



Sentetik Apo-ester ve Kadife Çiçeğinin (*Tagetes erecta*) Sarı Prens Balığının (*Labidochromis caeruleus*) Pigmentasyonunda Karotenoyit Kaynağı Olarak Kullanılması

Mahmut YANAR^{1*}, Damla TERZİ¹, Ece EVLİYAĞLU¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü- Adana-Türkiye

Ö Z

Bu çalışma, %4 kadife çiçeği (*Tagetes erecta*), 0 ve 100 mg/kg sentetik apo-ester içeren diyetlerle 60 gün beslenen sarı prenses balığının (*Labidochromis caeruleus*) deri rengi ve yetiştiricilik parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deri rengi, kolorimetrik yöntemle bir yansıtma spektroskopisi kullanılarak ölçülmüştür. Kadife çiçeği ve sentetik apo-esterin balıkların renk parametreleri (L*,a*,b*,Ch, H°_{ab}) üzerindeki etkilerinin benzer olduğu belirlenmiştir (p>0,05). Her iki karotenoyit kaynağı, karotenoyit içermeyen diyetle kıyasla balıklarda daha yüksek bir sarılık (+b*) değeri sağlamış (p<0,05), ancak açıklık (+L*) ve kırmızılık (+a*) değerlerini etkilememiştir (p>0,05). Diğer yandan, karotenoyit kaynaklarının balıkların büyüme performansı, yem değerlendirme ve hayatta kalma oranı üzerinde bir etkisi olmamıştır (p>0,05). Bu çalışma, kadife çiçeğinin sarı prenses balığı diyetlerinde sentetik apo estere alternatif bir doğal karotenoyit kaynağı olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Labidochromis caeruleus*, kadife çiçeği, apo-ester, pigmentasyon, karotenoyit

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 02.11.2021

Düzeltilme : 25.03.2022

Kabul : 05.04.2022

Yayın : 30.12.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.1018012

* SORUMLU YAZAR

myanar@cu.edu.tr

Tel : +90 533 564 16 55

Fax : +90 (322) 338 64 39



The Use of Apo-ester and Marigold (*Tagetes erecta*) as Carotenoid Source in Pigmentation of Electric Yellow Cichlid (*Labidochromis caeruleus*)

Abstract: This study was carried out to determine the effects on skin pigmentation and rearing parameters of electric yellow cichlid (*Labidochromis caeruleus*) fed diets containing 4% marigold (*Tagetes erecta*), 0 and 100 mg/kg synthetic apo-ester for 60 days. Skin colour was measured by colorimetric method using reflectance spectroscopy. Effects of marigold and synthetic apo-ester on colour parameters (L*,a*,b*,Ch, H°_{ab}) of fish were similar (P>0.05). Both carotenoid sources provided higher a yellowness (+b*) value in fish (P<0.05) but did not affect lightness (+L*) and redness (+a*) value, compared to diets without carotenoids (P>0.05). On the other hand, carotenoid sources had no effect on growth performance, feed utilization and survival rate of fish (P<0.05). This study demonstrated that marigold can be successfully used as an alternative natural carotenoid source to the synthetic apo-ester in electric yellow cichlid diets.

Keywords: *Labidochromis caeruleus*, marigold, apo-ester, pigmentation, carotenoid

Alıntılama

Yanar M, Terzi D, Evliyaoğlu E. 2022. Sentetik Apo-ester ve Kadife Çiçeğinin (*Tagetes erecta*) Sarı Prens Balığının (*Labidochromis caeruleus*) Pigmentasyonunda Karotenoyit Kaynağı Olarak Kullanılması LimnoFish. 8(3): 288-296. doi: 10.17216/LimnoFish. 1018012

Giriş

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de akvaryum balıklarına olan ilgi ve talep giderek artmakta ve bu gelişmeye paralel olarak akvaryum balıkçılığı sektörü büyümektedir. Sarı prenses balığı (*Labidochromis caeruleus*, Cichlidae) sürümü fazla olan popüler bir akvaryum balığı türüdür. Karakteristik rengi sarı olup, pazar fiyatının oluşmasında önemlidir. Balıklarda sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri sağlayan karotenoyit grubu pigmentler olup, diğer hayvanlar gibi balıklar da bu maddeleri sentezleyemezler. Ancak bunları yedikleri bitkilerden ve/veya dolaylı olarak hayvanlardan

sağlarlar (Goodwin 1984; Torrissen vd. 1989). Ötrofik havuzlarda balıklar, karotenoyitce zengin alg ve zooplaktonik organizmalardan beslendikleri için renkleri parlak ve albenili olmaktadır (Hata ve Hata 1973). Entansif balık yetiştiriciliğinde bu doğal yem kaynaklarından yararlanılamadığı ve dolayısıyla yeterli düzeyde renk kalitesi oluşmadığı için, balıkların diyetlerine doğal veya sentetik karotenoyit kaynaklarının ilave edilmesi bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Kadife çiçeği (*Tagetes erecta*), yurdumuzda ilkbahar başlangıcından sonbahar sonuna kadar çiçek açan, park ve bahçelerde bol bulunan, sarı ve turuncu

