



L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerin Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Büyüme Performansı Üzerine Etkileri

Fatma DELİHASAN SONAY^{1*} , Emre PASLI¹ 

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 53100 Rize-Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada, kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) yemlerine L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilavesinin balıkların büyüme performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrol, L-karnitin (100 mg L-karnitin/100 g yem), koenzim Q₁₀ (100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ (100 mg L-karnitin+100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) olmak üzere üç tekerrürlü dört grup oluşturulmuş ve 240 adet kaynak alabalığı kullanılmıştır. Balıklar deneme yemleriyle 210 gün süreyle beslenmişlerdir. Çalışma sonunda; L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀'li yemlerle beslenen gruplarda kontrole göre daha iyi bir büyüme performansı (ağırlık, spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve termal büyüme katsayısı) tespit edilmiştir (P<0,05). Araştırma bulguları, L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin su ürünleri yem sanayi için önemli bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Salvelinus fontinalis*, Kaynak alabalığı, L-Karnitin, Koenzim Q₁₀, büyüme performansı

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALLESİ

Geliş : 26.02.2021
Düzeltilme : 27.07.2021
Kabul : 01.08.2021
Yayım : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.886562

* SORUMLU YAZAR

fatma.delihasan@erdogan.edu.tr
Tel : +90 464 223 33 85/1424

Effects of L-Carnitine and Coenzyme Q₁₀ Supplementation on Growth Performance of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814)

Abstract: In this study, the effects of L-carnitine and coenzyme Q₁₀ on growth performance of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) were investigated. Four groups with three replicates were formed; control, L-carnitine (100 mg L-carnitine/100 g diet), coenzyme Q₁₀ (100 mg coenzyme Q₁₀/100 g diet) and L-carnitine+coenzyme Q₁₀ (100 mg L-carnitine+100 mg coenzyme Q₁₀/100 g diet) and 240 brook trout were used. Fish were fed 210 days with experimental diets. At the end of the study, fish groups fed with diets supplemented with L-carnitine, coenzyme Q₁₀ and L-carnitine+coenzyme Q₁₀ showed better growth performance (weight, specific growth rate, condition factor, feed conversion ratio and thermal growth coefficient) compared to the control group (P<0.05). The results suggest that dietary L-carnitine and coenzyme Q₁₀ can be used as supplementary resources in aqua feed industry.

Keywords: *Salvelinus fontinalis*, Brook trout, L-Carnitine, Coenzyme Q₁₀, growth performance

Alıntılama

Delihasan Sonay F, Paslı E. 2022. L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerin Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Büyüme Performansı Üzerine Etkileri. LimnoFish. 8(2): 160-167. doi: 10.17216/LimnoFish.886562

Giriş

Tüketicilerin yaşamsal beklentilerinin artması, sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi, besinlerin sağlık üzerine etkilerinin araştırılması ve insanlarda ideal beslenme kavramının gelişmesi sebebiyle insan sağlığı ve gıda ilişkisi konularında araştırmaların sayısı artmıştır. Gıdaların yapısında bulunan besin öğelerinin yanı sıra sağlıklı beslenme için gerekli olan farklı bileşiklerde (biyoaktif bileşikler) önem kazanmıştır (Kurt ve El 2011). Ayrıca, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe balık hastalıklarının tedavisinde kullanılan

antibiyotiklerin olumsuz sonuçları (anti bakteriyel direnç gelişimi, bağışıklık sisteminin baskılanması, toksik kalıntı oluşturması ve çevre üzerine olumsuz etkileri, vb.) arttıkça, doğal kaynakların (probiyotikler, prebiyotikler, tıbbi ve aromatik bitkiler, vb.) alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Erdogan vd. 2015; Stratev vd. 2018; Zhu 2020; El Basuini vd. 2021).

Suda çözülebilen bir madde olan L-karnitin (L-β-hidroksi-γ-N,N,N-trimetil amino bütirik asit) C vitamini yardımıyla esansiyel amino asitlerden lizin, metiyonin ve vücutta üretilen diğer ikincil

bileşenlerden sentezlenen bir maddedir (Harpaz 2005; Savaş ve Çiçek 2010; Dikel 2019). L-karnitin seviyesi yönünden hayvansal besinler bitkisel besinlerden daha zengindir (Dikel vd. 2003). Balık yetiştiriciliğinde L-karnitin ilavesinin sperm sayısı, hareketliliği ve olgunlaşması, larva yaşama oranı, canlı ağırlık kazancı, protein depolanması, yemlerle alınan yağ bileşenlerinin aktif kullanımı, kışlatma döneminde dayanıklılığın artması ve soğuk karşısında stresin önlenmesi üzerine olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Taşbozan 2005; Taşbozan ve Gökçe 2007).

Koenzim Q₁₀ (2,3-dimetoksi-5-metil-6-dekaprenil-1,4-benzokinon) membran stabilitesinin sağlanmasında, hücredeki enerji dönüşümünde ve ATP üretiminde görev yapan, insanlarda ve tüm hayvanlarda sentezlenebilen, yağda çözünen, tüm hayvansal ve bitkisel gıdalarda farklı oranlarda bulunabilen, vitamin benzeri bir benzokinon bileşiktir (Ercan 2009).

Enzimlerle bir arada çalışarak hücrelerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlayan ve kasların güçlenmesine katkı yapan koenzim Q₁₀ (Şanlıtürk 2009), insanlarda ve hayvanlarda besinlerin biyoyararlılığını artırdığı ve bazı hastalıklara karşı koruma sağladığı bildirilmiştir (Ercan 2009). İnsanlar ve balık haricindeki hayvanlarda koenzim Q₁₀ ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı fazladır. Ancak, balıklarda nispeten az sayıda çalışma Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) üzerinde yürütülmüştür (El Basuini vd. 2020, 2021).

