

Damızlık Balıkların Performans ve Yumurta Kaliteleri Üzerine Karotenoid İçeren Yemlerin Etkisi

Nihat YEŞİLAYER¹, Zafer KARSLI², Gaye DOĞAN², Orhan ARAL²

¹Gazi Osmanpaşa Üniversitesi, Almus Meslek Yüksekokulu, Tokat.

²Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 57000 Aklıman, Sinop.

nihatyesilayer@gmail.com

ÖZET

Damızlık yem formülasyonu hazırlanması balık yetiştiricilerinin ve yem fabrikalarının en temel görevlerinden birisidir. Yetiştiriciliği yapılan balık türleri için yem yapım teknolojisi, yem karışımına giren maddeler ve yem/yemleme araştırmaları çok önemlidir. Damızlıkların yumurta üretimini etkileyen yem içeriğindeki maddelere özellikle yağ asidi, vitamin, probiyotik, antioksidant ve karotenoidler üzerine araştırmacılar ağırlık vermektedir. Doğadaki alabalıkların kas, deri ve yumurtalarındaki kırmızı-portakal rengi karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Karotenoidler genelde pazara sunulmadan önceki belli bir periyotta balık yemlerine belirli konsantrasyonlarda katılan yemlerle besleme yaparak balıkların pigmentasyonu için kullanılmaktadır. Karotenoidlerin yumurta rengine göre yumurtanın kalitesini ve yumurta sayısını pozitif yönde etkilediğini ve karotenoid konsantrasyonu ile yumurtadan çıkış yüzdesi arasında pozitif korelasyon olduğunu belirten birçok hipotezin var olduğu bilinmektedir. Bu nedenle derlemede, karotenoid içeren yemlerin damızlıkların yumurta üretimi ve kalitesi üzerine ilişkisi incelenerek açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karotenoid, damızlık, yumurta üretimi, yumurta kalitesi

Effects Of Dietary Carotenoids On Broodstock Performance and Egg Quality; A Review

ABSTRACT

Broodstock diet formulations are essential duty for fish farmers and commercial diet manufacturer. The investigations on feed ingredients and feed development are important for aquaculture species. Many researchers aim on diet ingredients especially fatty acids, vitamins, probiotics, antioxidant and carotenoids on egg production of salmon broodstocks. The red-orange colour muscle, skin and eggs of wild salmonids are related to carotenoids. Generally, The carotenoids are utilized as supplementation diets for pigmentation of trout before markets. There are several hypotheses proposing that carotenoids positively affect the quality and the number of egg reproduced and a positive correlation between carotenoid concentration and hatching percentage The present review discusses these studies and focuses on the more recent work on egg production and quality with the aim of understanding the specific dietary carotenoids of broodstocks.

Key Words: Carotenoids, broodstock, egg production, egg quality

GİRİŞ

Karotenoid, hayvanlar ve bitkiler âleminde doğal olarak meydana gelen pigmentlerin en yaygın gruplarından birinin genel ismidir. Bugüne kadar; sarıdan kırmızıya değişen renklerde, doğada 700'ün üzerinde karotenoid tanımlanmıştır. Karotenoidlerin çoğu çift halkalı, 40 karbon atomu içeren doymamış hidrokarbonlardır. Karotenoidlerin oksijen içerenleri ksantofiller olarak adlandırılırken, tamamen karbon ve hidrojenden oluşanlar ise karotenler olarak adlandırılır (Anderson, 2000). Alabalıkların etlerindeki pembe renk, yumurtalarındaki kırmızı renk karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Diğer balık türlerinde olduğu gibi, alabalıklar da astaksantin ve diğer karotenoidleri kendileri sentezleyemezler fakat bu bileşikleri yemlerden absorbe ederek gonadlarda dahil olmak üzere vücutlarının çeşitli dokularında depolamaktadırlar. Yetiştiriciliği yapılan Alabalık türlerinin kas ve yumurtalarında yemlerine ilave edilen karotenoidlerin türüne göre ya astaksantin yada kantaksantin bulunmaktadır (Torrissen, 1984; Torrissen ve ark., 1989). Maturasyon süresince, karotenoidler kaslardan taşınarak gelişen ovaryumlara katılmaktadır (Kitahara, 1983).

