

KAROTENOİD İÇEREN YEMLERLE BESLENEN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*Oncorhynchus mykiss*) RENK GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN ENSTRÜMENTAL (FİZİKSEL) VE RENK KARTI YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Nihat Yeşilayer^{1*}, Muammer Erdem², Orhan Aral², Zafer Karşlı²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Almus Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Tokat

²Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Su Ürünleri Fakültesi, Aklıman-Sinop

Özet:

Alabalıkların etindeki pembe kırmızı renk, karotenoid grubu pigmentlerden sağlanmaktadır. Sentetik ve doğal karotenoid maddeler ilave edilerek 3 grup halinde (kırmızı biber ekstraktı, astaksantin ve kantaksantin) pigmentasyonu sağlandıktan sonra ortalama ağırlığı 300 g. ulaşan balıklar 60 gün süre ile karotenoidsiz ticari alabalık yemi ile beslenmiştir. Gökkuşığı alabalıklarından alınan filetoların renkleri enstrümental (CIE L* a* b*) ve renk kartı değerleri kullanılarak renk geri dönüşümü incelenmiş ve a* değeri ile renk kartı değerleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Filetoda renk kartı değerleri azalırken a* (kırmızılık), b* (sarılık) ve L* (parlaklık) değerlerinin de azaldığı bulunmuştur. Deneme başlangıç ve sonunda en yüksek a* ve renk kartı değeri kantaksantin grubunda sırasıyla 9.550, 6.493 ve 15.139, 12.569 bulunmuştur. Gruplar arasında deneme başı ve sonunda renk parametrelerinde bir azalma olmasına rağmen istatistiksel olarak L*, a*, b* değerlerinde bir fark bulunamamıştır (P>0.05). Renk kartı değerleri bakımından grupların deneme başı ve sonu arasında istatistiksel olarak farklar önemli bulunmuştur (P<0.05). Alabalık filetolarının a* ile renk kartı değerleri arasındaki ilişkinin, kırmızı biber ekstraktı grubunda kuvvetli olduğu tespit edilmiştir (r= 0.97).

Anahtar Kelimeler: Gökkuşığı alabalığı; Karotenoid; Enstrümental analiz, Kırmızı biber ekstraktı

* Correspondence to: Dr. Nihat YEŞİLAYER, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Almus Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Tokat-TÜRKİYE

Tel: (+90 356) 252 16 16 / 2782 Fax: (+90 356) 252 12 32

E-mail: nihatyesilayer@gmail.com

Abstract: A study of color back transformation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by feed containing carotenoids with instrumental (physical) and color card methods

Pink red coloration in rainbow trouts is supplied by pigments from carotenoid. Rainbow trouts with average weight of 300 g. were fed by feed without carotenoid during 60 days after they were pigmented by synthetic and natural carotenoid matters (astaxanthin, canthaxanthin and red pepper oleoresin) as 3 groups. Colour back transformation and relation between a^* value and color card values were determined in filet colors by instrumental (CIE $L^* a^* b^*$) and color card values. While color card values were decreased in fillets, a^* (redness), b^* (yellowness) and L^* (brightness) were also decreased. The highest a^* and color card value were 9.550, 6.493 and 15.139, 12.569 in canthaxanthin group at the beginning and of the experiment, respectively. Although there was a decrease in color parameters between groups at the beginning and end of the experimental period, there were no significant differences in L^* , a^* and b^* ($P>0.05$). The difference between the beginning and end of the experiment was significant in terms of color card values ($P<0.05$). The relationship between a^* and color card values was strong in red paprika oleoresin group ($r=0.97$).

Keywords: Rainbow trout; Carotenoid; Instrumental method; Red pepper oleoresin

Giriş

Salmon et rengi, tüketiciler tarafından dikkat edilen en önemli kriterdir. Salmon etinin pembe-kırmızı rengi, karotenoidlerden dolayı özellikle de astaksantin, balıkların ayırt edici özelliklerinden birisidir. Ancak karotenoidler balıklar tarafından sentezlenemezler. Balık yemlerine çeşitli doğal veya sentetik karotenoid kaynaklar ilave edilerek istenen renk elde edilebilmektedir (Bird ve Savage, 1990). Doğal ortamda yetişen alabalıkların etindeki pembe-kırmızı rengin, balığın besinini oluşturan planktonik ve bentik krustaselerden kaynaklandığı bilinmektedir (Choubert ve Blanc, 1985).

Balık yetiştiriciliğinde salmon ve alabalık dışında birçok su ürünleri türlerinin yetiştiriciliğinde de pigment kaynağı olarak doğal ve sentetik maddeler kullanılmaktadır. Doğal kaynaklar hayvansal ve bitkisel olarak ikiye ayrılmaktadır. Hayvansal kaynaklar içerisinde krill, kopepod, kırmızı yengeç, karides, istakoz, Chironomid, Daphnia ve Gammarus gibi canlıların alabalık pigmentasyonunda kullanılabileceği belirtilmektedir (Choubert ve De la Noue, 1987). Bitkisel kaynak olarak ise Spirulina, kırmızı biber ve türevleri, kadife çiçeği, kırmızı maya (*Phaffia rhodozyma*) ve *Haematococcus pluvialis* mikro algi pigmentasyon için kullanılmaktadır (Bjerkeng, 2000). Sentetik maddelerden en çok kullanılan ise astaksantin ve kantaksantindir (Storebakken ve No, 1992). Ancak, astaksantin alabalıklar tarafından kantaksantine oranla daha yüksek

oranda değerlendirilmektedir (Torrissen ve ark., 1989).

