

Doğal ve Sentetik Karotenoid Kaynaklarının Gökkuşuğu Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Pigmentasyona Etkisi*

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

Geliş Tarihi: 02.06.1999

Özet: Bu araştırmada, doğal karotenoid kaynaklarından kırmızı biber ile sentetik astaksantin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinin pigmentasyonuna etkisi incelenmiştir. Araştırmada, I. gruba ticari alabalık pelet yemi (kontrol grubu), II. gruba karotenoid kaynağı olarak %3 kırmızı biber unu, III. gruba %6 kırmızı biber unu ve IV. gruba ise %0.05 oranında "Carophyll Pink %8" ilave edilen deneme yemleri verilmiştir. Başlangıç ağırlıkları 470-483 g arasında değişen balıklar 45 gün süreyle beslenmişlerdir.

Deneme sonunda, balıkların ortalama bireysel canlı ağırlık artışları I. grupta 157.599 g, II. grupta 110.729 g, III. grupta 136.641 g ve IV. grupta 190.091 g, yem değerlendirme sayıları da 2.464, 3.175, 2.661 ve 2.055 olarak tespit edilmiştir. Biftek renk kartı değerleri I., II., III. ve IV. gruplarda sırasıyla 0.000, 0.350, 0.580 ve 3.260, fileto değerleri 10.000, 10.460, 10.865 ve 13.620 olarak tespit edilmiş ve balık etinde spektrofotometre ile ölçülen karotenoid konsantrasyonu başlangıçta 0.559 mg/kg iken deneme sonunda gruplara göre sırasıyla 0.526 mg/kg, 1.099 mg/kg, 1.457 mg/kg ve 5.568 mg/kg olarak saptanmıştır. Ette karotenoid konsantrasyonu, kırmızı biberle beslenen balıklarda sentetik astaksantinle beslenen gruba (IV) göre daha düşük olmakla beraber, kontrol grubuna göre önemli derecede farklı bulunmuştur ($P<0.05$). Ette karotenoid tutulma oranı kırmızı biberle beslenen gruplarda %2, sentetik astaksantinle beslenen gruba %12 olarak saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), pigmentasyon, karotenoid kaynakları, kırmızı biber, sentetik astaksantin.

Effect of Natural and Synthetic Carotenoid Sources on Pigmentation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Abstract: A feeding trial was conducted to assess the effects of supplementing the diets of commercial-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with red pepper as a natural carotenoid source and synthetic astaxanthin. Diets without carotenoid supplemented (control) and containing 3% or 6% red pepper and 0.05% "Carophyll Pink 8%" were given to groups 1-4, respectively. Rainbow trout, with weight of groups between 470 and 483 g, were fed four different diets for 45 days.

At the end of the experiment, the trout showed an average body weight increase of 157.599 g, 110.729 g, 136.641 g and 190.091 g, and feed conversion averaged 2.464, 3.175, 2.661 and 2.055 for groups 1-4, respectively. Steak and fillet color card scores were 0.000 and 10.000 for group I, 0.350 and 10.460 for group 2, 0.580 and 10.865 for group 3, 3.260 and 13.620 for group 4. The flesh reached a level of 0.526, 1.099, 1.457 and 5.568 mg carotenoid/kg for groups 1-4, respectively (initial mean carotenoid concentration of 0.559 mg/kg). Synthetic astaxanthin resulted in significantly higher levels of total carotenoid in the flesh than the red pepper pigment. Red pepper pigment resulted in small, but statistically significant deposits compared with the control group ($P<0.05$). The carotenoid retention in the flesh was 2% for red pepper groups and 12% for the synthetic astaxanthin group.

Key Words: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), pigmentation, carotenoid sources, red pepper, synthetic astaxanthin.

Giriş

Ülkemizde alabalık yetiştiriciliği karada havuzlarda yapılırken, 1990'lı yıllardan itibaren, denizde ağ kafeslerde yetiştiriciliğinin de yaygınlaşması ile üretim miktarı daha önceki yıllara göre büyük artış göstermiştir. Üretimin artması ile birlikte, üretim ve pazarlamada,

kalite faktörü daha önemli hale gelmektedir. Pazarda, tüketicinin seçimini etkileyecek ve isteğine cevap verebilecek ürünün dış görünüş, renk, tazelik gibi fiziksel özellikleri büyük önem taşımaktadır.

Salmonidae familyasında bulunan balıklardan göç eden salmonid türleri (*Salmo spp.*, *Oncorhynchus spp.* ve

* Bu çalışmayı O.M.Ü. Araş. Fonu desteklemiştir (S. 023). S. ERGÜN'ün Doktora tezinden özetlenmiştir.

Salvelinus spp.) pembeden kırmızıya değişen et renkleri, bu balıkların ayırt edilen özelliklerinden biri olup, onlara seçkin bir imaj sağlamaktadır. Bu nedenle, doğal olarak veya yetiştiricilik yoluyla üretilen bu balıkların tüketici isteklerini karşılamak üzere renklendirilmesi, ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır (1).

Salmonid türü balıklar pazara sunulurken, tazelikten sonra en önemli kalite kriterlerinden biri et rengidir (2). Salmonid türü balıkların etinin renklendirilmesi, pazarlama aşamasında karşılaşılan sorunlardan biri olan doğal alabalıklar ile yetiştirilen alabalıklar arasındaki farkı en aza indirmekte ve daha kolay alıcı bulunabilmektedir.

Ülkemizde, alabalık yetiştiriciliğinde balık etinin doğal rengi olan pembe rengi sağlamak için genellikle ticari olarak satılan sentetik karotenoid kaynakları, özellikle astaksantin kullanılmaktadır. Yemlere katılan sentetik karotenoid kaynaklarının yem maliyetini önemli ölçüde artırması ve ülkemiz gibi sentetik karotenoid kaynaklarını ithalat yoluyla temin eden ülkelerde dışa bağımlılık ve döviz kaybı gibi nedenlerle, kendi kaynaklarının araştırılması ve uygun doğal karotenoid kaynaklarının incelenmesi gerekmektedir. Kullanılacak karotenoid kaynağının aynı zamanda üretimi ve temininin kolay olması da gerekmektedir. Ülkemizde, yüksek miktarda karotenoid içeren kırmızı biberin 1981 yılında 7000 tonun üzerinde üretildiği bildirilmektedir (3).