Bu kaynaklardan balık yemlerine en çok ilave edilen karotenoidler sentetik olarak elde edilen astaksantin ve kantaksantindir. Günümüzde alabalık pigmentasyonu için sentetik kaynaklara alternatif kaynaklar bulunmuş olup bunlar; kırmızı maya (*Phaffia rhodozyma*), alglerden *Haematococcus pluvialis*, mikro alglerden *Chlorella vulgaris*, bunların haricinde bitkisel kaynaklardan kırmızıbiber (*Oleoresin paprica*) unu ve oleoresin paprikadır. Bu karotenoid kaynaklar üzerinde yapılan çalışmalarda balıkların üreme kabiliyetini ve yumurta kalitesini artırıcı sonuçlar elde edilmiş fakat bunun tersi yönünde sonuçlar elde edilen araştırma sonuçları da bulunmuştur (Deufel, 1965; Christiansen ve Torrissen 1997; Choubert ve ark., 1998; Sawanboonchun ve ark., 2008).

Bu derleme, damızlık yemlerine ilave edilen sentetik ve doğal karotenoidler ile yumurta üretim ve kalitesi arasındaki ilişkiyi, balık türlerinde yapılan araştırmalar dikkate alarak aydınlatmak amacıyla yapılmıştır

Hücrelerdeki Renklenmeyi Sağlayan Pigmentler

Hücrelerdeki renklenmeyi sağlayan pigmentler 4 ana grup halinde sınıflandırılabilir. Bunlar;

1-Melanin : Balıklarda siyah renklenmeyi sağlayan pigment çeşitidir.

2-Pteridin : Suda çözünen bileşiklerdir. Karotenoidler gibi parlak renk verirler. Karotenoidlerle karşılaştırıldığında renklenmede küçük bir rol oynarlar.

3-Purine : Guanin en çok bilinen çeşitidir. Guanin, çoğu balık türünün derisinde gümüşü renkli karın kısmında çok fazla miktarda bulunur.

4- Karotenoid : Sarı ve kırmızı renkleri veren ve yağda çözünen renk maddesidir.

Bu temel bileşikler protein gibi diğer bileşiklerle kombine olabilirler ve mavi, menekşe ve yeşil renkleri üretmek için balıklarda dağılım gösterirler. Karotenoid, etteki dominant pigment maddesidir. İstakoz ve karideste, astaksantin, karotenoprotein üretmek için bir protein ile bağlanır. Bu karotenoprotein krustaselerde mavi bir renk oluşturur. Karotenoprotein molekülü sıcaklıkta bağlanır ve astaksantin karakteristlik özelliği sonucu, pişirilmiş istakoz ve karides kırmızı renk alır (Anderson, 2000).

Karotenoidler, pazara sunulan ürünlerin, renk bakımından doğal yetişenler ile benzerlik sağlaması amacıyla yetiştiriciliği yapılan türlerin yemlerine katılırlar (Anderson, 2000).

Çeşitli araştırmacılar tarafından renk verici karotenoidler kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmıştır. Braunlich ve Hoffman (1974) renk verici karotenoidleri 5 gruba ayırmıştır.

1.Hidroksi-karotenoidler: Lutein, zeaksantin, kriptosantin

2.Keto-karotenoidler: Astaksantin, kantaksantin ve ekinekon

3.Alkoloid-karotenoidler: Kapsantin, kapsorubin ve kırmızıbiber

4.Polioksi-karotenoidler: Viyolaksantin ve neoksantin

5. β- karotenin parçalanma üniteleri: β-apo-8 karotenol, β-apo-8 – karotenolik asit etil ester.

Karotenoidlerin Fonksiyonları

*Yetiştiriciliği yapılan balıkların etlerinde tutunma sağlayarak doğadaki balıklarla aynı görünümü kazanırlar ve pazarlamada yetiştiricilere kolaylık sağlarlar (Torrissen ve ark., 1989).

*Üreme dönemindeki erkek balıkların derisine çekici bir görünüm verirler.

*Çevresel etkilere karşı koruyucudurlar. Zararlı ışığa, yüksek sıcaklığa, düşük oksijen ve amonyak gerilimine karşı etkilidirler.

