

Doğal ve Sentetik Karotenoyitlerin Japon Balıklarının (*Carassius auratus*) Pigmentasyonu Üzerine Etkisi*

Mahmut YANAR, Nazmi TEKELİOĞLU
Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balcalı, Adana - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 15.12.1997

Özet : Bu çalışmada, çeşitli doğal ve sentetik karotenoyitli yem kaynaklarının, Japon balığının (*Carassius auratus*) pigmentasyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

75 mg/kg zeaksantin, astaksantin ve zeaksantin+astaksantin, kuru olarak %6 yonca, kırmızı biber, havuç ve plankton (*Daphnia* spp. ve *Scenedesmus* spp.) katkılı diyetlerle beslenen balıkların derilerinde, 60 günlük deneme sonunda, zeaksantin 33.52 ± 0.62 , kırmızı biber 29.84 ± 0.50 , *Daphnia* spp. 27.07 ± 0.82 , *Scenedesmus* spp. 26.52 ± 0.42 , astaksantin+zeaksantin 25.84 ± 0.62 , astaksantin 23.95 ± 0.68 , havuç 19.95 ± 0.66 , yonca 16.58 ± 0.64 ve kontrol grubu ise 11.59 ± 0.33 mg/kg total karotenoyit birikimine neden olmuştur. Deneme grupları arasında, başta zeaksantin olmak üzere, kırmızı biber ve planktonik organizmalarla beslenen gruplarda daha fazla pigment artışı görülmüştür ($p < 0.05$). Karotenoyit kaynaklarının balığın büyümesi üzerine etkileri ise benzer bulunmuştur ($p > 0.05$).

Anahtar Sözcükler : Pigmentasyon, karotenoyit, japon balığı, *Carassius auratus*

The Effect of Natural and Synthetic Carotenoids on Pigmentation of Gold Fish (*Carassius auratus*)

Abstract : In this study, the effect natural end synthetic carotenoids on pigmentation of gold fish (*Carassius auratus*) was investigated.

The fish were fed on diets containing 75 mg/kg zeaxanthin, astaxanthin, zeaxanthin+astaxanthin, 6% alfalfa, red pepper, carrot or plankton (*Daphnia* spp. and *Scenedesmus* spp.). At the end of the 60 days of experimental period, total carotenoid accumulation in the skin of the fish fed the experimental diets were 33.52 ± 0.62 mg/kg for zeaxanthin, 29.84 ± 0.50 mg/kg for red pepper, 27.07 ± 0.62 mg/kg for *Daphnia* spp., 26.52 ± 0.42 mg/kg for *Scenedesmus* spp., 25.84 ± 0.62 mg/kg for astaxanthin+zeaxanthin, 23.95 ± 0.68 mg/kg for astaxanthin, 19.95 ± 0.66 mg/kg for carrot, 16.58 ± 0.64 mg/kg for alfalfa and 11.59 ± 0.33 mg/kg for the control group. Zeaxanthin, red pepper and planktonic organisms were more effective in the pigmentation of the fish than the other diets ($p < 0.05$). The effect of carotenoid sources on the growth was not significantly different ($p > 0.05$).

Key Words : Pigmentation, carotenoid, gold fish, *Carassius auratus*

Giriş

Japon balıkları (*Carassius auratus*) yetiştiriciliğinde karşılaşılan önemli sorunlardan birisi, balıklarda istenilen düzeyde renk oluşumunun sağlanamamasıdır. Akvaryum balıklarında ise renk kalitesi, tüketicinin seçiminde önemli bir unsur olduğundan, yeterli düzeyde renklenmemiş bireylerin pazar arzı ve değeri önemli oranlarda düşmektedir. Dışalım yapılan japon balıklarında ise yoğun bir renklenme olduğundan, yerli üretimin bunlarla rekabeti bu bağlamda güçleşmektedir.

