Derleme / Review

Alınteri
12 (B) - 2007
25-30
ISSN: 1307-3311

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 bazılarında balık kanının hematolojik ve biyokimyasal özellikleri incelenerek; işletme bakım, idare şartları, beslenme koşulları, 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 kıstas 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 reasearches 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 maintanence, management, nutritional, environmental impacts and diseases which may have effects on fish metebolism 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 paramaters that might be affected by various outer and inner factors were gathered.

Key words: Blood parameters, fish

GİRİŞ

Balıklarda kan parametreleri üzerinde değişik amaçlarla araştırmalar yapılabilmektedir. Ayrıca metabolizma açısından kanın kimyasal özelliklerinin, hormonal dengesinin kontrolü de önem taşımaktadır. Biyokimyasal ve hematolojik niteliklerin; kan kimyası ve hormonal durumlarının kontrolü, hastalıkların takibi için olduğu kadar (Pickering ve Pottinger, 1987; Mazur ve Iwama, 1993), işletmelerdeki 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). İstenilen tespit ve kontrollerin yapılıp, değerlendirilebilmesi için ilk önce kan ve kan parametreleri hakkında bilgi edinilmesi gerekmekte 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 taşınması ve hücre aracılığı, bağışıklık savunması gibi özgül hücresel olanlar dışında kanın işlevleri; plazma ve bunun yapıtaşları tarafından gerçekleştirilir.

Kanın ana işlevleri on grup altında toplanabilir:

1. Solunum; oksijenin solungaçlardan dokulara, karbondioksitin dokulardan solungaçlara taşınması,
2. Beslenme; emilen besin maddelerinin taşınması,
3. Atım; metabolik atıkların böbrek, solungaç, deri ve bağırsaklara taşınması,
4. Vücuttaki normal asit-baz dengesinin sürdürülmesi,
5. Su dengesi; dolaşan sıvı ile doku sıvısı arasında su değiş tokuşu üzerine kanın etkileri ile su dengesinin düzenlenmesi,
6. Savunma; akyuvarlar ve dolaşımdaki antikorlarla enfeksiyonlara karşı savunma,
7. Vücut sıcaklığı; vücut ısısının dağıtımı ile vücut sıcaklığının düzenlenmesi,
8. Hormonların taşınması ve metabolizmanın düzenlenmesi,
9. Metabolitlerin taşınması,
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 derişimleri 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 yaparak kan dolaşımına girerler. Yağ metabolizmasında ortaya çıkan iki karbonlu bileşikler kanda birikir ve asetoasetik asit, ß-hidroksi bütirik asit ve asetonu meydana getirir Bu keton bileşiklerden asetoasetik asit ve ß-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 bileşikleri üretilmediği görülmüştür (Aksoy ve ark., 1981; Akyurt, 1993).

Değişik bitkisel ve hayvansal yağların rasyonlarda kullanımı diyet gruplarına göre gökkuşağı alabalıklarının kan hematokrit seviyesini önemli miktarda değiştirmektedir (Grene ve Selivonchick, 1990).

Xu ve ark. (1996) çeşitli baklagil bitkilerinin yağlarını rasyonda kullanarak yaptıkları çalışmada balıkların kanında ve kaslarında önemli seviyede trigliserit miktarını değiştirdiğini tespit etmişlerdir.

Alınteri
12 (B) - 2007
ISSN: 1307-3311

Balık yemlerinde kullanılan farklı yağ kaynaklarının, yapılarındaki yağ asidi kompozisyonunun farklılığından dolayı balık kanlarındaki hematolojik parametreleri (Hb, Hct, Rbc), damarlardaki koagulasyonunu ve bağışıklık sistemini önemli derecede etkilediği bildirilmiştir. Bu etki balık türleri ve kullanılan yağ kaynağına göre değişmektedir (Waagbø ve ark., 1995).

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

Karbonhidratların proteinden tasarruf sağlayıcı etkisi balık türleri arasında geniş varyasyon gösterir. Bu durum, balıklarda beslenme şekline 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 aşırı kan glukozunu kontrol mekanizmasının sıcakkanlı 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 düşüşü saatlerce sürer. Alabalıkta glukozun dönüşüm oranı sıçanlardan 10 kat daha düşüktür. Balıklar, enerji için deamine olmamış amino asitleri, glukoza oranla daha etkili bir şekilde oksitleme yeteneğine sahiptir. Bunun nedeni balıkların biyokimyasal ve fizyolojik yapılarının karbonhidratları iyi değerlendiremeyecek kapasitede olmasıdır. Glikoz metabolizmasında insülin, glukagon ve troid hormonlarının memelilerde düzenleyici rol oynadıkları bilinmesine karşılık (Keha ve Küfrevioğlu, 1993), bunların balıklardaki etkileri hakkında kesin bilgi bulunmamaktadır (Navvaro ve ark., 1993).

Araştırıcılar karnivor balık türlerinde glukozdan yararlanma oranının düşük olmasını, insülin seviyesinin düşük 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 düşük seviyede olması ileri sürülmektedir (Akyurt, 1993; Kim ve Kaushik, 1992). Bununla birlikte kan glikoz düzeyine yem kompozisyonunun ve beslenme şeklinin 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 absorbsiyonu 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 nitrojensiz bileşiklere parçalanırlar. Bu parçalanma ürünleri daha sonra ayrı ayrı metabolik yollar izlerler. Omurgalı kara hayvanlarının çoğu nitrojeni üre halinde dışarı atarlar. Kuşlar ve sürüngenler daha az su gerektiren ürik asit şeklinde atarlar (Gökalp ve ark., 1992; Aksoy ve ark., 1981).

