

BALIKLARDA BESLENME İLE KAN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Nejdet GÜLTEPE

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü Bornova İzmir
e-mail: ngultepe@ege.edu.tr

Geliş Tarihi / Received : 21.05.2007

Özet: Su ürünleri sektörünün gelişmesiyle birlikte balıklar üzerinde birçok araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların bazıları balık kanının hematolojik ve biyokimyasal özellikleri incelenerek; ifletme bakım, idare flartları, beslenme kofulları, çevresel etki ve hastalıklar gibi balığın metabolizma faaliyetlerine etkisi olan tüm konular hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır. Balıklardaki kan parametreleri varyasyon aralığının çok geniş olması nedeni ile günümüzde direkt kontrolde kesin kestas olamamakla birlikte elde edilen diğer bulguların desteklenmesine yardımcı olabilmektedir. Bu çalışmada birçok faktörden etkilenebilen kan parametrelerini beslenme yönünden ele alarak beslenme ile kan parametreleri arasındaki ilişkiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kan parametreleri, Balık

Relationships Between Nutrition and Blood Parameters in Fish

Abstract: Numerous researches have been conducted in fish depending on improvement in aquaculture sector. Some of these researches dealt with biochemical and hematological properties of blood as well as maintenance, management, nutritional, environmental impacts and diseases which may have effects on fish metabolism directly or indirectly. Blood parameters can not be used directly in diagnosis due to their large variations, therefore they can be used as supporting data. In this research, information about relationship between nutrition and blood parameters that might be affected by various outer and inner factors were gathered.

Key words: Blood parameters, fish

GİRİŞ

Balıklarda kan parametreleri üzerinde değişlik amaçlarla araştırmalar yapılabilmektedir. Ayrıca metabolizma açısından kanın kimyasal özelliklerinin, hormonal dengesinin kontrolü de önem taşımaktadır. Biyokimyasal ve hematolojik niteliklerin; kan kimyası ve hormonal durumların kontrolü, hastalıkların takibi için olduğu kadar (Pickering ve Pottinger, 1987; Mazur ve Iwama, 1993), ifletmelerdeki bakım ve idare şartları ile beslenme ve çevre şartlarından ileri gelebilecek etkilerin tespit ve kontrolü yönünden de önemlidir (Barham ve ark., 1980; Aydın ve ark., 1997; Aydın ve ark., 2000). Kesinleşen tespit ve kontrollerin yapılması, değerlendirilebilmesi için ilk önce kan ve kan parametreleri hakkında bilgi edinilmesi gerekmektedir ve beslenme şartları ile birlikte çeşitli faktörlerin kan parametreleri üzerine etkilerinin ne gibi etkilerinin olabileceği bilinmelidir.

KAN ve KANIN GÖREVLERİ

Kan, kan damarları ve solungaçlardan oluşan tamamen kapalı bir sistemde dolaşır. Kan, plazma denilen sıvı ortamda asılı halde bulunan katı elemanlar olan al ve akyuvarlar ile trombositlerden oluşur.

Oksijen taşıması ve hücre aracılığıyla, bağışıklık savunması gibi özgül hücresel olanlar dışında kanın iflevleri; plazma ve bunun yapıtaşları tarafından gerçekleştirilir.

Kanın ana iflevleri on grup altında toplanabilir:

1. Solunum; oksijenin solungaçlardan dokulara, karbondioksitin dokulardan solungaçlara taşıması,
2. Beslenme; emilen besin maddelerinin taşıması,
3. Atılım; metabolik atıkların böbrek, solungaç, deri ve bağırsaklara taşıması,
4. Vücuttaki normal asit-baz dengesinin sürdürülmesi,
5. Su dengesi; dolaşan sıvı ile doku sıvısı arasında su değişim tokuflu üzerine kanın etkileri ile su dengesinin düzenlenmesi,
6. Savunma; akyuvarlar ve dolaşımdaki antikorlarla enfeksiyonlara karşı savunma,
7. Vücut sıcaklığı; vücut sıcaklığının dağılımı ile vücut sıcaklığının düzenlenmesi,