renklerde olan bir peyzaj bitkisidir. Oldukça yoğun miktarda karotenoyit (1320-5700 mg/kg) içerir (Piccaglia vd. 1998). İçerdikleri karotenoyitlerin önemli kısmını ksantofiller oluşturur. Bu ksantofillerin %80'ine yakını lüteindir (Sivel vd. 2014). Önceleri kanatlı hayvanların yumurtalarının renklenmesinde kullanılan kadife çiçeğinin (Santos-Bocanegra vd. 2004), daha sonra Japon balığı (Şeker 2004), yeşil kaplan karidesi (Göçer vd. 2006) ve gökkuşuğu alabalığında (Büyükçapar vd. 2007) kullanılabilceği gösterilmiştir. Sentetik bir karotenoyit olan apo-ester (β -apo-8'karotenoik asit etil ester) ise endüstride kanatlı hayvanların yumurtasının renklendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Apo-esterin Japon balığı dışında (Yanar vd. 2008), başka bir balık türünde kullanıldığına rastlanmamıştır.

Karotenoyitlerin renklenme sağlamanın yanı sıra, bazı balık türlerinde yaşama oranını ve büyüme performansını artırdığı ileri sürülmüştür (Torrissen 1984a; Storebakken vd. 1987; Choubert ve Storebakken 1989; Boonyaratpalin ve Unprasert 1989; Goswami 1993; Liu vd. 2019). Bunun olası nedenleri; karotenoyitlerin A vitamini sentezinin öncüsü olması, A vitamini gibi iş görmesi (Schiedt vd. 1985; Guillou vd. 1992; Christiasen vd. 1994; White vd. 2003), güçlü bir antioksidan olması (Bjerkeng ve Johnsen 1995; Shimidzu vd. 1996; Nakano vd. 1999; Bell vd. 2000) ve bağışıklık sistemini güçlendirmesi (Nakano vd. 1995; Amar vd. 2004) ile ilişkilendirilmiştir. Ancak karotenoyitlerin balıkların büyüme ve yaşama oranı üzerindeki etkileri henüz tartışmalı olup, sarı prenses balığı özelindeki etkileri, bir çalışmanın dışında (Yeşilayer vd. 2020) bilinmemektedir.

Bu çalışmada, doğal bir karotenoyit kaynağı olan kadife çiçeğinin sarı prenses balığının renklenmesi üzerindeki etkileri, sentetik bir karotenoyit olan "apo-ester" ile karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir. Ayrıca bu karotenoyit kaynaklarının balığın büyüme performansı, yem değerlendirme ve yaşama oranı üzerindeki etkileri de belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Yerel akvaryumculardan sağlanan sarı prenses balıkları (*Labidochromis aeruleus*) 3 hafta karantinada tutulduktan sonra 2 hafta deney koşullarına uyumları sağlanmıştır. Bu süreçte balıklar bazal diyetle beslenmişlerdir. Balıklar 110 L hacmindeki akvaryumlara 15 adet stoklanmıştır. 3 diyet grubu hazırlanmış ve deneme 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme süresi 60 gün tutulmuş ve bu süre içinde balıklar serbest yemleme yöntemiyle 3 öğün beslenmişlerdir. Balıkların renk, boy ve ağırlık ölçümleri 20 gün aralıklarla yapılmıştır. Ölçümler esnasında balıklar 0,25 mL/L

2-fenoksietanol ile anestezi edilmiştir. Akvaryumlar merkezi bir hava motoruyla sürekli havalandırılmıştır. Akvaryumların suları günde %70-80 oranında değiştirilmiş, yem artıkları ve dışkıları sifonlanarak ortamdan uzaklaştırılmıştır. Suların amonyum ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) ve nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) içerikleri haftada bir defa spektrofotometrik (Spectroquant® NOVA 60 Merck) olarak, sertlik (CaCO_3) ise titrimetrik (APHA, 1998) olarak ölçülmüştür. Akvaryumlara 12 saat aydınlık 12 saat karanlık periyodu uygulanmıştır. Sıcaklık, oksijen (Oxyguard Handy Polaris) ve pH (Testo 206) ile her gün ölçülmüştür. Yetiştiricilik süresince su sıcaklığı 25-26 °C, pH 7,7-7,8; oksijen 6,5-7,5; amonyum <0,075; nitrit <0.042; nitrat <20 ve sertlik (CaCO_3 olarak) 285 mg/L olarak belirlenmiştir.

Balıklar için eşit protein ve eşit enerji içeriğine sahip 3 farklı diyet hazırlanmıştır:

- 1) Bazal diyet veya kontrol grubu (karotenoyit katkısı olmayan yem)
- 2) %4 kadife çiçeği içeren diyet (100 mg total karotenoyit/kg yem)
- 3) %1 Carophyll Yellow içeren diyet (100 mg sentetik apo-ester/kg yem).

