



## Balıkların Üreme Performansına Beslemenin Etkileri

Esin BAĞCI

Kenan KÖPRÜCÜ

Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı 23119, Elazığ, TÜRKİYE

\*Sorumlu Yazar

esinbagci23@gmail.com

Geliş Tarihi : 24 Ocak 2012

Kabul Tarihi : 10 Şubat 2012

### Özet

Anaç balıkların beslenmesi, kültürü yapılan birçok balık türünde, üreme performansını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) özellikle dokosaheksaenoik (DHA) ve eikosapentaenoik (EPA) asitler, vitaminler (özellikle A, C ve E vitaminleri), karotenoidler ve çeşitli iz elementler; balıklarda gonad gelişimi, döl verimi, yumurta ve sperm kalitesi, yumurtaların döllenmesi, embriyonal gelişim ve larvanın yaşama oranı üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda, anaç balıkların besin maddesi ihtiyaçlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Balık, Besin, Üreme Performansı, Yem.

## Effects of Nutrition on Reproductive Performance of Fish

### Abstract

In many cultured fish species, broodstock nutrition is an important limiting factor for the reproductive performance of fish. Polyunsaturated fatty acids (PUFA), especially docosaheptaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), vitamins, carotenoids and various trace elements have an influence on gonadal development of fish, fecundity, egg and sperm quality, fertilization, embryonal development and survival rate of larvae. Thus, in recent years, more attention has been paid to the level of different nutrients in broodstock diets. However, studies on broodstock nutrition are quite limited.

**Key Words:** Fish, Nutrient, Reproductive Performance, Diet.

## GİRİŞ

Balıklarda üreme fizyolojisini; beslenme [1, 2, 3], stres faktörleri [4], kültür koşulları [3] gibi birçok biyotik ve abiyotik faktörler doğrudan etkilemektedir.

Besin maddeleri, kültürü yapılan birçok balık türünde larva üretimini sınırlandıran faktörlerin başında gelmektedir. Yağ asitlerinden özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) içinde yer alan dokosaheksaenoik (DHA) ve eikosapentaenoik (EPA) asitler ve onların türevlerini içeren n-3 serisi yağ asitleri (linolenik, stearidonik, dokosapentaenoik asitler), vitaminler (özellikle A, C ve E vitaminleri), karotenoidler ve çeşitli iz elementler döl verimi ve kalitesi üzerinde etkili olmaktadır [5, 6]. Anaçların beslenmesinde kullanılan bu besin maddeleri sadece yumurta ve sperm kalitesini değil, aynı zamanda gonad gelişimini de etkilemektedir. Bu nedenle son yıllarda, anaç balıkların besin maddesi ihtiyaçlarının belirlenmesine yönelik çalışmalara önem verilmektedir.

Anaç yemlerindeki yağ ve yağ asitlerinin kompozisyonu ve miktarı, üreme başarısını ve larvanın hayatta kalma oranını önemli ölçüde etkilemektedir. Yüksek oranda doymamış yağ asitleri (YODYA); yumurtlama metabolizmasını, balığın eşeyssel olgunluğunu ve steroidogenesisi doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Yüksek yapılı omurgalılarda olduğu gibi, vitamin E'nin yetersizliği üreme performansında; olgunlaşmamış gonadlara, düşük kuluçka miktarına ve larvada düşük yaşama oranına neden olmaktadır. Anaç salmon balıklarının yemle alması gereken besin maddesi ihtiyacı yavrularına göre daha yüksek olup, özellikle askorbik asit üreme performansında önemli rol oynamaktadır.

Son yıllarda en çok tartışılan konulardan birisi de, yetiştiricilikte kullanılan anaç besinlerinin daha sonraki süreçte yumurta ve larvaları nasıl etkilediğidir. Anaç balıkların dengeli ve kaliteli yemlerle beslenmesi, elde edilen larvanın sağlıklı olmasında en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle, besin maddelerinin balıkların üremesine ve larvanın sağlık performansına olan etkilerinin bilinmesi gerekmektedir.

### Besin Maddelerinin Yumurtlama Verimliliğine Etkisi

Balıklarda yumurta kalitesini ölçmek için kullanılan parametrelerden biri olan fekondite, anaç yemlerinde besin yetersizliğinden etkilenmektedir. Birçok deniz balığında düşük miktardaki fekonditenin beyin-hipofiz-gonad endokrin sistemindeki bir bozukluğa veya yumurtanın biyokimyasal yapısında bozukluğa neden olduğu rapor edilmiştir [7].

