



Mikroalglerin Pigment Kaynağı Olarak Balık Yemlerinde Kullanımı

Mahitap Duygu DURU^{1*}

Hilal KARGIN YILMAZ¹

¹Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir, Mersin

*Sorumlu Yazar:

E-posta: mahitap_suf@windowslive.com

Geliş Tarihi: 04 Mart 2013

Kabul Tarihi: 22 Nisan 2013

Özet

Mikroalgler, akuatik ekosistemlerdeki biyolojik ve ekolojik rollerinin yanı sıra, gerek insan sağlığı gerekse akuakültürde yetiştirilen sucul hayvanlar için önemli besin maddeleri içerirler. Günümüzde birçok mikroalg türü yüksek protein, beta-karoten, doymamış yağ asidi, vitamin ve pigment içeriklerinden dolayı endüstriyel amaçlı biyoteknolojik çalışmalarda kullanılmaktadırlar. Biyoteknolojik çalışmalar 1950'li yıllardan beri özellikle *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Spirulina* ve *Haematococcus* cinslerine ait türler ile yapılmaktadır. Mikroalgler, akuakültürde alabalık, karides, süsbalığı ve somon balığı yetiştiriciliğinde pigment kaynağı olarak kullanılır. Bu pigment maddeleri renk verici özelliklerinin yanı sıra, balıkların yaşama oranlarının artırılması ve hızlı gelişimi için de önemlidir. Pigment içeren mikroalgler doğada yaygın olarak bulunmakta ve bu alglerden, β -karoten, Astaksantin, Fikosiyanin, Ksantofil, Fikoeritrin elde edilmektedir.

Balık yemlerine doğal mikroalg ürünlerinin eklenmesiyle; balık yetiştiricilerinin en büyük iki problemine çözüm bulmak mümkün olabilir: Birincisi, çiftlik balıklarındaki enfeksiyon ve hastalıklara karşı direnç; ikincisi ise lezzet, doku ve deri rengi.

Anahtar Kelimeler: Mikroalg, pigment, balıklarda renklenme, yemleme

Utilization of Microalgae as a Source of Pigment in Fish Feed

Abstract

The microalgae include important food substances for aquatic animals in aquaculture and human health as well as have biological and ecological roles in aquatic ecosystems additionally. Nowadays, numerous microalgae species are used in industrial purposed biotechnological studies for their high protein, beta-carotene, unsaturated fatty acid, vitamin and pigment contents. Biotechnological studies have been carrying on with especially species belong to *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Spirulina* and *Haematococcus* genus since 1950's. Microalgae are utilized as pigment source for aquaculture of trout, shrimp, ornamental fish and salmon. These pigment substances are important for increasing of survival rates and rapid development of fish besides their colouring features. β -carotene, astaxanthin, phycocyanin, xanthophyll, phycoerythrin are obtained from pigment contain microalgae are widespread in the nature.

Solving the two biggest problems of fish farmers may possible by means of adding natural microalgae products into fish feeds: The first of them is resistance against infections and diseases of farmed fish and the second one is flavour, tissue and skin colour.

Key words: Microalgae, pigment, colouration in fish, feeding

GİRİŞ

Algler, güneş enerjisini en etkin kullanan canlı sistemlerdir. Bu nedenle alg üretim teknolojilerine ilgi giderek artmaktadır. Bu bağlamda, farklı mikroalg türlerinin besin bileşenleri incelenmekte, yetiştiriciliği yapılacak yeni türlerin arayışı giderek daha da artmaktadır [1]. Mikroskobik algler akuatik ekosistemde biyolojik ve ekolojik rollerinin yanı sıra gerek insan sağlığı gerekse akuakültürde yetiştiriciliği yapılan canlıların beslenmesi açısından önemli maddeler içerirler. Kontrollü koşullar altında alglerin yoğun üretimi yapılarak, içerdikleri pigmentler, proteinler, vitaminler ve minerallerden ötürü karasal ve sucul canlıların beslenmesinde [2], toz yem ve canlı yem üretiminde, suların arıtılmasında, gıda endüstrisinde ve gübre kaynağı olarak da faydalanılır [3].

Mikroalglerden elde edilen ürünler gıda, eczacılık, tarım, ziraat, çevre gibi birçok alanda kullanılmaktadır [4]. Birçok mikroalg türünün, özellikle yeşil algler ve mavi-yeşil alglerin, yüksek yapılı bitkilerden daha fazla oranda protein içerdiği ve klorofil üretim kapasitesinin, azot-fosfor ve pH'larına bağlı olarak farklılık gösterdiği bilinmektedir [5].

Mikroalglerin içerdiği pigment maddeleri ve önemi

Mikroalgler, ticari değerli bazı metabolitleri biriktirme özelliği gösteren mikrobiyel kaynaklardır. Hücre içinde biriktirdikleri protein, karbonhidrat, yağ asitleri, vitamin, mineral pigmentler ve daha pek çok önemli ürün sebebiyle, insanlar tarafından başlıca, besin desteği olarak kullanılmaktadır. İnsan sağlığına olumlu etkileri nedeniyle halen insanlar tarafından yaygın bir şekilde tüketilen başlıca iki türün (*Spirulina* ve *Chlorella*) tabletleri dünya sağlık gıda pazarlarında yer almaktadır. Besin olarak kullanımı ile birlikte mikroalglerden elde edilen metabolitler mikrobiyal teknolojinin birincil çalışma alanını oluşturmaktadır [6].

Mikroalgler (*Chlorella*, *Dunaliella* ve *Spirulina* gibi) sadece gıda üretimi için büyük bir potansiyele sahip olmayıp, aynı zamanda β -karoten ve fikosiyanin gibi değerli kimyasalların elde edilmesi açısından önemlidir [7]. Günümüzde ticari üretimi yapılan mikroalgler ve içerdiği en önemli pigmentler; beta-karoten (*Dunaliella salina*, *Scenedesmus acutus*), fikosiyanin (*Spirulina sp.*), astaksantin (*Haematococcus pluvialis*), klorofil b, hücresel ksantofil gibi pigment bileşimlerini (*Nannochloropsis oculata*) türler içerir.