Yem bileşenleri önce değirmende öğütüldü, sonra içine su ilave edilerek hamur kıvamına getirildi. %10 apo-ester (β -apo-8'karotenoik asit etil ester) içeren ve ticari ismi Carophyll Yellow (F. Hoffman La Roche & Co., Ltd., Basle, İsviçre) olan sentetik renklendirici, 60°C suda çözüldükten sonra yemin içine ilave edildi. Karanfil çiçeği ise fırında 50°C sıcaklıkta 2-3 gün kurutulup un haline getirildikten sonra yeme ilave edildi. Hamur haline getirilen deney yemleri karıştırılıp homojenize edildikten sonra 1,5 mm göz açıklığına sahip yem makinasından geçirilerek spagetti formuna getirildi ve 1,5 mm uzunluklarda kesilerek pelet formuna dönüştürüldü. Peletler daha sonra plastik poşetlere konarak kullanılabilecek kadar -20°C'de saklandı. Diyetlerin formülasyonu ve besin kompozisyonları Tablo 1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Kadife çiçeğinin total karotenoyit analizi spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Total karotenoyit analizinde Torrissen ve Nævdal (1984)'ın yöntemi takip edilmiş ve çözücü olarak aseton kullanılmıştır. Çözeltinin ekstinsiyon katsayısı (extinction coefficient, $E_{1\%, 1\text{cm}}$) 450 nm'de 2500 alınmıştır (Schiedt ve Liaaen-Jensen 1995). Kadife çiçeğinin total karotenoyit içeriği kuru maddede 2500 mg/kg olarak belirlenmiş ve diyetlere katılmasında bu miktar esas alınmıştır. Balıkların deri rengi, kolorimetrik yöntemle bir yansıtma spektroskopisi kullanılarak (HunterLab 2,3), L^* (+açıklık; -koyuluk), a^* (+kırmızılık; -yeşilik) ve b^* (+ sarılık; -mavilik) tristimulus değerleri baz alınıp, bunların renk parametrelerine dönüştürülmesi ile ölçülmüştür.

Diğer yandan, rengin yoğunluğu ve açıklığını/berraklığını ifade eden Chroma (Ch) ile kırmızı ve sarı renkler arasındaki ilişkiyi ifade eden H°_{ab} değeri, a^* ve b^* değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Ch, $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ denkleminde;

H°_{ab} $a^*>0$ olması durumunda; $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, $0<a$ olması durumunda ise $180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$ denkleminde hesaplanmıştır (Hunt, 1977). Renk ölçümlerinde balıkların kuyruk kaide kısmından baş bölgesine kadarki bölgede sırta yakın her iki yanal taraf kullanılmıştır.

Tablo 1. Diyetlerin formülasyonu ve kimyasal kompozisyonları
Table 1. Formulation and chemical composition of diets

Besin bileşenleri	Diyet grupları		
	Bazal diyet	%4 Kadife çiçeği	100 mg/kg Apo-ester
Balık unu	350	349	350
Soya unu	350	355	350
Mısır unu	224	180	223
Ay çiçeği yağı	20	20	20
Balık yağı	20	20	20
di-kalsiyum fosfat (DCP)	5	5	5
Limostane (kalker)	5	5	5
Kavilamicine ^{R,a}	2	2	2
Tuz	5	5	5
Metiyonin	2	2	2
Lisin	2	2	2
Vitamin+mineral premix ^b	15	15	15
Kadife çiçeği	0	40	0
CARPHYLL Yellov ^R %10	0	0	1
Total	1000	1000	1000
Kimyasal kompozisyon			
Kuru madde (%)	82,46	82,32	82,46
Ham protein (%)	42,02	42,04	42,02
Ham yağ (%)	9,10	9,06	9,10
Ham selüloz (%)	4,067	3,984	4,067
Gross enerji (kJ/g DW)	18,74	18,71	18,74
Total karotenoyit (mg/kg)	<1	100	100

^a: 10 g/kg avilamycin içerir.

^b: 16,000 IU retinol, 1500 IU vit D3, 50 IU α -tocoferol, 70 mg ascorbic acid, 10 mg thiamin, 15mg riboflavin, 10 mg pantotenoic acid, 5 mg pyridoxine, 0.02 mg B₁₂, 7 mg K, 100 mg niacin, 0,25 mg biotin, 2 mg folic acid, 100 mg inositol, 1mg choline, 30 mg Zn, 25 mg Mn, 25 mg Mg, 2 mg Fe, 0,7 mg I, 1 mg Cu ve 0.2 mg Co içerir.

Diyetlerin kimyasal bileşenleri hesaplama yoluyla elde edilmiştir.

Veriler tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile test edilmiş ve gruplar arasında fark var ise, bunlar Duncan çoklu karşılaştırma testinde %5 önem seviyesine göre değerlendirilmiştir. Söz konusu istatistiksel analizler SPSS paket programında (versiyon 20,0) yapılmıştır. Veriler ortalama±standart hata olarak ifade edilmiştir. Bu çalışma, bir yüksek lisans tez projesi olup, Çukurova Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 12.11.2020 tarihli 8 nolu toplantısında araştırma etiği

yönünden değerlendirilerek onaylanmış ve deneyler Avrupa konseyinin deneylerde veya diğer bilimsel amaçlarda kullanılan hayvanların korunmasına yönelik 86/609/EEC sayılı kararına göre gerçekleştirilmiştir.

