seviyede yükseldiğini buna karşın 22:6 n-3 yağ asidinin düştüğünü kaydetmişlerdir. İki yaşlı balıkların -1,4 °C'den sonra ölmeye başlamaları ve üç yaşlıların adaptasyonunda problem olmaması rasyonlarda zenginleştirici olarak PUFA kullanılmasına bağlanmıştır.

Estevez vd. (1998) farklı konsantrasyonlarda EPA ve DHA ile zenginleştirilen *Artemia naupli*lerinin farklı sıcaklıklarda (4, 12, 20°C) 24 saat tutulduktan sonra EPA ve DHA oranlarının hızla düştüğünü tesbit etmişlerdir. Yağ asitlerinin yüksek sıcaklıklarda daha fazla yıkıma uğradığı özellikle araşidonik asitin (AA-20:4 n-6) ise çok daha hızlı düştüğünü belirtmişlerdir.

Sıcaklığa karşı PUFA membran geçirgenliğini aktif kılarak antifiriz rolü oynamakta balıkların derinlik bakımından seçiciliklerinde de (demersal-pelajik) etkili

olmakta ve farklı derinliğe göre yağ asitleri kompozisyonun yani dolayısıyla yoğunluk ayarlamasında da (dalma ve yüzeye çıkmada) aktif rol almaktadırlar (Bell vd, 1986). Örneğin derin deniz balıklarından *Coryphaenoides yaquinae* ve *Coryphaenoides armatus* balıklarının depo yağlarında MUFA'nın yüksek konsantrasyonlarda olduğu, n-3 PUFA'nın n-6 PUFA ya göre daha zengin bulunduğu anlaşılmıştır. Mevcut yağ asidi bileşimi, balıkların düşey hareketlerinde, düşük sıcaklık ve yüksek basınca adapte olmasında, düşük erime sıcaklığı ile membran geçirgenliğini aktif kılarak sağladığı kabul edilmektedir (Saito vd, 1998).

İnsan Sağlığı ve Yağ Asitleri

Genel olarak balık ve balık eti ile ilgili yayınlarda daha çok yeterli protein, düşük yağ içeriği ile insanlar için esansiyel kabul edilen mineral ve vitaminler üzerinde durulurken günümüzde araştırmalar balık etlerinin sahip olduğu total lipid içerisindeki PUFA varlığı ve metabolizmadaki aktivitesi üzerinde yoğunlaşarak özellikle balıkların insan beslenmesindeki yeri ve önemini vurgulamaktadırlar.

Daha öncede belirtildiği gibi PUFA ve bunların önemli bir bölümü canlı organizmanın hücre membranlarının geçirgenliğini, akışkanlığını, esnekliğini, aktivasyonunu sağlayan ekosanoitlerin (prostoglandin, tromboksan, lokotrin) habercileri durumundadırlar (Stansbay, 1990). Özellikle su ürünlerinde bulunan PUFA'lar insanlarda serum kolesterolünü düşürmede, kanın pıhtılaşmasını önlemede bitkisel yağlardan daha etkili olduklarının anlaşılması, ayrıca karaciğer yağ asidi sentezini ve lipoprotein oluşumunu önlemeleri önemlerini bir kat daha artırmıştır (Sağlık,1994; Canpolat, 1996).

Konuyla ilgili pek çok araştırmacı vitaminler ve mineraller kadar önemli olan PUFA'ların insan vücudunda kan basıncını ayarladığını, kolesterolü ve trigliserid seviyesini düşük tuttuğunu, dolayısıyla kalp krizi riskini azalttığını düşünmektedirler. Bunun yanında bu yağ asitlerinin beyin fonksiyonlarında etkin rol oynadıkları ve vücutta yağ asidi bakımından en zengin bölgenin beyin olduğu anlaşılmıştır. Özellikle sinir hücrelerinde uyarıların iletilmesinde önemli oldukları, ve bu yağ asitlerinin eksikliğinde öğrenme yeteneğinin bozulduğu, yaşlılarda hatırlama güçlüklerinin görüldüğü belirtilmiştir (Stoll, 1999; Munehira, 1999; Kolanowski, 1999; Schacky, 1999).

Sağlık (1994), PUFA'lardan özellikle linoleik linolenik ve araşidonik yağ asitlerinin memelilerde sentezlenemediğinden insanlar için önemli olduğunu, yeterince alınmadığı durumlarda bazı fizyolojik arazların ortaya çıktığını rapor etmiştir. Tesbit edilen semptomların bazılarını, cilt hastalıkları, trombosit agregasyonunun artması, trombositopeni, anemi, karaciğer yağlanması, yaraların iyileşmesinde gecikme,

enfeksiyonlara karşı hassasiyetin artması, büyümede yavaşlama, adale zayıflığı ve görme problemleri olarak sıralanmıştır.