Japon balıklarının türüne özgü portakal kırmızısı renklenmeyi sağlayan lütein, zeaksantin ve astaksantin

türü karotenoyit grubu pigmentlerdir (1). Ancak balıkların karotenoyitleri sentezleme yetenekleri olmadığı için gereksinim duydukları bu maddeleri beslendikleri bitkilerden ve/veya dolaylı olarak hayvanlardan sağlarlar (2). Japon balıklarının yetiştirildiği havuz koşulları genellikle ötrofik karekterde olup, baskın florayı *Chlorophyceae* ve *Cyanophyceae* üyeleri oluşturmaktadır. Bu yem kaynakları karotenoyit bakımından zengin olduğu için bunlarla beslenen Japon balığında yoğun bir renklenme görülmektedir. (3). Bu balıkların kapalı alanlarda yapılan yetiştiriciliğinde ise, doğal yem kaynaklarından yeterince yararlanılmadığı için, istenilen

*Bu araştırma, doktora tez çalışmasının bir bölümü olup, Ç.Ü. Araştırma Fonu tarafından FBE-118'nolu projeye desteklenmiştir.

düzeyde bir renklenme sağlanamamakta ve balıkların renkleri solgun olmaktadır.

Türkiyede tarımı yaygın olarak yapılan bitkilerden kırmızı biberde kuru maddede 853 mg/kg ksantofil bulunmaktadır (4). Yonca ununda, 239 mg/kg ksantofil bulunup, bunun önemli bir kısmını lütein ve zeaksantin oluşturmaktadır (5). Havuçta ise özellikle β -karoten bulunmaktadır. *Scenedesmus* spp., karotenoyitçe çok zengin olup, kuru maddede 2500 mg/kg lütein, 500 mg/kg zeaksantin ve 520 mg/kg astaksantin içermektedir. Beslenmesini bu tür fitoplanktonik organizmalarla sürdüren su pireleri de bu karotenoyitler bakımından zengindirler (3).

Bu çalışmada, Japon balığı yetiştiriciliğinde beslenmeden kaynaklanan renklenme sorununun aydınlatılması amacıyla, sentetik karotenoyitler ile karotenoyit içeren bazı doğal yem kaynakları denenerek pigmentasyonda hangi kaynakların daha uygun olduğu araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Balık Üretim Tesisi'nde kapalı bir alanda yürütülmüştür. Deneme, 65x30x30 cm boyutunda 18 adet akvaryumda gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, canlı ağırlıkları 5.3 g olan Japon balığı (*Carassius auratus*)'nın aynı renk kalitesi ve niceliğinde kırmızı renkli varyeteleri kullanılmıştır. Her bir akvaryuma 12 adet balık stoklanarak, iki yinelemeli, 9 farklı diyet uygulanacak deneme grupları oluşturulmuştur .

1. deneme grubu: %6 kuru yonca (*Medicago sativa*) içeren diyetle beslenmişlerdir. Bunun için, yonca bitkisinin yaprakları alınıp, gölgede 4-5 gün sürede kurutulmuş ve daha sonra öğütülerek karma toz yeme karıştırılmıştır.

2. deneme grubu: % 6 kuru kırmızı biber (*Capsicum annum*) içeren diyetle beslenmişlerdir. Bunun için, Karaisalı cinsi, yarı acı kırmızı biber, gölgede, 4-5 gün sürede kurutulmuş ve daha sonra öğütülerek karma toz yeme karıştırılmıştır

3. deneme grubu: % 40 yaş havuç (*Daucus carota*) içeren diyetle beslenmişlerdir. Bunun için, havuçlar önce kıyma makinasında bir kaç defa çekilmiş ve daha sonra karma toz yeme karıştırılmıştır.

4. deneme grubu: günde iki öğün su piresi (*Daphnia* spp.) ve iki öğün de karma yemle beslenmişlerdir.

5. deneme grubu: günde iki öğün *Scenedesmus* spp. ve iki öğün de karma yemle beslenmişlerdir.

6. deneme grubu: 75 mg/kg sentetik astaksantin içeren diyetle beslenmişlerdir

7. deneme grubu: 75 mg/kg sentetik zeaksantin içeren diyetle beslenmişlerdir.

8. deneme grubu: 37.5 mg/kg astaksantin ve 37.5 mg/kg zeaksantin olmak üzere toplam 75 mg/kg sentetik karotenoyit içeren diyetle beslenmişlerdir.