Avrupa'ya 19. yüzyılın sonlarında getirilen, Kuzey Amerika kökenli kaynak alabalıkları (*Salvelinus fontinalis*), bugün birçok ülkenin kültür stoklarında bulunmaktadır. Kaynak alabalıkları farklı vücut renkleri (sırtta koyu yeşil üzerinde kahverengi haleler, yanlarda kırmızı ve sarı noktalar, göğüs, karın ve anal yüzgeçlerde siyah ve beyaz bantlar) ve etlerinin lezzetli olması sebebiyle ülkemizde alabalık çiftliklerinde ikinci tür olarak yetiştirilmektedir (Başçınar 2001). Ancak, doğal ortamda ve kültür ortamında gökkuşağı alabalıklarına nazaran daha yavaş büyüme sergilediği bildirilmektedir (Başçınar 2001; Başçınar vd. 2010a, 2010b; Şahin vd. 2011).

Dünyada ve ülkemizde birçok alanda kullanılmaya başlanan L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin faydalı etkileri ortaya konuldukça kullanım alanları artmaktadır (Ercan ve El 2010; Kurt ve El 2011). Balıklarda L-karnitinin yeme ilave edilmesi ile ilgili farklı balık türleri üzerinde çalışmalar mevcutken, koenzim Q₁₀ ile ilgili az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada; kaynak alabalığı (*S. fontinalis*) yemlerine L-karnitin ve koenzim Q₁₀

ilavesinin balıkların büyüme performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada Kullanılan Balıklar

Kaynak alabalıkları (*S. fontinalis*) Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. İbrahim Okumuş Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nden temin edilmiş ve çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi İyidere Su Ürünleri Üretim, Eğitim ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Besleme denemesinden önce transfer esnasında meydana gelen stresin ortadan kalkması, yem ve çevre koşullarına adaptasyon için kaynak alabalıkları 1 ay süreyle ortama alıştırmıştır.

Çalışma Düzeni

Çalışma açık sistemli olup her bir tanka balık büyüklüğüne bağlı olarak 0,10-0,40 L/s su verilmiştir. Su doğal alabalıkların yaşadığı dereden sağlanmıştır. Başlıca su parametreleri (ortalama su sıcaklığı 11,98±1,80 °C, pH 7,81±0,07 ve oksijen 8,43±0,38 mg L⁻¹) alabalıklar için uygun değerler göstermiştir. Su kesintisine karşı önlem olarak tanklara hava taşları konulmuştur. Çalışma başlangıcında su seviyesi 80 L'ye ayarlanmış yuvarlak fiberglas tanklar (12 adet), 120. günden sonra ise stok yoğunluğunun artmasıyla 450 L'lik kare fiberglas tanklar (12 adet) kullanılmıştır.

Çalışmada, kontrol grubu dahil olmak üzere 3 tekerrürlü 4 grup (Kontrol; 100 mg L-karnitin /100 g yem; 100 mg koenzim Q₁₀ /100 g yem; 100 mg L-karnitin+100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) oluşturulmuş ve 20 adet balık/tank olacak şekilde stoklama yapılarak toplam 240 adet kaynak alabalığı kullanılmıştır. Gruplarda kullanılan balıkların başlangıç ağırlıkları sırasıyla; 29,66±4,33 g, 29,19±3,86 g, 29,22±3,06 g ve 29,25±3,59 g'dır (Tablo 1).

Özel bir firma tarafından üretilen ticari alabalık yemine (Ham protein: %45, ham yağ: %20, ham selüloz: %3, su: %10, kül: %10) (GÜMÜŞDOĞA SU ÜRÜNLERİ A.Ş.), ticari L-karnitin (Solgar, Inc. New Jersey, USA) ve koenzim Q₁₀ (Solgar, Inc. New Jersey, USA) ilave edilerek besleme grubu yemleri oluşturulmuştur. Yemlere L-karnitin ve koenzim Q₁₀ katkı oranları alabalık ve farklı türler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir (Taşbozan 2005; Dikel 2019; El Basuini vd. 2020, 2021). Yemleme günde 2 öğün (09:00-17:00), biyokütleinin %2'si oranında yapılmıştır. Çalışma doğal gün uzunluğunda (41 °N enlemi), 210 gün sürmüştür.

Büyüme Performansının Belirlenmesi

Büyüme performansını belirlemek amacıyla 15 günlük periyotlarla boy ve ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki büyüme performansı ve yemden yararlanma değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Cho ve Bureau 1998; Korkut vd. 2007; Akhan vd. 2010):

Spesifik Büyüme Oranı (SBO) = [(ln Son ağırlık - ln İlk ağırlık) x 100]/Gün

Kondisyon Faktörü (KF) = (Ağırlık, g / Boy³, cm) x 100

Yem Değerlendirme Oranı (YDO) = Yem tüketimi / Ağırlık artışı

Yaşama oranı = 100 x (Son balık sayısı / İlk balık sayısı)

Termal Büyüme Katsayısı (TBK) = (Son ağırlık^{1/3} - İlk ağırlık^{1/3}) x (Sıcaklık x Gün)⁻¹ x 100

İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc.) ve Microsoft Office Excel 2016 Pro. programlarından yararlanılmıştır. Grupların karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA one-way) kullanılmış, gruplar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (P<0,05).

