

# Balıklarda Sperm Kalitesine Yağ Asitlerinin Etkisi

Ayşe Gül HARLIOĞLU\*, Filiz KUTLUYER\*\*

\* Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Elazığ, TÜRKİYE

\*\* Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Tunceli, TÜRKİYE

Sorumlu yazar: [draharlioglu@hotmail.com](mailto:draharlioglu@hotmail.com)

## Özet

Kontrollü şartlar altında balık üretimini gerçekleştirebilmek için damızlık olarak kullanılmaları amaçlanan balıklarda sperm kalitesi büyük önem taşımaktadır. Sperm kalitesi üzerinde etkili olan ve üreme fizyolojisini etkileyen en önemli faktörler arasında ise anaç erkek balıkların beslenmeleri gelmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda; tatlı su balıklarında spermada n-3 serisi doymamış yağ asitleri ve linoleik asidin yemlerde azalması ile sperm motilitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, birçok deniz balığında spermadaki linolenik yağ asidinin spermanın kalitesini yükselttiği, kısırılığı giderdiği ve sperma fonksiyonlarını düzenlediği gözlemlenmiştir. Ayrıca, yağ asitlerinin spermanın kısa süreli muhafazasında canlı kalma süresini uzattığı, sperm motilitesi ile fertilitateye pozitif etkisi olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, balıklarda seminal sıvıda kalite ve miktar konusunda yapılan araştırmalarda ise lipidlerin spermada bulunan büyük komponentler olduğu ve seminal sıvıdaki lipidlerin anaç balıkların beslenmeleriyle etkilendiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, diyetle bulunan farklı düzeylerde eikosapentaenoik asit (EPA) ve araşidonik asit (AA) döllenme oranını etkileyebilmektedir. Spermada bulunan yağ asitlerinin, anaç balıkların diyetlerinde bulunan esansiyel yağ asitleri düzeylerine bağlı olduğu da bildirilmiştir. Sonuç olarak; beslenmenin gamet kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Anaç balıkların çoklu doymamış yağ asitlerini, özellikle linolenik yağ asidi, EPA, AA ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içeren diyetlerle beslenmesi sperma kalitesini ve döllenme oranını önemli oranda artırmaktadır. Anaç balıkların farklı besin maddeleriyle beslenmesi ve besinlerin üreme verimi üzerindeki etkileri konusundaki gelişmelerin izlenilmesi, bu yeniliklerin takip edilip ülkemiz koşullarında da uygulanması, balık üretimde elde edilecek verimin artmasını sağlayacaktır. Öte yandan, balıkçılık işletmelerinde sperma kalitesinin artırılmasına bağlı olarak anaç stok sayısının daha az düzeyde tutulabilmesi nedeniyle bu işletmelerin giderlerinin düşürülmesine neden olacağı da düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sperm kalitesi, anaç balık, beslenme, yağ asitleri

## Effect of fatty acids on sperm quality in fish

### Abstract

Sperm quality of broodstocks is very important in reproduction of fish under controlled conditions. Feeding is one of the most important factors, which affects reproduction and reproductive physiology of fish. In previous studies, it was determined that decreasing n-3 series polyunsaturated fatty acids and linoleic acid in diet caused a decrease in sperm motility of fresh water fish. However, it was observed that linolenic fatty acids in sperm were increased the quality of sperm and it affected sperm function and fertility. In addition, fatty acids caused to extend of the duration of survival in short-term preservation of semen and there were positive effects on fertility and sperm motility. However, in studies on quality and quantity of seminal fluid, it was stated that lipids were large components and feeding affected lipids in the seminal fluid. On the other hand, different levels of eicosapentaenoic acid (EPA) and arachidonic acid (AA) in diet may affect fertilization rates. It was also reported that there was a relation between fatty acids in sperm and essential fatty acids levels in diets of broodstock. In conclusion, feeding affects quality of gametes. Broodstock fish diets containing polyunsaturated fatty acids, particularly linolenic acid, EPA, AA and docosahexaenoic acid (DHA) fatty acids significantly increased semen quality and fertilization rate. Feeding of fish broodstock with different nutrients, monitoring improvements of effect of nutritions on reproductive efficiency and application of these innovations in our country will provide an increase in fish production. In addition, it is thought that an increase in sperm quality in fish farms will cause a reduction in expenses of fish farms.