*Antioksidant etkilere sahiptirler.

*Strese karşı koruma sağlarlar.

*Vitamin A yetmezliği olan yemlerde, provitamin A olarak yetmezliği tolere ederler. Provitamin A1 ve A2 balık vücudunda vitamin A'ya çevrilir.

*İmmün(bağışıklık)sistemin gelişimini desteklerler (Izquierdo ve ark., 2001; Watanabe ve Vassallo- Agius, 2003;Diler ve Dilek,2002).

*Üreme dönemine doğru balık etinden üreme organları ve yumurtalara taşınırlar. Büyüyen balıkların deri ve etlerinde birikerek seksüel cazibe yaratırlar dolayısıyla üremede rol oynarlar (Torrissen ve ark., 1989).

Karotenoidlerin yumurta üretimi ve kalite performanslarına etkileri

Gonadal gelişim ve verimlilik bazı esansiyel besin maddeleri tarafından etkilenir. Son 20 yılda damızlık yemlerindeki ilerlemeye paralel olarak farklı yem maddelerinin optimum düzeyde yeme katılma oranları bakımından kendini göstermektedir. Birçok balık türünde verimliliği, döllemeyi ve yumurta kalitesini çoklu doymamış yağ asitleri (HUFA), vitamin E, Vitamin C ve karotenoidlerin artırdığı bilinmektedir. Bunların haricinde yeme ilave edilen mürekkep balığı, kalamar ve krill gibi farklı yem hammaddeleri damızlık yemlerinin kalitesini artıran maddeler olarak kabul görmektedir (Izquierdo ve ark., 2001).

Balık yumurtası içindeki karotenoidin ultraviyole ışınlarla ve serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruması, provitamin A etkisi, solunumu güçlendirmesi gibi birçok fonksiyona sahip olduğu bildirilmektedir (Craik, 1985; Mikulin, 2000). Bu bulgular normal embriyonik gelişimin sağlanması için

önemli olduğu gibi yumurta çıkış oranını ve larvaların yaşama yüzdesini etkilemesi açısından da önemlidir (Torrissen, 1984; Craik, 1985).

Damızlık balık yemlerine katılan karotenoidlerin kırmızı mercan ve sarı kuyruk balıklarında yumurta kalitesini artırdığı ve alabalık yumurtalarının yaşama yüzdesi kadar döllenme oranı ve yumurta pigmentasyonu arasında da pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür (Harris, 1984; Craik, 1985; Watanabe ve Miki, 1993; Verakunpiriya ve ark., 1997).

Damızlık balıkların yemlerindeki karotenoid içeriğinin, balık embriyo ve larvalarının normal gelişimi için çok önemli olduğu birçok kaynak tarafından belirtilmesine rağmen, alabalık yumurtasının karotenoid içeriği ve yumurta kalitesi arasındaki ilişkinin varlığı hakkında bir çok karışık görüş mevcut olup tam açıklığa kavuşmamıştır (Izquierdo ve ark., 2001). Bazı araştırmacılar, alabalık yumurtalarının yaşama ve döllenme oranlarının yumurtaların pigment içeriği ile pozitif yönde bir ilişkisi olduğu yönünde görüş bildirirken (Harris, 1984), farklı araştırmacılar da bu görüşün tersi yönünde fikir belirtmişlerdir (Torrissen ve Christiansen, 1995). Kırmızı mercan damızlıklarının yemlerine ilave edilen astaksantin, yumurtadan çıkışta, keseli dönemde ve serbest yüzmeye geçmiş larvalarda yaşama oranını ve aynı zamanda yumurta sayısını da artırmaktadır (Watanabe ve Kiron, 1995). Hartmann ve arkadaşları (1947), astaksantin spermayı teşvik etme ve hareketlenme sağlaması nedeniyle, döllenme oranını artırdığı ve bir dölleme hormonu gibi görev yaptığını belirtmişlerdir. Deufel (1965) ilk defa karotenoidlerin Gökkuşluğu alabalıklarında oocyte maturasyonunu artırdığını iddia etmiştir. Aynı zamanda karotenoidlerin döllenme oranı üzerine pozitif bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Craik, 1985). Yemlere ilave edilen astaksantin ve kantaksantin larvaların yem alma dönemlerinin başlangıcında büyüme oranlarını pozitif yönde artırmıştır (Torrissen, 1984).