Son yıllarda, tüketici bilincinin artmasıyla birlikte balık yemlerinde sentetik karotenoid kaynaklarına alternatif doğal pigment kaynaklarının kullanılması üzerine araştırmalar yapılmakta ve bunun gelecekte de artarak devam etmesi beklenmektedir (4). Bu amaçla araştırmada, sentetik karotenoid kaynağı yanında doğal karotenoid kaynağı olarak ülkemizde temini her zaman kolay olan kırmızı biber ununun gökkuşluğu alabalığı yemlerinde kullanılmasının etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Deneme, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi'ne ait denizdeki yetiştiricilik ünitesinde 2 m çaplı ve 2.3 m derinliğinde 4 adet ağ kafeste yürütülmüştür. 450-500 g ağırlığındaki 400 adet gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) her kafese 100'er adet tesadüfi olarak yerleştirilmiştir. 45 gün süren deneme süresince balıklar günde iki kez, elle yemlenmiştir.

Araştırmada, dört ayrı deneme yemi kullanılmıştır. Samsun Yem Sanayi A.Ş. tarafından üretilen ticari alabalık pelet yemi I. gruba, doğal karotenoid kaynağı olarak %3 ile %6 oranında kırmızı biber unu ilave edilen yemler II. ile III. gruba, sentetik karotenoid kaynağı olarak %0.05 oranında "Carophyll Pink %8" ilave edilen ve pigment maddesi astaksantin olan yem ise IV. gruba verilmiştir. Deneme yemleri, Yem Fabrikasında 4 numara pelet yem olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan yemlerin besin madde içerikleri Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Merkez Laboratuvarında, yemlerin ve kırmızı biber ununun toplam karotenoid içerikleri, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Laboratuvarında yapılmıştır. Kırmızı biberin toplam ksantofil içeriği 853.7 mg/kg olarak saptanmıştır. Üretici firma (Roche) tarafından Caropyll Pink %8'in 80000 mg/kg toplam ksantofil içerdiği bildirilmektedir. Deneme yemlerinin kimyasal yapıları Tablo 1'de verilmiştir.

Deneme başlangıcında, 14 gün sonra (I. periyot sonu), 28 gün sonra (II. periyot sonu) ve 45 gün sonra (III. periyot, deneme sonu) %35-40 oranında rasgele örneklenen balıklarının canlı ağırlıkları bireysel olarak tartılmıştır. Deneme sonunda, grupların kondisyon faktörünü tespit etmek amacıyla örneklenen balıkların total boy uzunlukları ölçülmüştür. Tartım ve ölçümün yapıldığı günlerde balıklara yem verilmemiştir. Deneme

Besin Maddeleri	Deneme Rasyonları*			
	I	II	III	IV
Kuru Madde (%)	91.08	90.89	91.71	90.65
Ham Protein (%)	35.87	35.23	35.31	38.21
Ham Yağ (%)	10.00	9.25	9.11	9.22
Ham Kül (%)	9.68	11.77	11.29	10.91
Total Karot. (mg/kg)	–	25.25	43.28	39.84

Tablo 1. Denemede kullanılan yem rasyonlarının besin maddeleri içerikleri.

*I:Kontrol grubu, II: %3 oranında biber ilave edilen, III: %6 oranında kırmızı biber ilave edilen, IV: %0.05 oranında "Carophyll Pink %8" ilave edilen rasyonlar.

başlangıcında, I. ve II. periyot sonunda her gruptan üçer adet, deneme sonunda (III. periyot sonu) beşer adet balık (5) renk tayini için tesadüfi olarak alınmıştır. Her sabah ölü balık kontrolü yapılmıştır. Deniz suyu sıcaklığı civalı termometreyle günlük, çözülmüş oksijen miktarı Horiba U-10 cihazı ile haftada bir ölçülmüştür.

Araştırmada kullanılan yemlerin kuru madde, ham protein, ham yağ ve ham kül içerikleri Weende analiz yöntemine göre yapılmıştır (6). Karma yemlerde yapılan karotenoid analizlerinde, Anonim (7)'de verilen AOAC spektrofotometrik analiz yönteminden yararlanılmıştır. Analizi yapılan yem materyalindeki toplam karotenoid miktarı aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (7).

$$\text{Toplam Karotenoid (mg/kg)} = (A_{474} \times 454 \times f) / (236 \times b \times d)$$

A_{474} =474 nm dalga boyunda ölçülen absorpsiyon, f=Aletin sapma faktörü ($f=0.561/A_{474}$), b=Küvet uzunluğu (cm), d=Sulandırma faktörü.

Balık Eti Renginin Belirlenmesi

Örneklenen balıklarda 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 (8). Görsel renk tayininde, "Roche Salmonid Renk Kartı" kullanılmıştır(5, 8, 9). Balık etinde yapılan görsel renk tayini ve spektrofotometrik analizler, Sinop Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Görsel renk tayininde, Johnsen ve Wathne (8) ve Smith ve ark. (10)'nın bildirdiği laboratuvar şartları ve ışık ortamına uyulmuştur.

Balık etinde meydana gelen pigmentasyon spektrofotometre (Spectronic 20, Bausch & Lomb) yardımıyla tespit edilmiştir. Balık etindeki toplam karotenoid madde miktarının saptanmasında, Skerede ve Storebakken (11) ve Foss ve ark. (5)'nin bildirdikleri yöntemlerden yararlanılmıştır. Asetonla ekstrakte edilen

balık eti örneklerinin saf asetona karşı absorpsiyonu, λ_{max} 'da (470-475 nm) okunmuş (5) ve sonuçlar balık etinde ppm (mg/lit) astaksantin cinsinden toplam karotenoid madde miktarı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama için $E_{\%1,1cm} = 1900$ değeri kullanılmıştır(5, 11).

Her bir grup için deneme başlangıcından deneme sonuna kadar olan sürede, karotenoid tutulma oranının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (5). Formülde, et ağırlığı balık ağırlığının 0.588 katsayısı ile çarpılması ile bulunmuştur(10).

$$\% \text{ Tutulma Oranı} = (\text{Etteki astaks., mg}) \times (100) / (\text{Tüketilen yemdeki toplam astaks.,mg})$$

Deneme sonucunda elde edilen büyüme, yem değerlendirme sayısı, ölüm oranı ve diğer parametrelere ilişkin değerler Erdem (12)'e göre hesaplanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçların istatistiksel analizi bilgisayarda, "Quattro Pro 6.0" ve "Minitab Release 9.2" programları ile yapılmıştır.