9. deneme grubu: sadece karma yemle beslenmişlerdir (kontrol grubu).

Tüm diyetlerde, %42 ham protein içeren karma yem (Pınar A.Ş, İzmir) kullanılmıştır. Sentetik karotenoyitler, önce 60°C sıcaklıktaki suda çözündürülmüş ve daha sonra öğütülmüş olan karma yeme karıştırılarak iyice homojenize edilmiştir. Astaksantin kaynağı olarak, % 5 astaksantin içeren ve ticari ismi Carophyll-pink, zeaksantin kaynağı olarak %10 zeaksantin içeren ve ticari ismi Carophyll-yellow olan renklendiriciler kullanılmıştır (Roche, Switzerland). Tüm deneme grupları hazırlanan bu diyetlerle 60 gün süresince beslenmişlerdir.

Scenedesmus spp., araştırmanın yapıldığı kurumun plankton üretim ünitesinde, su piresi ise, açıkta bulunan beton havuzlardan hasat edilmiştir. Canlı yem kaynaklarının (4. ve 5. gruplar) denemede olduğu şekliyle kullanılmasının amacı, şu gerekçeden kaynaklanmıştır: Karotenoyitler çok çabuk oksidasyona uğradıkları için oldukça kararsız bileşiklerdir. Bu yemlerin hazırlanmaları bir teknoloji gerektirmektedir. Bunun için karotenoyit katkıları rasyonlar hazırlamak oldukça zor ve zaman almaktadır. Karotenoyit içeren canlı yemler ise, balıklara doğrudan verildikleri için kullanılmaları pratiktir. Bu yüzden işletmelerin karotenoyit katkıları yemler hazırlamalarının yanısıra, karotenoyit içeren doğal canlı yemleri kullanmaları bir seçenek olarak düşünülmüştür.

Tüm deneme grupları için hazırlanan diyetlere, önce su katılarak hamur kıvamına getirilmiş ve homojenlikleri sağlandıktan sonra kıyma makinasında 3 mm çapında elekten geçirilerek pelet formuna getirilmiştir. Diyet yemler küçük plastik kaplara konarak derin dondurucuda -25°C' de korunmuşlardır. Yemler balıklara verilmeden önce çözündürülmüş ve daha sonra verilmiştir (6,7,8). Diyet gruplarının deneme süresince tükettikleri yem miktarları, deneme başında ve deneme sonunda tartılan yem miktarları farkından bulunmuştur.

Balık derisindeki pigmentasyon, deneme başı ve deneme sonu (60 gün) olmak üzere spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür. Deneme başında, stok akvaryumundan alınan 12 adet balığın, deneme sonunda ise, her gruptan 4 adet balığın, iki paralelli olmak üzere U.V. spektrofotometrede karotenoyit analizleri yapılmıştır. Karotenoyitlerin ekstraksiyonu, Torrissen ve Nævdal (1984)' in, Amona ve ark.(1968) ve Renstr ve ark.(1981)' ndan modifiye ettiği yöntemle göre yapılmıştır (9). Derideki total karotenoyitlerin hesaplanmasında, astaksantin asetonda %1 lik çözeltilisinin, 474 nm'de, 1 cm' lik küvetteki teorik ekstraksiyonu 2000 alınmıştır (1, 10).

Balıklar günde dört öğün serbest yemleme yöntemiyle beslenmişlerdir. Deneme süresince su sıcaklıkları 23-24°C, oksijen miktarları ise 6.5-7.5 mg/lt sınırlarında tutulmuştur. Akvaryumlar, odadan içeriye süzülen güneş ışığına tabi olup, günlük ışık periyodu yaklaşık 12 saat süredir.