8. Hormonların taşıması ve metabolizmanın düzenlenmesi,
9. Metabolitlerin taşıması,
10. Pıhtılaşma.

BESLENMENİN KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Plazma proteinleri sadece basit proteinleri değil aynı zamanda glikoproteinler ve çeşitli lipoprotein tipleri gibi konjuge proteinleri içeren karmaşık bir yapıdadır. Değişken sodyum veya amonyum sülfat deriflimleri kullanılarak plazma proteinleri fibrinojen, albumin ve globulinler gibi üç ana gruba ayrılır (Cantarow ve Schepartz, 1968; Gökalp ve ark., 1992; Murray ve ark., 1996).

Balıklarda lipid metabolizması memelilerdekine benzer gerçekleşmektedir. Yağlar (trigliserit), bir molekül gliserol ve üç molekül yağ asidinden oluşmaktadır. Metabolize olmadan ve enerji kaynağı olarak kullanılmadan önce yağların gliserol ve yağ asitlerine parçalanması gerekir. Yağın büyük bir kısmı enerji üretmek için oksitlenir. Adipoz dokudan trigliseritlerin salıverilmesi hormonal kontrol altında gerçekleşir. Yağın gliserol ve yağ asitlerine hidrolizi adipoz dokuda meydana gelir. Yağ asitleri proteinlerle kompleksler yapıp kan dolaşımına girerler. Yağ metabolizmasında ortaya çıkan iki karbonlu bileşikler kanda birikir ve asetoasetik asit, β -hidroksi bütirik asit ve asetonu meydana getirir Bu keton bileşiklerden asetoasetik asit ve β -hidroksi bütirik asit kuvvetli asit olduklarından bunların devamlı olarak meydana gelmeleri kanın alkali rezervlerini tüketir ve böylece asidoz meydana gelir. Asidozda kanın karbondioksit taşıma kapasitesi azalır ve hücre oksidasyonu düşer. Fakat kemikli balıklarda önemli miktarda keton bileşikler üretilmediği görülmüştür (Aksoy ve ark., 1981; Akyurt, 1993). Değişlik bitkisel ve hayvansal yağların rasyonlarda kullanımı diyet gruplarına göre gökküflaşı alabalıklarının kan hematokrit seviyesini önemli miktarda düşürmektedir (Greene ve Selivonchick, 1990).

Xu ve ark. (1996) çeşitli baklagil bitkilerinin yağların rasyonda kullanarak yaptıkları çalışmada balıkların kanında ve kaslarında önemli seviyede trigliserit miktarının düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Balıklar yemlerinde kullanılan farklı ya da kaynakların, yapılarındaki ya da asidi kompozisyonunun farklılığından dolayı balıklarındaki hematolojik parametreleri (Hb, Hct, Rbc), damarlardaki koagülasyonunu ve bağışıklık sistemini önemli derecede etkilediği bildirilmektedir. Bu etki balıklar türleri ve kullanılan ya da kaynağına göre değişmektedir (Waagbø ve ark., 1995).

Karbonhidratlar, saccaklanlı hayvanların enerji ihtiyacının karşılanmasında birinci kaynak olarak kullanılmaktadır (Keha ve Küfrevioğlu, 1993).

Karbonhidratların proteinden tasarruf sağlayıcı etkisi balıklar türleri arasında geniş varyasyon gösterir. Bu durum, balıklarda beslenme flekline göre değişiklik arz ettiği, omnivor ve herbivorların karbonhidratları karnivorlara göre daha iyi değerlendirdikleri ve glikozun karbonhidrat metabolizmasında önemli yer tuttuğu bildirilmektedir (Lovell, 1989).