Kanal yayın balığı (*Siganus guttatus*) için; anaç yemlerindeki lipit miktarının %12-18 arasında değişmesi, döl verimliliği ve yumurtadan çıkma oranını artırmıştır [8]. Deniz balıklarından çipuraların (*Sparus aurata*) yemlerinde, n-3 serisi YODYA'lerinin %1,6'nın üzerinde olması yumurta verimliliğini önemli derecede artırmaktadır [9]. Çoklu doymamış yağ asitleri, ovulasyon gibi gonadal gelişim, steroid hormonlarının üretimi ve birçok üreme süreciyle ilgili olan eikosanoit üretimini de düzenleyebilir [10]. Balık ovaryumları eikosanoitleri oluşturmada yüksek kapasiteye sahiptirler [11].

Vitamin E [12, 13] ve askorbik asitin de [14] yumurta kalitesini ve verimliliğini etkilediği saptanmıştır. Yemdeki  $\alpha$ -tokoferol seviyesinin 125 mg/kg'ın üzerinde olması, çipuralarda toplam yumurta miktarını ve yumurta verimliliğini de artırmıştır [7]. Bununla birlikte, anaç yemlerinde  $\alpha$ -tokoferolün yetersiz veya aşırı fazla olması yumurta verimliliğini düşürmüştür.

Vitamin C içeriği zengin olan yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalıklarında ise yumurta kalitesinin arttığı belirlenmiştir [15].

### Besin Maddelerinin Fertilizasyona Etkisi

Yemlerde bulunan bazı besleyici elementler balıklarda dölleme oranını artırmaktadır. Gökkuşuğu alabalığı [16, 17] ve Avrupa levreği [18] gibi türlere ait anaç yemlerindeki esansiyel yağ asidi içeriğinin, sperm kalitesi ve spermin yaşama gücünde olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Birçok deniz balığının spermelerindeki linolenik yağ asidi spermin kalitesini yükseltmekte, kısırlığı gidermekte ve sperm fonksiyonlarını düzenlemektedir [19]. Yemdeki linolenik ve linoleik yağ asitlerinin dengeli bir şekilde bulunması tatlı su balığı larvalarının beslenmesinde optimal yaşama oranını sağlamaktadır. Yine aynı şekilde linolenik, araşhidonik ve eikosapentaenoik yağ asitlerinin varlığı tatlı su balıklarının yumurtalarında kaliteyi artırmaktadır [20].

Yumurtaların döllemesinde; vitamin E [12, 13], vitamin C ve karotenoidlerin [21, 22] önemli yeri vardır. Askorbik asitin steroidlerin ve vitellusun oluşumunda olumlu rol oynadığı rapor edilmiştir [23]. C ve E vitaminlerinin antioksidan özelliği, spermatogenez süresince ve lipit peroksidasyon riskinin azaltılmasıyla döllemeye kadar sperm hücreleri için önemli koruyucu rol oynayabilir. Seminal sıvıdaki askorbik asit miktarı, anaç yemlerindeki vitamin C miktarını yansıtır. Ancak, yumurtlama sezonunun başlangıcında sperma kalitesini etkilemez [24].

### Besin Maddelerinin Embriyo Gelişimine Etkisi

Bazı besin maddeleri, embriyonun normal gelişimi sırasında önemli rol oynamaktadır. Bu besinlerin anaç yemlerinde optimum düzeyde bulunması ise yumurta morfolojisine ve kuluçka oranına olumlu etki etmektedir. Anaç balıkların yemlerindeki n-3 serisi YODYA'lerinin seviyesine bağlı olarak, morfolojik açıdan normal yumurtaların yüzdelerinin arttığı belirlenmiştir [9]. Çipura anaçlarının esansiyel yağ asidi ihtiyaçları, yemdeki n-3 serisi YODYA'leri için %1,5-2 olup larva için bu değer %0,5-0,8 olarak belirlenmiştir [25].

Bu değerler, normal büyüme için n-3 serisi YODYA ihtiyacı yaklaşık %1 civarında olan alabalıklar için belirlenen optimum esansiyel yağ asitleri seviyelerinden daha yüksektir.

Serbest radikaller yumurta membranına ve membranın geçirgenliğine zarar verebilir. E ve C vitaminleri ile karotenoidler (örneğin; astaksantin) serbest radikallerin olumsuz etkilerine karşı koruyucu rol oynamaktadır. Son yıllarda sazan gibi bazı balık türleri ile yapılan çalışmalarda, vitamin E eksikliğinde; olgunlaşmamış gonadlar, düşük kuluçka oranı ve larvanın yaşama oranında azalma görülmüştür [26]. Yemdeki  $\alpha$ -tokoferol seviyesinin 22 mg/kg'dan 125 mg/kg'a yükselmesi sonucunda; anormal çipura yumurta sayısı önemli ölçüde azalmış ve normal yumurta sayısı ise artmıştır [27]. Hücreler arası ve hücre içi antioksidanı olan vitamin E, hücre ve doku plazmasındaki değişken metabolitlerin homeostasisini sürdürmektedir.

