



Yem Kaynaklı Borun Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yağ Asidi Profiline Etkisi

Mustafa Öz^{1*}, Burak Evren İnanan², Suat Dikel³

^{1*} Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Su Ürünleri ve Hastalıkları Bölümü, Aksaray, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5264-7103), ozmustafa@aksaray.edu.tr

² Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Su Ürünleri ve Hastalıkları Bölümü, Aksaray, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2888-8457), burakinanan@aksaray.edu.tr

³ Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5728-7052), dikel@cu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 11 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 06 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1008443)

ATIF/REFERENCE: Öz, M., İnanan, B.E. & Dikel, S. (2021). Yem Kaynaklı Borun Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yağ Asidi Profiline Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 188-192.

Öz

Bu çalışmada su ürünleri yetiştiriciliği açısından çok önemli bir balık türü olan gökkuşuğu alabalığı yemine %0, % 0,01, % 0,05, % 0,10 ve % 0,20 oranlarında bor ilave edilmiş ve 90 gün boyunca besleme yapılmıştır. Borik asit olarak ilave edilen borun, gökkuşuğu alabalığının yağ asidi profili üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma başlangıcında yaklaşık 90 gram olan alabalıklar, 295 gram ağırlığa kadar beslenmiş ve hasat edilerek analize hazırlanmıştır. Balıkların filetoları çıkartıldıktan sonra balığın dorsal kısmında bulunan kaslar alınarak homojenize edilmiştir. Araştırmada balık kas dokusunun temel doymuş yağ asitlerini (DYA); laurik asit (C12:0), miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0), margaric asit (C17:0), stearik asit (C18:0), arachidic acid (C20:0) ve lignoceric asit (C24:0) oluşturmaktadır. Gökkuşuğu alabalığı kas dokusunun temel tekli doymamış yağ asitlerini (TDYA); myristoleic acid (C14:1), palmitoleic acid (C16:1), oleic acid (C18:1 n9), vaccenic acid (C18:1 n7), eicosenoic acid (C20:1) ve erucic acid (C22:1n9) oluşturmuştur. Balıktan ekstrakte edilen balık yağının temel çoklu doymamış yağ asitlerini (ÇDYA) ise; linoleic acid (C18:2 n6), α-linolenic acid (C18:3 n3), eicosadienoic acid (C20:2) arachidonic acid (C20:4 n6), eicosapentaenoic acid (C20:5 n3) ve docosaheptaenoic acid C22:6 n3 oluşturmuştur. Araştırma sonucunda; en yüksek DYA ve TDYA oranı kontrol gurubunda görülürken en düşük DYA ve TDYA oranı en fazla bor uygulanan grupta görülmüştür. Balık yemlerine ilave edilen borun balığın ÇDYA oranlarında artış sağladığı görülmektedir. Yem kaynaklı borun yağ asidi profilini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşuğu alabalığı, Yağ asidi, Bor.

Effect of Dietary Boron on Fatty Acid Profile of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Abstract

In this study, 0.00%, 0.01%, 0.05%, 0.10%, and 0.20% of boron were added to rainbow trout feed as a very important fish species in aquaculture. After 90 days of the feeding trial, effect of boron on fatty acid profile of rainbow trout were determined. During the feeding trial average approximately 90 g of rainbow trouts were fed up to average approximately 295 g, and then harvested. After the fish were filleted, their muscles in the dorsal part of the fish were removed and homogenized. Basic saturated fatty acids of fish muscle tissue were Lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), Margaric acid (C17:0), Stearic acid (C18:0), Arachidic acid (C20:0) and Lignoceric acid (C24:0) while essential monounsaturated fatty acids of muscle tissue were Myristoleic acid (C14:1), Palmitoleic acid (C16:1), Oleic acid (C18: n9), Vaccenic acid (C18:1 n7), Eicosenoic acid (C20:1) and Erucic acid (C22:1n9). The basic polyunsaturated fatty acids of our fish meat were Linoleic acid (C18:2 n6), α-Linolenic acid (C18:3 n3), eicosadienoic acid (C20:2) Arachidonic acid (C20:4 n6), Eicosapentaenoic acid (C20:5 n3) and Docosaheptaenoic acid C22:6 n3). As a result, while the highest SFA and MUFA ratios were found in control group, the lowest SFA and MUFA ratios were observed in dietary boron groups. It has been observed that boron added to feeds increased the PUFA ratios of fish meat. It was concluded that feed-borne boron acid affected the fatty acid profile of fish meat.