Astaksantin bileşenlerinin, embriyonik gelişim sürecinde metabolik olaylarda önemli rol oynadığını ve yumurta kalitesi üzerine olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Mikulin ve Soin, 1975).

Sarı kuyruk (*Seriola quinqueradiata*) damızlıkları için yarı nemli pelet yemlere farklı bir karotenoid kaynağı olarak kırmızı biber unu (paprika) (%2) ilavesi yaptıklarında, dölllenme oranı, kuluçkadan çıkış randımanı ve çıkıştan sonraki günlerde yaşama oranının astaksantin ilave edilen gruba ve kontrol grubuna göre oldukça yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu araştırma sonucunda, yarı nemli pelet yemlere ilave edilen kırmızı biber ununun Sarı kuyruk balığında yumurta kalitesini iyi yönde etkilediği belirlenmiştir (Vassallo- Agius ve arkadaşları, 2001a)

Deniz balığı türlerinde buna kırmızı mercan ve sarı kuyruk balıkları da dahil olmak üzere damızlıkların yemine ilave edilen sentetik astaksantin yada krill yağı ilavesi, yumurta kalite parametrelerini açık bir şekilde artırdığı görülmüştür (Watanabe ve ark., 1991; Watanabe ve Miki, 1993). Spesifik besleyici maddelerin damızlık yemlerine katılması, (özellikle spesifik yağ asitleri ve yağda çözünen karotenoidlerinde dahil olduğu mikronutrientlerin) levrek, kırmızı mercan, sarı kuyruk ve kalkan balıklarında gelişmekte olan yumurtadaki bu nutrientlerin miktarında artışa yol açması sebebiyle, yumurta kalitesi üzerine etkisi anlaşılmıştır (Ashton ve ark., 1993; Verakunpiriya ve ark., 1997; Czesny ve Dabrowski, 1998; Gallagher ve ark., 1998).

Karotenoidler hayvanlarda birçok biyolojik fonksiyona sahiptir. Karotenoidlerin oksijen giderme aktiviteleri, fonksiyonel gruplara ve konjuge çift bağların uzunluğuna bağlıdır. Süper oksit anyon, hidrojen peroksit ve singled oksijen gibi aktif oksijen türleri enzim inaktivasyonu, DNA-sarmalının bozulması ve membran lipid peroksidasyonuna sebep olabilir. Sonuç olarak, karotenoidler bu serbest radikalleri zararsız hale getirmesinden dolayı önemlidir. Serbest radikaller yumurta membranının yapısını bozmaktadırlar. Vit. E, Vit. C ve karotenoidler aktif oksijen türlerine karşı güçlü giderici ve serbest radikallerin aktivesine karşı koruyucu özelliğe sahiptir (Izquierdo ve ark., 2001). Matsufuji ve arkadaşları (1998) biberin ana karotenoidlerinden olan kapsorbin ve kapsantin radikal giderme aktivitesinin, keto karotenoidler kadar iyi olmasının sebebinin, çoklu çift bağ zincirinden dolayı olduğunu

belirtmişlerdir. Kırmızı biber unu ilaveli yarı nemli peletlerle beslenen balıkların daha iyi yumurtlama performansı göstermesinin nedeni, kapsantin ve kapsorbinin astaksantine göre daha iyi radikal giderme aktivitesine sahip olmasıdır.

Pseudocaranx dentex (striped jack) balıkları pelet yemlerle beslendiklerinde balık atıkları ile beslenlere göre verimlilik oldukça düşük bulunmuş fakat pelet yemlere 10 mg kg⁻¹ astaksantin ilavesi yapıldığında, verimliliğin önemli derecede arttığı gözlenmiştir (Watanabe ve ark., 1998; Vassallo-Agius ve ark., 2001b).