**Keywords:** Sperm quality, broodstock, feeding, fatty acids.

## **Giriş**

Kültür balıkçılığı, nüfus artışına paralel olarak, artan besin ihtiyacını karşılamak amacıyla son yıllarda gelişme gösteren sektörlerden biridir. Nüfus artışını yanında avlama yoluyla elde edilen su ürünleri miktarının azalması ve yeterli düzeyde olmaması özellikle bazı balık türlerinin kontrol altındaki ortamlarda üretim ve yetiştiriciliklerinin yapılmasını gerekli hale getirmiştir. Ancak kontrollü şartlar altında balık üretimindeki başarıyı sınırlandıran faktörlerden biri dişi ve erkek balıklardaki gamet kalitesidir.

Balık yetiştiriciliğinde sperm kalitesinden daha çok yumurta kalitesi üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Ancak yumurta kalitesinin sağlıklı larva ve yavru üretilmesindeki rolü kadar, erkek damızlıklardan kaliteli sperm elde edilmesi de önem taşımaktadır (Vassallo-Agius ve ark. 2001; Perez ve ark. 2007; Lahnsteiner ve ark. 2009).

Sperm kalitesi üzerinde etkili olan ve üreme fizyolojisini etkileyen biyotik ve abiyotik faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler içerisinde, anaç balıkların beslenmeleri sperm kalitesini etkileyen önemli bir faktördür (Izquierdo ve ark. 2001; Bobe ve Labbe 2010). Anaç balıkların dengeli ve kaliteli yemlerle beslenmesi, dölleme oranını artırmakta ve elde edilen larvanın sağlıklı olmasında da etkili olmaktadır (Vassallo-Agius ve ark. 2001). Yağ asitlerinden özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (Poly Unsaturated Fatty Acids, PUFA) içinde yer alan DHA ve EPA ve n-3 serisi yağ asitleri (linolenik, stearidonik, dokosapentaenoik asitler), döl verimi ve kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Bromage ve Roberts 1995; Lahnsteiner ve ark. 2009; Huang ve ark. 2010). Spermada bulunan yağ asitleri kompozisyonu ve miktarı da anaçların besin maddelerindeki yağ asitleri kompozisyonuna bağlı olmaktadır (Izquierdo ve ark. 2001; Perez ve ark. 2007).

## ***Sperma Kalitesi***

Sperm kalitesi, spermin yumurtayı dölleyebilme kapasitesinin bir ölçüsüdür (Bozkurt ve Seçer 2006). Sperm fizyolojisi ve kalitesinin anlaşılması ve geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda sperm sıvısındaki sperm hücrelerinin sayısı ve hareketliliğinin belirlenmesi sperm kalitesini tanımlamada en yaygın olarak kullanılan parametredir (Bromage ve Roberts, 1995). Bununla birlikte, spermin dölleme kapasitesiyle direkt olarak ilişkili tüm fiziksel parametreler potansiyel olarak sperm kalitesini ölçmede kullanılabilir. Yapılan araştırmalarda sperm yoğunluğu, osmotik yapı, sperm sıvısının pH'sı, sperm ve seminal plazmanın kimyasal yapısı, enzimatik aktiviteler, adenozintrifosfat (ATP)

konsantrasyonu, hareketlilik, morfolojik yapı, dölleme kapasitesi ve diğer özellikler sperm kalitesini tanımlamada kullanılmaktadır. (Billard ve ark. 1995; Lansteiner ve ark. 1998; Fauvel ve ark. 1998; Geffen ve Evans, 2000; Chowdhury ve Joy, 2001).

### ***Spermada Bulunan Yağ Asitleri Kompozisyonu***

Balıklar büyüme, gelişme ve üreme dönemlerinde, n-3 ne n-6 serisi yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) ihtiyaç duymaktadırlar. Çoklu doymamış yağ asitlerinin biyolojik olarak etkin formları genellikle C<sub>20</sub> ve C<sub>22</sub> formundadır. Metabolik formları ise; linoleik asit (18:2n-6 ve 18:3n-6), linolenik asit 18:3n-3, stearidonik asit (18:4n-3), AA (20:4n-6), EPA (20:5n-3), dokosapentaenoik asit (22:5n-3) ve DHA (22:6n-3) formundadır (Sargent ve ark. 2002).