Bu nedenle karnivor balıkların ihtiyaç duydukları karbonhidratları amino asit ve lipidlerden kendilerinin sentezlediği ileri sürülmektedir. Balıklarda ayrıca kan glukozunu kontrol mekanizmasının saccaklanlı hayvanlardan daha zayıf olduğu bulunmuştur. Balıklar da glukoz yükselmesine diabetik memeliler gibi cevap verirler. Glukoz alımını takiben balıklarda kan glukoz seviyesi hızla yükselir ve glukozun düflüflü saatlerce sürer. Alabalıkta glukozun dönüflüm oranı saccaklanlılardan 10 kat daha düflüktür. Balıklar, enerji için deamine olmamış amino asitleri, glukozla oranla daha etkili bir flekilde oksitleme yeteneğine sahiptir. Bunun nedeni balıkların biyokimyasal ve fizyolojik yapılarının karbonhidratları iyi değerlendiremeyecek kapasitede olmasıdır. Glikoz metabolizmasında insülin, glukagon ve tiroid hormonlarının memelilerde düzenleyici rol oynamaları bilinmesine karşılık (Keha ve Küfrevioğlu, 1993), bunların balıklardaki etkileri hakkında kesin bilgi bulunmamaktadır (Navvaro ve ark., 1993).

Araştırıcılar karnivor balıklar türlerinde glukozdan yararlanma oranının düflük olmasının, insülin seviyesinin düflük olmasına ya da kanda glikoz seviyesini kontrol edecek hormonların eksikliğine bağlamaktadır. Halbuki radioimmunoassay yöntemleriyle yapılan çalışmalarla, balıkların plazmasındaki insülin seviyesinin memelilerdekine yakın

ve hatta daha yüksek olduğu bulunmuştur. Balıkların karbonhidratlardan iyi yararlanamama sebeplerinden birinin de balıklarda glikozun aerobik oksidasyon hızının, kara hayvanlarınınkinden daha düflük seviyede olması ileri sürülmektedir (Akyurt, 1993; Kim ve Kaushik, 1992). Bununla birlikte kan glikoz düzeyine yem kompozisyonunun ve beslenme fleklinin etkili olduğu bilinmektedir (Aydın ve ark., 2000; Hemre ve ark., 1995;1996).

Yüksek seviyede karbonhidrat (% 10'dan fazla) ihtiva eden yemlerle beslemenin salmonidlerde hiperglisemiye neden olduğu, kan glukoz seviyesinin artması ile beraber balığın bağışıklık sistemini zayıflattığı belirtilmektedir (Waagbø, 1994).

Vücutta proteinler devamlı olarak parçalanır ve yeniden sentezlenir. Yiyecek proteinleri, sindirim ve absorpsiyonu takiben amino asitler olarak, amino asit havuzuna girerler. Bu havuzlardan protein sentezi gibi anabolik ve katabolik amaçlar için amino asitler alınır. Katabolik reaksiyonların çoğunda amino asitler, nitrojenli bileşikler ve nitrojeniz bileşiklere parçalanırlar. Bu parçalanma ürünleri daha sonra ayrı ayrı metabolik yollar izlerler. Omurgalı kara hayvanlarının çoğu nitrojeni üre halinde dışarı atarlar. Kuflar ve sürüngenler daha az su gerektiren ürik asit fleklinde atarlar (Gökalep ve ark., 1992; Aksoy ve ark., 1981).

Kemikli balıklar ise nitrojen kaynaklı atıklarının % 60-90'ının amonyak fleklinde ve büyük bir kısmını da solungaçlarıyla atarlar. Balıklarda oluşan diğer nitrojenli metabolik atıklar üre, ürik asit, kreatin, kreatinin, trimetil amin oksit ve amino asitlerdir. Memelilerde olduğu gibi balıklarda üre sentezi için ornitin-sitrullin-arginin siklusünün bulunmadığı anlaşılmıştır. Köpek balıkları gibi bazı balıklar türlerinin kan sıvısında yüksek miktarlarda üreye rastlanılmıdır. Bu ürenin osmoregülasyon amaçlı olduğu tahmin edilmektedir. Nitrojenin vücuttan atılması için en etkili yol amonyaktır. Amonyanın sentezi ve vücuttan atılması için üreye oranla daha az enerji harcanmaktadır. *Myoxocephalus scarpus* balıklarında yapılan bir çalışmada solungaçlardan atılan amonyanın % 60'ının kan amonyasından, % 40'ünün solungaç