Bulgular

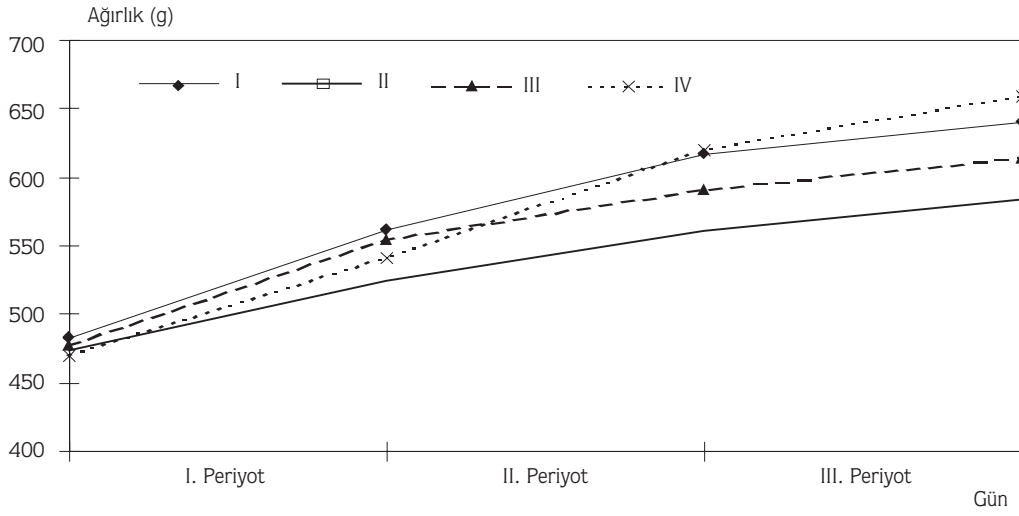
Deniz suyu sıcaklığı I., II. ve III periyotta ortalama 18.11°C, 20.21°C ve 21.38°C (deneme süresince, ortalama 20.07°C), çözülmüş oksijen miktarı 7.30 mg/lit, 7.05 mg/lit ve 6.70 mg/lit (deneme süresince, ortalama 7.02 mg/lit) olarak tespit edilmiştir. Kafeslerin bulunduğu bölgede, deniz suyu tuzluluğunun ortalama ‰18.2 olduğu ve ‰17.9 ile ‰18.6 arasında değiştiği bildirilmektedir (13).

Balıklar deneme başlangıcında, 14, 28 ve 45 gün sonra örneklenecek tartılmış ve saptanan canlı ağırlıkları Tablo 2'de verilmiş, Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 2 ve Şekil 1'den de görülebileceği gibi, deneme başlangıcında 469.530 g ile 482.821 g arasında değişen ortalama bireysel canlı ağırlıklar, 45 günlük deneme sonucunda balıklar en düşük 584.151 g ile en yüksek 659.621 g ağırlığa ulaşmışlardır. Deneme başlangıcında, gruplar arasında bireysel ortalama canlı ağırlıklar arasında farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit

PERİYOT	GRUPLAR				
	Gün	I	II	III	IV
Başlangıç --	482.821±2.944	473.422±6.251	476.824±4.751	469.530±3.377	
I. Per. sonu 14	561.429±3.990	523.600±5.600	553.714±4.052	541.714±7.097	
II.Per. sonu 28	616.449±9.049	560.401±2.669	590.229±8.438	620.610±7.004	
III.Per.sonu 45	640.520±14.489	584.151±11.610	613.465±15.540	659.621±14.766	

Tablo 2. Araştırma gruplarında, başlangıç ve periyotlara göre balıkların ortalama canlı ağırlıkları ($\bar{x} \pm S_x$, g).



Şekil 1. Gruplarda, periyotlara göre saptanan ortalama bireysel canlı ağırlıklar (g).

edilmiştir ($P>0.05$). Gruplardaki balıkların deneme sonu ortalama canlı ağırlıkları incelendiğinde IV. ile I., I. ile III. ve III. ile II. gruplar arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı ($P>0.05$), ancak IV. ile II, IV. ile III. ve I. ile II. grupları arasındaki farkın önemli olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır. Araştırma süresince, deneme gruplarında tespit edilen değerler Tablo 3'te verilmiştir.

45 gün süren denemede, gruplara göre ortalama olarak bireysel canlı ağırlık artışları, yüzde canlı ağırlık artış oranları, günlük yüzde canlı ağırlık artış oranları en yüksek IV., en kötü II. grupta görülmüştür. Yem değerlendirme sayıları en iyi IV. (2.055) ve en yüksek II. (3.175) grupta tespit edilmiştir. Deneme sonunda, kondisyon faktörleri 1.36 (I.), 1.31 (II.), 1.35 (III.) ve

Tablo 3. Deneme gruplarında saptanan canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yem değerlendirme sayısı ve günlük yemleme oranlarına ilişkin sonuçlar.

	G R U P L A R			
	I	I	III	IV
Deneme başı balık adeti	100	100	100	100
Den. başı ort.can.ağ.(g)	482.821±2.944	473.422±6.251	476.824±4.751	469.530±3.377
Deneme sonu ort.ağ.(g)	640.520±14.489	584.151±11.610	613.465±15.540	659.621±14.766
Den. sonu total boy(mm)	36.129±0.275	35.459±0.248	35.730±0.270	36.220±0.197
Ölen balık adeti	6	3	4	1
Bireysel can.ağ.art.(g)	157.599	110.729	136.641	190.091
Canlı ağ. artış oranı(%)	32.66	23.39	28.66	40.49
Gün. can.ağ.art.or.(%)	0.73	0.52	0.64	0.90
Den. başı topl.can.ağ.(g)	48282.100	47342.200	47682.400	46953.000
Den. sonu topl.can.ağ.(g)	56986.000	53737.941	55821.250	61979.573
Top.ölü ve örn.bal.ağ.(g)	6552.680	4219.440	4950.570	3157.200
Top. canlı ağırlık art.(g)	15256.580	10615.181	13089.420	18183.420
Toplam yem tüketimi(g)	37592	33703	34834	37358
Yem değ.sayısı	2.464	3.175	2.661	2.055
Günlük yemleme or.(%)	1.59	1.48	1.50	1.52
Kondisyon faktörü	1.36±0.016	1.31±0.020	1.35±0.018	1.39±0.023