Anaç balıkların beslenmesi sadece fekundite ve gametogenezi değil aynı zamanda gamet kalitesini de etkileyen önemli bir faktördür. Dişi balıklarda üreme dönemlerinde n-3 serisi HUFA'nın gonad gelişimi, yumurta kalitesi, lipid seviyesi, fekundite kuluçka dönemi ve larvaların yaşama oranları bakımından etkileri araştırılmıştır (Navas ve ark. 1997; Bruce ve ark. 1999; Sargent ve ark. 2002; Perez ve ark. 2007; Huang ve ark. 2010). Ancak, erkek anaçlarda da spermde bulunan yağ asitleri kompozisyonunun diyetle bulunan esansiyel yağ asitleri kompozisyonu ile paralellik gösterdiği ve sperm kalitesi üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir (Pustowka ve ark. 2000; Jeong ve ark. 2002; Perez ve ark. 2007). Örneğin, Perez ve ark. (2007) tarafından çeşitli araştırmalarda bildirilen; gökkuşacağı alabalığında (Labbe ve ark. 1993) ve deniz levreği üzerinde yapılan çalışmada (Asturiano ve ark. 1999) spermdeki yağ asitlerinin kompozisyonunun diyetle bulunan yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Vassallo-Agius ve ark. (2001) tarafından yapılan araştırmada ise gökkuşacağı alabalığında seminal sıvıda serbest yağ asitleri ve serbest sterollerin temel lipid bileşikleri olduğu belirtilmekte ve spermanın yağ asidi kompozisyonunun diyetler tarafından etkilendiği belirtilmektedir. Ayrıca, gökkuşacağı alabalığı ve farklı sazan türlerinde seminal plazmada kolesterol, trigliseridler, fosfodikolin ve glikolipidlerin major lipidler olduğu bildirilmektedir (Lahnsteiner ve ark. 2009). Perez ve ark. (2007) tarafından sargoz (*Diplodus sargus*) erkek anaçlarında gonadların olgunlaştığı aylarda özellikle 16:0, 18:1n-9, 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitlerinin gonadlardaki miktarının arttığı belirtilmektedir. Ayrıca, erkek anaç balıklarda gonadlardaki bazı

esansiyel yağ asitleri kompozisyonu artarken kaslardaki lipid miktarında da dişilere oranla önemli düzeyde artış görüldüğü belirtilmiştir.

Balıklarda sperma üzerinde yapılan araştırmalarda, lipidlerin seminal sıvıda bulunan önemli komponentler olduğu belirlenmiştir. Bell ve ark. (1997) tarafından yapılan araştırmalarda levrek ve salmonlarda spermada fosfolipidlerin kompozisyonu araştırılmış ve salmonların diğer türler ile karşılaştırıldığında daha fazla 20:5n-3 ve daha düşük 22:6n-3 yağ asidi ihtiva ettiği belirlenmiştir. Bell ve ark. (1997) tarafından 20:4n-6 yağ asidinin levreklerin (*Dicentrarchus labrax*) gonad ve spermalarında yüksek konsantrasyonda bulunduğu ve bu yağ asidinin önemli fonksiyonları olduğu bildirilmiştir. Mazzeo ve ark. (2010) tarafından yılan balığı (*Anguilla anguilla*)'nda sperma yağ asitleri kompozisyonunda PUFA'nın fazla miktarda bulunduğu belirlenirken testiste de PUFA'nın DHA, EPA ve AA'nın arttığı belirlenmiştir. Jeong ve ark. (2002) tarafından ise, *Plecoglossus altivelis* balığında gonadlarda belirlenen yağ asitleri kompozisyonunun diyetlerdeki yağ asitleri kompozisyonu ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Lahnsteiner ve ark. (2009) tarafından gökkuşuğu alabalığında sperma ve seminal plazmada total yağ asitleri kompozisyonları araştırılmıştır. Sperma ve seminal plazmada doymuş yağ asitlerinden miristik asit, palmitik asit ve stearik asit doymamış yağ asitlerinden ise oleik asit, vaksenik asit, linolenik asit bulunduğu, ayrıca spermada linolenik asit DHA, EPA, AA, seminal plazmada da palmitoleik asit ve eikosenoik asitlerin yüksek miktarda oldukları rapor edilmiştir.