Her gruba ait araştırma verileri, "Varyans analizi" ve "Duncan çoklu karşılaştırma testi"nde, % 5 önem seviyesine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular

Karotenoyit kaynaklarının balığın ağırlık artışı üzerindeki etkileri, 20.gün ve 40.gün gözlem dönemlerinde istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($p>0.05$). 60.gün gözlem döneminde ise, havuç ve kırmızı biber katkı rasyonla beslenen gruplar, *Daphnia spp.* ve *Scenedesmus spp.* ile beslenen gruplara göre, kontrol grubu ise, *Scenedesmus spp.* ile beslenen gruplara göre farklı bulunmuştur ($p<0.05$). En iyi gelişme

performansını, sırasıyla; biber, havuç, kontrol, yonca, astaksantin, astaksantin+zeaksantin, zeaksantin, *Daphnia spp.* ve *Scenedesmus spp.* ile beslenen gruplar izlemiştir (Tablo 1).

Deneme süresi içerisinde, yonca, biber ve zeaksantin katkı rasyonlarla beslenen gruplarda %4.2, *Scenedesmus spp.* ile beslenen grupta ise %8.3 balık ölmüştür.

Diyet gruplarının deneme sonu itibariyle yem değerlendirme katsayısı ve birey başına tüketilem yem miktarları, sırasıyla, kırmızı biber katkı diyetle beslenen grupta 2.52 (12.27 g), astaksantin+zeaksantin katkı diyetle beslenen grupta 2.55 (11.17 g), yonca katkı diyetle beslenen grupta 2.58 (11.35 g), zeaksantin katkı diyetle beslenen grupta 2.58 (11.33 g), astaksantin katkı diyetle beslenen grupta 2.59 (11.29 g), havuç katkı diyetle beslenen grupta 2.60 (12.12 g), kontrol grubunda ise 2.61 (11.54 g) olarak bulunmuştur. *Daphnia spp.* ve *Scenedesmus spp.* ile beslenen grupların ise beslenme şekilleri diğer gruplardan farklı oldukları için yem değerlendirmesi yapılmamıştır.

Diyet gruplarının derilerindeki total karotenoyit miktarları ortalamaları deneme başında 13.76 mg/kg olarak saptanmıştır. Deneme sonu itibariyle (60. gün) gruplar pigment birikimi bakımından farklı bulunmuştur ($p<0.01$). En iyi pigmentasyon gelişmesini, sırasıyla; zeaksantin (33.52 mg/kg), kırmızı biber (29.84 mg/kg), *Daphnia spp.* (27.07 mg/kg), *Scenedesmus spp.* (26.52 mg/kg), astaksantin+zeaksantin (25.84 mg/kg), astaksantin (23.95 mg/kg), havuç (19.95 mg/kg) ve yonca (16.58 mg/kg) izlemiştir. Kontrol grubunda ise bu değer 11.59 mg/kg düzeyinde kalmıştır (Tablo 2).

Diyet grupları	Canlı ağırlık ortalamaları (g)			
	0. gün	20. gün	40. gün	60. gün
havuç	5.28±0.12	6.41±0.12 ^a	7.98±0.21 ^a	9.94±0.23 ^a
yonca	5.30±0.09	6.38±0.09 ^a	7.76±0.13 ^a	9.70±0.21 ^{abc}
astaksan.+zeaksan.	5.31±0.09	6.31±0.12 ^a	7.77±0.16 ^a	9.69±0.21 ^{abc}
biber	5.30±0.09	6.33±0.11 ^a	8.01±0.21 ^a	10.17±0.23 ^a
kontrol	5.30±0.08	6.28±0.07 ^a	7.48±0.17 ^a	9.72±0.21 ^{ab}
<i>Daphnia spp.</i>	5.27±0.06	6.27±0.08 ^a	7.48±0.13 ^a	9.18±0.19 ^{bc}
zeaksantin	5.30±0.08	6.25±0.08 ^a	7.56±0.12 ^a	9.69±0.23 ^{abc}
<i>Scenedesmus spp.</i>	5.31±0.09	6.24±0.10 ^a	7.46±0.13 ^a	8.97±0.16 ^c
astaksantin	5.33±0.12	6.24±0.09 ^a	7.61±0.15 ^a	9.69±0.15 ^{abc}

Tablo 1. Diyet Gruplarının Gözlem Dönemlerine Ait Canlı Ağırlık Ortalamaları (Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak farklıdır, $p<0.05$).

Tablo 2. Diyet Gruplarının Derilerinde Saptanan Total Karotenoyit Miktarları Ortalamaları (Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistik olarak farklıdır. $p < 0.05$).