Yumurtlamadan önceki 2 aylık dönemde astaksantin (73.4 mg kg⁻¹) ilave edilen yemlerle beslenen Atlantik Mezgit balığı (*Gadus morhua*) damızlıkları kontrol grubuyla (astaksantin ilavesiz) karşılaştırıldığında, dişi balıkların kilogram başına ortalama yumurta sayısının daha yüksek olduğu ve dişi balık ağırlığına denk gelen yüzen yumurta ve döllenmiş yumurta sayısında da önemli derecede arttığı görülmüştür. Yumurtadaki astaksantin içeriği ve dölllenme oranı arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur. Astaksantinli grupta yumurta sayısında % 20, yüzen yumurta sayısında %37 ve döllenmiş yumurta sayısında %47 gibi bir artış kilogram dişi balık ağırlığına göre tespit edilmiştir. Bu sonuçlar açık olarak mezgit damızlıklarının yemlerine ilave edilen astaksantin yumurta kalitesi ve larva üretimini geliştirmesi açısından önemini göstermektedir (Sawanboonchun ve ark., 2008).

Balıklarda yapılan çalışmalara ilaveten, krustesa ve ekinoderm kültüründe de damızlık yemlerine karotenoid ilavesinin benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Yüksek doymamış yağ asidi ve 50 mg kg⁻¹ astaksantin ilavesinin *Penaeus monodon* damızlıklarının toplam yumurta üretimini arttırdığı görülmüştür (Huang ve ark., 2008). Benzer bir çalışmada ise, damızlık yemlerine karotenoid katılmayan *Penaeus vannamei* larvalarının yem alımında azalma, deformasyonda artış ve yaşama oranında azalma görülürken karotenoid ilaveli grupta tam tersi durum tespit edilmiştir. (Wyban ve ark., 1997).

Karotenoidler hakkında olumlu araştırmalar yanında olumsuz görüş belirten araştırmalarda mevcuttur. Christiansen ve

Torrissen (1997) Atlantik salmonu yemlerine astaksantin (100 mg kg^{-1}) katılması sonucu, yumurtalardaki astaksantin konsantrasyonu ile dölleme oranı arasında bir ilişki bahsedilemeyeceği ve aynı zamanda döllemeden çıkışa kadar ki dönemde yaşama oranlarıyla yumurtanın karotenoid konsantrasyonu arasında da bir bağlantı olmadığı sonucuna varmışlardır. Choubert ve arkadaşları da (1998) Gökkuşığı alabalıklarında astaksantin ve kantaksantin ilavesinin yumurtlamadan önceki 3 ve 6 şar aylık periyotta balıklara verildiğinde keto-karotenoidlerin sağım zamanına, sağılan diş sayısına, kilogram başına düşen yumurta sayısının kontrol grubuna göre istatistikî açıdan farklılık yaratmadığı sonucuna varmışlardır. Atlantik salmonunun yumurta ve alevlerinin karanlık ortamdaki yaşama oranları üzerine karotenoid düzeylerinin hiçbir etkisinin olmadığı, yumurtalardaki karotenoid miktarının artışı ile ışığa olan hassasiyetin arttığını bildirmişlerdir. Yemlere ilave edilen astaksantin ve kantaksantin yem alma döneminin başlamasıyla büyüme oranını arttırdığı belirlenmiştir.

Damızlık Balıklarda Karotenoid Uygulama Süre ve Miktarları

Su ürünleri türlerine uygulanan karotenoid kaynaklar, karotenoid içeriği ve miktarları Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Su ürünlerinde karotenoid uygulamaları daha çok balık eti ve deri rengi için uygulanmaktadır. Uygulanan türler, deniz balıkları için; Salmonlar, Gökkuşığı alabalığı, Kırmızı mercan, Çipura, Sarı kuyruk, *Pseudocaranx dentex* (Stripped jack) ve mezgit, Tatlı su balıkları için, Sazan, Ciklit, Tilapiya ve Japon balıkları ve Krustesalar için, Karides ve istakozlardır. Uygulama süresi ve miktarı balık

