

## Yeme Farklı Oranlarda Katılan Sentetik Astaksantin Gökkuşuğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) Et Rengi Üzerine Etkisi

Muammer ERDEM, Sebahattin ERGÜN  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Sinop - TÜRKİYE

Received: 07.09.1999

**Abstract :** Araştırmada, iki farklı oranda yeme ilave edilen astaksantin gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) et rengi üzerine etkisi incelenmiştir. Başlangıç ağırlığı ortalama 270 g olan balıklar 60 mg/kg (II. grup) ve 90 mg/kg astaksantin (III. grup) ilave edilen yemlerle beslenmişlerdir. Deneme sonunda I. (kontrol), II. ve III. grupta ağırlık artışı sırasıyla 250,660 g, 261,675 g ve 234,410 g ette karotenoid konsantrasyonu ise (başlangıçta 0,595 mg/kg) 0,695 mg/kg, 10,539 mg/kg ve 11,954 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Balık etinde pigmentasyon yemdeki karotenoid konsantrasyonun artışına bağlı olarak artış gösterirken, karotenoid tutulma oranında azalma görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), pigmentasyon, astaksantin

### Effects of the Levels of Astaxanthin in the Diet on the Flesh Pigmentation of Rainbow Trout

**Özet :** A feeding trial was conducted to study the effects of dietary astaxanthin concentration on muscle pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a mean initial weight of 270 g fed diets supplemented with astaxanthin in diet concentrations of 60 (group II) and 90 mg/kg (group III) for 35 days. A control (I) group received a diet without astaxanthin. At the end of the experiment, the trout showed average body weight increases of 250.660g, 261.675 g and 234.410 g, and the flesh reached a level of 0.695 mg/kg, 10.539 mg/kg and 11.954 mg carotenoid/kg in groups I, II and III, respectively (initially, 0.595 mg/kg). Fish pigmentation increased with increasing dietary carotenoid concentration. But the retention coefficients decreased as the pigment dose in the diet increased.

**Key Words :** Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), pigmentation, astaxanthin

### Giriş

Yetiştirilen salmonid türü balıkların pazara sunulurken tazelikten sonra en önemli kalite kriterlerinden biri et rengidir. Yetiştiricilik yoluyla üretim miktarının artışına bağlı olarak pazarda rekabet artmakta ve dolayısıyla kalite ve fiyat, pazarda önemli faktörler haline gelmektedir (1).

Salmonid türü balıkların pemmeden kırmızıya değişen et renkleri besinler yoluyla aldıkları karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Doğal ortamda yetişen salmonidlerin başlıca karotenoid kaynağı yedikleri krustaselerden aldıkları astaksantindir. Yetiştirilenlerde ise, istenen et rengini elde edebilmek için başlıca iki karotenoid astaksantin ve kantaksantin yemlere ilave edilmektedir (2). Ancak, astaksantin alabalıklar tarafından kantaksantine oranla daha yüksek oranda değerlendirilmekte ve son

yıllarda balık yetiştiriciliğinde astaksantin daha çok tercih edilmekte, buna karşın kantaksantin broiler eti ve yumurta sarısının renklenmesinde tercih edilmektedir (2; 3; 4).

Yetiştiricilik yoluyla üretilen salmonid türü balıkların yemlerine karotenoid ilave edilmesi yem maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır. Norveç'te, Atlantik salmonunun yemine astaksantin ilave edilmesinin, yem maliyetini yaklaşık %20-25 oranında, toplam üretim maliyetinin ise yaklaşık %10'u oranında artırdığı bildirilmektedir (1).

Yeme ilave edilen astaksantin yem maliyetini önemli ölçüde arttırması nedeniyle, yemdeki astaksantin dozunun zamana bağlı olarak balık etinde ne oranda renklenme sağladığı, hangi dozla ne kadar sürede istenen et renginin elde edilebileceği ve karotenoidlerin ette tutulma oranının doza bağlı olarak nasıl değiştiğinin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla araştırmada, yeme

iki farklı oranda katılan sentetik astaksantin zamana bağlı olarak gökkuşluğu alabalığının et rengine ve karotenoid tutulma oranına etkisi incelenmiştir.