Anaç balık yemlerindeki karotenoid düzeyi, balıkların embriyonal ve larval gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Gökkuşuğu alabalığındaki yumurta pigmentasyonunun dölleme ve yaşama oranını olumlu etkilediği bildirilmiştir [21, 22]. Karotenoidler, balıkların renklenmesinde rol oynayan pigmentlerin en önemli yapı taşı olup, provitamin A'nın da kaynağını oluşturmaktadır.

Benzer şekilde, anaç balık yemlerindeki vitamin C içeriğinin de embriyonun hayatta kalma oranını etkilediği belirlenmiştir. Bu vitamin embriyonal gelişimde rol oynayan kollajenin sentezinde gereklidir. Gökkuşuğu alabalığı anaçları, yavrulara göre 8 kat daha fazla vitamin C'ye ihtiyaç duymaktadırlar [14].

Çipuralarla ilgili diğer araştırmalar, yemdeki fosfolipitlerin yumurta kalitesini geliştirdiğini göstermiştir [28, 29]. Fosfolipitler serbest radikalleri bağlayabilme yeteneğine sahip olup [30], larval gelişim süresince kullanılmaktadır [31].

Vitamin A'nın ihtiyaçları gonadal oluşum ve yumurtlama süresince tam olarak bilinmemesine karşın; kemik gelişimi, retina oluşumu ve farklılaşması, bağışıklık sisteminin güçlenmesi, embriyo ve larva gelişimi üzerinde etkisi vardır. Kalkan balığının karaciğerindeki retinol düzeyinin gün boyu arttığı ve buna paralel olarak da gonadların olgunlaşmasının hızlandığı gözlemlenmiştir. Gonadlardaki retinol içeriğinin ise olgunlaşma süresince azaldığı belirlenmiştir [32].

Deniz balıklarının üreme performansı üzerinde önemli etkiye sahip olan diğer bir besin maddesi ise yemin protein içeriğidir. Anaç çipura yemlerinde esansiyel aminoasitlerin dengeli olması ile vitellogenin sentezi artmıştır [33]. Protein içeriğinin yüksek tutulması; plazmadaki hormonal seviyede, oositlerin olgunlaşmasında ve ovulasyonunda önemli bir rol oynamıştır [34].

Thiamin'in salmonidlerde embriyo ve larva gelişimi için önemli olduğu kanıtlanmıştır. Göl alabalığı [35], Pasifik [36] ve Atlantik salmonlarına [37] ait yumurta ve yumurta kesesinde thiamin'in varlığı, larvaların ölüm oranını azaltmıştır.

Anaç balık yemlerinde bulunması önerilen diğer bir madde de pridoksin (Vitamin B<sub>6</sub>)'dir. Bu vitamin folik asit ve steroid hormonunun sentezinde önemli rol oynar. Eksikliğinde DNA ve RNA sentezlerinin bozulması sonucunda hücre bölünmesi azalabilmekte ve yumurtaların dölleme oranı düşebilmektedir [38].

### Besin Maddelerinin Larva Kalitesine Etkisi

Pekçok çalışma, anaç besinleri uygulamaları sayesinde yem kalitesinin geliştiğini göstermiştir. Kanal yayın balığı anaçlarında lipit düzeyinin %12'den %18'e yükselmesi sonucunda larva üretimi ve yaşama oranı artmıştır [8]. Anaç

yemlerine eklenen n-3 serisi YODYA'leri (özellikle DHA), balık larvalarının canlı ağırlığını ve onların osmotik şoka karşı direncini artırmıştır [39]. Benzer şekilde, çipuralarda anaç yemlerine eklenen n-3 serisi YODYA'leri larvaların yaşama oranını artırmıştır. Anaç yemlerinde soya yağı yerine zengin n-3 içeriğine sahip balık yağı kullanılması sonucu, elde edilen larvaların besin kesesini absorbe etme hızı artmış ve yüzme kesesi bozuklukları en aza inmiştir [33].