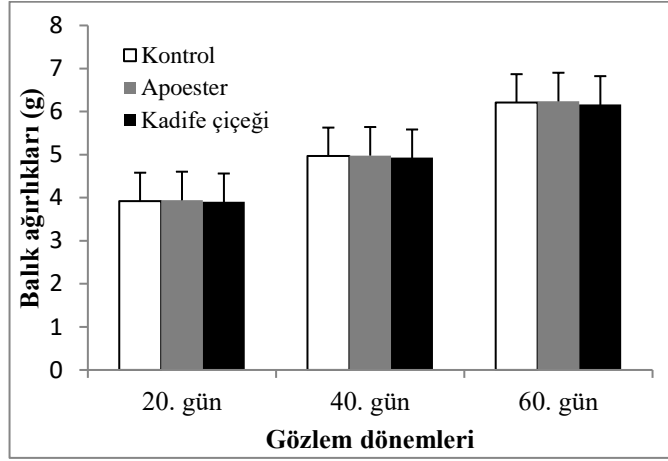
Bulgular

Yetiştiricilik Parametreleri

Balıklar, kadife çiçeği ve apo-ester katkılı diyetleri kontrol grubuyla benzer şekilde iştahla

tüketmişlerdir. Başlangıç ağırlığı 3,04 g olan diyet grupları 60 gün süren yetiştiricilik periyodu sonunda 6,17-6,24 g ağırlığa ulaşmışlardır (Şekil 1). Deneme sonunda balıkların canlı ağırlık kazancı %102-105,

spesifik büyüme oranı 1,15-1,16, yem çevrim oranı 1,53-1,55 ve yaşama oranı %98-99 arasında gerçekleşmiş olup, bu parametreler bakımından diyet grupları arasında önemli düzeyde bir fark çıkmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 2).



Şekil 1. Farklı diyetlerle beslenen sarı prenses balıklarının gözlem dönemlerindeki büyüme performansı

Fig 1. Growth performance of electric yellow cichlid fed different diets in observation periods

Tablo 2. Farklı diyetlerle beslenen sarı prenses balığının yetiştiricilik parametreleri

Table 2. Rearing parameters of electric yellow cichlid fed different diets

Yetiştiricilik parametreleri	Deneme grupları		
	Kontrol	%4 kadife çiçeği	100 mg/kg apo-ester
Başlangıç ağırlık (g)	3,04 ± 0,06	3,04 ± 0,06	3,04 ± 0,06
Son ağırlık (g)	6,21 ± 0,33	6,17 ± 0,30	6,24 ± 0,21
Canlı ağırlık kazancı (%)	104,05±11,64	102,80 ± 10,49	105,04 ± 10,09
Spesifik büyüme	1,15 ± 0,09	1,15 ± 0,09	1,16 ± 0,08
Yem çevrim oranı	1,53 ± 0,18	1,55 ± 0,20	1,53 ± 0,21
Yaşama oranı (%)	99,26 ± 0,74	99,26 ± 0,74	98,52 ± 0,74

Renklenme

Balıkların deneme başında 60,04 olan deri parlaklığı değeri (L), deneme sonunda gruplar arasında 55,94-58,02, deneme başında 3,41 olan kırmızı renk değeri (a) ise deneme sonunda gruplar arasında 3,14-3,15 arasında gerçekleşmiş olup, diyete ilave kadife çiçeği veya sentetik apo-esterin balıkların parlaklık ve kırmızı renk değeri üzerinde bir etkisi olmamıştır ($p>0,05$). Diğer yandan, deneme başında 26,13 olan sarı renk değeri (b), deneme sonunda kontrol grubunda 25,47 iken, kadife çiçeği ve apo-ester katkılı diyetlerle beslenen gruplarda sırasıyla 35,91 ve 37,67 olarak gerçekleşmiş olup, her iki karotenoyit katkılı diyet grubu, kontrol grubundan daha yoğun bir sarı renklenme göstermiştir ($p<0,05$). Ancak her iki

karotenoyit kaynağının sarı renklenme üzerindeki etkileri benzer bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 3). Diğer yandan, karotenoyit kaynaklarının balıkların H°_{ab} ve Ch değerleri üzerindeki etkileri, b^* değeri üzerindeki etkilerine benzer bir etki göstermiştir. Deneme başında 82,43 olan H°_{ab} değeri, deneme sonunda gruplar arasında 82,52-85,12 olarak gerçekleşmiş olup, apoesterdeki bu değer kontrol grubundan daha yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Deneme başında 26,37 olan Ch değeri, deneme sonunda gruplar arasında 25,79-37,82 olarak gerçekleşmiş olup, her iki karotenoyit katkılı diyet grubundaki bu değerler, kontrol grubundan daha yüksek çıkmıştır ($p<0,05$), Ancak her iki karotenoyit kaynağının Ch değerleri üzerindeki etkileri benzer bulunmuştur ($p>0,05$)

Tablo 3. Farklı diyetlerle beslenen sarı prenses balıklarının gözlem dönemlerinde deri renk değerleri
Table 3. Skin colour values of electric yellow cichlid fed different diets in observation periods