Değişik pazarlara dağıtılmadan önce salmonların, renk kalite tercihlerine göre sınıflandırılması bir avantaj sağlar (Skrede ve Storebakken 1986). İnsan gözü (beyni) renkleri hafızada tutma yeteneği zayıf olduğundan (Hunter 1975), ürünün rengini kalitatif ve kantitatif olarak tam belirlemek için enstrümental tekniklere gereksinim duyulmaktadır. Değişik renk sistemleri enstrümental renk analizleri için kullanılabilir. Sistem 1976 yılında uluslararası aydınlatma (Renk) komisyonu (CIE) tarafından önerilen, CIE (1976) $L^* a^* b^*$, üç bölümü kapsayan transforms spectral bilgilen-dirmesinden oluşmakta olup, L^* değeri parlaklığı (açıklığı-koyuluğu), a^* kırmızı-yeşil rengi ve b^* değeri sarı-mavi rengi temsil etmektedir (Hunt, 1977). Bu renklerde artış görüldüğünde, a^* ve b^* arasında daha yüksek bir pozitif ilişki oluşmaktadır. Renk parametreleri arasındaki ilişki enstrümental analizle sağlanabilmekte ve aynı zamanda salmon etinin görsel görünüşüyle de ilgilidir (Skrede ve Storebakken, 1986). Değişik analitik metodların sonuçları karşılaştırıldığında, zorluklar, duyu analizin yoğunluk bilgileri ve karşılaştırmanın yapıldığı standart renklerin eksikliğinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Skrede ve ark., 1989).

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 maliyetini ise yaklaşık %10 oranında artırdığı bildirilmektedir (Torrisen ve ark., 1995).

Alabalık yemlerine pazarlama öncesi belirli bir süre içerisinde miktara bağlı olarak ilave edilen karotenoid, balık etinde istenen renklenmeyi sağlamaktadır. Ancak, pazardaki daralmadan dolayı istenen ve planlanan zamanda balıkların satışı bazen mümkün olmamakta ve balıkların beslenmesine devam edilmektedir. Karotenoid ilave edilmiş yemin maliyetinin nispeten yüksek olması veya yeterince temin edilememesi nedeniyle beslenen balıklarda zamanla büyüme devam ettiği için bir miktar rengin azalması beklenir. Bu araştırmada, balıkların karotenoid ilave edilmemiş yemlerle beslendiği dönemde enstrümental ve renk kartı yöntemi ile balık etindeki pigmentasyon değişimi, renk geri dönüşümü incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Deneme Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Yetiştiricilik Ünitesinde yürütülmüştür. Pazar için aranan, pigmentasyon ve büyüklüğün kırmızı biber ekstraktı, astaksantin ve kantaksantin ilave edilen yemlerle sağlanan; deneme başı ortalama ağırlıkları 300 g. olan 216 adet balık, daha sonra 3 tekerrürlü olarak, 12 adet 330 l hacimli, yuvarlak fiberglas tanklara yerleştirilmiş ve 60 gün süren denemede 52 gün boyunca özel bir yem fabrikasında üretilen karotenoid içermeyen 4 numara alabalık büyüme yemi bütün deneme gruplarına günde bir defa doyuncaya kadar verilmiştir.

Tanklarda deneme süresince, WTW 340i/Set (Weilheim, Germany) marka analiz cihazı ile oksijen, pH haftalık olarak ve sıcaklık her gün ölçülmüştür.

Denemenin başlangıcında ve 15 günlük periyotlarda balıkların tamamının, canlı ağırlıkları bireysel olarak 0.01g hassasiyetteki "Sartorius" terazide saptanmıştır. Renk parametreleri için gruplardan 3'er adet ve renk kartı değerlerinin ölçülmesi için ise, her tekerürden 2'şer adet örnek tesadüfi olarak alınmıştır.

Renk parametrelerinin tespiti amacıyla enstrümental ve görsel renk tayini için alınan balıklar kısa süre içerisinde direk ışık almayan ortamda, her bir balığın dorsal yüzgeci önü ile

yağ yüzgecinin önünden bıçakla kesilerek fileto çıkarılmıştır. Her bir balıktan alınan fileto, görsel renk tayini "Roche Salmonid Renk Kartı" kullanılarak Johnsen ve Wathne (1989) ile Smith ve arkadaşlarının (1992) belirttikleri direk güneş ışığı almayan florasan lamba ile aydınlatılmış tabanı beyaz olan düz bir zemine sahip laboratuvar ve ışık ortamında yapılmıştır.

Deney yeminin besin madde miktarı Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Deney yeminin besin maddeleri miktarı

Table 1. Chemical composition of experimental diet

Besin Maddeleri	Alabalık Büyütme Yemi
Nem %	10
Ham protein %	45
Sindirilebilir Protein %	40
Ham Yağ %	20
Ham Kül %	10
Ham Selüloz %	3
Gross Enerji (kcal kg ⁻¹)	4801
Sindirilebilir Enerji (kcal kg ⁻¹)	4379
Metabolik Enerji (kcal kg ⁻¹)	3909
Omega -3 (g kg ⁻¹)	40
Omega -6 (g kg ⁻¹)	11.8

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 biftek tayininde kullanılmakta, diğer kısmında ise fileto tayininde kullanılan 11 ile 18 arasında değişen renk tonları görsel renk tayininde kullanılmıştır. Renk kartındaki fileto renk değerleri 10 rensiz, 11 ile 12 soluk pembe, 13-14 pembe, 15-16 açık kırmızı, 17 kırmızı 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. Enstrümental ölçümün yapılacağı zamana kadar fileto örnekleri alüminyum folyo ile güneş ışığı almayacak şekilde -25 °C sıcaklıktaki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Enstrümental analizler Gaziosmanpaşa Üniversitesi Gıda bölümünde yapılmıştır.