Steffens (1997) ve Okumuş (2000), n-3 PUFA bakımından özellikle EPA ve DHA'nın deniz ürünlerinde zengin olduğunu bu yüzden insan beslenmesinde vazgeçilmez önemlerinin bulunduğunu kaydetmektedirler. Kalp damar hastalıklarının önlenmesinde bu yağ asitlerinin ciddi fonksiyona sahip olduklarının anlaşılması konuya olan ilginin artmasına ve üzerinde yürütülen çalışmaların yoğunlaşmasına yol açmıştır.

SONUÇ

Bütün bu sonuçlara göre kültüre alınan balıkların pazara sunulmadan yağ asidi profilinin doğada yaşayan kuzenlerine yakın olacak şekilde ayarlanabileceği, kültüre alınacak yeni türlerin yem formülasyonunda,, yaşama güçlerinin artırılmasında ve çevresel değişimlere adaptasyonlarında yağ asitleri ve kompozisyonlarına ilişkin bulguların çok önemli olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bell, M.V., Henderson, R.J., Sargent, J.R., 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 83B: 711-719.
- Canpolat, A., 1996. Keban Baraj Gölünde En Çok Bulunan *Barbus rajanorum mystaceus* (Heckel, 1843) ve *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Üreme Mevsiminde Total Yağ ve Yağ Asitlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Elazığ.
- Christiansen, J.S., Ringo, E., Farkas, T., 1989. Effect of sustained exercise on growth and body composition of first feeding fry of arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L), *Aquaculture*, 79: 329-335.
- Clawson, J.A., Lovell, R.T., 1992. Improvement of nutritional value of Artemia for hybrid striped bass/white bass (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*) larvae by n-3 HUFA enrichment of nauplii with menhaden oil. *Aquaculture*, 108: 125-134.
- Coutteau, P., Kontara, E.K.M., Sorgeloos, P., 2000. Comparison of phosphatidylcholine purified from soybean and marine fish roe in the diet of postlarval *Penaeus vannamei boone*. *Aquaculture*, 181: 331-345.
- Czesny, S., Kolkovski, S., Dabrowski, K., Culver, D., 1999. Growth, survival, and quality of juvenile walleye (*Stizostedion vitreum*) as influenced by n-3 HUFA enriched Artemia nauplii. *Aquaculture*, 178: 103-115.
- Çetinkaya, O., 1989. Balık Beslem ve yem Teknolojisi, Akdeniz Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu Ders Notu, Eğirdir.
- Dhert, P., Lavens, P., Duray, M., Sorgeloos, P., 1990. Improved larval survival at metamorphosis of Asian seabass (*Lates calcarifer*) using n-3 HUFA enriched live food. *Aquaculture*, 90: 63-74.
- Estevez, A., McEvoy, L.A., Bell, J.G., and Sargent, J.R., 1998. Effects of temperature and starvation time on the pattern and rate of loss of essential fatty acids in Artemia nauplii previously enriched using arachidonic acid and eicosapentaenoic acid-rich emulsions. *Aquaculture*, 165: 295-311.
- Fodor, E., Jones, R.H., Kitajika, K., Dey, I., Farkas, T., 1995. Molecular Architecture and Biophysical Properties of Phospholipids during Thermal Adaptation in Fish. An Experimental and Model Study. *Lipids*, 30: 1119-1126.
- Frances, M.L., Souza, D., Kelly, J.G., 2000. Effects of diet of a nitrogen-limited alga (*Tetraselmis suecica*) on growth, survival and biochemical composition of tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae. *Aquaculture*, 181: 311-329.
- Haliloglu, H.İ., 2001. Farklı işletmelerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin kas ve adipoz dokuları ile karaciğer ve gonadlarındaki yağ asidi profillerinin belirlenmesi. Doktora Tezi Atatürk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Erzurum.
- Halver, J.E., 1988. Fish Nutrition. Academic Press Inc. California 92101. S.186-187.
- Hazel, J.R., 1979. Influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. *Am. J. Physiol.* 236: 91-101.
- Hove, T.H., Nielsen, O.G., 1991. Fatty acid composition of start-feeding salmon (*Salmo salar*) larvae. *Aquaculture*, 96: 305-319.
- Ibeas, C., Cejas, J., Gomez, T., Jerez, S., Lorenzo, A., 1996. Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. *Aquaculture*, 142: 221-235.
- Keha, E., Küfrevioğlu, Ö.İ., 2000. Biyokimya, ISBN: 975-6755-20-02, Bölüm 6 Erzurum.
- Kennish, J.M., Sharp-Dahl, J.L., Chambers, K.A., Thrower, F., Rice, S.D., 1991. The effect of herring diet on lipid composition, fatty acid composition, and cholesterol levels in the muscle tissue of pen reared chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 108: 309-322.
- Kolanowski, W., Swiderski, F., Berger, S., 1999. Possibilities of fish oil application for food products enrichment with omega-3 PUFA, *Int. J. Food Sci. Nut.* 50: 39-49.
- Lemm, C.A., Lemaire, D.P., 1991. Survival and growth of larval striped bass (*Morone saxatilis*) fed Artemia enriched with highly unsaturated fatty acids (HUFA), *Aquaculture*, 99: 117-126.
- Lie, Q., Lied, E., Lambersen, G., 1989. Hematological values and fatty acid composition of Erythrocyte phospholipids in cod (*Gadus morhua*) fed at different water temperatures. *Aquaculture*, 79: 137-144.
- Moris, R.J., Culkun, F., 1989. Marine Lipids: Analytical Techniques and Fatty Acid Ester Analyses, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 14: 391-433.
- Mourente, G., Tocher, D.R., 1992. Effects of weaning onto a pelleted diet on docosahexaenoic acid (22:6 n-3) levels in brain of developing turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 105: 363-377.
- Munehira, J., Matsumoto, M., Iwai, K., 1999. Effects of eicosapentaenoic acid on the physical properties of the common carotid artery in elderly patients with atherosclerosis. *Curr Ther. Res.* 60: 112-118.
- Okumuş, I., 2000. Kültür balıklarında kalite ve 'dogal balık kültür balığı' tartışması. Fishery and Fish Product Symposium, 28-30 June 2000, Erzurum, Turkey.
- Rees, J.F., Cure, K., Piyatiraitivorakul, S., Sorgeloos, P., Menasveta, P., 1994. Highly unsaturated fatty acid requirements of *Penaeus monodon* postlarvae: an experimental approach based on Artemia enrichment. *Aquaculture* 122: 193-207.
- Sağlık, S., 1994. Bazı Balık, Midye ve Karides Türlerinin Yağ Asidi Kompozisyonları ve Kolesterol İçeriklerinin Gaz Kromatografik İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Saito, H., Alasalvar, C., Lin, M.Q., Akamine, S., Morishita, T., Yoshida, K., 1998. Lipids of the deep sea fish, *Coryphaenoides armatus* and *Coryphaenoides yakuinae* caught from the abyssal zone. The Proceeding of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, Trabzon, Turkey.
- Sargent, J., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1989. The Lipids. In J.E. Halver Fish Nutrition, Second Edition, Academic Press, Inc. London; p 153-218.
- Schacky, C., Angerer, P., Kothny, W., 1999. The effect of dietary omega-3 fatty acids on coronary atherosclerosis - A randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Ann. Internal. Med.* 130:554-562.