Keywords: Rainbow trout, Fatty acid, Boron.

* Sorumlu Yazar: ozmustafa@aksaray.edu.tr

1. Giriş

Balıklar ve diğer su ürünleri iyi bir protein kaynağı olmasının yanında önemli bir yağ kaynağıdır ve dokosaheksaenoik asit (22:6n-3), eikosapentaenoik asit (20:5n-3) ve alfa-linolenik asit gibi birçok çoklu doymamış omega (ω)-3 yağ asidini içerir. ω -3 PUFA'nın insan sağlığı ve insan gelişimi üzerinde olumlu ve koruyucu etkileri vardır (Uçak ve ark., 2019; Işık ve ark., 1999). Yapılan birçok araştırmada ω -3 PUFA'nın meme, kolon, prostat, karaciğer ve pankreas kanseri dâhil olmak üzere çoğu kanser gelişimini baskılamada olumlu bir rol oynadığı bildirilmiştir. Yağlı balıklar EPA ve DHA'nın en önemli doğal kaynağı olduğundan, son yıllarda balık tüketiminde önemli talep artışları olmuştur (Uçak ve ark., 2019).

Doğal stokların azalması ve aşırı avcılık baskısı gibi sebeplerle avcılıktan gelen ürünün artırılmasındaki problemler, su ürünleri yetiştiricilik sektörünü daha da önemli bir konuma getirmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliği bütün dünyada çok önemli bir meslek kolu haline gelmektedir. Dünya nüfusunun artması ve buna bağlı olarak protein ihtiyacının artması su ürünlerinin değerini daha da arttırmıştır. Özellikle şuan içinde bulunduğumuz küresel covid-19 salgını bağışıklık sistemini destekleyen su ürünleri gibi gıdaları çok daha önemli bir hale getirmektedir.

Türkiye gibi tamamen karnivor türlere dayalı bir yetiştiricilik modeline sahip olan ülkelerin su ürünleri sektöründeki büyümeyi sürdürülebilir halde tutabilmesi için ya yetiştirilen mevcut türleri gözden geçirmesi gerekmekte (Öz ve Üstüner, 2021) ya da mevcut türleri beslemede kullandıkları yem içeriklerini yenileyerek yemden yararlanmayı arttırmaları gerekmektedir.

Yetiştiricilik açısından yatırım maliyetlerinin yüksekliği, üretim sürecinin uzunluğu ve yetiştiricilik teknolojilerinin gereksinimlerinin yüksekliği birçok türün yetiştiriciliğini zor hale getirmekte hatta bu durumun gelecekte ciddi kısıtlamalar yaratması beklenmektedir (Dikel, 2021).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacılar birçok maddenin balık yemlerinde yem katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır (Inanan ve ark., 2021; Öz, M., 2018; Acar ve ark., 2021; Acar ve ark., 2019; Öz ve ark., 2018a). Borik asit te bu araştırmalara konu olan maddelerden biridir. Özellikle alabalık yemlerine ilave edilerek büyüme performansı (Öz ve ark., 2018b; Öz ve ark., 2017), balık etinin besinsel kompozisyonu (Öz ve ark., 2021) ve uzun süreli beslemelerde oluşturabileceği olumsuz etkileri araştırılmıştır (Öz ve ark., 2020a; Öz ve ark., 2020b). Fakat bir maddenin balık yemleri için yem katkı maddesi olarak önerilebilmesi için çok kapsamlı araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Sadece bir balık türünün bir boy grubu üzerine yapılan araştırmalar yeterli gelmeyebilir. Kesin bir değerlendirme yapabilmek için, farklı boy ve yaş grupları, farklı cinsiyet, farklı su sıcaklıkları, farklı mevsimler ve farklı sürelerde araştırmalar yapmak gerekir. Ayrıca elde edilen sonuçlar büyüme parametreleri açısından önemli olsa da balığın besin içeriği, et kalitesi üzerine olası etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu araştırmada, gökkuşağı alabalığının büyüme parametreleri üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilen borik asit ilaveli yemle gökkuşağı alabalığı 90 gün beslenmiş ve balığın en faydalı kısımlarından olan yağ asitleri üzerine olan olası etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Balıklar