1.39 (IV.) olarak hesaplanmış ve gruplar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Panelistler tarafından laboratuvar ortamında, biftek ve fileto renkleri renk kartı yardımı ile tespit edilmiş, elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak Tablo 4'te verilmiş, Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tablo 4'ten de görülebileceği gibi, biftek renk değerlerine benzer şekilde fileto renk değerleri de artış göstermiştir. Sentetik ve doğal karotenoid kaynakları katılarak hazırlanan yemlerle beslenen balıklarda, deneme başlangıcında renksiz olan biftek ve filetolarda zamanla renklenme tespit edilmiştir. Görsel renk tayini sonucunda, kontrol grubunda renk artışı gözlenmemiştir (Şekil 2 ve 3). IV. ile I., IV. ile II., IV. ile III., III. ile I. ve II. ile I. gruplardaki balıkların gerek biftek ve gerekse filetolarında renk kartı ile tespit edilen değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. III. ile II. grupların biftek renk kartı değerleri arasındaki farkın önemsiz ($P>0.05$), fileto renk kartı değerleri arasındaki farkın ise önemli olduğu tespit edilmiştir.

Spektrofotometrik metotla balık etinde saptanan karotenoid madde miktarları, gruplara ve periyotlara göre Tablo 5'te verilmiş ve Şekil 4'te gösterilmiştir.

Deneme başlangıcında, spektrofotometrik yöntemle balık etinde tespit edilen toplam karotenoid madde miktarı 0.559 mg/kg iken deneme sonunda I., II., III. ve IV. gruplarda, 0.526 mg/kg, 1.099 mg/kg, 1.457 mg/kg ve 5.568 mg/kg saptanmıştır (Tablo 5).

Balık etinde, spektrofotometrik yöntemle tespit edilen karotenoid konsantrasyonu ile görsel renk tayininde elde edilen biftek ($r=0.990$) ve fileto ($r=0.991$) renk kartı değerleri arasındaki ilişki kuvvetli bulunmuştur. Araştırmada, II., III. ve IV. gruplarda karotenoid tutulma oranı 2.005, 1.955 ve 12.265 olarak saptanmıştır.

Tartışma

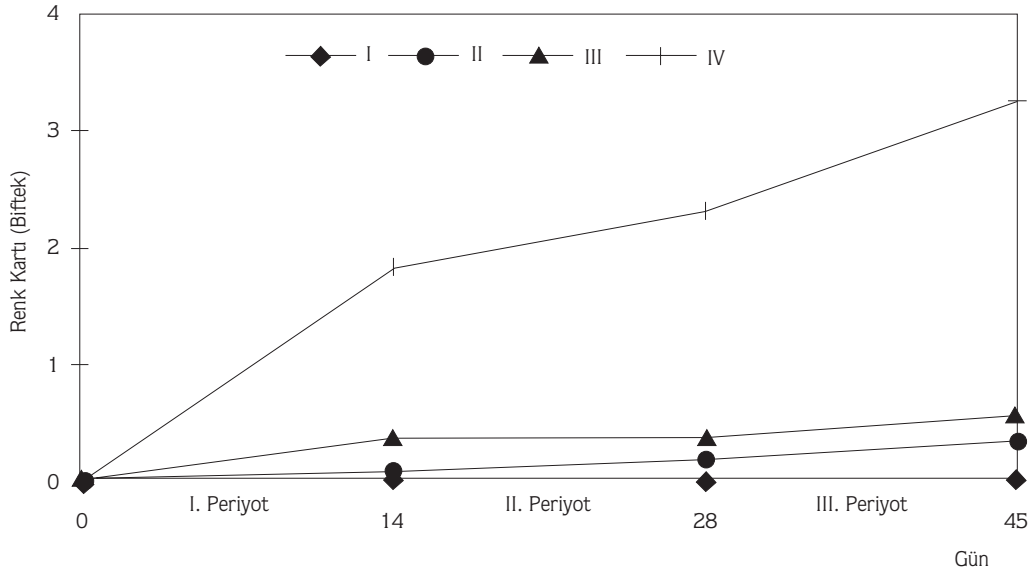
Su sıcaklığının yavaş yavaş yükselmesi ve gökkuşağı alabalıkları için 20°C'ye ulaşmasının önemli bir sakınca yaratmadığı, hatta yeterli çözünmüş oksijen bulunan su ortamında, 23-24°C su sıcaklıklarında bile kolayca yaşayabildikleri belirtilmektedir (14). Araştırmanın

PERİYOTLAR	GRUPLAR				
	Gün	I	II	III	IV
<i>Biftek</i>					
Başlangıç	-	0.000	0.000	0.000	0.000
I. Per. sonu	14	0.000	0.077±0.043	0.385±0.085	1.846 ±0.141
II. Per. sonu	28	0.000	0.182±0.068	0.364±0.096	2.318 ±0.216
III. Per. sonu	45	0.000	0.350±0.084	0.580±0.098	3.260 ±0.166
<i>Fileto</i>					
Başlangıç	-	10.000	10.000	10.000	10.000
I. Per. sonu	14	10.000	10.064±0.033	10.500±0.115	12.205±0.165
II. Per. sonu	28	10.000	10.364±0.085	10.697±0.141	12.770±0.204
III. Per. sonu	45	10.000	10.460±0.112	10.865±0.126	13.620±0.136

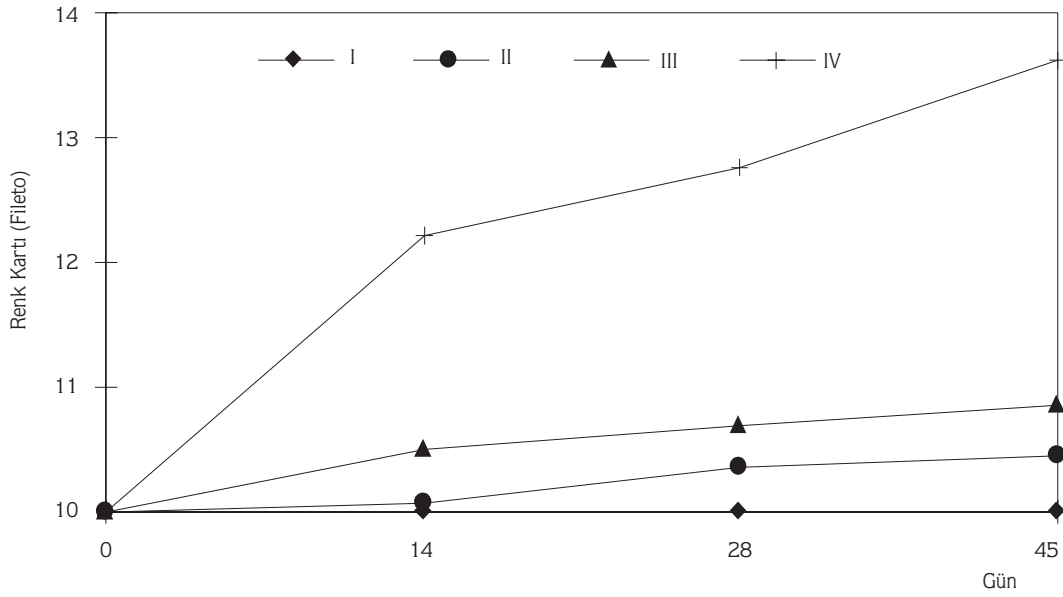
Tablo 4. Biftek ve filetoda tespit edilen renk kartı değerleri ($\bar{x}\pm S_x$).