### ***Yağ Asitlerinin Sperma Kalitesi Üzerine Etkisi***

#### ***Sperma yağ asitlerinin döllenmeye etkisi***

Yağ asitleri kompozisyonu ile spermanın fonksiyonları arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda da doğada ve kültürü yapılan balıklarda yağ asitlerinden DHA'nın testislerde yüksek seviyede bulunduğu ve bunun sperm yoğunluğu, hareketli sperm sayısı ve sperm motilitesi bakımından etkili olduğu açıklanmıştır (Jeong ve ark. 2002). Ayrıca, Lahnsteiner ve ark. (2009) sperma ve seminal plazmada palmitik asit, AA ve linoleik asitin spermanın hareketliliği ve fertilitte üzerinde etkili olduğunu ifade etmiştir. Öte yandan, Bromage ve Roberts (1995) ve Lahnsteiner ve ark. (2009) ise özellikle soğuksu balıklarında çoklu doymamış yağ asitlerinde n-3 serisi yağ asitleri (dokosaheksaenoik asit, dokosapentaenoik asit,

eikosapentaenoik asit, linolenik asit, stearidonik asit) sperma üretimi ve kalitesi üzerinde etkili olduğunu bulmuşlardır.

Gökkuşığı alabalığında anaç balıklara verilen yemlerdeki yağ asitlerinin seminal plazmada ve yumurtada etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada; anaç balıklar n-3 serisi esansiyel yağ asidi ilave edilen ve edilmeyen yemlerle beslenilmiştir. Çalışma sonucunda; seminal plazmada lipidlerin anaç balıkların beslenmeleriyle etkilendiği belirlenmiştir. Esansiyel yağ asitleri içermeyen yemlerle beslenen anaç balıklarda ise spermada bulunan 18:3n-3, 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitleri miktarı istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır. Diğer taraftan, yemde fazla miktarda bulunması nedeniyle 18:2n-6 yağ asidi düzeyinde de artış görülmüştür. Ayrıca, araştırmacılar tarafından, fertilizasyon ve kuluçkalama oranının n-3 serisi yağ asitleri ihtiva etmeyen yemlerle beslenen balıklarda düşük olduğu ve sperm motilitesinin beslenmeye bağlı olarak azalmasının bu duruma neden olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, esansiyel n-3 serisi yağ asitlerinin sadece yumurta kalitesinde değil sperm kalitesinde de etkili olduğu belirlenmiştir (Vassallo-Agius ve ark. 2001).

Asturiano ve ark. (2001) Avrupa levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) yaptığı çalışmada PUFA içeren diyetlerin spermasyon periyodu, sperm hacmi ve yoğunluğu içine alan bazı üreme performansı parametrelerini artırarak etkilediğini gözlemlemiştir. *Barbus barbus* türü üzerinde yapılan çalışmada ise, bireyler üreme sezonu boyunca PUFA içeren farklı diyetlerle beslenmiş ve bu bireylerin sperm kalitesi karşılaştırılmıştır. Farklı diyetlerin sperm hacmi, konsantrasyonu, toplam sperma sayısı, seminal plazma osmolalitesi ve hareketli sperm yüzdesini etkilemediğini ancak sperm morfolojisinde değişikliklere neden olduğu gözlenmiştir (Alavi ve ark. 2009).

Yağ asitlerinin üreme performansı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Araştırmalar sonucunda yağ asitlerinden EPA ve AA'nın döllenme oranını artırmada önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Örnek olarak, EPA ve AA yağ asitleri eikosanoidlerin öncüsü olduğu ve hücre içi fonksiyonlarında yer aldığı bilinmektedir. Ayrıca, bu yağ asitleri prostoglandinlerinde öncüsü olarak bilinmektedir. İn vitro, AA yağ asidinin *Carassius auratus* balığında testiste testikular testesteronun üretimini sitümüle ederek prostoglandinlerde etkili olduğu belirlenmiştir (Izquierdo ve ark. 2001). AA ve EPA'nın ise steroidogenesisi etkilediği bilinmektedir. Anaç balıklarda esansiyel yağ asitleri eksikliğinde veya dengesizliğinde steroid yapıda hormon oluşturulması geri kalmakta