Bu çalışma Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulun tarafından onaylanmıştır (no. 3-2/2016, Adana). Besleme denemesi 90 gün boyunca sürmüştür ve beton havuzlar içerisine yerleştirilen 1 m x 1 m çerçeve ölçüsü ve 1,5 m derinliğe sahip ağ kafeslerde 1 metrelik seviyesine kadar su doldurularak yapılmıştır. Araştırma başlangıcında ortalama yaklaşık 90 gram ağırlığa sahip olan gökkuşağı alabalığı araştırma sonunda ortalama yaklaşık 295 gram canlı ağırlığa ulaşmış ve hasat edilerek laboratuvara getirilmiştir.

2.2. Deneysel Grupları ve Yemler

Besleme denemesi öncesi balıklar 2 hafta boyunca adaptasyon süresi geçirmişler ve bu süre boyunca ticari alabalık yemi ile beslenmiştir (Skretting, Stavanger, Norveç). Bu ticari yemin besinsel değerleri Tablo 1 de gösterilmektedir. Adaptasyon sonrası, 4 farklı miktarda (% 0,01, % 0,05, % 0,10 ve % 0,20) bor içeren yemler hazırlanmış olup, bor ilave edilmeyen yem, kontrol grubunun yemi olarak kullanılmıştır. Yemdeki bor oranları, borik asit (Sigma–Aldrich, Steinheim, Almanya) ile ayarlanmıştır. Bu çalışmadaki bor miktarlarına önceki çalışmalarda kullanılan bor miktarları dikkate alınarak karar verilmiştir (Öz ve ark., 2021; Öz ve ark., 2018; Ardo ve ark., 2007).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan ticari alabalık yemine ait besinsel değerler.

İçerik	Miktar (%)
Ham Protein	45
Yağ	20
Ham selüloz	2.0
Ham Kül	10
Makro elementler	
Fosfor	1.10
Kalsiyum	1.90
Sodyum	0.30

2.3. Yağ Asidi Analizi

Yağlar temel olarak Folch ve ark., (1957) tarafından belirlenen prosedüre göre ekstrakte edilmiştir. Yağların ekstraksiyonu sonrası, yağ asidi metil esterleri (YAME) Metcalfe ve Schmitz (1961) tarafından tanımlanan şekilde hazırlanmış ve Czesny ve Dabrowski 1998 tarafından önerilen metoda uygun bir şekilde analiz edilmiştir. Metot kısaca şu şekilde özetlenebilir; elde edilen YAME, Agilent 6820 A model alev İyonizasyon Dedektörlü ve DB 23 kapiler kolonlu (60 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 μ m) gaz kromatografisi cihazı ile ayrılmıştır. Gaz kromatografisi çalışma şartları şu şekildedir; enjektör sıcaklığı 35 dakika 190 °C olup, sonrasında dakikada 30 °C hızla 220 °C çıkartılmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak hidrojen (2 ml/dak ve split oranı 30:1 olarak) kullanılmıştır. Her bir yağ asidi, yağ asitleri karışık standardından (Supelco 37 component FAME mix) elde edilen alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak tayin edilmiştir.

2.4. İstatistiksel Analiz

Elde edilen yağ asitlerinin gruplar arasındaki anlamlı farkların gösterilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve sonrasında ikili karşılaştırmalar için post-hoc Tukey testi

uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS 15.0 programı kullanılmıştır. Alınan sonuçlar, $P < 0,05$ önemlilik derecesine göre değerlendirilmiştir

Tablo 2. Farklı oranlarda bor ilave edilmiş yemlerle beslenen gökkuşuğu (*Oncorhynchus mykiss*) 'nın yağ asidi profilleri.