PERİYOT	GRUPLAR				
	Gün	I	II	III	IV
Başlangıç	-	0.559	0.559	0.559	0.559
I. Periyot	14	0.514	0.795	1.061	2.895
II. Periyot	28	0.395	0.983	1.263	4.449
III. Periyot	45	0.526	1.099	1.457	5.568

Tablo 5. Deneme süresince, balık etinde spektrofotometrik yöntemle tespit edilen toplam karotenoid miktarları (mg karotenoid/kg balık eti).



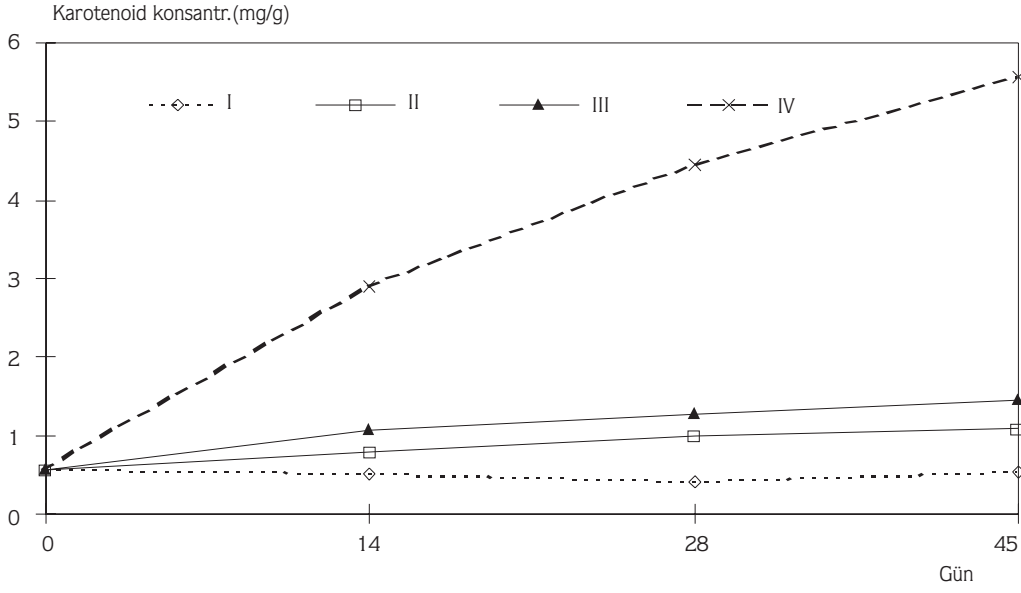
Şekil 2. Deneme süresince gruplarda tespit edilen biftek renk kartı değerleri.



Şekil 3. Deneme süresince gruplarda tespit edilen fileto renk kartı değerleri.

yapıldığı Karadeniz’de, Haziran ve Temmuz aylarında çözülmüş oksijen miktarına benzer sonuçlar Feyzioğlu (15) tarafından Haziran (7.1 mg/l), Temmuz (6.8 mg/l) ve Ağustos (6.2 mg/l) aylarında tespit edilmiş ve bu değerler, alabalık yetiştiriciliğinde oksijen miktarının mümkün olduğunca 6 mg/l’tin altına düşmemesi gerektiği belirtilen (16) değerlerden daha yüksektir.

Günlük yüzde canlı ağırlık artışı değerleri Aral ve ark. (13) (%1.89-1.99)’nın bildirdikleri değerlerden küçük, ancak Çelikkale (17) (%0.68) ile benzerlik göstermektedir. Araştırma sonunda elde edilen günlük yüzde canlı ağırlık artışının bazı araştırmacılara göre düşük bulunması, denemede kullanılan balıkların başlangıç ağırlıklarının (469-482 g) oldukça büyük olması ve balık büyüdükçe büyümenin yavaşlamasından kaynaklandığı (18) söylenebilir.



Şekil 4. Balık etinde saptanan karotenoid madde miktarları (mg/kg).

Elde edilen yem değerlendirme sayılarından daha iyi değerler Büyükhatipoğlu ve ark. (19) (0.97-1.25) ve Yiğit (20) (1.20-1.21) tarafından saptanmıştır. Çelikkale (17) (2.12-3.06), Aral ve ark. (13) (2.85-3.14) ve başlangıç ağırlıkları benzer olan balıklarla araştırma yapan Aral ve ark. (21) (2.21-2.85) tarafından paralel sonuçlar elde edilirken, Bircan (22) (1.84-5.18) tarafından da daha yüksek değerlerin tespit edildiği de bildirilmektedir. Yine, %35.6, %49.1 ve %60.4 protein içeren yemle %20 tuzlulukta deniz suyu 51 gün süreyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarında, yem değerlendirme sayıları sırasıyla 6.24, 4.22 ve 1.73 olarak tespit edilmiş (23) ve elde edilen yem değerlendirme sayıları bu araştırmada tespit edilen değerlerden daha yüksektir.

Balıkların yem değerlendirme oranlarına, balık büyüklüğü, ortam faktörleri, deneme süresi, yemleme teknikleri gibi birçok faktör etki etmekte (19) ve bu faktörlerin araştırmadan araştırmaya farklılık göstermesi nedeniyle yem değerlendirme oranlarında da farklılıklar görülebilmektedir.