Bulgular

Her 15 günde bir ölçümler yapılarak, boy-ağırlık verileri alınan kaynak alabalıklarının 210 gün sonunda; boy-ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve termal büyüme katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Kontrol, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ gruplarının başlangıç ortalama boyları sırasıyla 14,40±0,58 cm, 14,29±0,54 cm, 14,32±0,46 cm ve 14,31±0,47 cm olarak ölçülen kaynak alabalıklarında, çalışma süresince balık boyu bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuştur

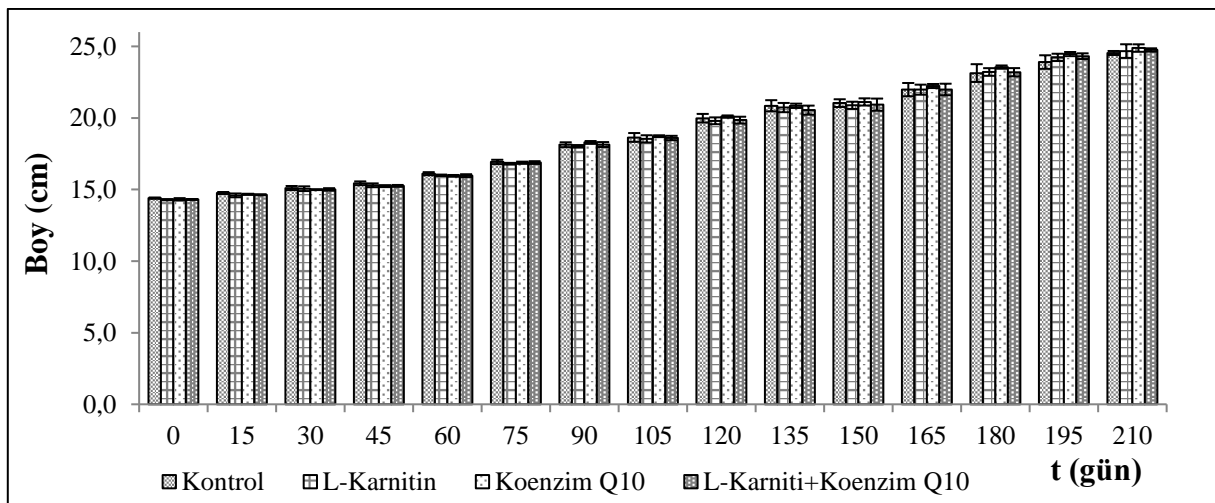
(Şekil 1). Çalışma sonunda; L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle beslenen deneme gruplarında ağırlık artışı (Şekil 2), spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü (Şekil 3) ve termal büyüme katsayısı değerlerinde kontrol grubuna göre önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Tablo 1). L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kendi arasında değerlendirildiğinde istatistiksel fark ortaya koymamıştır (P>0,05) (Tablo 1).

Ağırlık artışı 165. günden itibaren gruplar arasında farklılık ortaya koymaya başlamıştır (P<0,05). Çalışma sonunda; kontrol 185,79±3,23 g, L-karnitin 202,98±10,39 g, koenzim Q₁₀ 206,91±5,66 g ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ 203,05±3,51 g olarak belirlenmiştir (Tablo 1) (Şekil 2).

Çalışma başlangıcında kaynak alabalıklarının kondisyon faktörü değerleri kontrol grubunda 0,99±0,01, L-karnitin grubunda 1,00±0,01, koenzim Q₁₀ grubunda 0,99±0,02 ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grubunda 1,00±0,01 olarak hesaplanmıştır. Çalışma süresince gruplara ait ortalama kondisyon faktörü değerleri başlangıca göre artış göstermiştir (Şekil 3). Çalışma sonunda ise L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ katkılı yemlerle beslenen gruplarda kontrole göre daha iyi kondisyon faktörü değerleri hesaplanmıştır (P<0,05) (Tablo 1).

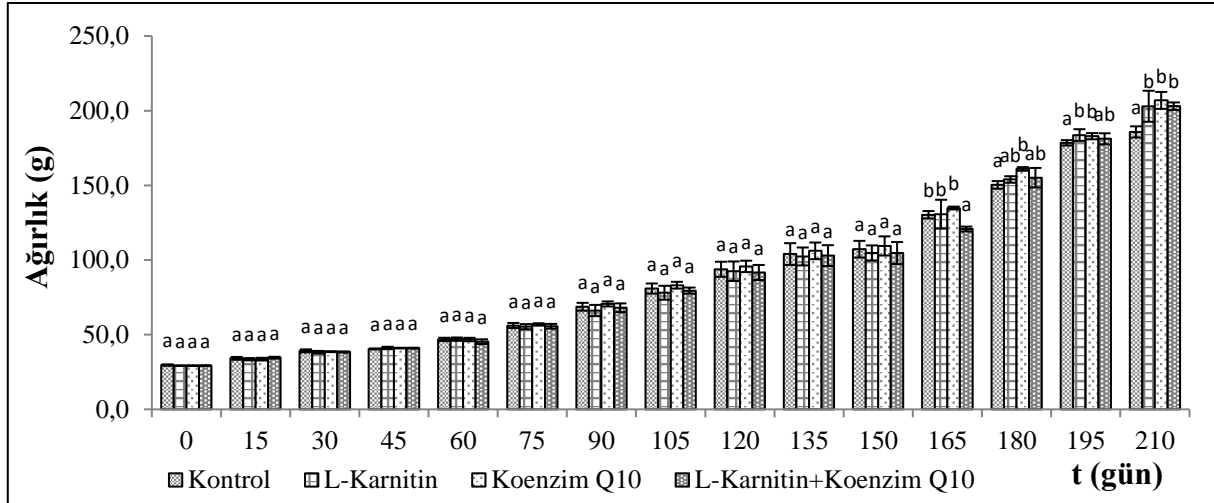
Yem değerlendirme oranı kontrol grubunda 2'nin üzerinde hesaplanırken (2,02±0,25), diğer gruplarda 2'nin altına düşmüştür. Yem değerlendirme bakımından en iyi grup (1,61±0,04) koenzim Q₁₀ ilaveli grup olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Ortalama yaşama oranları %96,67-98,33 ve ölüm oranları %1,67-3,33 arasında değişim göstermiştir. Yaşama oranları ve ölüm oranları arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir.