Deneme grupları	Balıkların gözlem dönemlerinde deri renk değerleri				
	L	a	b	H ^o _{ab}	Ch
0. gün					
Kontrol	60,04 ± 1,88	3,41 ± 0,30	26,13 ± 1,33	82,43±0,67	26,37±1,33
Kadife çiçeği	60,04 ± 1,88	3,41 ± 0,30	26,13 ± 1,33	82,43±0,67	26,37±1,33
Apoester	60,04 ± 1,88	3,41 ± 0,30	26,13 ± 1,33	82,43±0,67	26,37±1,33
20. gün					
Kontrol	60,11 ± 2,15	3,42 ± 0,33	26,37 ± 1,69 ^b	82,24±0,86	26,63±1,68 ^b
Kadife çiçeği	57,96 ± 2,03	3,39 ± 0,33	30,28 ± 1,80 ^{ab}	83,40±0,63	30,49±1,80 ^{ab}
Apoester	59,45 ± 2,09	3,38 ± 0,30	32,43 ± 1,85 ^a	83,41±0,94	32,66±1,81 ^a
40. gün					
Kontrol	58,14 ± 2,48	3,44 ± 0,35	25,81 ± 2,04 ^b	81,85±1,08 ^b	26,09±2,02 ^b
Kadife çiçeği	57,81 ± 2,13	3,35 ± 0,35	33,88 ± 2,34 ^a	83,82±0,80 ^{ab}	34,09±2,32 ^a
Apoester	57,63 ± 2,09	3,33 ± 0,31	36,52 ± 2,18 ^a	84,60±0,53 ^a	36,70±2,18 ^a
60. gün					
Kontrol	58,02 ± 2,67	3,35 ± 0,41	25,47 ± 2,30 ^b	82,52±1,05 ^b	25,79±2,26 ^b
Kadife çiçeği	56,57 ± 2,73	3,18 ± 0,41	35,91 ± 2,65 ^a	84,64±0,75 ^{ab}	36,09±2,65 ^a
Apo-ester	55,94 ± 2,91	3,14 ± 0,36	37,67 ± 2,23 ^a	85,12±0,54 ^a	37,82±2,23 ^a

Değerler ortalama ± standart hata olarak belirtilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak farklıdır (p<0,05).

Tartışma ve Sonuç

Çalışmada yeme kadife çiçeği veya apo-ester ilave edilmesi, sarı prenses balığının büyüme performansı, yem değerlendirme ve yaşama oranı üzerinde bir etkisi olmamıştır (p>0,05). Ancak bu konu tartışmalı olup, karotenoyitlerin balıkların yetiştiricilik parametreleri üzerindeki etkilerine yönelik farklı sonuçlar ileri sürülmüştür. Sentetik karotenoyitlerin Atlantik salmonu (Torrissen 1984; Christiansen vd. 1994; Christiansen ve Torrissen 1996), kırmızı tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Boonyaratpalin ve Unprasert 1989), sarı kedi balığı (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Liu ve ark. 2019), kuruma karidesi (*Penaeus japonicus*) (Chien ve Jeng 1992) ve hint sazanında (*Catla catla*) (Goswami 1993) büyüme ve yaşama oranını artırdığı ileri sürülmüştür. Buna karşın, sentetik karotenoyitlerin *Penaeus japonicus* (Negre-Sandargues vd. 1993) ve sarı levrekte (*Perce flavescens*) (Abd El-Gawad vd. 2019), daha yüksek bir yaşama oranı sağlamasına rağmen, büyüme performansı üzerinde bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Karotenoyitlerin balıkların yetiştiricilik parametreleri üzerindeki etkileri kadife çiçeği ve apo-ester özelinde tartışılırsa; çalışmamızdaki bulgular, literatürlerdeki sonuçlarla paralellik göstermektedir: Alma vd. (2013), Japon balığı diyetine, kadife çiçeği katkısının balığın yaşama oranı, büyüme performansı ve yem değerlendirmeye bir etkisinin olmadığını ileri sürmüştür. Jagadeesh vd. (2014) ise bir akvaryum

balığı olan *Etroplus maculatus* (Cichlidae) diyetinde kadife çiçeği katkısının balığın ağırlık kazancını olumlu etkilerken, diğer yetiştiricilik parametrelerini etkilemediğini belirtmiştir. Yine aynı araştırmacılar başka bir çalışmada (Jagadeesh vd. 2015), bir akvaryum balığı olan konkinus (*Pethia conchonius*) diyetine ilave edilen kadife çiçeğinin balıkların yaşama oranını olumlu etkilediği, ancak diğer yetiştiricilik parametreleri üzerinde bir etki yapmadığını rapor etmiştir. Yeşilayer vd. (2020) ise, çalışmamızda olduğu gibi, sarı prenses yavrusu diyetlerine kadife çiçeği ekstratı katkısının balığın yetiştiricilik parametreleri üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Diğer yandan, sentetik apo-ester, Japon balığı diyetinde kullanıldığında, çalışmamızdaki, sonuçlara benzer şekilde, yetiştiricilik parametreleri üzerinde bir etki göstermemiştir (Yanar vd. 2008).