## Materyal ve Metot

Deneme, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi'ne ait denizdeki yetiştiricilik ünitesinde 2 m çapında, 3 m derinliğinde, yaklaşık 6 m<sup>3</sup> hacimli ağ kafeslerde yürütülmüştür.

Araştırmada, kontrol ve iki farklı oranda sentetik karotenoid kaynağı içeren yemlerle beslenen olmak üzere üç deneme grubu oluşturulmuştur. Deneme başlangıcında, yetiştiricilik ünitesinden temin edilen ortalama ağırlıkları 270 g olan toplam 580 adet gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) I. gruba (kontrol) 260 adet, II. gruba 140 adet ve III. gruba 180 adet balık stoklanmıştır.

Özel bir yem fabrikasında üretilen 4 numara alabalık pelet yemi I. gruba, kontrol yemine sentetik astaksantin kaynağı olarak %0,075 ve %0,1125 oranında 80000 mg/kg astaksantin içeren "Carophyll Pink %8" ilave edilen yemler de II. ve III. gruplara verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, deneme yemlerinin %91,61 kuru madde, %44,88 ham protein, %9,41 ham yağ, %11,25 ham kül ve %3,47 ham selüloz içerdiği tespit edilmiştir. II. ve III. gruplara verilen yemlerin toplam karotenoid içeriği 60 ve 90 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Balıklar elle yemleme yöntemi ile sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez doyuncaya kadar yemlenmiş olup, deneme 35 gün sürmüştür.

Deneme başlangıcında ve deneme sonunda, balıkların canlı ağırlıklarının tespiti amacıyla her gruptan yaklaşık %20 oranında örneklenen balıklar, bireysel olarak 0,01 g hassasiyetteki "Sartorius" marka elektronik terazide tartılmışlardır. Görsel ve spektrofotometrik renk tayini amacıyla, deneme başı ve deneme sonunda her gruptan beşer adet, 14, 21 ve 28 gün sonra üçer adet balık tesadüfi olarak alınmıştır. Kafeslerde, her sabah ölü balık kontrolü yapılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Deneme süresince, deniz suyu sıcaklığı "Horiba" marka analiz cihazı ile günlük olarak ölçülmüştür.

Renk tayini amacıyla alınan balıkların ölçüm ve tartımı yapıldıktan sonra, kısa süre içerisinde direk ışık almayan ortamda, her bir balığın dorsal yüzgeci önünden yaklaşık 1,5 cm kalınlığında biftek ve dorsal yüzgecinin önü ile

yağ yüzgecinin önünden bıçakla kesilerek iki adet fileto çıkarılmıştır. Her bir balıktan alınan fileto ve biftek görsel analiz için, diğer fileto ise pigment içeriğinin tespiti için kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır (5). Balık etinde yapılan görsel renk tayini ve spektrofotometrik analizler, Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Görsel renk tayini "Roche Salmonid Renk Kartı" kullanılarak, Johnsen ve Wathne (5) ile Smith ve ark. (6)'nın belirttikleri direk güneş ışığı almayan florasan lamba ile aydınlatılmış laboratuvar şartları ve ışık ortamında yapılmıştır. Salmonidler için hazırlanan renk kartının iki yanında et renginin farklı tonları bulunmakta olup, bu renklere değişik numaralar verilmiştir. Renk kartının bir yanında 1 ile 8 arasında değişen renk tonları bifteklerin renk tayininde, diğer tarafında yer alan 11 ile 18 arasında değişen renkler ise filetoların renk tayininde kullanılmaktadır. Renk kartındaki biftek ve fileto renk kartı değerleri 0 ve 10 rensiz, 1 ile 2 ve 11 ile 12 soluk pembe, 3 ile 4 ve 13 ile 14 pembe, 5 ile 6 ve 15 ile 16 açık kırmızı, 7 ve 17 kırmızı, 8 ve 18 ise koyu kırmızı renk tonunu simgelemektedir. Görsel renk tayinlerinde panelistlerin aynı kişiler olmasına özen gösterilmiştir. Panelistlerin renk kartı yardımıyla balık etinde tespit ettikleri okuma değerlerinin ortalamaları alınmıştır.