eti ve rengi için 7 hafta ile 6 ay arasında değişmiş ve yeme $10-2500 \text{ mg kg}^{-1}$ miktarlarda uygulanmıştır. Damızlık balıklarda ise; Salmonlar ve Alabalıklar için yumurtlamadan önceki dönemde yemlerine $10-50 \text{ mg kg}^{-1}$ astaksantin 4-6 ay süre ile Kırmızı Mercanda $25-35 \text{ mg kg}^{-1}$ 3 ay, Sarı kuyrukta yeme %2 oranında kırmızı biber unu ilave edilmiş ve 6 ay süre ile yumurtlamadan önceki dönemde beslenmiştir. Çipurada $40-50 \text{ mg kg}^{-1}$ oranında 4-5 ay (Diler ve Dilek, 2002), Mezgit damızlıklarında ise, astaksantin içeren yemle 75 mg kg^{-1} oranında 2 ay süre ile ve *Pseudocaranx dentex* de ise, 10 mg kg^{-1} oranında astaksantinli yemlerle beslemede olumlu sonuçlar alınmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Damızlıklar karotenoid içeren yemlerle beslendiğinde, pigmentli yumurtalar iyi bir gelişim gösterirler. Bunun nedeni, Karotenoidlerin oksijen giderme aktiviteleri, fonksiyonel gruplara ve konjuge çift bağların uzunluğuna bağlıdır. Süper oksit anyon, hidrojen peroksit ve singlet oksijen gibi aktif oksijen türleri enzim inaktivasyonuna, DNA-sarmalının bozulması ve membran lipid peroksidasyonuna sebep olabilir. Sonuçta, karotenoidler bu serbest radikalleri zararsız hale getirmesinden dolayı önemi ortaya çıkmaktadır. Serbest radikaller yumurta membranının yapısını bozmaktadırlar. Vit. E, Vit. C ve karotenoidler aktif oksijen türlerine karşı güçlü giderici ve serbest radikallerin aktivesine karşı koruyucu özelliğe sahiptir (Izquierdo ve ark., 2001). Biber unu ilaveli yarı nemli peletlerle beslenen balıkların daha iyi yumurtlama performansı göstermesinin nedeni ise, kapsantin ve kapsorbinin astaksantine göre daha iyi radikal giderme aktivitesine sahip olmasındandır.

Çizelge1. Su ürünleri türlerine uygulanan karotenoid kaynaklar, karotenoid içeriği ve miktarları

Gruplar	Pigment kaynağı	Uygulanan karotenoid	Uygulanan canlı	Miktar
	Krill, <i>Euphasia spp.</i>	Astaksantin	Salmonid, Kırmızı mercan	22-144 mg kg ⁻¹
	Krill unları.	Astaksantin	Salmonid	200 mg kg ⁻¹
	Kırmızı yengeç	Astaksantin	Salmonid, Mezgit	73-160 mg kg ⁻¹
	Kırmızı yengeç ekst.	Astaksantin	Salmonid	1550 mg kg ⁻¹
Krustaseler	Karides unları	Astaksantin	Salmonid	30-190 mg kg ⁻¹
	Karides atıkları	Astaksantin	Salmonid	100-192 mg kg ⁻¹
	Kerevit unları	Astaksantin	Salmonid	137 mg kg ⁻¹
	Kerevit ekstraktı	Astaksantin	Salmonid	750 mg kg ⁻¹
	<i>Gammarus spp.</i>	Astaksantin	Salmonid	% 8.6-25.9
	Kırmızı Biber unu	Kapsantin-Kapsorubin	Salmonid, Sarı kuyruk	275-1650 mg kg ⁻¹ %2-6
	Kırmızı biber ekst.	Kapsantin-Kapsorubin	Salmonid	235-2000 mg kg ⁻¹
Bitkisel	Kadife çiçeği unu	Lutein	Salmonid, kırmızı tilapiya	(%90) %5
Ürünler	Kabak çiçeği	Zeaksantin, lutein, β karoten	Salmonid	%17- 38
	Kurutulmuş havuç	B-karoten	Salmonid	65 mg kg ⁻¹
	Mısır gluten unu	Lutein, zeaksantin	Salmonid	90- 350 mg kg ⁻¹
	Yonca unu	Lutein	Salmonid	100-550 mg kg ⁻¹
	<i>Spirulina spp.</i>	B-karoten, zeaksantin, Kriptosantin	Salmonid, kırmızı tilapiya	151-434 mg kg ⁻¹ - %10
	<i>Scenedesmus spp.</i>	Zeaksantin, lutein, astaksantin	Salmonid	520-2500 mg kg ⁻¹
Algler	<i>Chlorella spp.</i>	Astaksantin	Salmonid	40- 80 mg kg ⁻¹
	<i>Haematococcus pluvialis</i>	Astaksantin	Salmonid, kırmızı mercan, karides, akvaryum balıkları	20-100 mg kg ⁻¹
Maya	Kırmızı maya (<i>Phaffia rhodozyma</i>)	Astaksantin	Salmon, kırmızı mercan	20-800 mg kg ⁻¹
Sentetik Ürünler	Carophyll pink, Lucantin pink	Astaksantin	Salmon, karides, istakoz, K. mercan türleri, akvaryum B., Çipura	10-200 mg kg ⁻¹
	Carophyll Red, Lucantin red	Kantaksantin	Salmon, akvaryum balıkları., karides	40-200 mg kg ⁻¹