Yağ asitleri	0.00 %	0.01 %	0.05 %	0.10 %	0.20 %
C12:0	2,52±0,06 ^a	1,81±0,02 ^b	1,62±0,03 ^c	1,29±0,09 ^d	1,20±0,02 ^d
C14:0	2,71±0,02 ^e	2,99±0,03 ^d	3,21±0,04 ^c	3,46±0,05 ^b	3,64±0,06 ^a
C14:1	0,82±0,03 ^a	0,65±0,02 ^b	0,61±0,04 ^b	0,45±0,02 ^c	0,45±0,04 ^c
C15:0	1,02±0,03 ^d	1,41±0,05 ^c	1,55±0,07 ^b	1,89±0,02 ^a	1,98±0,03 ^a
C16:0	11,89±0,23 ^a	10,25±0,38 ^b	8,98±0,08 ^c	8,08±0,03 ^d	7,50±0,23 ^d
C16:1	0,52±0,05 ^a	0,38±0,01 ^b	0,34±0,01 ^b	0,32±0,02 ^b	0,25±0,02 ^c
C17:0	1,05±0,02 ^a	0,90±0,03 ^b	0,63±0,03 ^c	0,44±0,04 ^d	0,39±0,03 ^d
C17:1	0,27±0,02 ^d	0,35±0,01 ^c	0,43±0,02 ^{bc}	0,48±0,03 ^b	0,61±0,06 ^a
C18:0	1,82±0,04 ^e	2,18±0,04 ^d	2,39±0,04 ^c	2,54±0,06 ^b	2,73±0,06 ^a
C18:1 n9	21,44±0,61 ^a	19,65±0,47 ^b	18,30±0,22 ^c	17,10±0,11 ^d	14,18±0,34 ^c
C18:1n7	2,75±0,10 ^a	2,33±0,09 ^b	2,21±0,12 ^{bc}	2,04±0,03 ^{cd}	1,89±0,09 ^d
C18:2 n6	11,77±0,47 ^c	12,12±0,13 ^c	12,47±0,03 ^{bc}	12,93±0,08 ^b	14,58±0,43 ^a
C18:3 n3	3,19±0,06 ^e	3,60±0,06 ^d	4,11±0,02 ^c	4,54±0,02 ^b	4,75±0,14 ^a
C20:0	2,57±0,04 ^d	2,85±0,05 ^c	2,95±0,04 ^c	3,08±0,03 ^b	3,52±0,04 ^a
C20:1	1,22±0,03 ^a	1,02±0,03 ^b	0,87±0,02 ^c	0,73±0,04 ^d	0,43±0,03 ^e
C20:2	0,89±0,09 ^d	1,15±0,02 ^c	1,28±0,03 ^c	1,45±0,02 ^b	1,64±0,06 ^a
C20:3n6	0,23±0,02 ^d	0,41±0,07 ^c	0,52±0,03 ^c	0,64±0,01 ^b	0,92±0,04 ^a
C20:4 n6	0,81±0,02 ^a	0,86±0,06 ^a	0,86±0,08 ^a	0,91±0,03 ^a	0,86±0,06 ^a
C20:5 n3	3,42±0,11 ^d	3,87±0,05 ^c	4,29±0,08 ^b	5,19±0,06 ^a	5,19±0,16 ^a
C22:1n9	0,43±0,07 ^c	0,88±0,81 ^b	0,94±0,07 ^b	1,23±0,02 ^a	1,31±0,02 ^a
C22:2	0,27±0,04 ^d	0,28±0,04 ^d	0,71±0,02 ^c	0,87±0,06 ^b	1,14±0,06 ^a
C23:0	0,32±0,04 ^b	0,32±0,01 ^b	0,35±0,05 ^{ab}	0,36±0,06 ^{ab}	0,46±0,06 ^a
C24:0	0,97±0,11 ^c	1,11±0,02 ^c	1,45±0,03 ^b	1,72±0,10 ^a	1,76±0,08 ^a
C22:6 n3	9,58±0,23 ^d	10,71±0,18 ^c	11,28±0,06 ^b	11,75±0,19 ^b	12,37±0,19 ^a
DYA	24,88±0,23 ^a	23,81±0,22 ^b	23,14±0,04 ^c	22,87±0,12 ^c	23,18±0,09 ^c
TDYA	27,43±0,25 ^a	25,25±0,27 ^b	23,69±0,15 ^c	22,36±0,02 ^d	18,98±0,31 ^e
ÇDYA	30,15±0,45 ^e	33,00±0,07 ^d	35,52±0,07 ^c	38,28±0,04 ^b	41,45±0,29 ^a