Yeme katılan kadife çiçeği ve sentetik apo-ester, sarı prenses balığının derisindeki renk parametreleri (L*,a*,b*, Ch ve H^o_{ab}) üzerinde benzer etkiler göstermiş olup, her iki karotenoyit kaynağı da kontrol grubuyla karşılaştırılırsa, balığın karakteristik sarı renk yoğunluğunu önemli düzeyde artırmış, ancak bu kaynakların kırmızı renk ve parlaklık üzerinde bir etkisi olmamıştır. Çalışmamıza benzer bir araştırmanın kurgulandığı kanatlılarda, sentetik apo-esterin yumurta sarısının renklendirilmesinde kadife çiçeğine göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Santos-Bocanegra vd. 2004). Bu farklılığın nedeni

apo-esterin stabilizasyonunun daha yüksek olmasına bağlanmıştır (Pasarin ve Rovinaru 2018). Japon balığı üzerinde yapılan benzer bir çalışmada ise, apo-esterin doğal karotenoyit kaynağı olarak kullanılan yoncaya göre daha iyi bir renklenme sağladığı bildirilmiştir (Yanar vd. 2008). Ancak, çalışmamızda apo-ester, kadife çiçeğine karşı sayısal olarak daha yüksek bir renklenme sağlasa da, istatistiksel açıdan bu fark önemsiz bulunmuştur. Kadife çiçeği çalışmamızdaki balık türünden farklı olarak, tilapia (Boonyaratpalin ve Unprasert (1989), Japon balığı (Şeker 2004; Alma vd. 2013), yeşil kaplan karidesi (Göçer vd. 2006), gökkuşağı alabalığı (Büyükçapar vd. 2007), *Barilius bendelisis* (Jha vd. 2012), *Etioplus maculatus* (Jagadeesh vd. 2014) ve *Pethia conchoniis* (Jagadeesh vd. 2015) diyetlerinde de kullanılmış ve etkili bir pigmentasyon sağlanmıştır. Diğer yandan, sarı prenses balığının diyetinde alg türlerinden *Sargassum baveanum*, *Gracilaria persica* ve *Entromorpha intestinalis* (Pezeshk vd. 2019), hayvansal canlı yemlerden *Chironomus* sp., *Culex* sp. *Artemia* sp. (Maleknejad vd. 2014) ve kırmızı biber (Yılmaz ve Ergün 2011) kullanılarak istenen düzeyde pigmentasyon sağlanmış olup, Lab değerleri sırasıyla 59,25-73,72; -4,41-9,55 ve 29,12-60,92 aralığında bulunmuştur. Çalışmamızda 60 günlük deneme sonunda kadife çiçeğinin balık derisinde tespit edilen L*, a*, b*, Ch ve H^o_{ab} değerleri (sırasıyla 56,57; 3,18; 35,91; 84,64 ve 36,09), Yeşilayer vd. (2020)'nin 0,5 gr ağırlığındaki yavru sarı prenseslerde aynı sürede ve aynı karotenoyit kaynağının kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçlara (sırasıyla 57,19; -2,91; 23,75; 23,97 ve 96,93) nispeten yakın bulunmuştur.

Tablo 3'de kadife çiçeği ve apo ester katkılı diyetlerle beslenen balıklarda sarı renklenmenin 20. ve 40. gözlem dönemlerinde kontrol grubuna göre yoğun bir artış gösterdiği, ancak 60. gözlem döneminde bu artış hızının göreceli olarak azaldığı dikkat çekicidir. Bu trend, özellikle apo-ester ile beslenen grupta daha belirgindir. Bunun nedeninin, karotenoyitlerin dokularda yapacağı birikimin sınırlı olduğu, belli bir miktardan sonra doyum noktasına ulaştığı ve bundan sonra dışardan bir karotenoyit girişi olsa da, dokularda artık daha fazla birikmeyeceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla balıklarda renklenmenin sağlanması için araştırmalar sonucunda oluşturulan protokollerde önerilen optimal karotenoyit miktarı ve uygulama süresinin aşılması, daha fazla bir renklenme sağlamayacak, aksine yem maliyet artışına neden olacaktır. Dolayısıyla sarı prenses balıklarının karakteristik sarı renklenmesinin sağlanması için 100 mg/kg apo-ester veya %4 kadife içeren diyetlerle 60 gün beslenmeleri yeterli gözükmektedir. Karotenoyit kaynağının maliyeti ve sentetik ürünlere