Ayrıca klorofil a, β -karoten, viyolaksantin ve vokeriyaksantin ana pigmentlerdir. Bununla birlikte bu alg türü kantaksantin ve astaksantin gibi sekonder karoten gruplarını da içermektedir. Lutein (*Muriellopsis sp.*) ve fikoeritrin (*Porphyridium cruentum*) türlerinden elde edilir [2].

S. platensis yüksek protein içeriği nedeniyle insan gıdası olarak Asya ve Afrika ülkelerinde kullanılmakta olup, özellikle yem olarak tropik balıkları beslemede ve pigment oluşumu uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır [7].

Mikroalgler aquakültürlerde genç balıkları beslemede, kurutulmuş formlarıyla süs balıkları, kabuklular, çift kabuklu (bivalvler) yetiştiriciliğinde kullanılmaktadırlar. Diğer önemli alg türleri atık su arıtma ve tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır [8]. *Dunaliella salina* türünün ekstraselüler gliserol salgılaması, hücre içinde beta-karoten içeriği ve yüksek protein içeriği bakımından önemli bir organizmadır [9].

Nannochloropsis Eustigmatophyceae sınıfı üyesidir. 1981 yılında Hibbered tarafından *Nannochloropsis* olarak adlandırılmıştır [10, 11]. Bu mikroalg türü genellikle balık çiftliklerinde rotifer besini ve yeşil su tekniği için balık larvalarının beslenmesinde kullanılır [11-14]. *Nannochloropsis* klorofil b, hücresel ksantofil gibi pigment bileşimlerinin yanı sıra, yağ asitlerinden özellikle yüksek eikosapentaenoik asit (20:5n-3) içeriği [10], steroller [15], gibi yüksek düzeyleri ile tanımlanmaktadır [16]. *N. oculata* türünde klorofil-a, β -karoten, viyolaksantin ve vokeriyaksantin ana pigmentlerdir. Ayrıca bu alg türü kantaksantin ve astaksantin gibi sekonder karoten gruplarında içermektedir [17]. Chlorophyta (Yeşil Algler) Tek hücreli, iplikli, şeritsi ve elsi tallusa sahip alglerdir. Klorofil a ve b, karotin, lutein ve ksantofil içerirler [18]. Biyoteknolojik çalışmalarda kültürü yapılan *Scenedesmus* (Chlorococcales) yeşil bir alg cinsi olup, genellikle 2,4 ve 8 hücreden oluşan tek ve çift sıralı sönobyum olarak adlandırılan koloniler halinde bulunabilmektedir [3, 19]. Biyoteknolojik çalışmalar 1950'li yıllardan beri özellikle *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella* cinslerine ait türler ile yapılmaktadır [20]. Günümüzde birçok mikroalg türü yüksek protein, beta-karoten, doymamış yağ asitleri, vitamin ve pigment içeriklerinden dolayı endüstriyel amaçlı biyoteknolojik çalışmalarda kullanılmaktadırlar [21].

A.B. D. ve Kanada'da tanımlanmış *Haematococcus*'un altı türü vardır. Bu cinsleri bazen sahilde kayalarda, bazen de acı su özelliğindeki havuzlarda yaşar, ancak daha yüksek tuz derişimli ortamlarda yaşayamazlar. *Haematococcus* hücreleri veya akinet hücreleri içindeki sitoplazmada pigmenti damlacıklar halinde birikir karotenoid, astaksantin pigmenti içerir. *Haematococcus* üretimi besleme amaçlı ve gıda renklendirici olarak özellikle astaksantin için endüstriyel boyutlarda yetiştiriliği yapılır. Düşük besin koşullarında yetiştirilen hücreler daha büyük halde ve kamçılarını kaybederler, kırmızı pigmenti büyük miktarda üretirler. *Haematococcus* hücreleri göletlerde daha iyi büyür [22].

Mikroalgler, araşidonik asit (ARA), eikosapentaenoik asit (EPA) gamma linoleik asit (GLA) gibi yağ asitleri yanında, β -karoten, astaksantin, alfofikosiyenin, c-fikosiyenin, miksoksanofil ve zeaksantin gibi pigmentler açısından da oldukça zengin organizmalardır [23].

Günümüzde β -karotenin insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumlu etkisi tespit edilmiş ve β -karoten dünyada gıda renklendirici olarak (margarin, peynir, meyve suları, süt ürünleri gibi) en çok kullanılan pigment olarak tanımlanmıştır. Fikosiyenin de gıda, kozmetik ve ilaç sanayilerinde kullanılmaktadır. Astaksantin, hayvanlarda renk pigmenti olarak ayrıca gıda ve ilaç sanayinde de kullanılmaktadır. Fikoeritrin suda eriyebilir ve gıdalarda doğal renklendirici

olarak, ayrıca kozmetik ve eczacılık alanında kullanılmaktadırlar. Lutein ise gıdalarda doğal renklendirici ve sağlık sektöründe kullanılmaktadır [24].

Mikroalglerden elde edilen pigment maddelerinin genel tanımlaması

Azot kaynakları ve düzeyleri, alg kültürlerinde büyümeyi ve biyokimyasal yapıyı etkilemekte ve karoten miktarlarında değişikliklere sebep olmaktadır [25, 26]. Mikroalg kültürlerinde azot sınırlaması hücre sayısı ve klorofil a miktarlarında azalmaya neden olurken, mikroalglerin biyokimyasal yapısındaki yağlar gibi organik karbon bileşikleri oranlarında artış olmaktadır. Bununla birlikte kültürlerde klorofil-a oranı azalırken karoten miktarının artmasına bağlı olarak renkte sararma gözlenmiştir [27, 28]. Azotun çeşitli formları mikroalg kültürleri için uygundur. Kültürlerde hücreler tarafından kullanılabilen en önemli azot kaynakları nitrat azotu (NO₃-N), amonyum azotu (NH₄⁺-N) ve üre azotu ((NH₂)₂CO-N)'dur [29-31].