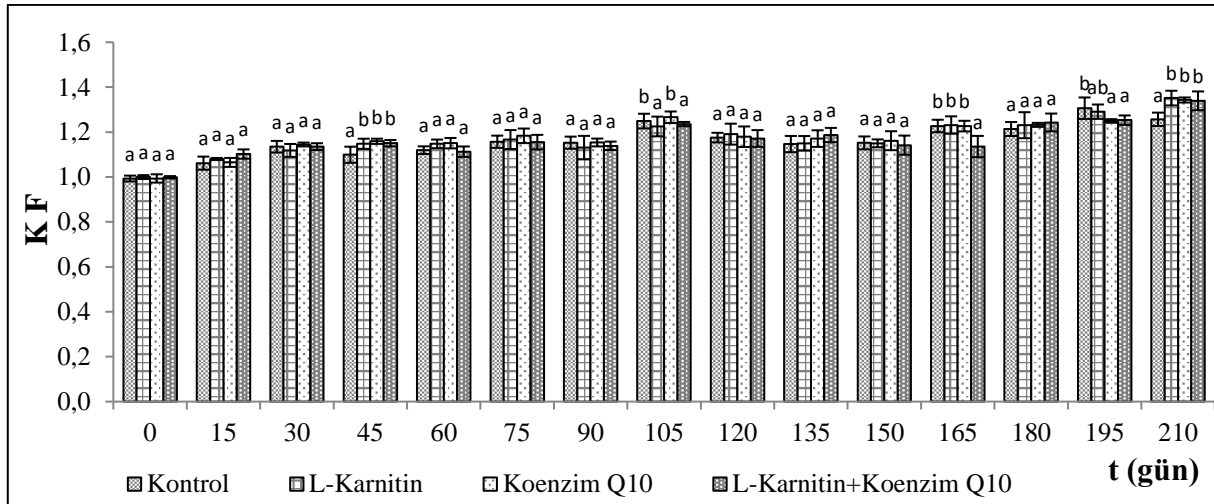
Şekil 1. Çalışma süresince balıklarda boy artışı

Figure 1. Increase in length of fish during the experiment



Şekil 2. Çalışma süresince balıklarda ağırlık artışı (Farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir)

Figure 2. Weight gain in fish during the experiment (Different letters indicate statistical significance at 95% confidence interval)



Şekil 3. Çalışma süresince balıklarda kondisyon faktörü değişimleri (Farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir)

Figure 3. Condition factor changes in fish during the experiment (Different letters indicate statistical significance at 95% confidence interval)

Tablo 1. Kaynak alabalığı deneme gruplarının (Kontrol, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀) deneme sonu büyüme performansı verileri ($\bar{x} \pm \text{std}$; n=3)

Table 1. Post-trial growth performance data of brook trout experimental groups (Control, L-carnitine, Coenzyme Q₁₀ and L-carnitine+Coenzyme Q₁₀) ($\bar{x} \pm \text{std}$; n=3)

	Kontrol	L-Karnitin	Koenzim Q ₁₀	L-Karnitin+ Koenzim Q ₁₀	ANOVA
L_i (cm)	14,40±0,58	14,29±0,54	14,32±0,46	14,31±0,47	P>0,05
L_s (cm)	24,54±0,36	24,67±0,48	24,88±0,26	24,75±0,12	P>0,05
W_i (g)	29,66±4,33	29,19± 3,86	29,22±3,06	29,25±3,59	P>0,05
W_s (g)	185,79±3,23 ^a	202,98±10,39 ^b	206,91±5,66 ^b	203,05±3,51 ^b	P<0,05
SBO (%/gün)	0,88±0,01 ^a	0,92±0,03 ^b	0,93±0,01 ^b	0,92±0,01 ^b	P<0,05
KF	1,26±0,02 ^a	1,35±0,03 ^b	1,34±0,01 ^b	1,34±0,04 ^b	P<0,05
YDO	2,02±0,25 ^b	1,66±0,07 ^a	1,61±0,04 ^a	1,66±0,01 ^a	P<0,05
TBK	2,07±0,04 ^a	2,30±0,14 ^b	2,35±0,08 ^b	2,30±0,05 ^b	P<0,05

Aynı satırdaki farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir. Li: İlk boy, Ls: Son boy, Wi: İlk ağırlık, Ws: Son ağırlık, SBO: Spesifik Büyüme Oranı, KF: Kondisyon Faktörü, YDO: Yem Değerlendirme Oranı, TBK: Termal Büyüme Katsayısı.