duyulan kaygılar söz konusu olduğu durumlarda ise, kadife çiçeği, sentetik apo-estere alternatif bir doğal karotenoyit kaynağı olarak başarıyla kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışmaya FYL-2021-13450'nolu projeye finansal destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abd El-Gawad EA, Wang HP, Yao H. 2019. Diet supplemented with synthetic carotenoids: Effects on growth performance and biochemical and immunological parameters of yellow perch (*Perca flavescens*). *Front Physiol.* 10: 1-13.
doi: 10.3389/fphys.2019.01056
- Alma A, del Villar-Martinez, J, Orbe-Rogel EC, Vanegas-Espinoza P, Quintero-Gutierrez AG, Lara-Flores M. 2013. The effect of marigold (*Tagetes erecta*) as natural carotenoid source for the pigmentation of goldfish (*Carassius auratus* L.). *Res J Fish Hydrobiol.* 8(2), 31-37.
- Amar EC, Kirona V, Satoha S, Watanabea T. 2004. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. *Fish Shellfish Immunol.* 16, 527-537.
doi: 10.1016/j.fsi.2003.09.004
- Bell JG, McEvoy J, Tocher DR, Sargent JR. 2000. Depletion of α -tocopherol and astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects autoxidative defense and fatty acid metabolism. *J Nutr.* 130 (7), 1800-1808.
doi: 10.1093/jn/130.7.1800.
- Bjerkeng B, Johnsen G. 1995. Frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as affected by oxygen, illumination, and fillet pigment. *J Food Sci.* 60 (2), 284-288.
doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb05656.x
- Boonyaratpalin M, Unprasert N. 1989. Effects of pigment from different sources on colour and growth of red *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture*, 79 (1-4), 375-380.
doi: 10.1016/0044-8486(89)90479-1
- Büyükçapar HM, Yanar M., Yanar Y. 2007. Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with Carotenoids from Marigold Flower (*Tagetes erecta*) and Red Pepper (*Capsicum annum*). *Turk J Vet Anim Sci.* 31(1), 7-12.
- Chien YH, Jeng SC. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus*, Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture.* 102: 333-346.
doi: 10.1016/0044-8486(92)90186-O
- Christiansen R, Lee Ø, Torrissen OJ. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquac Res.* 25 (9), 903-914.
doi: 10.1111/j.1365-2109.1994.tb01352.x
- Christiansen R, Torrissen OJ. 1996. Growth and survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. fed different

- dietary levels of astaxanthin. Juveniles. *Aquacult Nutr.* 2 (1), 55-62.
doi: 10.1111/j.1365-2095.1996.tb00008.x
- Choubert G, Storebakken T. 1989. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoid concentration. *Aquaculture.* 81 (1), 69-77.
doi: 10.1016/0044-8486(89)90231-7
- Goodwin, TW. 1984. *The Biochemistry of Carotenoids* (2nd ed.), Chapman & Hall, London, s. 64-96.
- Goswami UC. 1993. Metabolism of carotenoids in freshwater fish: (i) Biogenesis of 3-4 dehydroretinol (ii) supplementation of carotenoids with fish food for better survival and growth. 10th International Symposium of Carotenoids, Trondheim.
- Guillou A, Choubert G, De La Noüe J. 1992. Absorption and blood clearance of labelled carotenoids ($[^{14}\text{C}]$ astaxanthin, $[^3\text{H}]$ cantaxanthin) and $[^3\text{H}]$ zeaxanthin) in mature female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp Biochem Physiol. A: physiology.* 103 (2), 301-306.
doi: 10.1016/0300-9629(92)90584-D
- Göçer M, Yanar M, Kumlu M, Yanar Y. 2006. The effects of red pepper, marigold flower, and synthetic astaxanthin on pigmentation, growth, and proximate composition of *Penaeus semisulcatus*. *Turk J Vet Anim Sci.* 30, 359-365.
- Hata M, Hata M. 1973. Studies on astaxanthin formation in some fresh-water fishes, *Tohoku j Agric Res.* 24(4), 192-196.
- Hunt, R. W. 1977. The specification of colour appearance. I. Concepts and terms. *Color Research & Application,* 2(2), 55-68.
doi: 10.1002/col.5080020202
- Jagadeesh TD, Murthy HS, Swain SH, Chethan N, Manjunatha AR, Baglodi V. 2014. Effect of marigold oleoresin on growth, survival and pigmentation in orange chromide, *Etropolis maculatus* (Bloch, 1795). *Fish Technol.* 51, 25-30.
- Jagadeesh TD, Murthy HS, Surendranath SV, Panikkar P, Manjappa N, Mahesh V. 2015. Effects of supplementation of marigold (*Tagetes erecta*) oleoresin on growth, survival and pigmentation of rosy barb, *Puntius conchoniensis* (Hamilton). *The bioscan,* 10 (3), 1431-1435.
- Jha G.N, Sarma D, Qureshi TA. 2012. Effect of spirulina (*Spirulina platensis*) and marigold (*Tagetes erecta*) fortified diets on growth, body composition and total carotenoid content of *Barilius bendelisis*. *Indian J Anim Sci.* 82 (3), 336-340.
- Liu F, Qu YK, Wang AM, Yu YB, Yang WP, Lv F, Nie Q. 2019. Effects of carotenoids on the growth performance, biochemical parameters, immune responses and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) under high-temperature stress, *Aquaculture.* 503, 293-303.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.01.008
- Maleknejad R, Sudagar M, Mazandarani M, Hosseini SA. 2014. Effect of different live foods source (Culex larvae, Chironomus larvae and artemia) on pigmentation of electric yellow fish (*Labidochromis caeruleus*), *Int J Adv Biol Biom Res,* 2 (4), 1287-1295.
- Nakano T, Tosa M, Takeuchi M, 1995. Improvement of biochemical features in fish health by red yeast and synthetic astaxanthin. *J.Agric. Food Chem.* 43, 1570-1573.
- Nakano T, Kanmuri T, Sato M, Takeuchi M, 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. *Biochim Biophys Acta.* 1426 (1), 119-125.
doi: 10.1016/S0304-4165(98)00145-7
- Negre-Sandargues G, Castillo R, Petit H, Sancé S, Martines RG, Milicua, JCG, Choubert G, Trilles, JP. 1993. Utilization of synthetic carotenoids by the prawn *Penaeus japonicus* under laboratory conditions. *Aquaculture.* 110 (2), 151-159.
doi: 10.1016/0044-8486(93)90269-5
- Pasarin D, Rovinaru C. 2018. Sources of carotenoids and their uses as animal feed additives - a review. *Anim Sci.* 61(2), 74-85.
- Pezeshk F, Babaei S, Kenari AA, Hedayati M, Naseri M. 2019. The effect of supplementing diets with extracts derived from three different species of macroalgae on growth, thermal stress resistance, antioxidant enzyme activities and skin colour of electric yellow cichlid (*Labidochromis caeruleus*). *Aquacult Nutr.* 25 (2), 436-443.
doi: 10.1111/anu.12869
- Piccaglia R, Marotti M, Grandi S. 1998. Lutein and lutein ester content in different types of *Tagetes patula* and *T. erecta*. *Ind Crops Prod.* 8 (1), 45-51.
- Santos-Bocanegra E, Ospina-Osorio X, Oviedo-Rondon EO. 2004. Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (marigold flower) and *Capsicum* sp. (red pepper paprika) as a pigment for egg yolks compare with synthetic pigments. *Int J Poult Sci.* 3(11), 685-689.
- Schiedt K, Leuenberger FJ, Vecchi M, Glinz, E. 1985. Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure Appl. Chem.* 57, 685-692.
- Schiedt K, Liaaen-Jensen S. 1995. Isolation and analysis. G.Britton, S. Liaaen-Jensen, H. Pfander (Eds.), *Carotenoids*, vol. 1A, Basel, Switzerland, 81 s.
- Shimidzu N, Goto M, Miki W. 1996. Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organisms. *Fish Sci.* 62, 134-137.
doi: 10.2331/fishsci.62.134
- Sivel M, Kracmar S, Fisera M, Klejdus B, Kuban V. 2014. Lutein content in marigold flower (*Tagetes erecta* L.) concentrates used for production of food supplements. *Czech J Food Sci.* 32 (6), 521-525.
- Storebakken T, Foss P, Schiedt K, Austreng E, Liaaen-Jensen S, Manz U. 1987. Carotenoids in diet for salmonids: IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin. *Aquaculture.* 65 (3-4), 279-292.
doi:10.1016/0044-8486(87)90241-9
- Şeker A. 2004. Kadife çiçeğinin (*Tagetes erecta*) japon balığının (*Carassius auratus*) Pigmentasyonu ve