Deniz balıklarının larva yemlerinde EPA, DHA ve araşhidonik asit spesifik olarak kullanılmaktadır [40]. Çünkü bu yağ asitleri birçok deniz balığı larvası için esansiyeldir. Ancak, bunlardan birinin optimum düzeyi diğerlerinin yemdeki düzeylerine bağlıdır. Dengesiz oranlar, özellikle yüksek EPA ve düşük DHA düzeyleri, larvalarda ölümlere yol açabilmektedir. Bu durum araşhidonik asit, DHA ve EPA'nın önemini ifade etmektedir [41].

## SONUÇ

Sonuç olarak, anaç balıkların besin ihtiyaçlarıyla ilgili bilgiler birkaç türle sınırlı kalmıştır. Özellikle, esansiyel yağ asitleri ve antioksidan etkiye sahip olan besin maddelerinin yetersizliği anaç balıkların üreme performansını ve kalitesini düşürmektedir. Üreme döneminde anaç balıkların bu besin maddelerine olan ihtiyaçları büyüme dönemine oranla daha yüksektir. Bununla birlikte, besin maddelerinin fazla veya yetersiz olması üremeyi olumsuz etkilemektedir. Fosfor gibi bazı mineraller ve protein kalitesi balıkların üremesi için oldukça önemlidir. Diğer taraftan anaç balıkların vitamin A, pridoksin ve folik asit gibi besin maddelerine olan ihtiyaç düzeyleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, balık üretiminde bu besin maddelerinin fonksiyonlarını ve biyokimyasal mekanizmalarını açıklığa kavuşturan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Hardy, R., 1985. Salmonid Broodstock Nutrition. pp. 98-108. In: Iwamoto, R., Sower, S. (Eds.), *Salmonid Reproduction*, Washington Sea Grant Programme, University of Washington, Seattle.
- [2] Watanabe, T., Itoh, A., Satoh, S., Kitajima, C., Fujita, S., 1985a. Effect of dietary protein levels on chemical components of eggs produced by red sea bream broodstock. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51 (9), 1501-1509.
- [3] Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., Duston, J. and Barker, G., 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100, 141-166.
- [4] Campbell, P.M., Pottinger, T.G. and Sumpter, J.P., 1992. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biology of Reproduction*, 47, 1140-50.
- [5] Sargent J.R., Henderson R.J., Tocher D.R. 1989. The Lipids. pp. 153-218.
- [6] Bromage, R.N. and Roberts, J.R., 1995. Broodstock Management and Egg Larval Quality. Blackwell Science Ltd., Cambridge, 424 p.
- [7] Izquierdo, M., Fernandez-Palacios, H., Tacon, A.G.J., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish, *Aquaculture*, 197, 25-42.
- [8] Duray, M., Kohno, H., Pascual, F., 1994. The effect of lipid enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish (*Siganus guttatus*). *Philipp. Sci.*, 31, 42-57.
- [9] Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., Vergara, J., 1995. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132, 325-337.
- [10] Moore, P.K., 1995. Prostanoids: Pharmacological, Physiological and Clinical Relevance. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- [11] Knight, J., Holland, J.W., Bowden, L.A., Halliday, K., Rowley, A.F., 1995. Eicosanoid generating capacities of different tissues from the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Lipids*, 30 (5), 451-458.
- [12] Izquierdo, M., Fernandez-Palacios, H., 1997. Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock. *Cah. Options Mediterr.*, 22, 243-264.
- [13] Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Gonzalez, M., Robaina, L., Valencia, A., 1998. Combined effect of dietary  $\alpha$ -tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 161, 475-476.
- [14] Blom, J.H., Dabrowski, K., 1995. Reproductive success of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. *Biol. Reprod.*, 52, 1073-1080.
- [15] Sandnes, Ko., Ulgenes, Y., Braekkan, O.R., Utne, F., 1984. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 43, 167-177.
- [16] Watanabe, T., Takeuchi, T., Saito, M., Nishimura, K., 1984d. Effect of low protein-high calorie or essential fatty acid deficiency diet on reproduction of rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50 (7), 1207-1215.
- [17] Labbe, C., Loir, M., Kaushik, S., Maise, G., 1993. The influence of both rearing and dietary lipid origin on fatty acid composition of spermatozoan polar lipids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Effect on sperm cryopreservation tolerance. Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France), June 24-27, 1991. Ed. INRA, Paris 1993, (Les Colloques, no. 61), pp. 49-59.
- [18] Asturiano, J.F., 1999. El proceso reproductivo de la lubina europea (*Dicentrarchus labrax* L.) Efectos de los acidos grasos de la dieta: estudios in vivo e in vitro. PhD Thesis, Valencia University, Spain, 251 p.
- [19] Tinoco, J., 1982. Dietary requirements and functions of  $\alpha$ -linolenic acid in animals. *Prog. Lipid Res.*, 21, 1-45.
- [20] Pickova, J., Dutta, P.C., Larsson, P.O., Kiessling, A., 1997. Early embryonic cleavage pattern, hatching success and egg-lipid fatty acid composition: comparison between two cod stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54, 2410-2416.
- [21] Harris, L.E., 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. *Aquaculture*, 43, 179-183.
- [22] Craik, J.C.A., 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*, 47, 61-88.
- [23] Sandnes, K., 1991. Vitamin C in fish nutrition-a review. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaer.*, 4, 3-32.
- [24] Ciereszco, A., Dabrowski, K., 1995. Sperm quality and ascorbic acid concentration in rainbow trout semen are