Algler, yüksek β -karoten yapılarında toplayabilme özelliğindedir β -karoten, algal karotenoidler kloroplastlarda görülmektedir. Kırmızı alglerden (Rhodophyta) β -karoten; *Chloromonodophyta* Diadinoksanthin, Heteroeksanthin ve Vaucheriaksanthin içermekte, *Chlorophyta* ise; Acetylenic karotenoidler w/w oranında toplamaktadır. En iyi karotenoid üreten *Dunaliella* türlerinden *Dunaliella salina* ile *Dunaliella bardawil* pratikte pigment oluşturmak için kullanılır. *Dunaliella*; *Chlorophyceae* familyasında bulunan yeşil alglerdendir. Yapılan incelemelerde *Dunaliella salina*'nın ideal koşullarda kültür ortamında 400 mg β -karoten üretebildiği tespit edilmiştir. *Dunaliella* türlerinden elde edilen β -karotenin diğer pigment kaynaklarına göre verim (%3-5 w/w) ve kalite açısından üstün özellikleri bulunduğu belirlenmiştir [32].

Fikosiyenin, *Porphyridium aequineum* kırmızı alginden elde edilen mavi bir pigmenttir. En önemli fikosiyenin C-fikosiyenidir. *Porphyridium aequineum* biyomasından %60 oranında üretilen mavi pigmentin gıdalarda ya da içeceklerdeki kullanılan dozu 140-180 mg/kg arasında değişmektedir. İçerdiği polisakaritler ürünün rengine, stabilitesine katkı sağlamak yanında gıdaya fonksiyonel besleyici özellik sağlamaktadır. Mikroalgden üretilen pigment; pH ile değişmemekte ve 60 °C'de 40 dk'da sabit kalmaktadır [24].

Astaksantin, mikroalglerden elde edilen ve doğal bir pigment olan güçlü bir biyoaktif maddedir. *Haematococcus pluvialis*, Astaksantin pigmenti üreten yeşil bir alg olmakta ve %0.2 ile %2 arasında keto-karotenoid üretmektedir. Fikoeritrin, Kırmızı mikroalg genusu olan *Porphyridium*, besleyici ve teropatik özelliğe sahip biyokimyasalların bir kaynağı olmakta ve alg genusunun antiviral ve antiinflamator etkili polisakaritler, uzun zincirli doymamış yağ asitleri ile Zeaksantin gibi pigment ve floresan içerdiği bildirilmektedir [24]. Kırmızı renkli Phycobiliproteinler; Fikoeritrin, mavi Phycobiliproteinler de; Fikoksianin olarak isimlendirilmektedir. *Porphyridium sp.* florasan pembe renk veren pigment kaynakları olarak bilinmekte ve önemli fikobiliproteinler, b-fikoeritrin ile fikoeritrin olarak tanımlanmaktadır. Lutein, karotenoid grubu doğal bir renklendiricidir. Bu ksantofil retinada bulunur. Lutein, Yeşil yapraklı sebzelerde (ıspanak, karalâhana vb.), yumurta sarısı ve bazı çiçeklerde (marigold) bulunur. Lutein, renk pigmenti olarak gıdalara parlak sarı rengi verir. Yem endüstrisinde kullanılmaktadır. Tavuk yemlerine yumurta sarısının sarılığını arttırmak amacıyla lutein eklenmektedir [33].

Mikroalglerin içerdiği pigment maddeleri ve kullanım olanakları

Alglerin protein miktarları türden türe değişiklik gösterir. Örneğin *Spirulina*'da bu oran kuru maddede %70 iken kırmızı alglerde %30-40, yeşil alglerde %20 ve kahverengi alglerde %10-11 oranında tespit edilmiştir[34]. Alglerin yağ içeriği ise düşüktür, %1-5 arasında değişir. Buna rağmen kapsadığı esansiyel yağ asitleri diğer kara bitkilerinden çok daha fazladır. Alglar ayrıca mineral ve vitamin deposudur. Kahverengi ve kırmızı alglerde alfa ve beta karoten miktarı 2-7mg/100g KM'dir. Hayvan besleme araştırmalarında kullanılan kurutulmuş *Spirulina platensis*'in besin maddesi kompozisyonu [35] Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. *Spirulina platensis*'in besin maddesi kompozisyonu [35].

| BESİN MADDE KOMPOZİSYONU | %KM |
|-----------------------------|-------|
| Kuru madde | 93-97 |
| Ham protein | 55-60 |
| Yağ | 6-8 |
| Karbonhidrat | 12-20 |
| Kül | 6-8 |
| Selüloz | 8-10 |
| Klorofil | 1-1.5 |

Mikroalglerin yetiştirilmesi ve üretimi sırasında iki ürün elde edilir. Biri biyomas diğeri biyomastan elde edilen yağ ekstraktı. Biyomas alg hücrelerinin içinde doğal olarak hapsedilen uzun zincirli ω-3 yağ asitleri ile alg hücresinden oluşan bir bütündür ve alglar tarafından üretilen beta karoten, vitamin A, E ve C gibi doğal antioksidanları bulundurmaktadır [36]. Biyomas hayvan yemlerine katılmaya uygundur. Bugün başta *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Spirulina* olmak üzere diğer pek çok türden elde edilen hücre metabolitleri veya kurutulmuş biyomas, ticari olarak değerlendirilmektedir. Bu metabolitler, farmasötik ve nutrasötik olarak sağlıklı ürünler ve kozmetik alanında pazar bulmaktadır. Ayrıca içerdikleri proteinler, vitaminler, mineral ve pigmentlerden ötürü karasal ve sucul canlıların beslenmesinde [2], toz yem ve canlı yem üretiminde, suların arıtılmasında, gıda endüstrisinde ve gübre kaynağı olarak faydalanılır. Pigmentler son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konulardan birini oluşturmakta olup, mikro algler bu çalışmalarda potansiyel organizmalar olarak görülmektedir[37].

Mikroalglerden elde edilen pigmentlerin endüstriyel alanlarda kullanımı ve değerlendirilmesi

Alglar iki kategoriye ayrılabilir: Makroalgler (yosunlar, deniz bitkileri) ve mikroalgler (*Chlorella* spp. ve *Spirulina* spp. gibi). Her iki alg grubu da insan beslenmesinde ve hayvan yemlerinde kullanılmaktadır [36]. Alglar, sanayinin hemen her alanında kullanılmaktadır. Özellikle Uzakdoğu ve Güney Asya ülkelerinde besin maddesi olarak, ayrıca, tıp, eczacılık ile kozmetik sanayi'inde, tarımda gübre yapımında geniş bir kullanım alanı olan alglar, doğal olarak toplanmalarının yanı sıra, kültürleri de yapılmaktadır [38].