- Skuladottir, G.V., Schiöthe, H.B., Gudmundsdottir, E., Richards, B., Gardarsson, F., Jonsson, L., 1990. Fatty acid composition of muscle, heart and liver lipids in Atlantic Salmon (*Salmo salar*), at extremely low environmental temperature. *Aquaculture*, 84: 71-80.
- Stansby, M.E.1990. Nutritional properties of fish oil for human consumption-early developments. *Fish oils in Nutrition*. Van nostrand Reinhold, New York, p 268-288.
- Steffens, W., 1997. Effect of variation in essential fatty acid in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151 : 97-119.
- Stoll, AL, Severus, W.E., Freeman, M.P., 1999. Omega 3 fatty acids in bipolar disorder. *Arch. Gen. Psychiatry*. 56: 401-412.
- Tuncer, H., Harrell, R.M., 1991. Essential fatty acid nutrition of larval striped bass (*Morone saxatilis*) and palmetto bass (*M. Saxatilis x M. Chrysops*). *Aquaculture*, 101: 105-121.
- Whyte, J.N.C., Clarke, W.C., Ginther, N.G.,Jensen, J.O.T., Townsend, L.D., 1994. Influence of composition of *Brachionus plicatilis* and *Artemia* on growth of larval sablefish (*Anoplopoma fimbria Pallas*), *Aquaculture*, 119: 47-61.
- Yilmaz, O., 1995. Elazığ Hazar gölünde yaşayan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin total yağ asidi miktarı ve yağ asitleri cinslerinin mevsimlere göre değişimi. Doktora Tezi Fırat Üniversitesi, Elazığ.