Balık etinde, toplam karotenoid madde miktarının saptanmasında Skerede ve Storebakken (7) ve Foss ve ark. (8)'nin belirttikleri spektrofotometrik yöntemlerden yararlanılmıştır. Örneklerin saf asetona karşı absorbanası spektrofotometrede (Spectronic 20, Bausch & Lomb),  $\lambda_{max}$ 'da (470-475 nm) okunmuş ve sonuçlar balık etinde mg/l (ppm) astaksantin cinsinden toplam karotenoid madde miktarı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama için  $E_{%1,1cm} = 1900$  değeri kullanılmıştır (7; 8; 9; 10).

Deneme sonucunda, elde edilen büyüme, yem değerlendirme, ölüm oranı ve diğer özelliklerine ilişkin değerler Erdem (11), Atay ve ark. (12) ve Ergün (13)'e, spesifik büyüme oranı ise Bjerkeng ve ark. (14)'na göre hesaplanmıştır.

$Spesifik\ büyüme\ oranı = 100 \times (\ln\ Son\ ağırlık\ (g) - \ln\ İlk\ ağırlık\ (g)) / Yemleme\ gün\ sayısı$

Deneme başlangıcından deneme sonuna kadar olan sürede, karotenoid tutulma oranlarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (8). Formülde, et ağırlığı balık ağırlığının 0,588 katsayısı ile çarpılması sonucu bulunmuştur (6).

$\%Tutulma\ oranı = (Ette\ karot.\ mikt.,\ mg) \times (100) / (Tüketilen\ yemde\ topl.\ karot.\ mikt.,\ mg)$

Araştırmada elde edilen sonuçların istatistiksel analizi bilgisayarda, "Quattro Pro 6.0 for Windows" ve "Minitab Release 9.2 for Windows" programları ile yapılmış ve fark istatistiksel olarak önemli bulunduğu, Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre karşılaştırma yapılmıştır (15).

## Bulgular

Araştırma süresince, ağ kafeslerin bulunduğu bölgede yapılan ölçümler sonucu su sıcaklığının ortalama  $9,7 \pm 0,219^\circ\text{C}$  (min  $6,5^\circ\text{C}$ , max  $12^\circ\text{C}$ ) olarak tespit edilmiştir.

Deneme başında ve deneme sonunda örneklenecek tartılan balıkların ağırlıkları, canlı ağırlık artışları ve oranları, toplam yem tüketimi ve yem değerlendirme oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Deneme başlangıcında, I., II. ve III. gruplarda ortalama balık ağırlıkları sırasıyla  $272,690 \pm 5,290$  g,  $274,565 \pm 11,180$  g ve  $268,900 \pm 6,490$  g iken deneme sonunda  $523,350 \pm 6,850$  g,  $535,640 \pm 9,700$  g ve  $503,310 \pm 7,150$  g olarak tespit edilmiştir. Gruplarda  $\%91,92$  (I.),  $\%95,10$  (II.) ve  $\%87,17$  (III.) oranında ağırlık artışı görülmüştür (Tablo 1).

Yapılan varyans analizi sonucunda deneme başı ortalama bireysel canlı ağırlıklar arasındaki farkların önemsiz, ancak deneme sonu canlı ağırlıklar arasındaki farklılıkların ise önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0,05$ ). Farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu saptamak amacıyla yapılan Duncan testi sonuçlarına göre I. ile III. ve I. ile II. gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı ( $P > 0,05$ ), ancak II. ile III. grupları arasında farkın önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0,05$ ).

Panelistler tarafından laboratuvar ortamında biftek ve fileto renkleri renk kartı ile tespit edilmiş, elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak Tablo 2'de verilmiş ve şekil 1 ve şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2 ve Şekil 1 ile Şekil 2'de görüldüğü gibi, deneme süresince I. gruptaki balıkların etinde görsel olarak renk artışı görülmezken, yemlerine farklı oranlarda sentetik karotenoid kaynağı ilave edilen II. ve III. gruplardaki balıkların et renginde artış tespit edilmiştir. II. ve III. grupların biftek ve fileto renk kartı değerleri arasında yapılan "t testi" sonucunda gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0,05$ ).