Mikroalglerin üretimi, kullanım alanlarının genişlemesine paralel olarak son yıllarda kayda değer şekilde artmıştır. Kullanım alanları şöyle sıralanabilir: larva ve genç dönemdeki balıkların beslenmesinde; fertilizer olarak ziraatta (nitrojen tutucu); antibiyotik, pigment üretiminde; kapsadığı yağ asitlerinden dolayı insan ve hayvan beslenmesinde [36] ve hayvan yemlerinde kullanılmaktadır. Mikroalgler, endüstriyel ülkelerde, pigmentler gibi yüksek katma değerli bileşiklerin; alfofikosiyanın, c-fikosiyanın, miksoksantofil ve

zeaksantin gibi pigmentlerin elde edilmesinde açısından oldukça zengindirler[39, 40].

Spirulina sentetik pigment maddeleri ile karşılaştırıldığında en çarpıcı özelliğinin doğal bir renklendirici olduğu belirtilmiştir. Sentetik pigmentlerin kanserojen özellik göstermesine karşın *Spirulina* doğal bir renklendiricidir. Bu özelliğinden dolayı tavuk yumurtalarında ve akuakültürde balık yemlerinde doğal renklenmeyi sağlaması nedeniyle kullanıldığı bildirilmiştir [41]. *Spirulina*'nın içeriğinde bulunan β- karotenin kanser riskini azalttığı bildirilmektedir, mide ve deri kanserinde de etkili olduğu çalışmalarla kanıtlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda AIDS hastaları üzerinde de olumlu etkisi belirlenmiştir [42]. Fikosiyanın'ın kullanım alanı gıda boyası olarak kullanımıdır. Bağışıklık ile ilgili denemelerde biyokimyasal izotop olarak kullanılmaktadır. Bu pigmentin sahip olduğu flüoresan özellikten dolayı mikroskopi ve sitometri çalışmalarında yararlanılmaktadır. Tavuk yemlerinde *Spirulina* alginin en güvenli kullanım oranının %5 olduğu belirtilmiş ve bu oranda yeme eklenen *Spirulina*'nın canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını artırdığı belirlenmiştir[43].

Astaksantin, tropikal süs balıklarının renklerinin korunmasında, kümes hayvanlarının yumurta sarılarının renklendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda insan metabolizmasındaki yararlı etkilerinden dolayı besin takviyesi ve antioksidan olarak da kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır[44].

Fikoeritrin, pembemsi-kırmızı renkli pigmentler; konfeksiyonda, jelatin içeren tatlılarda ve süt ürünlerinde renklendirici olarak kullanılmakta, gıdalara katılma oranları ise gıda çeşidine göre farklılık göstermekle birlikte ortalama 50-100 mg/kg olmaktadır. 60 °C'de 30 dk stabil olan pigment, 6-7 pH arasında tazelikliğini ve etkinliğini korumaktadır. Kırmızı fikoeritrin sarı florasanı sahip olması nedeni ile gıdalara bazı spesifik özellikler kazandırmaktadır. Bu amaçla lolipoplarda, alkolü ve alkolü olmayan içeceklerde kullanılmaktadır [45, 46].

Lutein, ışık kaynaklı oksijen radikallerinden fotoreseptör hücrelerini korur ve böylece ileri dejenerasyonu önler. Lutein, renk pigmenti olarak gıdalara parlak sarı rengi verir. Geniş bir pH aralığında sarı renk veren Luteinin ısı ve ışık stabilitesi iyidir. Fonksiyonel gıdalar; hazır çorba, alkolü içecek, bisküvi, sos, kek, şekerleme, meyve suyu sektörleri Lutein kullanan gıda sektörleridir [33].

Mikroalglerden elde edilen pigment maddelerinin balık yemlerinde kullanımı

Balıklardaki renk oluşumu, kısmen fiziksel olarak ışığın kırılması ve yansmasıyla, kısmen de alt deride bulunan pigmentlerle meydana gelir. Balıklarda 4 çeşit renk maddesi saptanmıştır. Bunlar, sarı rengi veren "Flavin", kahverengi, gri ve siyah rengi veren "Melanin", metalik ışıldayan ve gümüşü renk veren "Guanin" ve sarı-kırmızı rengi veren "Karotenoid" dir [47]. Karotenoidler, Terpen grubu maddelerden olup, taşıdıkları çifte bağ (keto=oxo), renklenmede önemli rol oynar. Bu tür karotenoidlere "Yükseltgenmiş Karotenoid"ler de denmektedir. Kuş ve balıklar genellikle yükseltgenmiş karotenoidleri tercih etmektedirler. Bunlar da genellikle astaksantin, kantaksantin, zeaksantin ve lutein'dir. Alabalıklar daha çok 4-4' keto yapısındaki karotenoidleri, kırmızı sazan ve japon balıkları ise daha çok 3-3' hidroksi karotenoidleri tercih etmektedirler. Memelilerin ise, balıkların aksine keto ve hidroksi grubu taşımayan -karoteni tercih ettikleri bildirilmektedir [48]. Salmonidler, astaksantin ve kantaxantini β-karotene göre 10-20 kat daha fazla absorbe etmektedirler. Japon balıklarında ise etkili karotenoidler, başlıca lutein ve

zeaksantin olup, astaksantine göre 3 kat daha fazla absorbe edilmektedir [49]. Karideslerde (*P.japonicus*) ise etkili olan karotenoid, astaksantindir [50]. Bazı karotenoidlerin kombine bir şekilde kullanılmasının, tek tek kullanılmasından daha iyi sonuç verdiği bildirilmektedir [48].

Bünyeye alınan karotenoidler çeşitli doku ve organlarda (deri, pul, yüzgeç, operkulum, karaciğer, safra, yumurta, kan ve yağ dokusunda) farklı miktarlarda birikebilmektedir. Ancak oranları, balığın yaşı, büyüklüğü, cinsel olgunluk durumu, cinsiyeti gibi etmenlerle değişiklik göstermektedir. Üreme zamanına doğru kaslarda birikmiş olan karotenoidler ovaryumalara, erkeklerde ise, özellikle deriye transfer edilirler [51].