Tartışma ve Sonuç

Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretimi ve kaliteyi artırmak için son dönemlerde modern sistemler, biyoteknolojik uygulamalar, farklı üreme teknikleri, farklı yem katkı maddeleri vb. birçok uygulamadan yararlanılmaktadır. Yem katkı maddesi olarak probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler, bağışıklık güçlendiren uyarıcılar, enzimler, hormonlar, nükleotidler, tıbbi bitkiler, organik asitler veya asitleştiriciler ile antioksidanlar yaygın şekilde kullanılmaktadır (El Basuini vd. 2020). Doğal olarak da bulunan L-karnitin ve koenzim Q₁₀ maddelerinin etkileri insanlarda ve bazı hayvanlarda incelenmiş, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ortaya konulmuştur. Bu amaçla; kaynak alabalığı yemlerine L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ ilave edilerek büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır.

Alabalıklarda stres faktörleri ve yem bulma aktivitesinde su kalite kriterleri önemli yer tutmaktadır (Ruyet vd. 2008; Rowe vd. 2002; Öz ve İnanan 2018). Bu çalışmada 30-45 ve 135-150. günlerde araştırma merkezine gelen su kalitesinde meydana gelen değişimler (askıda katı madde; 20-25 mg/L) nedeniyle balıkların büyüme performansında dalgalanma gerçekleşmiş, ancak yaşanan dalgalanma çalışmayı bozacak seviyeye ulaşmamıştır. Elde edilen su kalite kriterleri (ortalama su sıcaklığı 11,98±1,80 °C, pH 7,81±0,07 ve oksijen 8,43±0,38 mg L⁻¹) Tarım ve Orman Bakanlığı alabalık yetiştiriciliği su kalite kriterlerine göre uygun değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonunda; kaynak alabalığında yeme L-karnitin ilavesinin büyüme üzerine pozitif yönde etkisinin olduğu istatistiksel olarak ortaya konulmuştur (Tablo 1). Akuakültürde L-karnitin farklı türler üzerinde çalışılmış, büyümeyi ve yem değerlendirme oranını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Dikel vd. 2010; Haji-Abadi vd. 2010), levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Santulli ve D'Amelio 1986; Santulli vd. 1988), Afrika kedibalığı (*Clarias gariepinus*) (Torrele vd. 1993), mercan balığı (*Pagrus major*) (Chatzifotis vd. 1995, 1996), Mozambik tilapia balığı (Jayaprakas vd. 1996), hibrit tilapia balığı (*O. niloticus* x *Oreochromis aureus*) (Becker vd. 1999), hibrit çizgili levrek (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂) (Twibell ve Brown 2000), rohu sazan balığı (*Labeo rohita*) (Keshavanath ve Renuka 1998), sazan (*Cyprinus carpio*) (Focken vd. 1997) ve Japon balığı (*Carrasius auratus*) (Arslan ve Özbaş 2020) yapılan çalışmalarla paralellik göstermiştir. L-karnitin balık büyümesine olan olumlu etkisi, yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak daha fazla kullanılması ile ilişkili olduğu rapor

edilmiştir (Taşbozan 2005). Ancak, kanal yayın balığı (Burtle ve Liu 1994), gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) (Rodehutsord 1995) sazan (*C. carpio*) (Becker ve Focken 1995), Nil tilapia (*O. niloticus*) (Erdogan vd. 2015) ve Atlantik somon balığı (*Salmo salar*) (Ji vd. 1996) ile yapılan araştırmalarda L-karnitin büyüme üzerinde olumlu etki göstermediği bildirilmiştir.

L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kendi aralarında benzerlik gösterirken kontrole göre daha iyi bir büyüme performansı tespit edilmiştir. Gruplar arasında ise en iyi ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı koenzim Q₁₀ ilaveli grupta belirlenmiştir. Koenzim Q₁₀ ile daha önce yapılan çalışmalar insanlar ve hayvanlar üzerinde yoğunlaşmıştır, balıklarda koenzim Q₁₀ kullanımı ile ilgili araştırmalar Nil tilipiası (*O. niloticus*) türünde rapor edilmiştir. Yapılan çalışmalar bu çalışma ile benzerlik göstererek, koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle beslemenin büyüme üzerine olumlu etkisi ortaya konulmuştur. Koenzim Q₁₀'nin bağırsak mikroflorasının iyileştirilmesi ve sindirim enzimleri aktivitesi üzerine olan etkileri büyüme ile ilişkilendirilebilir (El Basuini vd. 2020, 2021). Ayrıca, balıklarla ilgili yapılan önceki çalışmalar daha çok türlere göre balık etinin koenzim Q₁₀ içeriğini belirleme şeklinde gerçekleşmiştir (Weber vd. 1997; Mattila ve Kumpulainen 2001; Souchet ve Laplante 2007; Kubo vd. 2008; Ercan ve El 2010).

Balık büyüklüğü, çevresel faktörler ve yem kalitesi balıklarda büyümeyi etkileyen en önemli parametrelerdir. Büyümenin tahmin edilmesinde su sıcaklığının kullanımıyla hesaplanan termal büyüme katsayısı (Korkut vd. 2007) diğer büyüme parametreleri ile benzerlik göstererek, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kontrole göre istatistiksel fark göstermiştir. Daha önce yapılan, yeme L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilavesi ile ilgili besleme çalışmalarında termal büyüme katsayısı değerlerine rastlanmadığından doğrudan karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak, termal büyüme katsayısı kaynak alabalığında 0,11 (Gunther vd. 2005), 0,14-0,15 (Önder ve Khan 2016), 0,07-0,12 (Sonay ve Başçınar 2017), 1,27 (Gök 2019); gökkuşağı alabalığında 0,20-0,26 (El-Haroun vd. 2009), 3,7-3,9 (Caballero vd. 2002), 3,14 (Krogdahl vd. 2004), 0,5-8,4 (Dumas vd. 2007) olarak rapor edilmiştir. Yapılan çalışmalarda balık büyüklüğü ve sıcaklığa göre termal büyüme katsayısı değerleri farklılık göstermiştir.