Kondisyon faktörü değerleri Büyükhatipoğlu ve ark. (19) (1.25-1.16) ve Yiğit (20)'in (1.22) bildirdiklerinden yüksek, Çelikkale (17) (1.24-1.34) ve Aral ve ark. (13) (1.37-1.47) tarafından bildirilenlerle benzerlik göstermektedir. Zayıf kondisyonlu balığın kondisyon faktörünün 1.14, standart kondisyonlu balığın 1.37 ve kondisyonu yüksek olan şişman balığın 1.53 gibi değerlere karşılık geldiği bildirilmektedir (24). Araştırma

gruplarında saptanan kondisyon faktörleri değerlerine göre, balıklar standart balık grubuna girmektedir.

Pazara sunulacak salmonlarda, et renginin görsel olarak 13 veya daha yüksek renk kartı değerine sahip olması yeterli görülmektedir (11). Araştırma sonunda, deneme gruplarındaki balıkların filetolarında tespit edilen renk kartı değerleri; IV.grupta Skerede ve Storebakken(11)'in bildirdiği değerlerden yüksek ancak, II. ve III. grupta düşüktür.

Renk kartı değerlerine benzer şekilde, deneme başlangıcına oranla I. gruptaki balıkların etindeki karotenoid konsantrasyonunda önemli bir değişiklik görülmezken diğer deneme gruplarında artış saptanmış; ancak, IV. gruptaki balıkların etinde II. ve III. gruptakilere kıyasla daha fazla karotenoid biriktiği tespit edilmiştir. Toplam karotenoid konsantrasyonu III. (43.28 mg/kg) ve IV. (39.84 mg/kg) grupların deneme rasyonlarında benzer olmasına karşın, balıkların IV. grubun yemine katılan sentetik karotenoid kaynağını, III. grubun yemine katılan doğal karotenoid kaynağına oranla daha iyi değerlendirdikleri ve ette daha yüksek oranda karotenoid tuttukları gözlenmiştir.

Kamata ve Simpson (25), kırmızı biberin içerdiği başlıca pigmentin kapsantin olduğunu ve balıktan izole edilemediğini bildirmektedirler. Peterson ve ark. (26), kırmızı biber ekstraktı ile beslenen kahverengi alabalıklarda, 2 hafta sonra renklenmenin fark edilebildiği ve 4 hafta sonra renklenmenin oldukça belirgin olduğu,

ette doğal rengi dışında çok az da olsa sarımsı renk de görüldüğünü bildirmişlerdir. Amerikan istakozunu (*Homarus americanus*), kırmızı biber ekstraktı (50-125 mg/kg) ile 30 gün süreyle besleyen D'Abramo ve ark. (27), istakozlarda yeterli renklemenin sağlandığını ve istakozlarda kantaksantin, kerevit işleme atıkları ve *Artemia*'nin karotenoid kaynağı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Denemede, IV. gruptaki balıkların etinde tespit edilen 5.568 mg/kg karotenoid konsantrasyonuna benzer şekilde Helland ve ark. (29), 100 mg/kg oranında karotenoid kaynağı olarak astaksantin ilave ettikleri yemlerle 28 gün süreyle besledikleri gökkuşluğu alabalıklarının etinde 5.9 mg/kg karotenoid konsantrasyonu tespit etmişlerdir.

Yemdeki karotenoid konsantrasyonu ve besleme süresi farklı olmakla beraber, deneme sonunda balık etinde benzer karotenoid konsantrasyonu Bjerkgeng ve ark. (30) (6.5 mg/kg), Helland ve ark. (29) (5.9 mg/kg) ve No ve Storebakken (31) (6.2, 7.1 mg/kg) tarafından tespit edilmiştir. Bu çalışmada, IV. gruptaki balıkların etinde tespit edilen karotenoid miktarından daha yüksek değerler Foss ve ark. (5) (7.8 mg/kg), Storebakken ve ark. (32) (7.7 mg/kg) ve Choubert ve Heinrich (33) (11.8 mg/kg) tarafından tespit edildiği bildirilirken, daha düşük değerler ise Torrissen (34) (1.1-2.3 mg/kg) tarafından saptanmıştır. Bu farklılıkların deneme ve çevre şartlarından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, yemdeki karotenoid konsantrasyonu ve yemleme süresinin de karotenoidlerin depolanma oranını etkiledikleri belirtilmektedir (5).

Torrissen ve ark. (1), salmonid türü balıkların etinde karotenoid konsantrasyonunun 3-4 mg/kg olmasının 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. Deneme sonunda, IV. gruptaki balıkların etinde karotenoid konsantrasyonunun renklenme için yeterli görülen 4 mg/kg'ı aştığı görülmektedir.

Araştırmada, biftek renk kartı değerleri ile etteki karotenoid konsantrasyonu arasında tespit edilen korelasyon katsayısı (0.991), Storebakken ve ark. (35)'nin Atlantik salmonunda 0.71, Foss ve ark. (9)'nin gökkuşluğu alabalığında 0.80, deniz alabalığında 0.77 ve Johnsen ve Wathne (8)'nin gökkuşluğu alabalığında 0.73 olarak bildirdiklerinden yüksek olup, Foss ve ark. (5)'nin gökkuşluğu alabalığında 0.96 olarak bildirdikleri

korelasyon katsayısı ile benzerlik göstermektedir. Fileto renk kartı değerleri ile etteki karotenoid konsantrasyonu arasında saptanan 0.990 korelasyon katsayısı, Johnsen ve Wathne (8)'nin gökkuşluğu alabalığında bildirdiği 0.732'den yüksek, Smith ve ark. (10)'nin "coho salmonu"nda tespit ettikleri 0.999 ile benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada, görsel ve spektrofotometrik renk tayini değerleri arasında yüksek ilişki (0.990, 0.991) tespit edilmesi, balık etinde karotenoid konsantrasyonun maksimum 6 mg/kg'a kadar çıktığında her iki renk tayini değerleri arasında kuvvetli ilişki bulunabileceğini bildiren Foss ve ark. (5), Johnsen ve Wathne (8) ve Smith ve ark. (10) ile uyum göstermektedir.