Torrissen (1986), Astaksantin'in en iyi pigment olarak iddia edilmesine rağmen, gökkuşağı alabalığı üzerindeki çalışmada, kantaksantin, astaksantine göre renk oluşumunda daha etkili olduğunu bildirmiştir [52].

Christiansen ve ark., (1988), başlangıç ağırlıkları 17 ve 125 g olan alabalıklarda 63 gün süresince 40 mg/kg oranında kantaksantin kullanarak önemli derecede pigmentasyon sağladıklarını, ancak küçük balıklarda kantaksantin daha az depolandığını bildirmişlerdir [53].

Torrissen ve ark., (1989), yaptıkları bir çalışmada, Astaksantin dokularda en fazla biriktiği seviyenin 10.2 mg/mg olduğunu, bu seviyeden sonra dışarıdan verilen karotenoidin herhangi bir birikim artışı sağlamadığını saptamışlardır [48].

Iwamatu ve ark. (1990), bazı araştırmacıların karotenoidlerin küçük ve henüz cinsel olgunluğa gelmemiş balıklarda renklenme oluşturduğunu bildirmesine rağmen, çalışmalarında karotenoid birikiminin, balığın yaşı, büyüklüğü ve cinsel olgunluk durumuyla bağlı olduğunu bildirmişlerdir [54]. No ve ark. (1991), karotenoidlerin balıklardaki absorpsiyonlarının, sıcaklığa bağlı olmadığını ve balık büyüklüğü ile pigmentasyon arasında lineer bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir [55].

Chlorella vulgaris ilave edilen yemlerle beslenen çipura balıkları 9 haftanın sonunda sentetik karotenoid kaynağı, astaksantine göre deri ve ette benzer sonuçlar elde edilmiştir [56]. *Haematococcus pluvialis*' un ve karides kabuğu unu ilave edilen yemlerle yapılan çalışmalarda *Pagrus pagrus* balıklarında pigmentasyon sağlanmıştır [57, 58].Tropikal balıkların parlak karotenoid renklere sahip olması, sadece çiftleşmenin sinyali ve türlerin tespit anahtarı olmayıp, aynı zamanda önemli fizyolojik rollere de sahiptir. Akvaryum balıkları, karotenoidleri algler, mercanlar ve avlarından aldıkları pigmentlerden elde ederler. Kopepod, euphasia ve mikro krustaseler büyük bir çeşitlilikle bütün deniz canlıların ilk besinini oluşturan ve bol miktarlarda bulunan canlılardır. Astaksantin ve tunaksantin kompleks veya kompleks oluşturmadan bütün denizel organizmalarda bol miktarlarda bulunur. Tropikal deniz akvaryum balık yetiştiriciliğinin en büyük sorunlarından biri balığın doğal renklenmesini kusursuz bir şekilde sağlamak ve rengin bozulmadan kalmasını besleme süresince devam ettirmektir. Birçok araştırma ve bilimsel çalışmada pigmentasyon kaybının sonucu olarak, balıkların iyi şekilde pazarlanmasının yapılamadığı belirtilmiştir. Birçok karotenoid kaynağında bu problemin giderilmesi için çalışılmış, fakat hiçbir *Haematococcus* türünden daha etkili bir sonuç vermemiştir. Ticari anlamda, 30 ppm oranında astaksantin, canlı ve yüzen yemlere ilave edilerek kullanıldığı akvaryum balıklarından Tetra, Çiklit, Gurami, Altın balık, Koi ve Danios türlerinde önemli bir renk gelişmesi sağlandığı görülmüştür[59].

Son yapılan çalışmalarda ise, Palyaço balıklarının yemlerine 100 ppm'lik astaksantin ilavesi (*Amphipion ocellaris* ve *Premnas biaculeatus*) yapıldığında, bir haftalık

periyot içerisinde sarı, kestane ve siyah pigmentasyon palyaço balıklarında önemli oranda artmıştır. Sonradan %1'lik *Haematococcus* alg unu kılıçkuyruk, kırmızı velvet, rainbow köpek balığı, topaz ciklit, diskus, pembe dudaklı gurami ve rosy barbların büyüme yemlerine katıldığında, bir hafta içinde her türün pigmentasyonunda önemli gelişmeler saptanmış ve bazı türlerde ise hızlı büyüme oranları yakalanmıştır. *Haematococcus* algi nisbi olarak yüksek konsantrasyonlarda kullanılmasına rağmen birçok ticari üretici pazar için hızlı bir pigmentasyon muamelesi kullanmayı tercih eder. Pigmentasyon için, daha düşük dozajlar etkili [59]. Tropikal akvaryum balıklarından tetrazon (*Barbus tetrazona*), altın mermer balığı (*Pterophyllum scalare*) ve altın tilapya (*Oreochromis mossambicus*) balığını kapalı devre tatlı su sisteminde farklı karotenoid pigment kaynağı içeren yemlerle besleyen Duncan ve ark. (1994), karotenoid kaynağı olarak yemlere, 50 ve 200 ppm oranlarında kırmızı biberden (*Capsicum annuum*) elde edilen ekstrakt ve mavi yeşil alglerden *Spirulina* sp. ilave etmişlerdir. 10 hafta boyunca günde iki kez yemlenen balıklar deneme sonunda, panelistler tarafından renk standartlarına göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, karotenoidli yemlerle beslenen tüm balıkların karotenoid içermeyen kontrol grubuna göre derilerinin daha iyi renklendikleri ve tetrazon için en iyi renklemenin 200 ppm toplam karotenoid içeren kırmızıbiber ekstraktı veya mavi yeşil alg katılan yemlerle beslenenlerde görüldüğü tespit edilmiştir. Ancak, 50 ve 200 ppm kırmızıbiber ekstraktı içeren yemle beslenen balıklar arasında renklenme oranında bir fark görülmediği bildirilmiştir. *Spirulina* sp. ile beslenen tetrazonlarda, sarı-portakal renginden portakal-kırmızı renge kadar değişen deri renkleri ve kırmızı biberle beslenenlerde ise daha kırmızısı-portakal deri renginin oluştuğu saptanmıştır. Benzer şekilde, kırmızıbiber ekstraktı ile beslenen altın mermer balıklarında portakal kırmızısı renk ile en iyi deri renklenmesinin oluştuğu belirtilmiştir [60]. Altın tilapya da yine aynı pigment kaynakları içeren yemlerle beslenmiş ve sonuçta tüm pigment kaynaklarının derinin pigmentasyonu üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Kırmızıbiberin diğer balıklarda olduğu gibi tilapya da deride, portakal-kırmızı renge, buna karşın *Spirulina* sp.'nin ise deride sarı-portakal renge yol açtığı bildirilmiştir [61].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan, çiftlik balıkları ve karideste büyüme oranlarını ve hastalıklara karşı direnci arttıran bu özel yemlere talep artmaktadır. Tropikal balıklar, süs kuşları, hayvanlar ve her çeşit evcil hayvanlar daha çok ekonomik *Spirulina* ürünlerini tüketirler. Yüksek besin değerine sahip olan *Spirulina* ilk olarak doğuda beğenilen ve yüksek değere sahip olan Koi Sazanının renklenmesi için kullanılmıştır. Bu balık belirgin parlak kırmızı, sarı, turuncu, beyaz ve siyah lekelerle sahiptir ve genellikle süs havuzlarında bulunurlar. Asırlardır Japonya ve Çin'de kültür balık yetiştiriciliği yapanlar ve amatör yetiştiriciler tarafından beslenilmektedir. Parlak beyaz bölgesinin renklenmesi, kırmızı ve sarı desenlerinin artması için zengin karoten pigmentleri içeren *Spirulina*, yeme %5-20 oranında eklenmeli ve balıklar bu yem ile beslenmelidir. Balıklarda renkte belirginlik ve renk seçiciliği değerini arttıracaktır [62].