Balıklarda morfolojik yapının en iyi kontrol edildiği, aktif yem alma ve gelişmenin bir göstergesi olan kondisyon faktörüdür (Korkut vd. 2007; Başçınar vd. 2016). Çalışma sonunda kondisyon faktörü değeri en düşük (1,26±0,02) kontrol

grubunda, en yüksek L-karnitin grubunda (1,35±0,03) hesaplamıştır (Tablo 1). Kondisyon faktörü değeri yaş, cinsiyet, üreme dönemi, bağırsak doluluğu, alınan besin vb. özelliklerden etkilenmektedir. Alabalıklarda uygun beslenme şartlarında ortalama kondisyon faktörü değerinin 1,37 (1,14-1,53) olması gerektiği rapor edilmiştir (Korkut vd. 2007). L-karnitin ilaveli yemle beslenen juvenil gökkuşuğu alabalığında 1,30-1,34 (Haji-Abadi vd. 2010), sazan balığında 1,49-1,62 (Sabzi vd. 2017); koenzim Q₁₀ ile beslenen Nil tilapiasında ise 1,79-1,82 (El Basuini vd. 2020) ve 1,85-1,90 (El Basuini vd. 2021) olarak belirlenmiştir.

Uzun yıllardır yem kalitesi, yem hammaddeleri ve yem katkı maddeleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde ekonomiklik göz önünde tutularak kısa sürede kaliteli ve sağlıklı ürün elde etmek amacıyla yem katkı maddelerinin ilavesi yetiştiricilik sektöründe kullanılmaktadır. Birçok canlı üzerinde kullanılmaya başlanan L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin faydalı etkileri kaynak alabalığı üzerinde de etkisini göstermiş, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ katkılı yemlerle beslenen grupların kontrol grubuna göre büyüme üzerinde pozitif etkisi bu çalışma ile ortaya konulmuştur. L-karnitin ve koenzim Q₁₀ birçok alanda yem sanayi ve yetiştiricilikte önemli bir katkı maddesi olabilir. Ayrıca, farklı balık türleri üzerinde ve farklı dönemlerde (yavru, üreme, vb.) L-karnitin ve koenzim Q₁₀ etkilerinin ortaya çıkarılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Balık yetiştiriciliğinde büyüme performansının yanı sıra balık etinin kimyasal kompozisyonu ve yağ asidi profilinin bilinmesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle besleme sonucunda balık etinin et kalitesi değerleri belirlenmeli ve tüketici ile paylaşılmalıdır. Süper vitamin olarak kabul edilen, lipitlerde ve organik çözücülerde çözünürlüğü, suda çözünmezliği olan koenzim Q₁₀ (El Basuini vd. 2020) suda yaşayan canlılar için ideal bir yem katkı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca, L-karnitin ve koenzim Q₁₀ katkı oranlarının değiştirilerek detaylı büyüme performansı çalışmaları yapılması yararlı olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma ikinci yazarın "L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerle Beslenen Kaynak Alabalık (*S. fontinalis* Mitchell, 1814)'larında Büyüme Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiş olup, IV. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı'nda (01-02 Eylül 2016, Adana) sözlü olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- Akhan S, Okumuş İ, Sonay FD, Koçak N. 2010. Growth, slaughter yield and proximate composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raised under commercial farming condition in Black Sea. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 16 (Suppl-B): 291-296. doi:10.9775/kvfd.2010.2330
- Arslan MN, Özbaş M. 2020. Determination of growth performance and feed utilization of fry of goldfish, *Carassius auratus* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) fed L-carnitine-supplemented diets. Acta Ichthyol Piscat. 50(3):349-356. doi:10.3750/AIEP/02969
- Başçınar N. 2001. Kaynak alabalığının (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Doğu Karadeniz koşullarında tatlısu ve deniz suyunda kültür potansiyelinin irdelenmesi: Optimum çevre istekleri, döl verimi, beslenme ve büyüme özellikleri [Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi. 114 s.
- Başçınar N, Okumuş İ, Ögüt H, Kocabaş M, Şahin ŞA. 2010a. Kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) ve doğal alabalık (*Salmo trutta*) hibridlerinin yetiştiricilik potansiyelinin irdelenmesi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi. Proje No: 2006.117.001.06.
- Başçınar N, Şahin ŞA, Kocabaş M. 2010b. Effect of duo-Culture on growth performance of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in tank reared condition. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 16(Suppl-B):249-254. doi:10.9775/kvfd.2010.1711
- Başçınar N, Sonay FD, Alsan Ş, Altınok İ. 2016. İstavrit balığı (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)'nın Doğu Karadeniz'de kafeslerde büyüme performansının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi. 22(2):179-186. doi:10.1501/Tarimbil_0000001379
- Becker K, Focken U. 1995. Effect of feed supplementation with L-carnitine on growth, metabolism and body composition of carp (*Cyprinus carpio*, L.). Aquaculture. 129:341-343.
- Becker K, Schreiber S, Angoni C, Blum R. 1999. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* hybrids to l-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions. Aquaculture. 174: 313-322.
- Burtle GJ, Liu Q. 1994. Dietary carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. J World Aquac Soc. 25(2):169-174. doi:10.1111/j.1749-7345.1994.tb00178.x
- Caballero MJ, Obach A, Rosenlund G, Montero D, Gisvold M, Izquierdo MS. 2002. Impact different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 214(1-4):253-271. doi:10.1016/S0044-8486(01)00852-3