Enstrümental ölçümler; balık etleri renk analizi için bir gece önceden +4 °C de çözündürülmüştür. Alınan örneklerin renkleri Minolta Chroma Meter (CR 300, Japan) ile sağ tarafları alınarak ve kolorimetre beyaz renge kalibre standardize edilerek, alabalıkların filetoalarının orta kısmının renklenme bakımından homojen bir tona sahip olması nedeni ile bu bölgelerin L*, a*, b* değerleri ölçülmüştür (CIE, 1976). L*: (+) açıklık, (-) koyuluk, a*: (+) kırmızılık, (-) yeşillik, b*: (+) sarılık, (-) mavilik unsurları belirlenmiştir (Nickell ve Bromage, 1998).

Araştırmada elde edilen parametreler arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olup olmadığı bilgisayar yardımıyla varyans (ANOVA) Minitab release 13.1 programları ile yapılmış ve fark istatistiksel olarak önemli bulunduğunda, gruplar arasındaki farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1993).

Bulgular ve Tartışma

Araştırma süresince, tanklarda yapılan ölçümlerde su sıcaklığı ortalama 17.8±0.12 °C (min. 16.5 °C, max. 20.3 °C), pH 7.67±0.01, oksijen 6.10 ±0.24 olarak tespit edilmiştir.

Deneme başında ve sonunda balıkların ağırlıkları, canlı ağırlık artış oranları ve yem değerlendirme oranları Tablo 2’de verilmiştir. Deneme başlangıcında, canlı ağırlıklar 292.34 g ile 320.02 g arasında değişmektedir. Deneme sonunda ise canlı ağırlıklar 334.44 g ile 390.36 g arasında değiştiği (Tablo 2) ve aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Deneme gruplarının % canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme oranları ve Spesifik büyüme oranları arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmüştür (P>0.05).

Deneme başından 15’er günlük dönemlerde alınan balık filetosu örnekleri 60 günlük de-

neme boyunca kolorimetre ile ölçülmüştür. Renk parametreleri Tablo 3’de verilmektedir. L değeri; deneme başı ve sonundaki ölçümlerde Tablo 3’de de görüldüğü gibi kantaksantin grubunda istatistiksel olarak farklı çıkmış (P<0.05) ve diğer gruplarda fark önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Renk parametreleri açısından önemli olan Kırmızı pigment (a*) değerleri bakımından bakılacak olursa, a* değeri deneme başında kontrol grubunda 1.02 gibi çok düşük bir değer tespit edilirken diğer gruplarda 9.55 ile 8.41 arasında değişen değerler bulunmuştur (Tablo 3). Denemede 15’er günlük periyotlarla alınan örneklerin a* değerlerinde bir azalma olmasına rağmen, her grubun deneme başı ve deneme sonu değerleri açısından farklar önemsiz olarak tespit edilmiştir (P>0.05). Sarı pigment (b*) bakımından ise, a* değeriyle paralellik göstermiş ve farklar istatistiksel bakımdan önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Renk Kartı değerleri deneme başında ortalama olarak 10.05 ile 15.012 arasında değişim gösterirken deneme sonunda 10.00 ve 12.57 değerlerinde bulunmuştur. Deneme başı ve deneme sonu olarak kontrol grubuna göre her periyotta diğer gruplarda farklı çıkmıştır (P<0.05). Karotenoid ilavesi yapılarak renklenmiş olan Grupların her birinin periyot başı ve periyot sonuna göre renk kartı ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak farklı çıkmıştır (P<0.05).

Balık etinde ölçülen kırmızı pigmentlerin (a*) yüksek çıkması ile balık etinde ölçülen renk kartı değerlerinde yüksek olduğu ve aralarında doğrusal bir ilişki olduğu bulunmuştur. a* değerinin azalışına paralel olarak renk kartı değerlerinde de azalma görülmüş olup, kontrol grubunda ilişki (r=0.17) bulunamazken, karotenoid ilaveli yemlerle beslenen gruplarda doğrusal ve kuvvetli bir ilişki r=0.93 ile r=0.97 arasında değişen değerlerde tespit edilmiştir (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3).

Tablo 2. Gruplarda, ağırlık artışı (g), balıkların % canlı ağırlık artışı (%CAA), yem değerlendirme oranı (YDO) ve spesifik büyüme oranları (SBO % gün⁻¹)**Table 2.** Initial weight, growth rate, feed conversion ratio and specific growth rate of the rainbow trout during the experimental trial

Gruplar	Canlı Ağırlık (g)			YDO	SBO % gün ⁻¹
	Deneme Başı	Deneme Sonu	% CAA		
Kontrol	320.02±9.48 ^a	373.11±6.51 ^a	16.82 ^a	2.68±0.61 ^a	0.29±0.06 ^a
K. B. Ekst.*	301.05±11.40 ^a	390.36±37.60 ^a	29.28 ^a	1.28±0.12 ^a	0.48±0.12 ^a
Astaksantin	292.34±3.40 ^a	334.44±41.10 ^a	14.38 ^a	1.91±0.44 ^a	0.23±0.22 ^a
Kantaksantin	302.21±27.20 ^a	362.47±53.10 ^a	18.81 ^a	1.34±0.09 ^a	0.33±0.10 ^a

Değerler, ortalama ± standart hata'yı ifade etmektedir.

Aynı sütunda farklı üstel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (P<0.05).