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Besleme periyodu sonrasında hasat edilen balıklarımızdan alınan kas örneklerinin yağ asidi profiline bakılmış ve sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Bu çalışmada balıktan alınan numunelerde toplam 24 adet yağ asidi tanımlanmıştır. Tanımlanabilen bu yağ asitlerinin 9 DYA'nın yaklaşık %50'sini oluşturmuştur.

Özellikle ÇDYA ve TDYA'lerinin insan sağlığı ve gelişimi üzerinde yararlı ve koruyucu etkileri vardır. Yapılan birçok çalışmada yağ asitlerinin çoğu kanser gelişimini baskılamada ve

tanisi doymuş (DYA), 7 tanesi tekli doymamış (TDYA) ve 8 tanesi ise çoklu doymamış yağ asitlerindedir (ÇDYA).

Balıktaki DYA, yeme ilave edilen borik asit miktarı arttıkça artış göstermiş fakat %0.05, %0.10 ve %0.20 borik asit ilave edilen gruplar arasında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır. Araştırmamızda palmitik asit, hem borik asit ilaveli gruplarda hemde kontrol grubunda en baskın DYA olmuş ve toplam

kardiyovasküler hastalık riskini azaltmada güçlü bir rol oynadığı bildirilmiştir. Özellikle uzun zincirli n-3 serisi yağ asitlerinin ana kaynağı balıklardır. Sağlık bilinci yüksek tüketiciler hangi balığın hangi mevsimde hangi yağ asitlerince zengin olduğunu takip etmekte ve tüketimini buna göre şekillendirmektedir. Bu yüzden

balıklarda yağ asitlerinin belirlenmesi oldukça önemli bir konudur.

Gökkuşluğu alabalığının palmitik asit oranını %15.98-18.41 arasında olduğu bildirilmiştir (Dernekbaşı ve ark., 2011). Başka bir çalışmada da teleostlarda palmitik asitin hemen hemen tüm balık dokularında baskın olduğu rapor edilmiştir (Aras ve ark., 2003).

Tekli doymamış yağ asitleri incelendiğinde kontrol grubunda 27,43±0,25 olan toplam değerimiz borik asit ilavesi arttıkça düşüş göstermiş ve % 0,20 borik asit ilaveli grupta 18,98±0,3'e düşmüştür.

Araştırmada en baskın tekli doymamış yağ asidi oleik asit olmuştur. Bu sonuca benzer bir şekilde, Dernekbaşı ve ark. (2011) Gökkuşluğu alabalığının en baskın tekli doymamış yağ asidini oleik asit ve palmitoleik asit olarak bildirmiştir. Balıklarda yumurta ve gonad gelişimi için ihtiyaç duyulan metabolik enerji TDYA'lardan sağlandığından balıkta en çok depolanabilen yağ asitleri TDYA'lardır (Sargent, 1995).

Toplam DYA ve TDYA değerlerinin aksine borik asit ilaveli gruplarımızın toplam ÇDYA miktarlarında artış görülmüştür ve elde edilen değerlerimiz sırasıyla; 30.18, 33.00, 35.52, 38.28 ve 41.45 bulunmuştur.