Diyet grupları	Derideki total karotenoyit miktarı (mg/kg)	
	0. gün	60. gün
havuç	13.76 ± 0.21	19.95 ± 0.66e
yonca	13.76 ± 0.21	16.58 ± 0.64f
astaksantin+zeaksantin	13.76 ± 0.21	25.84 ± 0.62c
biber	13.76 ± 0.21	29.84 ± 0.50b
kontrol	13.76 ± 0.21	11.59 ± 0.33g
Daphnia spp.	13.76 ± 0.21	27.07 ± 0.82c
zeaksantin	13.76 ± 0.21	33.52 ± 0.62a
Scenedesmus spp.	13.76 ± 0.21	26.52 ± 0.42c
astaksantin	13.76 ± 0.21	23.95 ± 0.68d

Tartışma ve Sonuç

Planktonik organizmalar hariç tutulduğunda, gruplar ağırlık artışı bakımından benzer görülmektedir ($p > 0.05$). Ancak kırmızı biberle beslenen grupların, tüm gözlem dönemlerinde, rakamsal olarak daha üstün bir gelişme gösterdiği dikkat çekicidir. Kırmızı biberin balıkların büyümesi üzerindeki etkisi ile ilgili bir kaynağa rastlanmamıştır. Ancak, acı kırmızı bibere acı tadı veren *capcaicin* maddesinin kanatlı hayvanlarda büyümeyi arttırdığı rapor edilmiştir (4). Kapsaisin'in benzer etkiyi Japon balığı üzerinde yapmış olabileceği bir olasılık olarak düşünülebilir. Planktonik yemlerle beslenen gruplarda büyümenin daha az görülmesine rağmen, bu kaynakların kullanılmaları karotenoyit katkılı rasyonlar hazırlamadan daha pratiktir. Karotenoyitli yem rasyonlarının hazırlanmalarının güç olduğu durumlarda, bu canlı yem kaynakları başarıyla kullanılabilir.

Sentetik karotenoyitlerin, balıklarda büyüme ve gelişme üzerindeki etkisi henüz tam anlamıyla aydınlığa kavuşmuş değildir. Bu konuda değişik spekülasyonlar vardır. Bazı araştırmacılar karotenoyitlerin sucul organizmalarda önemli biyolojik etkilerinin olduğuna işaret etmişlerdir (11,12,13). Sentetik astaksantin ve kantaksantin, alabalıkların erken beslenme döneminde, yaşama oranını ve büyümeyi arttırdığını bildirilmiştir (14). Karotenoyitlerin balıklarda görülen bu etkilerinin, aynı zamanda karidesde (*Panaeus japonicus*) bulunduğu rapor edilmiştir (15). Bununla birlikte karotenoyitlerin (astaksantin) karidesde (*Panaeus japonicus*) yaşama oranını arttırdığı, ancak büyüme ve yem değerlendirme

üzerinde farklı bir etki yapmadığı bildirilmiştir (16, 17). Bir çalışmada ise, karotenoyitlerden kantaksantin, juvenil japon balığının büyümesi üzerine bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (18). Benzer sonuçlar, alabalıklar üzerinde de alınmıştır (19). Bu çalışmada ise, sentetik karotenoyitlerin japon balığının büyümesi üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Diyet gruplarında yem değerlendirme, 2.52-2.61 arasında değişmiştir. Bununla birlikte, sentetik karotenoyit ve kırmızı biber içeren rasyonlarla beslenen grupların, yem değerlendirmelerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak aradaki farklar önemsenmeyecek kadar azdır.