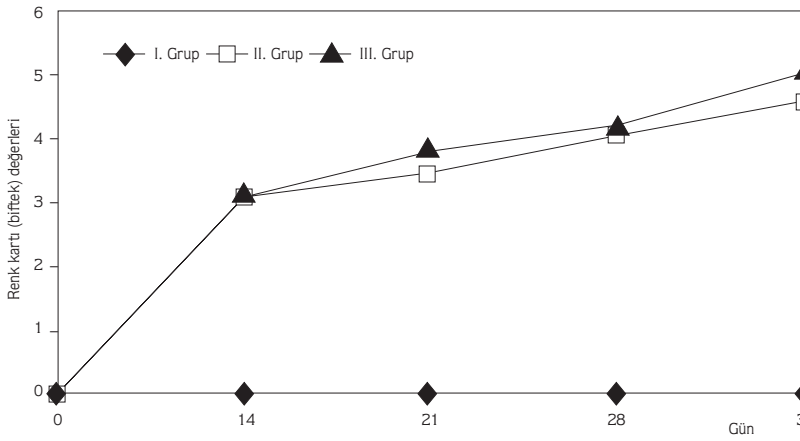
Spektrofotometrik metotla gruplara göre balık etinde saptanan karotenoid madde miktarları Tablo 3'te verilmiş ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

	I. Grup	II. Grup	III. Grup
Deneme süresi (gün)	35	35	35
Den. Başı balık sayısı (adet)	260	140	180
Den. Başı bireysel canlı ağı. (g)	$272,690 \pm 5,290$	$274,565 \pm 11,180$	$268,900 \pm 6,490$
Den. Başı toplam canlı ağı. (g)	70899,400	38439,100	48402,000
Den. Sonu balık sayısı (adet)	246	126	166
Den. Sonu bireysel canlı ağı. (g)	$523,350 \pm 6,850$	$535,640 \pm 9,700$	$503,310 \pm 7,150$
Bireysel canlı ağı. artışı (g)	250,660	261,675	234,410
Bireysel canlı ağı. art. Oranı (%)	91,92	95,10	87,17
Günlük canlı ağı. art. Oranı (%)	2,63	2,72	2,49
Spesifik büyüme oranı (%)	1,86	1,91	1,79
Den. Sonu toplam canlı ağı. (g)	128744,100	67490,640	83549,460
Örnek balık ağırlığı (g)	6716,111	6552,745	5992,751
Ölü balık ağırlığı (g) (adet)	-----	1048,560(2)	-----
Toplam canlı ağı. artışı (g)	64560,811	35607,561	41139,713
Toplam yem tüketimi (g)	135961,960	93895,145	100874,576
Yem değerlendirme oranı	2,106	2,637	2,452

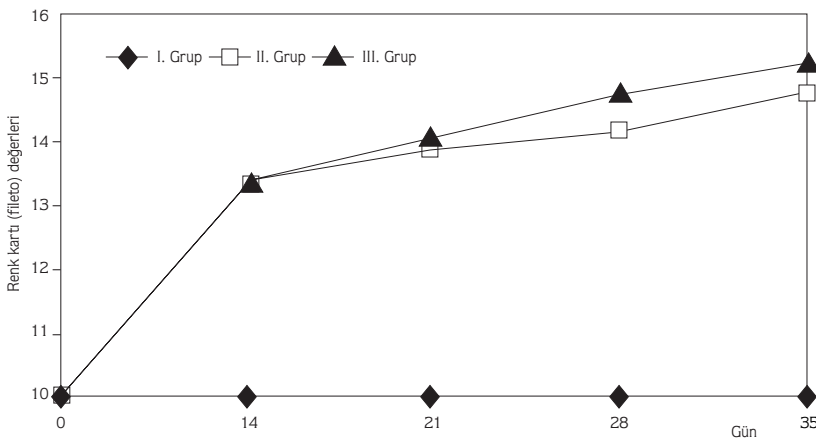
Tablo 1. Deneme gruplarında saptanan canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yem değerlendirme oranına ilişkin sonuçlar.