İnsan sağlığı açısından önemli bir yere sahip olan EPA (20:5 ω-3; 3.42-5.19) ve DHA(22:6 ω-3; 9.58-12.37) miktarı borik asit ilaveli yemle beslenen gruplarda daha yüksek bulunmuştur. Afridi ve ark. (2019) yaptığı çalışmada bakırın rohu (*Labeo rohita*) ve mrigal'in (*Cirrhinus mrigala*) kas yağ asidi profilleri üzerindeki toksik etkilerini incelemişler. Araştırma sonucunda bakıra maruz bırakılan rohu ve mrigal'in EPA miktarlarında artış olduğunu bildirmiştir. Ayrıca rohu'un DHA miktarının azaldığını ve mrigal'in DHA miktarlarında artış olduğunu bildirmiştir.

Nil tilapisi üzerine yapılan bir çalışmada karaciğer ve solungaç dokularından alınan örneklerde fosfolipid alt sınıflarının yağ asidi profiline deltametrinin toksik etkisi incelenmiştir. Araştırmada DYA ve TDYA'larda azalma görüldüğü ve ÇDYA miktarlarında ise artış olduğu rapor edilmiştir (Cengiz ve ark., 2017).

Balık yağı yerine bitkisel yağların gökkuşluğu alabalığının büyüme performansı ve yağ asidi profili üzerindeki etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada yem rasyonunun içeriğinin balığın yağ asidi profilini önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (Yıldız ve ark., 2018).

Balıkların yağ asidi profilindeki türler içindeki ve türler arasındaki varyasyon, balıkların beslendiği yemlerin rasyonlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Sargent ve ark., 1995; Ahigren ve ark., 1996). Bu çalışmada da balık yemine ilave edilen borik asit, gruplarımızın yağ asitlerinin farklılaşmasına sebep olmuştur.

4. Sonuç

Araştırma sonucunda; en yüksek DYA ve TDYA oranı kontrol grubunda görülürken en düşük DYA ve TDYA oranı en fazla bor uygulanan grupta görülmüştür. Balık yemlerine ilave edilen bor mineralinin balıkta en çok depolanabilen yağ asitlerinin toplam DYA ve TDYA oranında düşüşe, toplam ÇDYA oranında ise artışa sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Acar, Ü., Kesbiç, O. S., İnanan, B. E., & Yılmaz, S. (2019). Effects of dietary Bergamot (*Citrus bergamia*) peel oil on growth, haematology and immune response of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture Research*, 50(11), 3305-3312.
- Acar, Ü., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., İnanan, B. E., Zemheri-Navruz, F., Terzi, F., ... & Parrino, V. (2021). Effects of Essential Oil Derived from the Bitter Orange (*Citrus aurantium*) on Growth Performance, Histology and Gene Expression Levels in Common Carp Juveniles (*Cyprinus carpio*). *Animals*, 11(5), 1431.
- Afridi, A. J., Zuberi, A., Yousafzai, A. M., Kamran, M., & Ullah, S. (2019). Hemp (Marijuana) reverted Copper-induced toxic effects on the essential fatty acid profile of *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala*. *Molecular biology reports*, 46(1), 391-401.
- Ahigren, G., Sonesten, L., Boberg, M., & Gustafsson, L. B. (1996). Fatty acid content of some freshwater fish in lakes of different trophic levels—a bottom-up effect?. *Ecology of Freshwater Fish*, 5(1), 15-27.
- Aras N.M., Haliloğlu H.İ., Bayır A., Atamanalp M. and A.N. Sirkecioğlu, 2003. Karasu havzası yeşildere çayı olgun dere alabalıkları (*Salmo trutta macrostigma*, Dumeril, 1858) 'nda farklı dokuların yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırılması. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.*, 27:887-892.
- Ardó L, Yin G, Xu P, Váradi L, Szigeti G, Jeney Z, Jeney G. 2008. Chinese herbs (*Astragalus membranaceus* and *Lonicera japonica*) and boron enhance the non-specific immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 275:26–33.
- Cengiz, E. I., Bayar, A. S., Kızmaz, V., Başhan, M., & Satar, A. (2017). Acute toxicity of deltamethrin on the fatty acid composition of phospholipid classes in liver and gill tissues of Nile tilapia. *International Journal of Environmental Research*, 11(3), 377-385.
- Czesny S, Dabrowski K (1998) The effect of egg fatty acid concentrations on embryo viability in wild and domesticated walleye (*Stizostedion vitreum*). *Aquat Living Resour* 11(6):371–378. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(99\)80002-3](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(99)80002-3)
- Dernekbaşı, S., Karayücel, İ., & Öksüz, A. (2011). Effect of dietary canola oil level on fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.).
- Dikel, S. (2021). *Ilıman İklim Balıkları Yetiştiriciliği*. Editör, Suat DİKEL. Akademisyen kitabevi, ISBN: 978-625-7275-63-7, DOI: 10.37609/akya.559.
- Folch J, Lees M, Stanley GS (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*. 226(1):497–509.
- İşık O, Sarihan E, Kuşvuran E, Gül Ö, Erbatur O (1999) Comparison of the fatty acid composition of the freshwater fish larvae *Tilapia zillii*, the rotifer *Brachionus calyciflorus*, and the microalgae *Scenedesmus abundans*, *Monoraphidium minutum* and *Chlorella vulgaris* in the algae-rotifer-fish larvae food chains. *Aquaculture* 174(3–4):299–311.