* K. B. Ekst. : Kırmızı Biber Ekstraktı

% CAA: Balıkların % canlı ağırlık artışı, YDO: Yem değerlendirme oranı, SBO %gün⁻¹: Spesifik büyüme oranı

Tablo 3. Dönemlere göre gruplara ait renk parametreleri (L* a* b*) ve renk kartı (RCC) değerleri**Table 3.** Average values of the colour parameters (L*a*b*) and Roche colour card in fresh fillet of rainbow trout during experimental trial

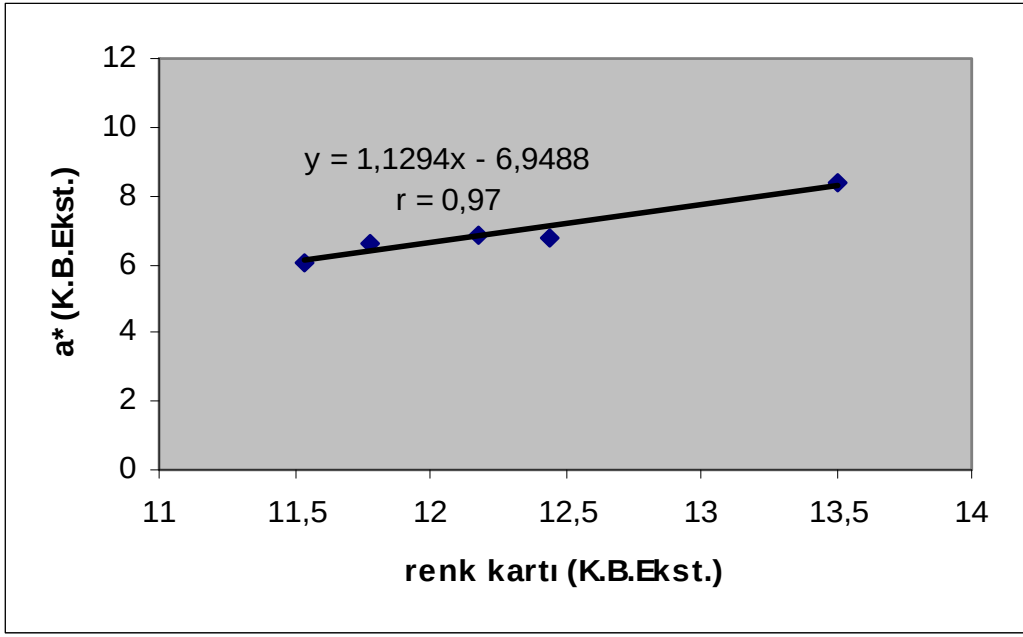
Renk Parametreleri	Gruplar				
		Kontrol	K.b. Ekstraktı*	Astaksantin	Kantaksantin
	Deneme Periyotları	Fileto	Fileto	Fileto	Fileto
Parlaklık (L*)	Deneme Başı (0)	55.14±2.17 ^{Aa}	48.59±1.44 ^{Ab}	49.25±1.15 ^{Ab}	45.21±1.35 ^{Ab}
	15. Gün	59.44±2.09 ^{Aa}	47.05±0.97 ^{Ab}	43.90±0.17 ^{Ab}	48.45±0.82 ^{ABb}
	30. Gün	56.80±1.47 ^{Aa}	47.35±2.61 ^{Ab}	49.69±2.05 ^{Ab}	47.01±1.38 ^{ABb}
	45. Gün	52.40±1.07 ^{Aa}	47.88±1.78 ^{Aa}	47.90±1.08 ^{Aa}	48.98±1.21 ^{ABba}
	Deneme Sonu (60)	55.03±2.29 ^{Aa}	46.17±0.91 ^{Ab}	50.30±2.09 ^{Ab}	50.93±0.55 ^{Bab}
Kırmızı Pigmentler (a*)	Deneme Başı (0)	1.02±0.13 ^{Aa}	8.41±1.27 ^{Ab}	9.35±0.77 ^{Ab}	9.55±1.03 ^{Ab}
	15. Gün	0.53±0.37 ^{Aa}	6.82±1.27 ^{Ab}	7.60±0.14 ^{Ab}	7.93±0.70 ^{Ab}
	30. Gün	0.48±0.19 ^{Aa}	6.59±0.64 ^{Ab}	7.94±0.45 ^{Ab}	7.71±0.83 ^{Ab}
	45. Gün	0.74±0.30 ^{Aa}	6.78±0.66 ^{Ab}	8.76±1.00 ^{Ab}	6.61±0.39 ^{Ab}
	Deneme Sonu (60)	0.61±0.12 ^{Aa}	6.04±0.88 ^{Ab}	6.36±0.61 ^{Ab}	6.49±0.05 ^{Ab}
Sarı Pigmentler (b*)	Deneme Başı (0)	9.79±1.36 ^{Aa}	22.14±1.54 ^{Ab}	19.40±0.57 ^{Ab}	18.18±1.13 ^{Ab}
	15. Gün	12.44±1.10 ^{Aa}	17.44±1.99 ^{Ab}	18.52±0.51 ^{Ab}	17.22±0.43 ^{Ab}
	30. Gün	12.46±0.91 ^{Aa}	15.73±0.59 ^{Ab}	16.64±1.81 ^{Ab}	18.37±0.96 ^{Ab}
	45. Gün	9.93±0.73 ^{Aa}	18.29±0.44 ^{Ab}	16.80±0.81 ^{Ab}	17.39±0.79 ^{Ab}
	Deneme Sonu (60)	9.01±1.09 ^{Aa}	17.76±2.42 ^{Ab}	14.75±1.45 ^{Ab}	14.35±0.89 ^{Ab}
R. Renk Kartı	Deneme Başı (0)	10.05±0.02 ^{Aa}	13.47±0.09 ^{Ab}	13.39±0.11 ^{Ab}	15.12±0.12 ^{Ac}
	15. Gün	10.01±0.14 ^{Aa}	12.18±1.14 ^{BCb}	12.49±1.48 ^{BCb}	13.63±1.32 ^{Bc}
	30. Gün	10.14±0.47 ^{Aa}	11.79±0.99 ^{CDb}	12.64±1.96 ^{BCc}	13.28±1.56 ^{Bd}
	45. Gün	10.07±0.30 ^{Aa}	12.44±1.37 ^{Bb}	12.76±1.82 ^{Bb}	13.36±1.43 ^{Bc}
	Deneme Sonu (60)	10.00±0.00 ^{Aa}	11.54±1.57 ^{Db}	12.21±1.23 ^{Cc}	12.57±1.40 ^{Cc}