Periyotlar (gün)	I. Grup	II. Grup	III. Grup
<b>Biftek</b>			
0	0,000	0,000	0,000
14	0,000	3,061±0,094	3,106±0,086
21	0,000	3,455±0,129	3,849±0,114
28	0,000	4,091±0,118	4,212±0,121
35	0,000	4,618±0,116	5,055±0,128
<b>Fileto</b>			
0	10,000	10,000	10,000
14	10,000	13,394±0,157	13,454±0,158
21	10,000	13,970±0,171	14,121±0,173
28	10,000	14,303±0,182	14,879±0,198
35	10,000	14,946±0,173	15,418±0,137

Tablo 2. Deneme süresince, gruplardaki balıklarda tespit edilen biftek ve fileto renk kartı değerleri.



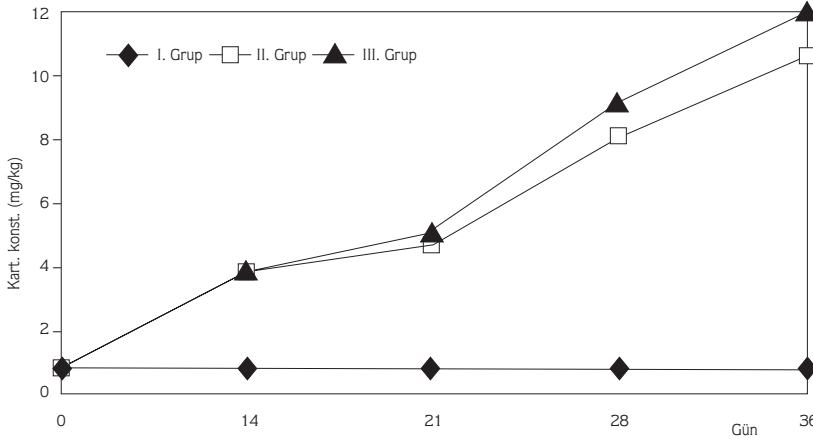
Şekil 1. Deneme süresince gruplarda tespit edilen biftek renk kartı değerleri.



Şekil 2. Deneme süresince gruplarda tespit edilen fileto renk kartı değerleri.

Periyotlar (gün)	I. Grup	II. Grup	III. Grup
0	0,595	0,595	0,595
14	0,590	3,778	3,850
21	0,611	4,720	4,974
28	0,559	7,996	9,125
35	0,695	10,539	11,954

Tablo 3. Deneme süresince, balık etinde spektrofotometrik metotla tespit edilen toplam karotenoid madde miktarları (mg karotenoid/kg balık eti).



Şekil 3. Balık etinde saptanan karotenoid madde miktarları.

Tablo 3 ve Şekil 3'te görüldüğü gibi deneme başlangıcında balık etinde karotenoid konsantrasyonu ortalama 0,595 iken, deneme sonunda I., II. ve III. gruplarda sırasıyla 0,695 mg/kg, 10,539 mg/kg ve 11,954 mg/kg olarak saptanmıştır. Görsel renk tayininde tespit edilen değerlere benzer şekilde, I. (kontrol) gruptaki balıkların etinde karotenoid konsantrasyonunda önemli bir değişiklik görülmezken, II. ve III. gruptaki balıkların etinde ise artış olduğu saptanmıştır.

Balık etinde tutulan karotenoid miktarının tüketilen yemdeki karotenoid miktarına oranı olarak tanımlanan karotenoid tutulma oranı (8; 16) gruplara göre deneme sonunda hesaplanmıştır. Farklı iki oranda sentetik astaksantin ilave edilen II. ve III. gruplarda karotenoid tutulma oranı %6,28 ve %5,15 olarak tespit edilmiştir.

### Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada, yeme iki farklı oranda katılan sentetik astaksantin gökkuşağı alabalığının et rengine etkisi incelenmiştir. Deneme süresince, karotenoid ilave edilmeyen yemle beslenen kontrol grubundaki (I. grup) balıkların et

renginde yapılan görsel ve spektrofotometrik renk tayinleri sonucu değişme görülmezken, yemlerine karotenoid ilave edilen gruplardaki (II. ve III.) balıkların et renginde ise artış kaydedilmiştir. Yeme daha yüksek oranda astaksantin ilave edilen III. gruptaki balıkların etinde, II. gruptakilere oranla daha yüksek oranda renk artışı tespit edilmiştir. Ancak, ette karotenoid tutulma oranına bakıldığında ise daha düşük oranda astaksantin katılan II. grupta karotenoid tutulma oranı III. gruba göre daha yüksek bulunmuştur.