- Chatzifotis S, Takeuchi T, Seikai T. 1995. The effect of dietary L-carnitine on growth performance and lipid composition in red sea bream fingerlings. *Fish Sci.* 61(6):1004-1008.
[doi:10.2331/fishsci.61.1004](https://doi.org/10.2331/fishsci.61.1004)
- Chatzifotis S, Takeuchi T, Seikai T. 1996. The effect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream (*Pagrus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine. *Aquaculture.* 147(3-4):235-248.
[doi:10.1016/S0044-8486\(96\)01403-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01403-2)
- Cho CY, Bureau DP. 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquat Living Resour.* 11(4):199-210.
[doi:10.1016/S0990-7440\(98\)89002-5](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89002-5)
- Dikel S, Ünalın NB, Alev MV, Kiriş GA. 2003. Farklı Düzeylerde L-carnitine'nin kafes koşullarında yetiştirilen alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) karkas kompozisyonuna, viserosomatik ve hepatosomatik indeksleri üzerine etkileri. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu; Elazığ, Türkiye.
- Dikel S, Ünalın B, Eroldoğan OT, Hunt, AÖ. 2010. Effects of dietary l-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *TRJFAS.* 10:173-180.
[doi:10.4194/trjfas.2010.0203](https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0203)
- Dikel S. 2019. Su ürünleri yetiştiriciliğinde L carnitine kullanımı. International Science and Research Congress (SR Congress); Antalya, Turkey.
- Dumas A, France J, Bureau DP. 2007. Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture.* 267(1-4):139-146.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2007.01.041](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.041)
- El Basuini MF, Teiba II, Zaki MAA, Alabssawy AN, El-Hais AM, Gabr AA, Dawood MAO, Zaineldin AI, Mzengereza K, Shadrack RS, Dossou S. 2020. Assessing the effectiveness of CoQ10 dietary supplementation on growth performance, digestive enzymes, blood health, immune response, and oxidative-related genes expression of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immun.* 98:420-428.
[doi:10.1016/j.fsi.2020.01.052](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.052)
- El Basuini MF, Shahin SA, Teiba II, Zaki MAA, El-Hais AM, Sewilam H, Almeer R, Abdelkhalek N, Dawood MAO. 2021. The influence of dietary coenzyme Q10 and vitamin C on the growth rate, immunity, oxidative-related genes, and the resistance against *Streptococcus agalactiae* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture.* 531:735862.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735862](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735862)
- EL-Haroun ER, Azevedo PA, Bureau DP. 2009. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). *Aquaculture* 290(3-4):269-274.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2009.02.014](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.014)
- Ercan P. 2009. Bazı gıdalarda ve farklı koenzim Q₁₀ preparatlarıyla zenginleştirilmiş gıdalarda in vitro koenzim Q₁₀ biyoyararlılığının saptanması [Master's Thesis]. Ege Üniversitesi. 94 s.
- Ercan P, El SN. 2010. Koenzim Q₁₀'un beslenme ve sağlık açısından önemi ve biyoyararlılığı. *TUBAV Bilim Dergisi.* 3(2):192-200.
- Erdogan F, Kanyılmaz M, Aydın B, Erdogan M, Aksoy A, Gümüş E. 2015. Effect of dietary supplementation of L-carnitine on growth, feed utilisation and liver histology in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fry. *Indian J Fish.* 62(2):123-127.
- Focken U, Becker K, Lawrence P. 1997. A note on the effects of L-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquac Nutr.* 3:261-264.
[doi:10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x)
- Gök A. 2019. Farklı açlık tokluk besleme döngülerinin kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*)'nın büyüme performansına etkileri [Master's Thesis]. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. 44 s.
- Gunther SJ, Moccia RD, Bureau DP. 2005. Growth and whole body composition of lake trout (*Salvelinus namaycush*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and their hybrid, F1splake (*Salvelinus namaycush* x *Salvelinus fontinalis*), from first-feeding to 16 weeks post first-feeding. *Aquaculture.* 249:195-204.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2005.03.027](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.027)
- Haji-Abadi SMAJ, Soofiani NM, Sadeghi AA, Chamani M, Riazi GH. 2010. Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquac Res.* 41(11):1582-1591.
[doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02462.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02462.x)
- Harpaz S. 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition- a review. *Aquaculture.* 249:3-21.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2005.04.007](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.007)
- Jayaprakas V, Sambhu C, Kumar SS. 1996. Effect of dietary L-carnitine on growth and reproductive performance of male *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Fish Technol.* 33(2):84-90.
- Ji H, Bradley TM, Tremblay GC. 1996. Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed l-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. *J Nutr.* 126(8):1937-1950.
[doi:10.1093/jn/126.8.1937](https://doi.org/10.1093/jn/126.8.1937)
- Keshavanath P, Renuka P. 1998. Effect of dietary l-carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquac Nutr.* 4(2):83-87.
[doi:10.1046/j.1365-2095.1998.00052.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1998.00052.x)
- Korkut AY, Kop A, Demirtaş N, Cihaner A. 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *EgeJFAS.* 24(1-2):201-205.
- Krogdahl A, Sundby A, Olli JJ. 2004. Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently. Effects of water salinity and dietary starch level. *Aquaculture.* 229(1-4):335-360.