Karotenoidli bileşiklerin, serbest radikaller ve aktif oksijen türleri tarafından maruz kalınan zararlardan korunmasını sağlayan diğer bir özelliğininse antioksidant kapasiteye sahip olmalarıdır (Miki ve ark., 1994; Shimidzu ve ark., 1998).

Yapılan denemelerde, alabalıklarda keto-karotenoidlerin, birkaç olumlu etkisini belirten çalışma haricinde, dişilerin yumurtlama sıklığı, ovulasyon zamanı, nispi verimliliği, döllenme oranı, yumurta büyüklüğü, larvaların büyüme ve yaşama oranına pozitif yönde etkisi kanıtlanamamıştır. Fakat deniz balıkları üzerine yapılan çalışmalarda, hidroksi- karotenoid grubunun yumurta üretimi ve yumurta kalitesine olumlu etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Hidroksi- karotenoid grubunu da içerecek şekilde Alabalık damızlıkları üzerinde araştırmalara hız verilmelidir.

Genelde damızlıkların yaşı, yumurtaların içeriğindeki karotenoid miktarları, yeme katılan (Astaksantin, Kantaksantin v.b.) karotenoidlerin farklı olması, yumurta büyüklükleri ile hesaplamadaki farklılıklar ve yumurta kalitesinin tespitinde kullanılan kriterler gibi metodolojiden meydana gelen farklılıklar, araştırmacılar arasındaki görüş ayrılıklarının açıklanmasına yardımcı olmaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, damızlık alabalıklarda en etkili yöntemin tespiti için, karotenoid türü, konsantrasyon oranı, uygulama süresi ve yemin içine katılan diğer maddelerin ilavesiyle (HUFA, Vitamin C-E v.d.) optimum bir yem karışımının uygulanması amaçlanarak yumurta verimliliği ve kalite performanslarının artırılması üzerine odaklanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Anderson, S. 2000. Salmon color and the consumer. IIFET 2000 proceeding, 1-3.
Ashton, H.J., Farkvam, D.O., March, B.E. 1993. Fatty acid composition of lipids in the eggs and alevins from wild and cultured chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 648-655.
Braunlich, K. and Hoffmann, F. 1974. The chemistry and action of pigmenters in

avian diets. XV World's Poultry Congress Proceedings, August 11-16, New Orleans.
Choubert, G., Blanc, J.M., and Poisson, H. 1998. Effects of dietary keto-carotenoids (canthaxanthin and asthaxanthin) on the reproductive performance of Rainbow trout. Aquaculture Nutrition, 4: 249-254.
Christiansen, R. and Torrissen, O.J. 1997. Effects of dietary astaxanthin supplementation on fertilization and egg survival in Atlantic salmon. Aquaculture, 153: 51-62.
Craik, J.R.A. 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. Aquaculture, 47: 61-88.
Czesny, S., Dabrowski, K. 1998. The effect of fatty acid concentration on embryo viability in wild and domesticated walleye (*Stizostedion vitreum*). Aquat. Living Resour. 11: 371-378.
Defuel, J. 1965. Pigmentierungsversuche mit canthaxanthin bei regenbogenforellen. Arch. Fischereiwiss. 16: 125-132.
Diler, İ. ve Dilek, K. 2002. Significance of pigmentation and use in aquaculture. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2: 97-99.
Gallagher, M.L., Paramore, L., Alvest, D., Rulifson, R.A. 1998. Comparison of phospholipids and fatty acid composition of wild and cultured striped bass eggs. J. Fish Biol. 52: 1218-1228.
Harris, L.E. 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. Aquaculture, 43: 179-183.
Hartmann, M., Medem, F.G., Kuhn, R. And Bieling, H.J. 1947. Untersuchungen über die befruchtungsstoffe der regenbogenforelle, Z. Naturforsch., 2: 330-349.
Izquierdo, M.S., Ferná'ndez-Palacios, H., Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture, 197: 25-42.
Kitahara, T., 1983. Behavior of carotenoids in the chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during anadromous migration. Comp. Biochem. Physiol., 76B: 97-101.
Kırkpınar, F. 1993. Bazı doğal ve sentetik renk maddelerinin broyler deri rengi ve verimle