Pazara sunulacak salmonlarda et renginin görsel olarak 13 veya daha yüksek renk kartı değerine sahip olması istenmektedir (7). Torrissen ve ark. (2), salmonid türü balıkların etinde 3-4 mg/kg karotenoid konsantrasyonunun yeterli olabileceğini ancak, depolama ve işleme esnasında karotenoid kaybının olacağını ve bu nedenle balık etinde istenen rengi sağlayabilmek için karotenoid konsantrasyonunun 4 mg/kg'ın üzerinde olması gerektiğini bildirmektedirler. Araştırmada, yaklaşık üç hafta sonra II. ve III. gruplarda, balık etinde istenen rengin elde edilebilmesi için belirtilen renk kartı değerleri ve karotenoid konsantrasyonuna ulaşılmıştır.

Gökkuşığı alabalığı yemine 57 mg/kg oranında sentetik astaksantin katan No ve Storebakken (17), başlangıç ağırlıkları 500 g olan balıkları 15°C su sıcaklığında 42 gün süreyle beslemişler ve deneme sonunda balık ağırlığını 950 g, etteki karotenoid konsantrasyonunu 6,8 mg/kg ve karotenoid tutulma oranını %7,0 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada ise benzer oranda karotenoid içeren yemle beslenen II. grupta daha kısa sürede ette daha yüksek oranda karotenoid konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Yeme daha düşük oranda (40 mg/kg) astaksantin ilave edilerek gökkuşığı alabalıklarının beslendiği bir çalışmada (13), 470 g ağırlığındaki balıklar ortalama 20°C su sıcaklığında Karadenizde ağ kafeslerde 45 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda, etteki karotenoid konsantrasyonunun 5,568 mg/kg ve karotenoid tutulma oranının %12 olarak tespit edildiği bildirilmektedir.

Choubert ve Heinrich (18), 100 mg/kg astaksantin içeren yemlerle 28 gün süreyle besledikleri gökkuşığı alabalıklarında, etteki karotenoid konsantrasyonunu 11,8 mg/kg ve karotenoid tutulma oranını %4,1 olarak tespit etmişler ve bu değerler çalışmamızda benzer oranda yeme astaksantin katılan III. grupta saptanan değerlerle benzerlik göstermektedir.

Araştırmada, 60 mg/kg ve 90 mg/kg oranında sentetik astaksantin katılan yemlerle beslenen II. ve III. gruptaki balıklarda karotenoid tutulma oranı II. grupta daha yüksektir. Benzer şekilde, Storebakken ve No. (19) yemdeki karotenoid konsantrasyonunun artırıldıkça aynı oranda balık etinde karotenoid konsantrasyonunun art-

madığını ve bu çalışmada da saptandığı gibi karotenoid tutulma oranında düşme görülebileceğini bildirmektedirler. Ticari olarak salmonid türü balık yetiştiriciliğinde, 50 ila 75 mg/kg astaksantin veya kantaksantin içeren yemlerle beslenen balıklarda karotenoid tutulma oranının %4-5 civarında olduğu ifade edilmektedir (20).

Karotenoid tutulma oranının %4'ten %10'a çıkarılmasıyla 100 bin tonluk bir balık üretim tesisinde yem maliyetinde yaklaşık 10 milyon dolarlık bir azalma olabileceğini bildirmektedirler (20).

Bu amaçla, gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde, hasattan 20-30 gün önce 60 mg/kg veya daha düşük oranda sentetik astaksantin katılmasının yeterli olabileceği söylenebilir.