- doi:10.1016/S0044-8486(03)00396-X
- Kubo H, Fujii K, Kawabe T, Matsumoto S, Kishida H, Hosoe K. 2008. Food content of ubiquinol-10 and ubiquinone-10 in the Japanese diet. *J Food Compos Anal.* 21(3):199-210.
doi:10.1016/j.jfca.2007.10.003
- Kurt Ö, El SN. 2011. Biyoaktif bir gıda bileşeni L-karnitin: beslenme ve sağlık açısından önemi ve biyoyararlılığı. *TÜBAV Bilim Dergisi.* 4(2):97-102.
- Mattila P, Kumpulainen J. 2001. Coenzyme Q₉ and Q₁₀: Contents in foods and dietary intake. *J Food Compos Anal.* 14(4):409-417.
doi:10.1006/jfca.2000.0983
- Önder MY, Khan U. 2016. Effects of Mono- and duoculture on the survival and growth rate of juvenile Abant trout (*Salmo trutta abanticus*) and Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). *Pakistan J Zool.* 48(3):895-898.
- Öz M, İnanan BE. 2018. Türkiye’de sel baskınları ve alabalık çiftlikleri. *Türkiye Klinikleri. J Vet Sci Surg-Special Topics.* 4(1):35-38.
- Rodehutsord M. 1995. Effects of supplemental dietary l-carnitine on the growth and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high-fat diets. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 73(1-5):276-279.
doi:10.1111/j.1439-0396.1995.tb00428.x
- Rowe DK, Smith J, Williams E. 2002. Effects of turbidity on the feeding ability of adult, riverine smelt (*Retropinna retropinna*) and inanga (*Galaxias maculatus*). *New Zeal J Mar Fresh.* 36(1):143-150.
doi:10.1080/00288330.2002.9517077
- Ruyet JP, Labbé L, Bayon N, Sévère A, Roux A, Delliou H, Quémener L. 2008. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat Living Resour.* 21(2):185-195.
doi:10.1051/alr:2008024
- Sabzi E, Mohammadiarzam H, Salati AP. 2017. Effect of dietary L-carnitine and lipid levels on growth performance, blood biochemical parameters and antioxidant status in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture.* 480:89-93.
doi:10.1016/j.aquaculture.2017.08.013
- Santulli A, D’Amelio V. 1986. Effects of supplemental dietary carnitine on the growth and lipid metabolism of hatchery-reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture.* 59(3-4):177-186.
doi:10.1016/0044-8486(86)90002-5
- Santulli A, Modica A, Curatolo A, D’Amelio V. 1988. Carnitine administration to sea bass (*Dicentrarchus labrax* (L.)) during feeding on fat diet: modification of plasma lipid levels and lipoprotein pattern. *Aquaculture.* 68(4): 345-351.
doi:10.1016/0044-8486(88)90248-7
- Savaş S, Çiçek NL. 2010. Canlı yem organizmalarında L-karnitin. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 41(1):71-73.
- Sonay FD, Başçınar N. 2017. An investigation on the effects of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) monoculture and duo-culture farming in freshwater and seawater on growth performance. *Iran J Fish Sci.* 16(1):38-49.
- Souchet N, Laplante S. 2007. Seasonal variation of Coenzyme Q10 content in pelagic fish tissues from Eastern Quebec. *J Food Compos Anal.* 20(5): 403-410.
doi:10.1016/j.jfca.2006.09.004
- Stratev D, Zhelyazkov G, Noundou XS, Krause RWM. 2018. Beneficial effects of medicinal plants in fish diseases. *Aquaculture Int.* 26:289-308.
doi:10.1007/s10499-017-0219-x
- Şahin SA, Başçınar N, Kocabaş M, Tufan B, Köse S, Okumuş İ. 2011. Evaluation of meat yield, proximate composition and fatty acid profile of cultured brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in comparison with their hybrid. *TrJFAS.* 11(2):261-271.
doi:10.4194/trjfas.2011.0211
- Şanlıtürk Ş. 2009. Esansiyel hipertansiyonlu hastalarda, koenzim Q(CoQ) ve homosistein düzeylerinin araştırılması [Master’s Thesis]. Selçuk Üniversitesi.47 s.
- Taşbozan O. 2005. L-Karnitin ve farklı yağ seviyeleri ile hazırlanan yemlerle beslenen çipuraların (*Sparus aurata*) büyüme performansı ve vücut kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi. 105 s.
- Taşbozan O, Gökçe MA. 2007. L karnitin ve akuakültürde kullanımı. *Türk Sucul Yaşam Dergisi.* 3-5(5-8):694-703.
- Torreale E, Van Der Sluiszen A, Verreth J. 1993. The effect of dietary l-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. *Br J Nutr.* 69(1):289-299.
doi:10.1079/BJN19930030
- Twibell RG, Brown PB. 2000. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass (*Morone saxatilis* malex *M. chrysops* female). *Aquaculture.* 187(1-2):153-161.
doi:10.1016/S0044-8486(99)00387-7
- Weber C, Bysted A, Holmer G. 1997. Coenzyme Q₁₀ in the diet-daily intake and relative bioavailability. *Mol Aspects of Med.* 18 (Supp 1):251-254.
doi:10.1016/S0098-2997(97)00003-4
- Zhu F. 2020. A review on the application of herbal medicines in the disease control of aquatic animals. *Aquaculture.* 526:735422.
doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735422