- ilgili çeşitli kriterler üzerine etkileri. Ege Univ. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, İzmir.
- Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M., Takeda, M. 1998. Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capiscum annuum*). J. Agric. Food Chem. 46: 3468–3472
- Miki, W., Otaki, N., Shimidzu, N., Yokoyama, A. 1994. Carotenoids as free radical scavengers in marine animals. J. Mar. Biotechnol. 2: 35–37
- Mikulin, A.I. and Soin, S.G. 1975. The functional significance of carotenoids in the embryonic development of teleost. J. Ichthyol., 15: 749-759.
- Mikulin, A.E. 2000. Functional role of pigments and pigmentation in fish ontogeny. VNIRO, Moscow, 432.
- Sawanboonchun, J., Roy, W.J., Robertson, D.A., Bell, G. 2008. The impact of dietary supplementation with astaxanthin on egg quality in Atlantic cod broodstock (*Gadus morhua*, L.). Aquaculture, 283. 97-101.
- Shimidzu, N., Goto, M., Miki, W. 1998. Carotenoids as single oxygen quenchers in marine organisms. *Fish. Sci.*, 62: 134–137.
- Torrissen, O.J. 1984. Pigmentation of salmonids: Effect of carotenoids in eggs and start feeding on survival and growth rate, Aquaculture, 43: 185-193.
- Torrissen, O. J., Hardy, R. W. and Shearer, K. D. 1989. Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. Reviews in Aquatic Science, 1: Issue. 2, 209-225.
- Torrissen, O.J. and Christiansen, R. 1995. Requirements for carotenoids in fish diets. J. Appl. Ichthyol., 11: 225-230.
- Vassallo-Agius, R., Watanabe, T., Satoh, S., Kiron, V., Imaizumi, H., Yamazaki, T., Kawano, K. 2001a. Supplementation of paprika as a carotenoid source in soft-dry pellets for broodstock yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Aquac. Res. 32: (Suppl. 1), 263–272.
- Vassallo-Agius, R., Imaizumi, H., Watanabe, T., Yamazaki, T., Satoh, S., Kiron, V. 2001b. The influence of astaxanthin supplemented dry pellets on spawning of striped jack. *Fish. Sci.*, 67: 260–270.
- Verakunpiriya, V., Mushiake, K., Hawano, K., Watanabe, T. 1997. Supplemental effect of astaxanthin in broodstock diets on the quality of yellowtail eggs. *Fish. Sci.* 63: 816–823.
- Watanabe, T., Lee, M.-J., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T., Arakawa, T. 1991. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red seabream *Pagrus major* eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 681–694.
- Watanabe, T., Miki, W. 1993. Astaxanthin: an effective dietary component for red sea bream broodstock. In: Kaushik, S.J., Luquet, P. (Eds.), *Fish Nutrition in Practice*. INRA, Paris, 27–36.
- Watanabe, T. and Kiron, V. 1995. Red sea bream (*Pagrus major*). In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell, Oxford, 398–413.
- Watanabe, T., Vassallo-Agius, R., Mushiake, K., Kawano, K., Kiron, V., Satoh, S. 1998. The first spawn-taking from striped jack broodstock fed soft-dry pellets. *Fish. Sci.* 64: 39–43.
- Watanabe, T. And Vassallo-Agius, R. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture*, 227: 35-61.