Değerler, ortalama ± standart hata'yı ifade etmektedir.

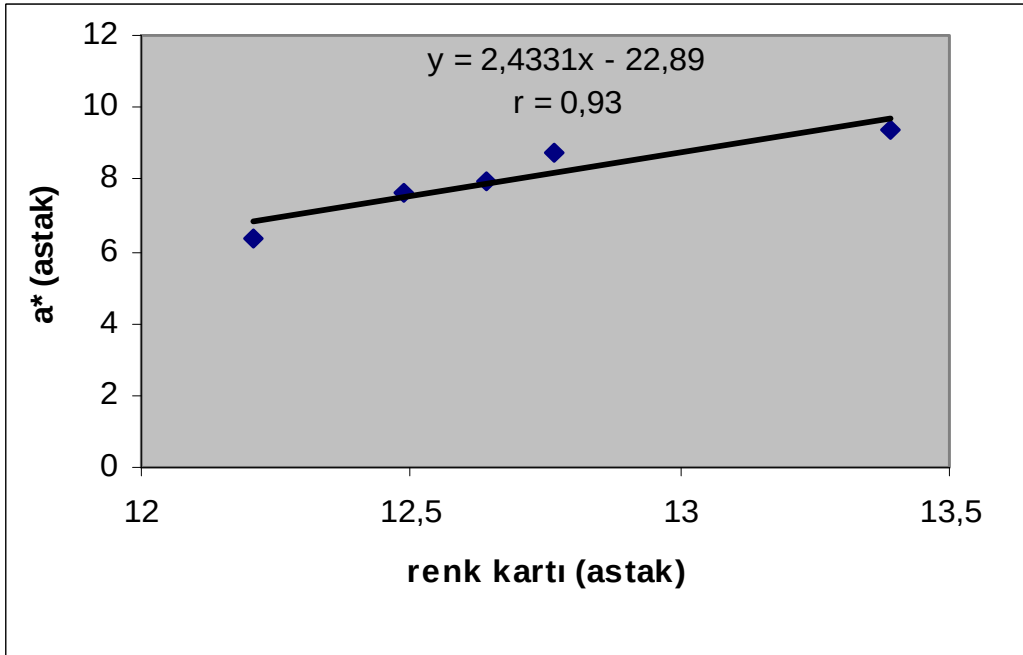
^{A,B,C(↓)} Aynı sütunda farklı üstel harflerle ifade edilen periyotlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

^{a,b,c. (→)} Aynı satırda farklı üstel harflerle ifade edilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

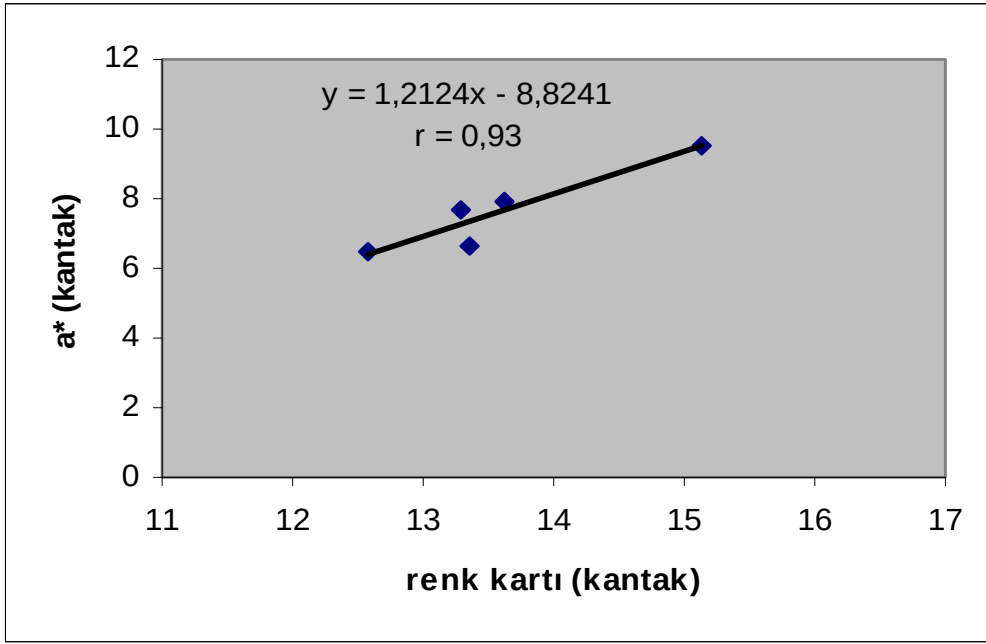
* K.B.Ekst.: Kırmızı Biber Ekstraktı



Şekil 1. Kırmızı biber ekstraktı grubu balıkların renk kartı ve a* değerleri arasındaki ilişki
Figure1. Relationship between colour card and a* (redness) parameters of rainbow trout fillet in red oleoresin paprica trial