II. ve III. gruplarda saptanan yüzde tutulma oranı (%2.005 ve %1.955), Foss ve ark. (5) (astaksantin içeren yemlerde %7-11, kantaksantin içeren yemlerde %5) ve Choubert ve Heinrich (33)'in astaksantin ve astaksantin ile kantaksantin karışımı ilave edilen gruplarda (%4.1 ve %3.1) tespit ettiklerinden düşük ancak, yine aynı çalışmada kantaksantin ve *Haematococcus pluvialis* ilave edilen gruplarda saptadıkları oranlardan (%1.1 ve %1.5) yüksektir. IV. gruptaki balıkların etinde tespit edilen karotenoid tutulma oranı, yemlere sentetik astaksantin ilave eden Choubert ve Heinrich (33)'in (%4.1) bildirdiklerinden yüksek olup, Foss ve ark. (5)'nin (%7-11) bildirdikleri ile benzerlik göstermektedir. Storebakken ve No (28), yapılan araştırmalarda karotenoid tutulma oranının %3 ile %18 arasında değiştiğini bildirmektedirler.

Salmonid balıklarının etinde, karotenoidlerin absorblanması, depolanması ve dolayısıyla karotenoid tutulma oranını pigment kaynağı, yem kompozisyonu, balıkların fizyolojik evreleri, balıkların büyüklüğü, cinsel olgunlaşma dönemi ve genetik yapısı gibi faktörlerin etkilediği bildirilmektedir (25). Yapılan araştırmalarda, pigmentasyonu etkileyen faktörler araştırmadan araştırmaya değişmekte, dolayısıyla araştırma sonunda elde edilen sonuçlarda da farklılıklar görülebilmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, çalışmada sentetik karotenoid kaynağı olarak astaksantin katılan yemlerle 45 gün süre ile beslenen IV. gruptaki balıkların etinde yeterli pigmentasyon görülürken, doğal karotenoid kaynağı olarak yeme %3 ve %6 oranında kırmızı biber katılan yemlerle beslenen balıklarda ise pigmentasyonun deneme süresince artış gösterdiği ancak, bu süre içinde yeterli düzeye ulaşmadığı saptanmıştır.

Alabalık yemlerinde, karotenoid kaynağı olarak sentetiklere kıyasla kırmızı biberin daha yüksek oranda katılması (yemde 40 mg/kg karotenoid konsantrasyonu sağlamak için "Carophyll Pink %8"den 0.50 g/kg, kırmızı biberden ise yaklaşık 50 g/kg gerekmektedir. Yeme yüksek oranda kırmızı biber katılması, rasyonun besin madde içeriğini değiştirmekte, özellikle ham selüloz düzeyini yükseltmekte ve bu nedenle dezavantaj oluşturmaktadır. Ancak, son yıllarda yurtdışında olduğu gibi, ülkemizde de kırmızı biber gibi yüksek oranda karotenoid içeren bitkisel esaslı kaynaklardan karotenoidlerin izolasyonu üzerine çalışmalar yapılmakta (36) olup, daha ileriki yıllarda ticari olarak üretildiği takdirde, balık yemlerine daha az oranda katılmak suretiyle yemin kimyasal yapısı fazla etkilenmeden yeterli karotenoid konsantrasyonu sağlanabilecektir.

Kamata ve Simpson (25), yemlere sentetik karotenoidlerin ilave edilmesinin yem maliyetini %10-15 oranında arttırdığını belirtirken, Torrissen ve ark.(2) bu oranının Atlantik salmону yemlerinde %20-25 olduğunu ve üretim maliyetinin yaklaşık %10'nu oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yem maliyetinde önemli bir yer tutması nedeniyle karotenoid kaynaklarının daha ucuza temin imkanlarının araştırılması gerekmektedir.

Ülkemizde, Salmonid türü balıkların pigmentasyonu ile ilgili çalışmalar oldukça yenidir. Buna karşılık, diğer ülkelerde özellikle Avrupa'da son yıllarda bu konuda birçok çalışmalar yapılmış ve pigmentasyonda yaygın olarak kullanılan sentetik ürünler yanında alglerden *Haematococcus pluvialis* ve *Spirulina sp.*, kırmızı maya *Phaffia rhodozyma* gibi bitkisel ve krill, kerevit ile karides işleme atıkları, kırmızı yengeç işleme atıkları gibi hayvansal kaynaklı doğal karotenoid kaynaklarının kullanılabilirliği konusunda araştırmalar yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, bu konu ile ilgili çalışmalara hız kazandırılması, doğal karotenoid kaynaklarının kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve ekonomik yolla tüketicinin isteği yönünde doğal pembe-kırmızı rengin sağlanması amacıyla gerekli araştırmaların yapılması ülkemiz için yararlı olacaktır.

Salmonid yetiştiriciliğinde, halen kullanılan sentetik karotenoid kaynaklarının dış ülkelere getirtilmesi döviz kaybına yol açmakta, bu nedenle balıkların pigmentasyonunda kullanılacak yurt içinde üretilen, ucuz doğal karotenoid kaynaklarının araştırılması büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

1. Torrissen, O. J., Hardy, R. W. and Shearer, K. D., 1989. Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. Reviews in Aquatic Science, vol. 1, issue. 2, pp. 209-225.
2. Torrissen, O. J., Christiansen, R., Struksnaes G. and Estermann, R., 1995. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. Aquaculture Nutr., vol. 1, pp. 77-84.
3. Gürocak, B., 1983. Ksantofillerden kırmızı biberin (*Capsicum annum*) yumurta sarısı ve deri pigmentlerine etkisi. Ank. Üniv. Zir. Fak., Yayın no: 947, Ankara.
4. Bjerkeng, B., 1997. Chromatographic analysis of synthesized astaxanthin - A handy tool for the ecologist and the forensic chemist. The Progressive Fish Culturist, vol. 59, pp. 129-140.
5. Foss, P., Storebakken, T., Schiedt, K., Liaaen-Jensen, S., Austreng, E. and Streiff, K., 1984. Carotenoids in diets for salmonids. I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. Aquaculture, vol. 41, pp. 213-226.
6. Bulgurlu, Ş. ve Ergül, M., 1978. Yemlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz metodları. Ege Üniv., Ziraat Fakültesi Yayın No: 127. Bornova, İzmir.
7. Anonim, 1980. Association of official analytical chemists (AOAC). Official methods of analysis, 13 th ed., pp. 822-823. Washington, D. C.
8. Johnson, G. and Wathne, E., 1989. Color measurements in farmed salmon and trout. (Translated and reprinted from: Norsk Fiskeoppdrett, vol. 4, pp. 45-47). Roche Print. Animal Nutr. and Health, Basel, Switzerland.
9. Foss, P., Storebakken, T., Austreng, E. and Liaaen-Jensen, S., 1987. Carotenoids in diets for salmonids . V. pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. Aquaculture, vol. 65, no. 3/4, pp. 293-305.
10. Smith, B. E., Hardy, R. W. and Torrissen, O. J., 1992. Synthetic astaxanthin deposition in pan-size coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Aquaculture, vol.104,pp.105-119.
11. Skrede, G. and Storebakken, T., 1986. Characteristics of color in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic salmon. J. Food Sci., vol.51, no. 3, pp. 804-808.
12. Erdem, M., 1982. Esmir deniz yosunlarının balık rasyonlarında değerlendirilme olanakları. Ank. Üniv., Zir. Fak. Yay.: 830.