dokusunda deaminasyona uğrayan amino asitlerden oluştuğu bulunmuştur. Balıklarda protein sentezi memelilerdekine benzer şekilde gerçekleşmesine rağmen çevresel faktörler arasında farklılıklar vardır. Çevre sıcaklığı 0 °C'nin altına düştüğü zaman, polar balıkların serumunda spesifik proteinlerin sentezlendiği bilinmektedir. Bu spesifik proteinler ve özellikle bazı glikoproteinler kan sıcaklığının oksijen molaritesini yükseltmekte ve böylece kanın donma noktasına düşürmektedirler. Serum antifiriz glikoproteininin sentezi karaciğer tarafından yapılmaktadır. Serumun serbest amino asit düzeyleri ile rasyonla alınan amino asitler arasında önemli seviyede bir korelasyon vardır. Serumda düşük seviyede bulunan bazı amino asitlerin, bu amino asitlerce zengin proteinleri içeren yemlerle besleme yapıldığında serumdaki amino asit seviyesinde yükselme görülmüştür (Akyurt, 1993; Kim ve Kaushik, 1992). Farklı besleme rejimi uygulanan ergin gökkufla alabalıklar ile yapılan çalışmada, tek hücre proteinleri ile beslenen balıklarla normal proteinle beslenen balıklar arasında yapılan karşılaştırılarda gökkufla alabalıklarının kan hematokrit seviyelerinde önemli fark olmadığı ve kan protein miktarının ise önemsiz seviyede yükseldiği fakat serum CHOL (kolesterol) seviyesi balık unu ile beslenen kontrol grubu erkek balıklarda Kasım ayında ortalama 684mg dL⁻¹, diğlilerde 799mg dL⁻¹; tek hücre proteinli yem ile beslenen grubun erkek balıklarda 479mg dL⁻¹, diğlilerinde ise 489mg dL⁻¹ olarak bulunmuştur. Aralık ayında ise kontrol grubu erkek balıklarda 531mg dL⁻¹, diğli balıklarda 464mg dL⁻¹; tek hücre proteinli yemle beslenenlerde serum CHOL seviyesi erkek balıklarda 361mg dL⁻¹, diğli balıklarda 281mg dL⁻¹ bulunmuştur (Shimma ve ark., 1981).

Protein kaynağı olarak tek hücre proteini ve balık ununun kandaki etkilerinin araştırıldığı bir besleme çalışmasında, iki yaflındaki gökkufla alabalıklarının balık unu ile beslenen kontrol grubunda fiubat ve Haziran aylarında kan hematokrit ve kan protein seviyelerindeki değişikliklerin önemli seviyede olduğu; besleme rejimi uygulanan iki yaflındaki gökkufla alabalıklarının balık unu ile beslenen kontrol grubunda serum CHOL seviyesi; Nisan ayında 419-562mg dL⁻¹, Haziran ayında ise 436-576mg dL⁻¹ arasında bulundu, tek hücre

proteini ile beslenen grupta ise serum CHOL seviyesi Nisan ayında 478-530mg dL⁻¹, Haziran ayında ise 346-476mg dL⁻¹ arasında bulunmuştur (Shimma ve ark., 1982).

Yemlere maya katmanın gökkufla alabalığının GOT (glutamat oksalasetat transaminaz) aktivitesinde önemli bir düşüşle neden olduğu, GPT (glutamat piruvat transaminaz) aktivitesinde ise önemli değişim gözlenmediği bildirilmiştir. Aynı araştırmada yeme astaksantin ilavesinin GPT enzimini fazla etkilemediği halde, GOT aktivitesinde önemli düşüşle sebep olduğu gözlenmiştir (Nakano ve ark., 1995).

Protein metabolizmasına bağlı olarak yapılan incelemelerde atlantik salmonlar ve gökkufla alabalıklarında plazma üre miktarına su sıcaklığının, tuzluluğun ve besleme diyetlerinin etkileri bildirilmiştir (Knoph ve Måsøval, 1996).