Diyet gruplarında en iyi pigmentasyon gelişmesini, sırasıyla; zeaksantin, biber, *Daphnia spp.*, *Scenedesmus spp.*, astaksantin+zeaksantin, astaksantin, havuç, yonca ve kontrol yemiyle beslenen gruplar izlemiştir (Tablo 2). Bu konuda yapılan bir çalışmada, Japon balığının 30 gün boyunca, 100 mg/kg zeaksantin içeren diyetle beslenmeleri sonucunda, deride biriken total karotenoyit miktarlarının yaklaşık 27 mg/kg olarak bulunmuştur (1). Bu çalışmada ise, en yüksek karotenoyit artışı, zeaksantin katkılı diyetle beslenen grupta olup, yaklaşık 33 mg/kg düzeyinde birikmiştir. Bu değer, diğer araştırma bulgusuna göre biraz yüksek çıkması, karotenoyidin uygulama süresinin daha uzun olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Japon balıkları değişik formdaki karotenoyitleri absorbe ettikten sonra, onları oksidasyona uğratarak dokularında, özellikle de deride astaksantin formunda biriktirmektedirler (1). Bu yüzden deride ölçümü yapılan total karotenoyitler, astaksantin veya ona benzer formdaki karotenoyitlerdir. Araştırmada balık derisinden ekstrakte edilen karotenoyitlerin maksimum absorpsiyon veren dalga boyu 475 nm olarak bulunmuştur. Bu değer ise, astaksantin tipik pikidir ve çoğu araştırmacılar astaksantin maksimum absorpsiyonunu yaklaşık bu dalga boylarında okumuşlardır. (10,20,21,22). Japon balığının tercih etmiş oldukları pigmentler, zeaksantin ve lütein gibi ksantofil grubu karotenoyitlerdir (1). Bunların da maksimum absorpsiyonları 450 nm'dir. Oysa balıkların derilerinden ekstrakte edilen karotenoyitler 475 nm'de pik vermişlerdir. Bu durum şunu göstermektedir: Japon balığı, başta zeaksantin ve lütein olmak üzere değişik karotenoyitleri absorbe etmekte; ancak, bu karotenoyitleri bünyelerinde oksidasyona uğratarak özellikle astaksantin formunda biriktirmektedirler. Bu

saptama, Hata ve Hata (1971)'nın Japon balığında karotenoyit metabolizması ile ilgili bulgularıyla da (1) paralellik göstermektedir.

Japon balığı için hangi yetiştiricilik modelinin tercih edilmesi konusunda karar verilirken, balığın beslenme alışkanlıkları ve bunun sonuçlarından biri olarak ortaya çıkan renklenme olgusunun dikkate alınması gerekmektedir. Japon balığı, açık sistemde yetiştirildiğinde, karotenoyitce zengin planktonik organizmalarla beslendikleri için, balıkların pigmentasyon yoğunluğu, tüketicinin tercih ettiği düzeyde olmaktadır. Bunun için balıkların ayrıca karotenoyit katkılı her hangi

bir diyetle beslenmelerine gereksinim duyulmaz. Ancak kapalı sistemlerde Japon balığı yetiştirilmesi durumunda, balıklar karotenoyitce zengin doğal yem kaynaklarından yararlanmadıkları için, renkleri açık ve solgun olmaktadır. Yurdumuzda kapalı alanlarda yetiştirilen Japon balığında bu olay sıkça yaşanmaktadır. Kapalı alanlarda yetiştirilen Japon balığının bu araştırma bulgularına göre, özellikle sentetik zeaksantin, kırmızı biber ile *Scenedesmus* spp. ve su piresi gibi planktonik organizmalarla beslenmeleri durumunda renklenme, açık sistemlerde yetiştirilen balıkların renkleri gibi kırmızı olacaktır.