- büyümesi üzerine etkisi [Yüksek lisans tezi]. Çukurova Üniversitesi. 40 s.
- Torrissen OJ. 1984a. Pigmentation of salmonids: Effects of carotenoids in eggs and start-feeding diet on survival and growth rate. *Aquaculture*. 43, 185-193.
[doi: 10.1016/0044-8486\(84\)90021-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90021-8)
- Torrissen OJ, Naevdal G. 1984. Pigmentation of salmonids-genetical variation in carotenoid deposition in rainbow trout. *Aquaculture*. 38, 59-66.
[doi: 10.1016/0044-8486\(84\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90137-6)
- Torrissen OJ, Hardy RW, Shearer KD. 1989. Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. *Rev Aqua Sci*. 1, 209-225.
- White DA, Moody AJ, Serwata RD, Bowen J, Soutar C, Young AJ, Davies SJ. 2003. The degree of carotenoid esterification influences the absorption of astaxanthin in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult Nutr*. 9 (4), 247-251.
[doi: 10.1046/j.1365-2095.2003.00250.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2003.00250.x)
- Yanar M, Erçen Z, Hunt-Özlüer A, Büyükçapar HM. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*, *Aquaculture*. 284 (1-4), 196-200.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.050](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.050)
- Yeşilayer N, Mutlu G, Yıldırım A. 2020. Effect of nettle (*Urtica* spp.), marigold (*Tagetes erecta*), alfalfa (*Medicago sativa*) extracts and synthetic xanthophyll (zeaxanthin) carotenoid supplementations into diets on skin pigmentation and growth parameters of electric yellow cichlid (*Labidochromis caeruleus*). *Aquaculture*. 520, 734964.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.734964](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734964)
- Yılmaz S, Ergün S. 2011. Effect of red pepper (*Capsicum annuum*) on pigmentation of Blue streak hap (*Labidochromis caeruleus*). *Isr J Aquac Bamidgeh*. 63, 633, 6.