Azalan doğal kaynakları dengelemek için su ürünleri yetiştiricilik sektörü her yıl %10 büyümektedir. Balık yemlerine *Spirulina* eklenmesi yetiştiricilerin en büyük iki problemini çözmeye yardımcı olmaktadır. Birincisi, çiftlik balıklarındaki enfeksiyon ve hastalıklara karşı direnci arttırması, ikincisi ise; lezzet, doku ve deri rengini arttırıcı katkıda bulunmasıdır[62].

Japon balıkçılar *Spirulina* içeren yemlerle besleme yapılmasının beş önemli faydasını keşfetmişlerdir:

- 1) Daha iyi büyüme oranları,
- 2) Daha yüksek kalite ve renklenme,
- 3) Daha fazla yaşama oranı,
- 4) Azalan ilaç gereksinimleri,
- 5) Azalan atık madde [62].

Spirulina yemin lezzetini arttırdığı için dolayısıyla balık larvalarının büyüme oranları artar ve daha az yem kaybı olur. Balık lezzetleri ve daha az karın yağı içerir. Daha hızlı büyür, tadı daha iyi olur ve hastalıklara karşı daha dirençlidir. *Spirulina*'nın kullanımı balık yemlerinin maliyet/performans oranını geliştirir [7, 62].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde balıklar kuluçkahanelerde larva dönemlerinden itibaren yetiştirilir. Bu ilk aşama başarılı bir yetiştiricilik için oldukça zor ve kritiktir. Çoğunlukla, yaşama oranı çok düşüktür. *Spirulina* ilave edilmiş olan yem, balığın yaşama oranını %1-10 oranında artırır ve pazar boyuna daha çabuk ulaşmasını sağlar. Akvaryum balıklarının popüler yemi olarak evcil hayvan mağazalarında satılan küçük *Artemia* larvaları için de *Spirulina* en iyi besindir. Ayrıca *Artemia* larvaları ve biraz daha büyük balıklar için, küçük zooplanktonik organizmalar için de diğer bir lezzetli besindir, fakat kültüre alınması yetiştiriciler için zordur. Bu zooplanktonik canlılar da *Spirulina* ile beslendikleri zaman, başarılı bir şekilde üretimleri yapılabilmektedir[62].

SONUÇ VE ÖNERİLER

Azalan doğal kaynakları dengelemek için su ürünleri yetiştiricilik sektörü her yıl %10 büyümektedir. Balık yemlerine doğal alg kaynaklarının eklenmesiyle; balık yetiştiricilerin en büyük iki problemini çözmeye yardımcı olmaktadır. Birincisi, çiftlik balıklarındaki enfeksiyon ve hastalıklara karşı direnci artırması, ikincisi ise; lezzet, doku ve deri rengini artırıcı katkıda bulunmasıdır.

Yüksek maliyetli sentetik karotenoyit kaynakları yerine, düşük maliyetli doğal karotenoyit kaynağı olan mikroalglerin kullanılması ile balıklarda dayanıklı türler elde edilecek ve istenilen renklenme sağlanacaktır. Böylelikle balık çiftliklerinin üretim performansı artarken, maliyeti de düşecektir.

KAYNAKLAR

[1] A. Richmond, Outdoor mass cultures of microalgae. Handbook of Microalgal Mass Cultures of Microalgae, (ed. Richmond A), CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. (1986), pp. 285-329.

[2] T. Koray, Denizel fitoplankton (Ders kitabı), Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No 32 (2002), pp. 147-14.

[3] M.A. Borowitzka, L.J. Borowitzka, Micro-Algal Biotechnology, Cambridge Univ. Press (1992), pp. 477.

[4] J.A. Del Campo, J. Moreno, H. Rodríguez, M.A. Vargas, J. Rivas, M.G. Guerrero, Carotenoid content of chlorophycean microalgae: factors determining lutein accumulation in *Muriellopsis sp.* (Chlorophyta), Journal of Biotechnology, 76 (2000), pp. 51-59.

[5] A. Çelekli, M. Balcı, Effects of pH, nitrate, and phosphate concentrations on the growth, production of protein, chlorophyll-a, and biomass of *Scenedesmus obliquus* species, In: Fourth Balkan Botanical Congress, /20-26 June (2006), Sofia/Bulgaria

[6] M. Köksal, O. Işık, I. Uslu, Y.M. Işık, Işık, sıcaklık, besin eksikliği ve havalandırmanın *Haematococcus pluvialis flotox*'da büyüme ve astaksantin miktarına etkisi, Journal of

Fisheries Sciences, 6(4) (2012), pp. 297-305. DOI: 10. 3153 /jfscom.akdeniz004.