Şekil 2. Astaksantin grubu balıkların renk kartı ve a* değerleri arasındaki ilişki
Figure 2. Relationship between colour card and a* (redness) parameters of rainbow trout fillet in astaxanthin trial



Şekil 3. Kantaksantin grubu balıkların renk kartı değeri ve a* değerleri arasındaki ilişki

Figure 3. Relationship between colour card and a* (redness) parameters of rainbow trout fillet in canthaxanthin trial

Bu çalışmada, bazı doğal ve sentetik karotenoid kaynaklarla beslenen ve renklenme açısından pazar için uygun şartlara getirilen balıklar, daha sonra alabalık büyütme yemi ile beslenmesiyle 60 günlük bir periyotta renk geri dönüşümünün enstrümental (fiziksel) ve renk kartı yöntemi ile belirlenmesi incelenmiştir. Deneme; toplam 60 gün süreli olup; Kontrol, Kırmızı biber ekstraktı, Astaksantin ve Kantaksantin grupları 52 gün karotenoid ilavesiz yem ile beslenmiştir.

Deneme başı ve sonunda gruplarda pigment kaynaklarına bağlı olarak balık etindeki renk değişimleri kimyasal analiz yöntemi haricinde fiziksel yöntem analizleri yapılmıştır. Renkler karşılaştırıldığında, insan gözü yaklaşık 10 milyon farklı renk tonunu ayırt edebilir. Bununla birlikte, renkleri hatırlama kapasitesi ve renk tonu duyarlılığı yaklaşık 300 renk ile sınırlı olmasından dolayı, görsel renk değerlendirmelerinde “Roche Salmonid Renk Kartı ve *SalmoFan*” gibi renk çizelgelerinden faydalanılmaktadır (Bjerkeng, 2000). Skrede ve Storebakken (1986); Hunter’a (1975) atfen insan beyninin gördüğü renkleri hafızasında saklama kabiliyetinin zayıf olduğunu bu yüzden bu ürünlerin renklerinin kalitatif ve kantitatif yönden analizi için enstrümental tekniklere ihtiyaç olduğunu bildirmektedirler. Balık-

larda pigmentasyonun, renk kartları ile görsel analizin balık yetiştiriciliğinde kalite kontrolü için önemli olduğunu Foss ve arkadaşları (1984) belirtmişlerdir.

Deneme başlangıcında balık filetolarında, Kırmızı biber ekstraktı 13.47, Astaksantin 13.39 ve Kantaksantin grubu 15.12 renk kartı değerleri bulunmuştur. Deneme sonunda 60. günde ise sırasıyla 11.54, 12.21 ve 12.57 bulunmuş olup renk kartı değerlerinde karotenoidsiz yem ile beslemenin sonucu olarak değerlerde bir düşüş gözlenmiştir. Bu renk kartı değerleri ile yapılan araştırmalarda, Ergün (1998) 10.46- 13.62, Diler ve Hoşsu (1997) filetolarda 10.86- 14.46, Sommer ve ark. (1992) yemdeki karotenoid miktarının artmasına paralel olarak görsel olarak filetoda renk skorunun arttığını ve 12-14 değerlerini tespit etmişlerdir. Denemede, Kantaksantin grubunda fileto renk kartı değeri en yüksek 15.12 olarak bulunmuş olup, Smith ve ark., (1992) görsel skorun 15 olduğunda toplam karotenoid içeriğinin 10.83’den 18.49mg/kg arasında değişen filetolardan elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Önceki araştırma sonuçlarından da anlaşıldığı gibi bulduğumuz değerlerle benzerlikler içermektedirler.

Storebakken ve arkadaşları (1987) görsel renk değerlendirmelerinin ortamın aydınlatıl-

ması, örneğin sunum şekli ve görsel değerlendirilmeyi yapan insanların farklı renkleri ayırt etme yetenekleri gibi faktörlerden etkilendiklerini ve bu faktörlerin tespit ve standardize edilmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Pazara sunulacak salmonlarda, et renginin görsel olarak 13 veya daha yüksek renk kartı değerine sahip olmasının yeterli olduğu tespit edilmiştir (Skrede ve Storebakken, 1986). Araştırmanın başlangıcında tespit edilen renk kartı değerleri Skrede ve Storebakken (1986)'in bildirdiğinden yüksek bulunması pazar (market) için aranan şartları sağladığının göstergesidir. Deneme süresince alınan örnekler karşılaştırıldığında, bütün gruplarda (Tablo 3) 15. günden itibaren deneme başlangıcına göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P < 0.05$). Deneme sonuçlarına göre kırmızı biber ekstraktı ve astaksantin grubu renk kartı değerleri 15. günden itibaren pazar için gerekli renklerden uzak olduğu bunda deneme başındaki renk kartı değerlerinin yeterince yüksek olmadığından kaynaklandığını belirtebiliriz. Kantaksantin grubunda ise tam tersi olarak, renk kartı değeri deneme başında 15'in üzerinde olmasından dolayı 60. günde 13'ün altında tespit edilmiş olup, deneme başından sonra pazar için gerekli olan değeri 45. güne kadar koruyabildiğini ve pigmentersiz yemlerle beslemenin yetiştiriciler açısından bir sakınca yaratmayacağını söyleyebiliriz.