Bunların yanında vitamin ve minerallerle yapılan çalışmalarda eksikliği görülen vitamin ve minerallerin kanda, başta hipokromik mikrositik anemi olmak üzere çeşitli hematolojik ve biyokimyasal bozukluklara sebep olduğu bilinmektedir (Akyurt, 1993; March ve ark., 1990; Sakamoto ve Yone, 1973; Nose, 1972; Kawatsu, 1972).

Plazmada bulunan mineral maddelerin hemen hepsinin bir miktarının plazma proteinlerine bağlı olduğu ve bağlı olmayan kısmının ise plazmada iyonize durumda olduğu bildirilmektedir. Plazma proteinlerinin seviyelerinde belirlenen düşüşlerin mineral madde seviyesini de düşürdüğü fakat eksiklik semptomlarının olmamasına plazmada iyonize halde bulunan mineral maddelerin engellediği ve mineral madde eksikliklerin ancak beslenme yolu ile giderilebileceği bildirilmiştir (Sencer, 1991).

Matusiewicz ve Dabrowski (1996), gökkufla alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) kan serumundaki alkalın fosfataz enzimi aktivitesine C vitaminin etkisini araştırmaları, kontrol grubunda 74 ± 20u L⁻¹, zayıf balıklarda 28 ± 5u L⁻¹, yemlerine az miktarda C vitamini katılan grupta 44 ± 17u L⁻¹ ve yemlerine yüksek oranda C vitamini katılan grupta ise 37 ± 36u L⁻¹ olarak bulmuşlar ve alkalın fosfataz enziminin C vitamini eksikliği için indikatör olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar ve bütün bu bilgilerin ışığında balıkların kanındaki biyokimyasal ve hema-

tolojik parametrelerin hemen hemen büyük bir kısmına; suyun sıcaklığı ve pH'sının, ağır metallerin, insektisitlerin, sanayi atıklarının, mevsimlerin, üremenin ve hastalıklarının yanında yem kompozisyonu ile birlikte besleme rejiminin de etkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca balıkların beslenmesinde ve besin durumunun değerlendirilmesinde biyokimyasal ve hematolojik parametrelerin belirleyici olduğu ve bu parametrelerin türlere bağlı olarak değerlendirilebileceği de görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy A., Haflimoğlu S. ve Çakır A. 1981. Nutrients and Animal Feeding, (in Turkish). Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 570, Ders Kitapları Serisi No: 39, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
- Akyurt Ç. 1993. Fish Feeding, (in Turkish). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 156, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Aydın S., Çelebi S. ve Akyurt Ç. 1997. Clinical, hematological and pathological investigations of *Escheria vulneris* rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Pathology*. 32: 29-34.
- Aydın S., Gültepe N. ve Yıldız H. 2000. Natural and experimental infections of *Campylobacter cryaerophila* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): Gross pathology, bacteriology, clinical pathology and chemotherapy. *Fish Pathology*. 35, 117-123.
- Aydın S., Yıldırım A. ve Erdoğan O. 2000. Monthly differences in blood glucose level at *Capoeta capoeta capoeta* (Güldenstaedt, 1772) lives in Aras River, (in Turkish). *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 24: 523-528.
- Barham W.T., Smith G.L. ve Schonbee H.J. 1980. The effect of bacterial infection on erythrocyte fragility and sedimentation rate of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.* 16: 177-180.
- Cantarow A.M.D. ve Schepartz B. 1968. Biochemistry. Fourth Ed. W. B. Saunders Company. Philadelphia, Pa. 19105.
- Gökalp H.Y., Nas S. ve Certel M. 1992. Biochemistry - I, (in Turkish). Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 772, Ziraat Fakültesi No: 311, Ders Kitapları Serisi No: 63, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Greene D.H.S. ve Selivonchick D.P. 1990. Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and haematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 89: 165-182.
- Hemre G.I., Sandness K., Lie K. ve Waagbø R. 1995. Blood chemistry and organ nutrient composition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed graded amounts of wheat starch. *Aquaculture Nutrition*. 1: 37-42.
- Hemre G.I., Waagbø R., Hjeltne B. ve Aksnes A. 1996. Effect of gelatinized wheat and maize in diets for large Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on glycogen retention, plasma glucose and fish health. *Aquaculture Nutrition*. 2: 33-39.
- Kawatsu H. 1972. Studies on the anemia of fish, V. dietary iron deficient anemia in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Bull. Fresh. Fish Ro. Lab.* 22: 59-67.
- Keha E.E. ve Küfrevioğlu Ç. 1993. Biochemistry, (in Turkish). Derya Kitabevi, Trabzon.
- Kim J.D. ve Kaushik S.J. 1992. Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 106: 161-169.
- Knoph M.B. ve Måsøval K. 1996. Plasma ammonia and urea levels in Atlantic salmon farmed in sea water. *J. Fish Biology*. 49: 165-168.
- Lovell T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Newyork, USA.
- March B.E., Hajen W.E., Deacon G., Macmillan C. ve Walsh M.G. 1990. Intestinal absorption of astaxanthin plasma astaxanthin concentration, body weight and metabolic rate as determinants of flesh pigmentation in salmonid fish. *Aquaculture*. 90: 313-322.
- Matusiewicz M. ve Dabrowski K. 1996. Utilization of the bone/liver alkaline phosphatase activity ratio on blood plasma as an indicator of ascorbate deficiency in salmo-