13. Aral, O., Büyükhatipoğlu, Ş., Erdem, M. ve Ağırağaç, C., 1996. İki farklı yemin Karadeniz'de ağ kafeslerde yetiştirilen alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) büyümesine etkisi. Doğa Türk Vet. Hay. Derg., cilt 20, sayı 2, s.121-126.
14. Alpbaz, A., 1995. Pratik alabalık yetiştiriciliği (II. Baskı). Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Teknik Bülten No: 2, İzmir.
15. Fezyioğlu, M., 1996. Doğu Karadeniz kıyısı ekosisteminde fitoplankton dinamiğindeki mevsimsel değişimler. K.T.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 120 s., Trabzon.
16. Edmondson, J., 1991. Environment and fish health water quality for aquaculture. MEDRAP-II Mediterranean Regional Aquaculture Project Basic Level Training Course on Disease, Diagnosis and Prevention for Aquatic Species. Bodrum, 32 p.
17. Çelikkale, M. S., 1983. Kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde değişik stok düzeyleri ve yemleme tekniklerinin karşılaştırılması. Doğa Bilim Derg., Vet. ve Hayv., cilt 7, s. 283-297.
18. Çelikkale, M. S., 1988. İçsu balıkları yetiştiriciliği. K. T. Ü. Sür. Den. Bil. ve Tek. Y. O. Yay., cilt 1, 419s.
19. Büyükhatipoğlu, Ş., Erdem, M., Aral, O., Tarakçı, Y. ve Ağırağaç, C., 1996. Karadeniz'de ağ kafeslerde farklı stoklama yoğunluklarının gökkuşaağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) büyümesi üzerine etkileri. Doğa Türk Vet. Hay. Dergisi, cilt 20, sayı 2, s. 137-142.
20. Yiğit, M., 1996. Gökkuşaağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) denizsuyu ve tatlısudaki büyüme farklılıklarının karşılaştırılması. Ond. May. Üniv., Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 53s.
21. Aral, O., Büyükhatipoğlu, Ş., Erdem, M. ve Ağırağaç, C., 1995. Farklı stoklama yoğunluklarının gökkuşaağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) denizdeki gelişmeleri üzerine etkileri. I. (1993) ve II. (1995) Su Ürünleri Sempozyumu, 23-25 Haziran. Ata. Üniv. Zir. Fak., Su Ürünleri Böl., Erzurum.
22. Bircan, R., 1986. Erzurum yöresindeki bir araziye suyu entansif olarak yetiştirilen gökkuşaağı (*Salmo gairdneri*) alabalığının büyüme hızı ve yemden yararlanmasına kap şekli, günlük yemleme sayısı ve yem düzeyinin etkileri. Ond. May. Üniv., Zir. Fak. Der., cilt 1, sayı 1, s. 9-18.
23. Jürns, K., Bittorf, T.H. and Vökler, T.H., 1985. Influence of salinity and ratio of lipid to protein in diet on certain enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). Comp. Biochem. Physiol., vol. 81B, no. 1, pp. 73-79.
24. Springate, J., 1992. Fish must shape up to requirements. Fish Farmer, vol. 15, no. 1, Jan./Feb., pp. 39.
25. Kamata, T. and Simpson, K. L., 1992. A study of astaxanthin its application for the pigmentation of salmonid fish. Bull. Kagoshima Pref. College, vol.43, pp. 11-39.
26. Peterson, D. H., Jager, H. K., Savage, G. M., Washburn, G. N. and Westers, H., 1966. Natural coloration of trout using xanthopylls. Trans. Am. Fish. Soc., vol. 95, pp. 408-414.
27. D'Abramo, L. R., Baum, N. A., Bordner, C. E. and Conklin, D. E., 1983. Carotenoids as a source of pigmentation in juvenile lobsters fed a purified diet. Can. J. Fish. Aquat. Sci., vol. 40, no. 6, pp. 699-704.
28. Storebakken, T. and No, H. K., 1992. Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture, vol. 100, no. 1-3, pp. 209-229.
29. Helland, S., Grisdale-Helland, B., No, H. K. and Storebakken, T., 1990. Effect of previous pigmentation of carotenoid accumulation in rainbow trout. Poster. Abstr. 9th. Int. Symp. Carotenoids, Kyoto, Japan, 20-25 May 1990, p. 117.
30. Bjerkeng, B., Storebakken, T. and Liaaen-Jensen, S., 1990. Response to carotenoids by trout in the sea, resorption and metabolism of dietary astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture, vol. 91, pp. 153-162.
31. No, H. K. and Storebakken, T., 1992. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin and canthaxanthin in fresh water and sea water. Aquaculture, vol.101, pp.123-134.
32. Storebakken, T., Foss, P., Huse, I., Wandsvik, A. and Lea, T. B., 1986. Carotenoids in diets for salmonids. III. Utilisation of canthaxanthin from dry and wet diets by Atlantic salmon, rainbow trout and sea trout. Aquaculture, vol. 51, no.3-4, pp.245-255.
33. Choubert, G. and Heinrich, O., 1993. Carotenoid pigments of the green alga *Haematococcus pluvialis*: Assay on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, pigmentation in comparison with synthetic astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture, vol. 112, pp. 217-226.
34. Torrissen, O. J., 1989. Pigmentation of salmonids: Interactions of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in rainbow trout. Aquaculture, vol. 79, no. 1-4, pp. 363-374.
35. Storebakken, T., Foss, P., Schiedt, K., Austreng, E., Liaaen-Jensen, S. and Manz, U., 1987. Carotenoids in diets for salmonids IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin. Aquaculture, vol. 65, no.3-4, pp. 279-292.
36. Karaman, H. ve Göğüş, F., 1992. Paprika pigmentinin değişik ortamlar içine ekstraksiyonu ve kararlılığı. Gıda Mühendisleri Kongresi, 27 Nisan- 1 Mayıs. TMMOB, KMO Ege Bölge şubesi, İzmir.