[7] A. Vonshak and A. Richmond, Mass production of the blue-green alga *Spirulina*. An overview, Biomass, 15 (1988), pp. 233-248.

[8] M.A. Borowitzka and L.J. Borowitzka, *Dunaliella*. In: Micro-algal Biotechnology, (ed. M.A. Borowitzka and L.J. Borowitzka), Cambridge University Press, Cambridge. (1988), pp. 27-58.

[9] A. Ben-Amotz and M. Avron, Glycerol, β -carotene and dry algal meal production by commercial cultivation of *Dunaliella*, In Algae Biomass (ed. G. Shelef and C.J. Soeder), Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomedical Press (1980), pp. 603-610.

[10] I. Maruyama, T. Nakamura, T. Matsubayashi, Y. Ando, T. Naeda, Identification of the alga known as 'marine chlorella' as a member of the Eustigmatophyceae, Jap. J. Phycol., 34 (1986), pp. 319-325.

[11] L. Rodolfi, G.C. Zittelli, L. Barsanti, G. Rosati, M.R. Tredici, Growth medium recycling in *Nannochloropsis sp.* Mass cultivation, Biomol. Eng., 20 (2003), pp. 243-248.

[12] E. Lubzens, O. Gibson, O. Zmora, A. Sukenik, Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis sp.*) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture, Aquaculture, 133 (1995), pp. 295-309.

[13] G. Zittelli, L. Rodolfi, M.R. Tredici, Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products-species of high potential, in Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology, (ed. A. Richmond), Blackwell publishing company (2004), pp. 298-303.

[14] Hu Qiang, Environmental effects on cell composition, in Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology, (ed. A. Richmond), Blackwell publishing company (2004), pp. 83-93.

[15] P.K. Gladu, G.W. Patterson, G.H. Wikfors, B.C. Smith, Sterol, fatty acid, and pigment characteristics of UTEX 2341, a marine eustigmatophyte identified previously as *Chlorella minutissima* (Chlorophyceae), J. Phycol., 31 (1995), pp. 774-777.

[16] J.K. Volkman, M.R. Brown, G.A. Dunstan, S.W. Jeffrey., The biochemical composition of marine microalgae from the class Eustigmatophyceae, J. Phycol., 29 (1993), pp. 69-78.

[17] L.M. Lubián, O. Montero, I. Moreno-Garrido, I.E. Huertas, C. Sobrino, M. Gonzales-del Valle, G. Pares, *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae) as source of commercially valuable pigments., J. Appl. Phycol., 12 (2000), pp. 249-255.

[18] Y. Durmaz, Azot Kaynakları ve Konsantrasyonlarının *Nannochloropsis oculata* (Droop, 1955) (Eustigmatophyceae)'nın büyüme ve pigment kompozisyonuna etkisi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, E.Ü. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, Cilt/Volume 23, Sayı/Issue (3-4) (2006), pp. 295-299.

[19] D.M. John, B.A. Whitton, J.A. Brook, The Freshwater algal flora of the British Isles, First edition, Cambridge University Press (2002), pp. 702, Cambridge.

[20] A. Ben-Amotz, M. Avron, Accumulation of metabolites by halotolerant algae and its industrial potential, Ann. Rev. Microbiol., 37 (1983), pp. 95-119.

[21] D. Soletto, L. Binaghi, A. Lodi, J.C.M. Carvalho, A. Conventi, Batch and fed-batch cultivations of *Spirulina platensis* using ammonium sulphate and urea as nitrogen sources, 243 (2005), pp. 217-224.

[22] [http://silicasecchidisk.conncoll.edu/LucidKeys/Carolina_Key/html/Haematococcus Ecology.html](http://silicasecchidisk.conncoll.edu/LucidKeys/Carolina_Key/html/Haematococcus_Ecology.html)