Enstrümental (Fiziksel) analiz balık pigmentasyonunun tespiti için gerekli olan analizlerden bir tanesidir. Yaptığımız analiz sonuçlarına göre tespit edilen renk parametreleri, L^* , a^* , b^* değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Grupların deneme sonunda; L^* değerleri 46.17 ile 55.03 arasında değişirken, b^* değerleri 9.01 ve 17.76 arasında çıkmıştır. b^* değeri en fazla doğal karotenoid olan kırmızı biber ekstraktı grubunda çıkmıştır. Gökkuşluğu alabalığının etindeki renk parametrelerinin ortalama değerlerindeki değişimler üç ana faktöre bağlı olabilmektedir: 1. etteki karotenoidin uniform olmayan dağılımına; 2. fileto üzerindeki birkaç farklı ölçüm noktasının kullanılmasına ve 3. olarak çarpan ışığın yayılmasından ortaya çıkan yansıma faktörüne bağlıdır (Ingle de la Mora ve ark., 2006; Skrede ve Storebakken, 1986; Skrede ve ark., 1989; Hatlen ve ark., 1998).

Genelde bütün renk parametrelerinde 60 gün sonunda değişiklikler olduğu görülmüştür. Sentetik karotenoid kullanıldığında, yemdeki

karotenoid konsantrasyonunun ve yemleme süresinin artışı ile salmonların kasındaki karotenoid konsantrasyonu, a^* ve b^* değerlerinde artış ve L^* değerinde bir azalışın olduğu bir çok literatürde görüldüğü gibi denemede pigmentersiz yem ile beslendiğinde tersi bir durum ortaya çıkarmıştır (Skrede ve Storebakken, 1986; Skrede ve ark., 1989; Smith ve ark., 1992; Ingle de la Mora ve ark., 2006). a^* değeri genellikle karotenoid düzeyindeki artış ile en iyi ilişkiyi gösteren renk parametresidir (Bjerkeng, 2000). Çünkü a^* değeri kırmızı rengi gösteren renk parametresidir. a^* grupların deneme başı (1.02- 9.55) ve deneme sonuna (0.61- 6.49) göre kontrol grubu hariç diğer grupların farkları önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). Olsen ve Mortensen, (1997) a^* değeri (kırmızılık) ile ilgili olarak, alp alasında yaptıkları bir çalışmada balıkların sırt bölgesinde 3.94, Skrede ve arkadaşları (1989) gökkuşluğu alabalığında astaksantinle beslenenlerde a^* değerini 9.1-14.7, kantaksantinde ise 4.3-8.0 arasında ve Ingle de la Mora ve arkadaşları (2006) aynı balıkta astaksantinde 9.1, kırmızı biber ekstraktı katılan grupta 4.6-6.4 tespit etmişlerdir. Bu önceden yapılan araştırma sonuçlarının değerleri, yapılan denemede sonuçlarla benzerlik gösterdiği ve deneme sonundaki elde edilen a^* değerleri incelendiğinde balıklardaki pigmentasyonun pazarda problem teşkil etmeyeceği belirtilebilir.

Denemede, görsel renk tayininde "Roche Salmonid Renk Kartı" ile tespit edilen fileto renk kartı değerleri ile enstrümental yöntemle belirlenen a^* değeri arasındaki ilişki incelenmiştir. Kontrol (r : 0.17) grubunda ilişki bulunamazken, Kırmızıbiber ekstraktı (r : 0.97), Astaksantin (r : 0.93) ve Kantaksantin (r : 0.93) ile beslenen balıklarda renk kartı değeri ile a^* değeri arasında çok kuvvetli bir doğrusal ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Fileto renk kartı değerleri ile karotenoid konsantrasyonu yüksek olan gruplar arasında saptanan korelasyon katsayıları Johnsen ve Wathne (1989)'nin gökkuşluğu alabalığında bildirdiği 0.73'den yüksek, Smith ve ark. (1992)'nin coho salmonunda tespit ettikleri 0.99 ve Ergün (1998)'in gökkuşluğu alabalığında buldukları 0.99 ile benzerlik göstermektedir.

Yetiştiriciliği yapılan salmon türü balıkların doğal gıda kaynaklarından yoksun olmaları nedeniyle, balıkların et rengindeki olumsuz-

lukların giderilmesi için sentetik ve doğal karotenoid kaynakları ilave edilmesi ile bu olumsuzluk giderilmektedir. Pigmentasyonu sağlanmış balıkların her ne sebepten pazara sunulmasındaki aksaklıklarda üreticilerin ekonomik yönden kayıpları söz konusu olmaktadır. Böyle bir durumda, karotenoid ilave edilmiş yemlerle beslenmesinin zamanla renkte nasıl bir değişim meydana getirmesi incelenmiştir. Karotenoid ilave edilmiş yemlerin normal yemlere göre % 20-25, Türkiye’de bu oran %50-60 daha pahalı olması nedeniyle normal yemlerle beslendiğinde renklendirilmiş balıkların etinde görsel olarak değişimin nasıl ve ne derecede olduğunun bilinmesi yetiştirici açısından büyük önem taşımaktadır. Salmonlarda kastaki renklenme ve karotenoid konsantrasyonu önemli oranda birbiriyle bağlantılı fakat konsantrasyon belirli oranları aştığında, insan gözü renge karşı doygunluk göstermekte, pigment konsantrasyon düzeyinin artışı ile rengi algılamadaki artış ve renk tonu doğru olarak ayırt edilemez (Bjerkeng, 2000). Bu sebepten dolayı fiziksel analizleri yaparken Renk kartları kullanılması ucuz ve basit olmasına rağmen enstrümental ölçümler ışık şartlarından meydana gelen değişik sonuçlara tam olarak daha objektif ve daha az subjektif olmasından dolayı tercih edilmektedir (Hatlen ve ark., 1998).