- n i d
fish. S. Experimental Biology and Medicine. 212: 44-51.
- Mazur C.F. ve Iwama G.K. 1993. Effect of handling and stocking density on haematocrit, plasma cortisol and survival in wild and hatchery-reared chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture. 112: 291-299.
- Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A. ve Rodwell W.V. 1996. Harper's Biochemistry, (in Turkish). Çevirenler: Nurten Dikmen ve Tuncay Özgünen. 24. Baskı, Barış Kitapevi, İstanbul.
- Nakano T., Tosa M. ve Takeuchi M. 1995. Improvement of biochemical features in fish health by red yeast and synthetic astaxanthin. J. Agric. Food Chem. 43: 1570-1573.
- Navarro I., Carneiro M.N., Parrizas M., Maestro J.L., Planas J. ve Gutierrez J. 1993. Post feeding levels of insulin and glucagon in trout (*Salmo trutta fario*). Comp. Biochem. Physiol. 104 A: 389-393.
- Nose T. 1972. Mineral requirement of fish. Aquaculture. 20: 289-300.
- Pickering A.D. ve Pottinger T.G. 1987. Crowding causes prolonged leucopenia in salmonid fish despite acclimation. J. Fish. Biol. 20: 229-244.
- Sakamoto S. ve Yone Y. 1973. Effect of dietary calcium phosphorous ratio upon growth, feed efficiency and blood serum calcium and phosphorous level in sea bream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 343-348.
- Sencer E. 1991. Nutrition and Diet, (in Turkish). Güven Matbaası, İstanbul.
- Shimma Y., Ikeda K. ve Shimma H. 1981. Plasma constituents of matured rainbow trout raised with fish meal and SCP combined feeds. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47(3): 371-376.
- Shimma Y., Shimma H. ve Ikeda K. 1982. Plasma constituents of 2 year-old rainbow trout raised with fish meal and SCP combined feeds. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture. 3: 61-73.
- Waagbø R., Hemre G.I., Holm J.C. ve Lie Ø. 1995. Tissue fatty acid composition, haematology and immunity in adult cod, *Gadus morhua* L., feed three dietary lipid sources. J. Fish Diseases. 18: 615-622.
- Waagbø R. 1994. The impact of nutritional factors on the immune system in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a review. Aquaculture and Fisheries Management. 25: 175-197.
- Xu R., Hung S.S.O. ve German J.B. 1996. Effects of dietary lipids on the fatty acid composition of triglycerides and phospholipids in tissues of white sturgeon. Aquaculture Nutrition. 2: 101-109.