Sonuç olarak, gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde balık et renginin doğal yetişen balıktinkine benzer olabilmesi için yeme ilave edilen sentetik karotenoidler yemin maliyetini önemli ölçüde arttırmaktadır. Yeme yüksek oranda karotenoid ilave edilmesi balık etinde daha kısa sürede istenilen renklenmeyi sağlamakta ancak, karotenoidlerin ette tutulma yüzdesini azaltmaktadır. Karotenoidlerin ette tutulma yüzdesini arttırmak ve maliyeti düşürmek için, daha uzun sürede 40-60 mg/kg gibi daha düşük oranlarda yeme ilave edilmesi yararlı olacaktır. Diğer bir ifadeyle, gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde, hasattan 20-30 gün önce 60 mg/kg veya daha düşük oranda sentetik astaksantin katılmasının alabalıklarda yeterli pigmentasyonu sağlayacağı söylenebilir.

## Kaynaklar

1. Torrissen, O. J., Christiansen, R., Struksnaes G. and Estermann, R.: Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. *Aquaculture Nutr.*, 1995; 1: 77-84.
2. Torrissen, O. J., Hardy, R. W. and Shearer, K. D.: Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. *Aquatic Science*, 1989; 1 (2): 209-225.
3. March, B.E. and MacMillan, C.: Muscle pigmentation and plasma concentrations of astaxanthin in rainbow trout, chinook salmon and Atlantic salmon in response to different dietary levels of astaxanthin. *The Prog. Fish-Cult.*, 1996; 58: 178-186.
4. Bjerkeng, B.: Chromatographic analysis of synthesized astaxanthin - A handy tool for the ecologist and the forensic chemist. *The Prog. Fish-Cult.*, 1997; 59: 129-140.
5. Johnson, G. and Wathne, E.: Color measurements in farmed salmon and trout. (Translated and reprinted from: *Norsk Fiskeoppdrett*, 1989; 4: 45-47). Roche Print. Animal Nutr. and Health, Basel, Switzerland.
6. Smith, B. E., Hardy, R. W. and Torrissen, O. J.: Synthetic astaxanthin deposition in pan-size coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 1992; 104: 105-119.
7. Skrede, G. and Storebakken, T.: Characteristics of color in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic salmon. *J. Food Sci.*, 1986; 51 (3): 804-808.
8. Foss, P., Storebakken, T., Schiedt, K., Liaen-Jensen, S., Austreng, E. and Streiff, K.: Carotenoids in diets for salmonids. I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*, 1984; 41: 213-226.

9. Skerede, G., Storebakken, T. and Naes, T.: Color evaluation in raw, baked and smoked flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. J. Food Sci., 1990; 55 (6): 1574-1578.
10. Sommer, T. R., D'Souza, F. M. L. and Morrisy, N. M.: Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green alga *Haematococcus pluvialis*. Aquaculture, 1992; 106 (1): 63-74.
11. Erdem, M.: Esmer deniz yosunlarının balık rasyonlarında değerlendirilme olanakları. Ank. Üniv., Zir. Fak. Yay.: 830. 1982.
12. Atay, D., Erdem, M. ve Büyükhatipoğlu, Ş., Alabalık üretiminde değişik yemleme tekniklerinin karşılaştırılması üzerine araştırmalar. Ankara Üniv. Zir. Fak. yayınları: 811, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 480. 1982.
13. Ergün, S.: Doğal ve sentetik karotenoid kaynaklarının gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) pigmentasyona etkisi. Ond. May. Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 1997.
14. Nickell, D.C. and Bromage, N.R.: The effect of timing and duration of feeding astaxanthin on the development and variation of fillet colour and efficiency of pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 1998; 169: 233-246.
15. Düzgüneş, O., Kesici, T. ve Gürbüz, F.: İstatistik Metodları (II. Baskı). Ank. Üniv., Zir. Fak. Yay.: 1291, 1993.
16. No, H. K. and Storebakken, T.: Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin and canthaxanthin in fresh water and sea water. Aquaculture, 1992; 101: 123-134.
17. No, H. K. and Storebakken, T.: Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin at different water temperature. Aquaculture, 1991; 97 (2-3): 203-216.
18. Choubert, G. and Heinrich, O.: Carotenoid pigments of the green alga *Haematococcus pluvialis*: Assay on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, pigmentation in comparison with synthetic astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture, 1993; 112: 217-226.
19. Storebakken, T. and No, H. K.: Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture, 1992; 100 (1-3): 209-229.
20. Hardy, R.W. and Torrissen, O.J.: Carotenoid pigmentation of salmonids. Aquaculture Mag., 1987.