Kaynaklar

- Hata,M., Hata,M.: Carotenoid Pigments in Goldfish-IV. Carotenoid Metabolism. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 1971; 38, (4) 331-338.
- Torrissen, O.J., Hardy,R.W., Shearer,K.D.: Pigmentation of Salmonids Carotenoids Deposition and Metabolism. Aquatic Sciences, 1989 ; 1, 209-225.
- Hata,M., Hata,M.: Studies on Astaxanthin Formation in Some Fresh-Water Fishes,Tohoku j. Agric. Res., 1973; 24, (4): 192-196.
- Gürocak, B.: Ksantofillerden Kırmızı Biber (*Capsicum annum*)' in, Yumurta Sarısı ve Deri Pigmentlerine Etkisi. Ankara, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi yayınları, 947, Seminerler:24, 1985.
- Bickoff,E., M. ve Kohler,G.,O.: Chemical Composition Of Herbage. Agricultural Researc Service, 1969; 12, 247-282
- Schiedt,K., Levendberger,F.J.,Glinz,E., Vecchi,M.: Absorption, Retention and Metabolik Transformation of Carotenoid in Rainbow Trout, Salmon and Chicken. Pure and Appl. Chem. 1985; 57, (5) 685-692.
- Christiansen, J., Wallace,J.C.: Deposition of Canthaxanthin and Muscle Lipid and Two Size Groups of Charr (*Salvelinus alpinus*, Line). Aquaculture, 1988; 69, 69-78.
- Pozo,R., Laventy,J., Love,R.M.: The Role of Diyetary α -tocopherol (vitamin-E) in Stabilising the Canthaxanthin and Lipids of Rainbow Trout Muscle. Aquaculture., 1988; 73, 163-175.
- Torrissen, O. j. ve Naevdal, G.: Pigmentation of Salmonids - Genetical Variation in Carotenoid Deposition in Rainbow Trout. Aquaculture, 1984; 38: 59-66
- Foss,P., Storebakken,T., Schiedt,K., Liansen,J.,S., Austreng,E.,Stereiff, K.: Carotenoids in Diyet for Salmonids. I Pigmentation of Rainbow Trout with the Individual Optical Isomers of Astaxanthin in Comparison with Canthaxanthin. Aquaculture, 1984; 41, 213-226
- Gross, J. ve Budowski,P.: Conversation of Carotinoids into Vitamins A1 and A2 in Two Species of Fresh Water Fish. Biochem.j., 1966; 10, 747-754.
- Tacon,A.G.J.: Speculative Review of Possible Carotenoid Function in Fish. Prog.Fish Cult., 1981; 43, (4) 205-208.
- Craik,J.C.A.: Egg Quality and Egg Pigment Content in Salmonid Fishes. Aquaculture, 1985; 47, 61.
- Torrissen ,O.J.: Pigmentation of Salmonids-Effect Carotenoids in Eggs-Feeding Diyet on Survival and Growth Rate. Aquaculture, 1984; 43, 185-193
- Chien,Y-H., Jeng, S-C.: Pigmentation of Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by Various Pigment Sources and Levels and Feeding Regimes. Aquaculture 1992; 102, 333-346.
- Yamada, S., Tanaka,Y., Sameshima,M., ITO,Y.: Pigmentation of Prawn (*Panaeus japonicus*) with Carotenoids. I. Effect of Dietary Astaxanthin, β -carotene and Canthaxanthin on Pigmentation. Aquaculture, 1990; 87, 323-330.
- Kumlu, M.: Physiology of Decapod Crustacean Larvae with Special Reference toDiet (Doktora tezi). School of Ocean Sciences University of Wales, Bangor,Menai Bridge, gwynedd, 1995; LL59 5EY.
- Yanar, M., Tekelioğlu,N.: Güneş Işığı ve Renk Maddesi (Canthaxanthin) Uygulamalarının, Japon balığı (*Carassius auratus*)nın Erken Çağda (juvenil) Renklenmesi Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1995; 6, 167-168.
- Yanar,M., Kumlu,M.,Çelik,M.,Tekelioğlu,N.: Pigmentation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) with Carotenoids from Red Pepper. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh (Basımda).
- Choubert,G. ve Storebakken,T.: Dose Response to Astaxanthin and Canthaxanthin Pigmentation of Rainbow Trout Fed Various Diyetory Carotenoid Concentration Aquaculture, 1989; 81, 69-77.
- Iwamoto,R.N., Myers, J.M., Hersberger,W.K.: Heritability and Genetic Correlations for Flesh Colouration in Pen-reared and Coho Salmon. Aquaculture, 1990; 86, 181-190.
- Storebakken,T., Foss,P., Schiedt,K., Austreng,E., Liaden-Jensen,S.,Manz,U., Carotenoids in Diyet for Salmonids IV. Pigmentation of Atlantic Salmon with Astaxanthin Dipalmitate and Canthaxanthin. Aquaculture 1987; 65, 279-292.