Sonuç

Yapılan analizler sonucunda; alabalık üretimi yapmakta olan üreticilerin pazardaki daralmayı giderene kadar renklenmesi tamamlanmış alabalıkların enstrümental analiz sonuçlarına göre normal besi yemleriyle 2 ay süre ile beslemelerinin renk kaybına sebep olduğu fakat pazar için problem oluşturmayaacağı tespit edilmiştir. Renk kartı değerleri dikkate alındığında ise; düşük renk kartı değerleri tespit edilen kırmızı biber ekstraktı ve astaksantin grupları için 15 günden az karotenoidsiz yemlerle beslemenin pigmentasyon için balık etinde bir problem yaratmadığını, yüksek renk kartı değerleri bulunan kantaksantin grubu (15.12) için ise 45 günlük beslemenin pazar için uygun olduğunu söyleyebiliriz. Yapılan iki renk analizi sonuçlarındaki bu farklılığa rağmen, satılan ürünün insana ve insan gözüne hitap ettiği için gözle yapılan renk kartı değerlendirmelerinin daha önemli olduğunu belirtebiliriz. Doğal ve sentetik karotenoid kaynaklarının alabalıkların yanı sıra, çipura, mercan gibi deniz balıklarının ve

akvaryum balıklarının üretiminde de kullanıma olanaklarının araştırılması ülkemizi su ürünleri sektöründe avantajlı durumunu daha da artıracaktır.

Kaynaklar

- Bird, J.N., Savage, G.P., (1990). Carotenoid pigmentation in aquaculture, *Proceedings of the nutrition society of New Zealand*, **15**: 45-56.
- Bjerkeng, B., (2000). Carotenoid pigmentation of salmonid fishes – recent progress. *Avances en nutricion acuicola V. Memorias del V. Simposium internacional de nutricion acuicola*. 19-22 Noviembre, 2000. Merida, Yucatan, pp.71- 89.
- Choubert, G., Blanc, J.M., (1985). Flesh colour of diploid and triploid Rainbow trout fed canthaxanthin, *Aquaculture*, **47**: 299-304.
- Choubert, G., De La Noue, J., (1987). Utilization of invertebrate biomasses for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) pigmentation: Apparent digestibility of carotenoids, *Archiv für Hydrobiologie*, **110** (3), 461- 468.
- Diler, İ., Hoşsu, B., (1997). Gökkuşluğu alabalığı karma yemlerinde renk maddeleri kullanımı. Akdeniz balıkçılık kongresi, İzmir, s. 241-251, 9-11 Nisan.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Gürbüz, F., (1993). İstatistik metotları (II. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1291, Ders Kitabı: 369, Ankara.
- Ergün, S., (1998). Doğal ve sentetik karotenoid kaynaklarının Gökkuşluğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) pigmentasyona etkisi. *Doktora tezi*, Danışman Erdem, M., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 77 s.
- Foss, P., Storebakken, T., Schiedt, K., Liaaen-Jensen, S., Austreng, E., 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*, **41**: 213-226.
- Hatlen, B., Jobling, M., Bjerkeng, B., (1998). Relationship between carotenoids concentrations and colour of filets of Arctic

- charr, *Salvelinus alpinus* (L.), fed astaxanthin, *Aquaculture Research*, **29**: 191-202.
- Hunt, R.W.G., (1977). The specification of colour appearance. 1. Concepts and terms, *Colour Research Applications*, **2**: 55-68.
- Hunter, R.S., (1975). The measurements of appearance. Wiley, New York, 348 pp.
- Ingle de la Mora, G., Arredondo-Figueroa, J.L., Ponce-Polofox, J.T., Delos Angeles Barriga-Soca, I., Vernon-Carter, J.E., (2006). Comparison of red chili (*Capsicum annuum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation, *Aquaculture*, **258**: 487-495.
- Johnson, G., Wathne, E., (1989). Color measurements in farmed salmon and trout. (Translated and reprinted from: Norsk Fiskeoppdrett, vol. 4, pp. 45-47). Roche Print, Animal Nutrition and Health, Basel, Switzerland.
- Nickell, D.C., Bromage, N.R., (1998). The effect of dietary lipid level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout, *Aquaculture*, **161**: 237-251.
- Olsen, R.E., Mortensen, A., (1997). The influence of dietary astaxanthin and temperature on flesh colour in Arctic charr *Salvelinus alpinus* L., *Aquaculture Research*, **28**: 51-58.
- Skrede, G., Storebakken, T., (1986). Characteristics of color in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic salmon, *Journal of Food Science*, **51**(3): 804-808.
- Skrede, G., Storebakken, T., Naes, T., (1989). Color evaluation in raw, baked and smoked flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin *Journal of Food Science*, **55**(6): 1574-1578.
- Smith, B. E, Hardy, R. W., Torrissen, O. J., (1992). Synthetic astaxanthin deposition in pan-size coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), *Aquaculture*, **104**: 105-119.
- Sommer, T. R, D'Souza, F. M. L., Morrissey, N. M., (1992). Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green alga *Haematococcus pluvialis*, *Aquaculture*, **106**: 63-74.
- Storebakken, T., Foss, P., Schiedt, K., Austreng, E., Liaaen-Jensen, S., Manz, U., (1987). Carotenoids in diets for salmonids IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin., *Aquaculture*, **65**(3-4): 279-292.
- Storebakken, T., No, H. K., (1992). Pigmentation of rainbow trout, *Aquaculture*, **100**(1-3): 209-229.
- Torrissen, O. J., Hardy, R. W., Shearer, K. D., (1989). Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism, *Reviews in Aquatic Science*, **1**(2):. 209-225.
- Torrissen, O. J., Christiansen, R., Struksnaes G., Estermann, R., 1995. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period, *Aquaculture Nutrition*, **1**: 77-84.