- İnanan, B. E., Acar, Ü., & İnanan, T. (2021). Effects of dietary *Ferula elaeochytris* root powder concentrations on haematology, serum biochemical parameters, spermatozoa parameters, and oxidative status in tissues of males goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 544, 737087.
- İnanan, B. E., Acar, Ü., (2019). Evaluation of Sugar Beet Leave Extracts in Goldfish (*Carassius auratus*) Diets: Effects on Blood and Semen Parameters. *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 458-468.
- Metcalfe LD, Schmitz AA (1961) The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 33(3):363–364. <https://doi.org/10.1021/ac60171a016>.
- Öz, M. (2018). Effects of garlic (*Allium sativum*) supplemented fish diet on sensory, chemical and microbiological properties of rainbow trout during storage at– 18 C. *LWT*, 92, 155-160.
- Öz, M., Dikel, S., & Durmus, M. (2018a). Effect of black cumin oil (*Nigella sativa*) on the growth performance, body composition and fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 17(4), 713-724.
- Öz, M., Dikel, S., İnanan, B. E., Kardeşahin, T., Durmuş, M. U. Y., & Uçar, Y. (2017). Borik asidin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın hepatosomatik ve viserosomatik indeks değerleri üzerine etkileri. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques JAVST*, 2(1), 6-10.
- Öz, M., İnanan, B. E., & Dikel, S. (2018b). Effect of boric acid in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 990-993.
- Öz, M., Kardeşahin, T., Aksoy, N. H., İnanan, B. E., & DIKEL, S. (2020b). Harmful effects of dietary supplementation of boron on blood parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(2), 2227-2234.
- Öz, M., Tatil, T., & Dikel, S. (2021). Effects of boric acid on the growth performance and nutritional content of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Chemosphere*, 129895.
- Öz, M., Üstüner, E. (2021). Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) Yetiştiriciliği. *Ilıman İklim Balıkları Yetiştiriciliği*. Editör, Suat DİKEL. Akademisyen kitabevi, ISBN: 978-625-7275-63-7, DOI: 10.37609/akya.559.
- Öz, M., Yavuz, O., & Bolukbas, F. (2020a). Histopathology changes in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) consuming boric acid supplemented fish fodder. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 62, 126581.
- Sargent, J. R. (1995). Origins and function of eggs lipids: Nutritional implication. *Broodstock management and egg and larval quality*, 353-372.
- Sargent, J. R., Bell, J. G., Bell, M. V., Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. *Journal of applied Ichthyology*, 11(3/4), 183-198.
- Uçak, I., Oz, M., & Maqsood, S. (2019). Products based on omega-3 polyunsaturated fatty acids and health effects. *The Role of Alternative and Innovative Food Ingredients and Products in Consumer Wellness*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
- Yıldız, M., Eroldoğan, T. O., Ofori-Mensah, S., Engin, K., & Baltacı, M. A. (2018). The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Aquaculture*, 488, 123-133.