Kemikli balıklar ise nitrojen kaynaklı atıklarının % 60-90'ını amonyak şeklinde 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 siklüsünün bulunmadığı anlaşılmıştır. Köpek balıkları gibi bazı balık türlerinin kan sıvısında yüksek miktarlarda üreye rastlanmıştır. Bu ürenin osmoregülasyon amaçlı olduğu tahmin edilmektedir. Nitrojenin vücuttan atılması için en etkil yol amonyaktır. Amonyağın sentezi ve vücuttan atılımı için üreye oranla daha az enerji harcanmaktadır. Myoxocephalus scarpius balıklarında yapılan bir çalışmada solungaçlardan atılan amonyağın % 60'ının kan amonyağından, % 40'ının solungaç

dokusunda deaminasyona uğrayan amino asitlerden oluştuğu bulunmuştur. Balıklarda protein sentezi memelilerdekine benzer şekilde gerçekleşmesine rağmen çevresel faktörler arasında farklılıklar vardır. Çevre sıcaklığı 0 0C'nin altına düştüğü zaman, polar balıkların serumunda spesifik proteinlerin sentezlendiği bilinmektedir. Bu spesifik proteinler ve özellikle bazı glikoproteinler kan sıvısının oksijen molaritesini yüseltmekte ve böylece kanın donma noktasını 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).

İki farklı besleme rejimi uygulanan ergin gökkuşağı alabalıkları ile yapılan çalışmada, tek hücre proteinleri ile beslenen balıklarla normal proteinle beslenen balıklar arasında yapılan karşılaştırmada gökkuşağı 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 balıklarında Kasım ayında ortalama 684mg dL^{-1}, dişilerde 799mg dL^{-1}; tek hücre proteinli yem ile beslenen grubun erkek balıklarında 479mg dL^{-1}, dişilerinde ise 489mg dL^{-1} olarak bulunmuştur. Aralık ayında ise kontrol grubu erkek balıklarında 531mg dL^{-1}, dişi balıklarında 464mg dL^{-1}; tek hücre proteinli yemle beslenenlerde serum CHOL seviyesi erkek balıklarda 361mg dL^{-1}, dişi balıklarda 281mg dL^{-1} bulunmuştur (Shimma ve ark., 1981).

Protein kaynağı olarak tek hüre proteini ve balık ununun kandaki etkilerinin araştırıldığı bir besleme çalışmasında, iki yaşındaki gökkuşağı alabalıklarının balık unu ile beslenen kontrol grubunda Şubat ve Haziran aylarında kan hematokrit ve kan protein seviyelerindeki değişikliklerin önemli seviyede olduğu; besleme rejimi uygulanan iki yaşındaki gökkuşağı alabalıklarının balık unu ile beslenen kontrol grubunda serum CHOL seviyesi; Nisan ayında 419-562mg dL^{-1}, Haziran ayında ise 436-576mg dL^{-1} arasında bulunduğu, 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 gökkuşağı alabalığı kanındaki GOT (glutamat oksalasetat transaminaz) aktivitesinde önemli bir düşüşe neden olduğu, GPT (glutamat prüvat transaminaz) aktivitesinde ise önemli değişim gözlenmediği bildirilmiştir. Aynı araştırmada yeme astaksantin ilavesinin GPT enzimini fazla etkilemediği halde, GOT aktivitesinde önemli düşüşe sebep olduğu gözlenmiştir (Nakano ve ark., 1995).

Protein metabolizmasına bağlı olarak yapılan incelemelerde atlantik salmonları ve gökkuşağı 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), gökkuşağı alabalıklarının (Oncorhynchus mykiss) kan serumundaki alkalin fosfataz enzimi aktivitesine C vitaminin etkisini araştırmışlar, 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 alkalin fosfataz enziminin C vitamini eksikliği için indikatör olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar ve bütün bu bilgilerin ışığı altında balıkların kanındaki biyokimyasal ve hema-

Alınteri
12 (B) - 2007
ISSN: 1307-3311

tolojik parametrelerin hemen hemen büyük bir kısmına; suyun sıcaklığının ve pH'sının, ağır metallerin, insektsitlerin, sanayi atıklarının, mevsimlerin, üremenin ve hastalıkların 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 değişebileceği de görülmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy A., Haşimoğlu 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 İ. 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 İ. 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). Turk 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 frugility and sedimantation 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., feed graded amounts of wheat starch. Aquaculture Nutrition. 1: 37-42.

Hemre G.I., Waagbø R., Hjeltnes 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 defficient anemia in brook trout, Salvelinus fontinalis. Bull. Fresh. Fish Ro. Lab. 22: 59-67.

Keha E.E. ve Küfrevioğlu İ. 1993. Biochemistry, (in Turkish). Derya Kitabevi, Trabzon.

Kim J.D. ve Kaushik S.J. 1992. Contribution of digestible energy from carbonhydrates 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 amonia 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. İntestinal absorption of astaxanthin plazma 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-rared 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 Kitabevi, İstanbul.

Nakano T., Tosa M. ve Takeuchi M. 1995. Improvement of biochemical features in fish health byred yeast and syntetic astaxantin. J. Agric. Food Chem. 43: 1570-1573.

Navvaro I., Carneiro M.N., Parrizas M., Maestro J.L., Planas J. ve Gutierres 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 acclinzation. 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 immunty 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.