- [23] G. Kavas ve N. Kavas, Fonksiyonel Gıdalarda Mikroalgelerin Nutrasötik Olarak Kullanılması, Dünya Gıda Dergisi, 7 (2009), pp. 96-98.
- [24] N. Çelikel, Ö. Kınık, S. Gönç ve G. Kavas, Mikroalgelerin gıdalarda renk verici madde (pigment) kaynağı olarak kullanımı, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs (2006), pp. 447-450, Bolu.
- [25] N. Xu, X. Zhang, X. Fan, L. Han, C. Zeng, Effects of nitrogen source and concentration on growth rate and fatty acid composition of *Ellipsoidion sp.* (Eustigmatophyta), J. Appl. Phycol., 13 (2001), pp. 463-469.
- [26] S. Lourenco, E. Barbarino, J. Mancini-Filho, K. Schinke, E. Aidar, Effects of different nitrogen sources on the growth and biochemical profile of 10 marine microalgae in batch culture: An evaluation for aquaculture, Phycologia, 41 (2002), pp.158-168.
- [27] N.S. Shifrin, S.W. Chisholm, Phytoplankton lipids: interspecific differences and effects of nitrate, silicate and light/dark cycles, J. Phycol., 17 (1981), pp. 372-84.
- [28] A. Sukenik, Y. Carmeli, T. Berner, Regulation of fatty acid composition by irradiance level in the Eustigmatophyte *Nannochloropsis sp.*, J. Phycol., 25 (1989), pp. 686-692.
- [29] Ş. Gökpinar, Effect of change of temperature on inorganic nitrogen assimilation of five important sea flagellat in aquaculture, (Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü (1991), pp. 88.
- [30] M. Levasseur, P.A. Thompson, P.J. Harrison, Physiological acclimation of marine phytoplankton to different nitrogen sources, J. Phycol., 29 (1993), pp. 587-595.
- [31] J.U. Grobbelaar, Physiological and technological considerations for optimising mass algal cultures, J Appl Phycol., 12 (2000), pp. 201-206.
- [32] Y. Durmaz, Ş. Gökpinar, *Dunaliella salina* (Dunal) *Teodoresco* (Chlorophyceae) büyümesi üzerine tuz derişimlerinin etkileri, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, E.Ü. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, Cilt/Volume 23, (1-2) (2006), pp. 121-124.
- [33] http://www.ammaddeler.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3548&Itemid=314, 2013.
- [34] D.I. Givens, Sources of N-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets, New Meats Congress, November (1997), Bristol- England.
- [35] L. Varga, J. Szigeti, R. Kovasc, S. Földes Buti, Influence of a *Spirulina platensis* Biomass on the Microflora of Fermented ABT Milks During Storage (R1), Journal of Dairy Science, 85 (2002), pp. 1031-1038.
- [36] G.S. Grinstead, M.D. Tokach, S.S. Dritz, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs, Animal Feed Science and Technology, 83 (2000), pp. 237-247.
- [37] G. Yıldız, *Spirulina Sp.* (Cyanophyceae) kültürü üzerine araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi) (2001), İzmir.
- [38] D. Atay, Plantal aquaculture and their production technique, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, 905, 253 (1984), pp. 203, Ankara.
- [39] M.C. Dalay, S. Cirik, E. Kuru, Türkiye Ege bölgesi iklim koşullarında açık hava kültürleri için uygun *Spirulina platensis* (Stiz.) Geitl, 1930 suşunun tespiti, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi 18(3-4) (2001), pp. 523-528.
- [40] E. Kuru, S. Cirik, *Spirulina platensis* (Cyanophyceae) mikroalg'inin büyümesine ve bazı biyokimyasal özelliklerine sıcaklığın etkisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 20(3-4) (2003), pp. 419-422.
- [41] J.J. Challem, *Spirulina*:What It Is, The HealthBenefits It Can Give You, Keats Publishing Inc. (1981), New Canaan, CT.
- [42] P.A. Sandstrom, J. Murray, T.M. Folks, A.M. Diamond, Antioxidant defenses influence HIV-1replication and associated cytopathic effects, Free Radical Biol. Medicine, 24 (1998), pp. 1485-1491.
- [43] E. Becker, L.V. Ventkateraman, Biotechnology and exploitation of algae. The Indian Approach (ed. Fox RD), All Indian Coordinated Project on Algae Dep. of Science and Tech. (1981), India.
- [44] T. Tanaka, T. Kawamori, M. Ohnishi, H. Makita, H. Mori, Carcinogenesis, 16 (1995), pp. 2957-2963.
- [45] S. Arad (Malis) and A.S. Yaron, Trends in Food Science and Technology, 3 (1992), pp. 92-96.
- [46] A.S. Yaron and S. Arad (Malis), Phycobiliproteins-blue and red natural pigments for use in food and cosmetics, Food flavors, ingredients and composition, developments in food science (ed. G. Charalambous), Elsevier, London (1993), pp. 835-838.
- [47] A. Demirsoy, Yaşamın Temel Kuralları, Cilt III/Kısım I, Hacettepe Üniversitesi yayınları (1988), pp. 268.
- [48] O.J. Torrissen, R.W. Hardy and K.D. Shearer, Pigmentation of salmonids carotenoids deposition and metabolism, Aquatic Sciences, 1 (1989), 209-225.
- [49] M. Hata and M. Hata, Carotinoid pigmente in Goldfish-IV carotenoid metabolism, Bulletin of Japonee Society of Scientific Fisheries, 38 (4) (1972), pp. 331-338.
- [50] S. Yamada, Y. Tanaka, M. Sameshima and Y. Ito, Pigmentation of prawn (*Penaeus japonicus*) with carotenoids; I. Effect of dietary astaxanthin, β -carotene and canthaxanthin on pigmentation, Aquaculture, 87 (1990), pp. 323-330.
- [51] O.J. Torrissen, Pigmentation of Salmonide-Effect Carotenoids in Eggs and Start-Feeding Diet on Survival and Growth Rate, Aquaculture, 43 (1984), pp. 185-193.
- [52] O.J. Torrissen, Pigmentation of Salmonids a comparasion of astaxanthin and canthaxanthin as pigment for Rainbow Trout, Aquaculture, 53 (1986), pp. 271-278.
- [53] J. Christiansen and J.C. Wallace, Deposition of Canthaxanthin and Muscle Lipid end two Size Groups of Charr (*Salvelinus alpinus*, Line), Aquaculture, 69 (1988), pp. 69-78.
- [54] R.N. Iwamoto, J.M. Myers and W.K. Hersberger, Heritability and genetic correlatione for flesh coloration in Penreared and Caho Salmon, Aquaculture, 86 (1990), pp. 181-190.
- [55] H.K. No and T. Storebakken, Pigmentation of Rainbow Trout with astaxanthin at different water temperatures, Aquaculture, 97 (1991), pp. 203-216.
- [56] L. Gouveia, G. Choubert, N. Pereira, J. Santinha, J. Empis, E. Gomes, Pigmentation of gilthead seabream, *Sparus aurata* (L.1875), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, *volvocales*) microalga, Aquaculture Research, 33 (2002), pp. 987-993.
- [57] C.T. Kalinowski, L.E. Robaina, H. Fernández-Palacios, H.D. Schuchardt, M.S. Izquierdo, Effect of different carotenoidsources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skincolour, Aquaculture, 244 (2005), pp. 223-231.
- [58] N. Tejera, J.R. Cejas, C. Rodriguez, B. Bjerkgeng, S. Jerez, A. Bolanos, A. Lorenzo, Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipidcomposition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented withdifferent astaxanthin sources, Aquaculture, 270 (2007), pp. 218-230.

[59] H. Ako, C.S. Tamaru, Are feeds for food fish practical for aquarium fish, *International Aquafeeds*, 2 (1999), pp. 30-36.

[60] D.L. Duncan, R.T. Lovell, A.C. Ramboux, Effectiveness of different carotenoid sources in enhancing pigmentation in ornamental fishes, *W.A.S. World Aquaculture*, 94-Book of Abstracts (1994).

[61] N. Yeşilayer, G. Doğan, M. Erdem, Balık yemlerinde doğal karotenoid kaynaklarının kullanımı, *Journal of Fisheries Sciences*, 2 (3) (2008), pp:241-251.

[62] <http://www.algaeindustrymagazine.com/special-report-spirulina-part-6>, 2013.