- affected by dietary vitamin C: an across season study. *Biol. Reprod.*, 52, 982-988.
- [25] Izquierdo, M., 1996. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae. *Aquacult. Nutr.*, 2, 183-191.
- [26] Watanabe, T., 1990. Effect of broodstock diets on reproduction of fish. *Actes Colluq. - IFREMER* 9, 542-543.
- [27] Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., Montero, D., 1997. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 148, 233-246.
- [28] Watanabe, T., Lee, M., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T., Arakawa, T., 1991a. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 (4), 681-694.
- [29] Watanabe, T., Fujimura, T., Lee, M.J., Fukusho, K., Satoh, S., Takeuchi, T., 1991b. Effect of polar and nonpolar lipids from krill on quality of eggs of red seabream *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 (4), 695-698.
- [30] Watanabe, T., Kiron, V., 1995. Broodstock management and nutritional approaches for quality offsprings in the Red Sea Bream. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 424 pp.
- [31] Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture*, 155, 105-118.
- [32] Hemre, G.I., Mangor-Jensen, A., Lie, O., 1994. Broodstock nutrition in turbot (*Scophthalmus maximus*) effect of dietary vitamin E. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaer.*, 8, 21-29.
- [33] Tandler, A., Harel, M., Koven, W.M., Kolkovsky, S., 1995. Broodstock and larvae nutrition in gilthead seabream *Sparus aurata* new findings on its involvement in improving growth, survival and swim bladder inflation. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh*, 47, 95-111.
- [34] Navas, J.M., Trush, M., Ramos, J., Bruce, M., Carrillo, M., Zanuy, S., Bromage, N., 1996. The effect of seasonal alteration in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Proc. V Int. Symp. Rep. Physiol. Fish. Austin, TX*, 2-8 July 1995, pp. 108-110.
- [35] Brown, S.B., Fitzsimons, J.D., Palace, V.T., Vandembillaardt, L., 1998. Thiamin and early mortality syndrome in lake trout. In: McDonald, G., Fitzsimons, J.D., Honeyfield, D.C. (Eds.), *Early Life Stage Mortality Syndrome in Fishes of the Great Lake and Baltic Sea*. American Fisheries Society, Symposium, vol. 21, pp. 18-25, Bethesda, MD, USA.
- [36] Hornung, M.W., Miller, L., Peterson, R.E., Marcquenski, S., Brown, S., 1998. Efficacy of various treatments conducted on Lake Michigan salmonid embryos in reducing early mortality syndrome. In: McDonald, G., Fitzsimons, J.D., Honeyfield, D.C. (Eds.), *Early Life Stage Mortality Syndrome in Fishes of the Great Lake and Baltic Sea*. American Fisheries Society, Symposium, vol. 21, pp. 124-134, Bethesda, MD, USA.
- [37] Wooster, G.A., Bowser, P.R., 2000. Remediation of Cayuga Syndrome in landlocked Atlantic Salmon *Salmo salar* using egg and sac-fry bath treatments of thiamin-hydrochloride. *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 149-157.
- [38] Halver, J.E., 1989. The vitamins. In: Halver, J.E. (Ed.), *Fish Nutrition*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 32-111.
- [39] Aby-ayad, S.-M.E.-A., Melard, C., Kestemont, P., 1997. Effects of fatty acids in Eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance. *Aquacult. Int.*, 5, 161-168.
- [40] Ando, Y., Kotake, M., Ota, T., 1997. Lipids and fatty acids in *Artemia nauplii* enriched with fish oil triacylglycerols containing docosahexaenoic acid in different positional distribution patterns. *Fisheries Sci.*, 63, 605-609.
- [41] Estevez, A., McEvoy, L.A., Bell, J.G., Sargent, J.R., 1999. Growth, survival, lipid composition and pigmentation of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae fed live-prey enriched in Arachidonic and Eicosapentaenoic acids. *Aquaculture*, 180 (3-4), 321-343.