bu durum ise spermiyasyon zamanını geciktirebilmekte ve fertilizasyon oranını azaltabilmektedir. Diğer taraftan, n-3 PUFA'lerden DHA ve EPA diğer prostoglandinlerin üretiminde etkili olmakta ve prostoglandinlerin arasıdonik asite bağlı olarak sentezini baskılamaktadır (Mazzeo ve ark. 2010). Prostoglandinler bazı kemikli balıklarda önemli feromonlar olarakta bilinmektedirler. Bazı prostoglandinler *Carassius auratus*'larda dişi balıklar tarafından üretilmektedir ve üretilen bu prostoglandinler erkek balıklarda da üremeyi teşvik ederek, eş zamanlı bir şekilde, erkek ve dişi bireylerin üreme dönemine girmesine neden olmaktadır. Böylece fertilizasyon başarısını da doğrudan etkilemektedirler (Izquierdo ve ark. 2001).

Prostoglandinlerin sentezi süresince (özellikle progesteron E2) testesteron üretimini sitümüle görevi yapan AA diğer yağ asitleri tarafından kontrol altına alınmaktadır. Çünkü, n-3 PUFA'lerden DHA ve EPA diğer prostoglandinlerin üretiminde etkili olur ve prostoglandinlerin arasıdonik asite bağlı olarak sentezini baskılamaktadır (Mazzeo ve ark. 2010). Benzer şekilde, EPA yağ asitleri eikosanoidlerde de önemli fizyolojik fonksiyonları düzenlemektedir. Bu nedenle, AA/EPA oranları önem taşımaktadır (Sargent ve ark. 1999).

#### *Yağ Asitlerinin Sperma Muhafazasındaki Önemi*

Son yıllarda birçok deniz ve tatlı su balığı için spermanın dondurularak saklanması ve kullanılmasında artış görülmüştür. Özellikle salmonlarda, spermanın dondurularak saklanması sürekli uygulanmaktadır ve bu dondurma işleminde sperma yağ asitleri kompozisyonunun membran bütünlüğünün korunmasında etkili bir faktör olduğu saptanmıştır. Pustowka ve ark. (2000) ve Lahnsteiner ve ark. (2009) gökkuşacağı alabalığında spermada kolesterol ve tekli doymamış yağ asitlerinin artması ile spermin daha uzun süre dondurularak saklanmasının gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Balıklarda PUFA'lar sperma membranının esas yapı taşlarıdır (Mazzeo 2010). Gökkuşacağı alabalığı'nda sperma membranında bulunan fosfolipidler membranın yapısını ve hassasiyetini etkilemektedir. Lipidler, salmonlarda spermin depolanması esnasında temel enerji kaynaklarıdır ve bu nedenle spermanın canlı kalması bakımından önemlidir. Gökkuşacağı alabalığında yapılan araştırmada yağ asitlerinin spermanın kısa süreli muhafazasında canlı kalma süresini uzattığı ve sperm motilitesine ve fertiliteye pozitif etkisi olduğu bulunmuştur (Lahnsteiner ve ark. 2009).

Diğer taraftan, spermanın dondurulma işleminin sperma üzerinde birçok olumsuz etkilerinin de bulunduğu bilinmektedir. Özellikle sperma kalitesinin düşmesi, dölleme yeteneğinin azalması ve larvaların hayatta kalma oranının azalması en önemli olumsuzluklardır (Özgöray ve Akçay 2010). Öte yandan, Labbe ve ark. (1993) tarafından yapılan araştırmada ise diyetle bulunan yağ asitlerinin (n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri) spermanın donma ve çözülme işlemlerinde spermanın dölleyebilme yeteneği üzerinde bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Labbe ve Maisse (1996) ise spermanın dondurulması işleminde sperma membranında bulunan düşük kolesterol-fosfolipid oranları ile spermanın daha iyi dondurulması arasında bir ilişkinin bulunduğunu belirlemiştir.

### **Sonuçlar**

Beslenmenin gamet kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar, anaç balıkların çoklu doymamış yağ asitlerini özellikle linolenik yağ asidi, eikosapentanoik, araşidonik ve dokosaheksaenoik yağ asitlerini içeren diyetlerle beslenmesinin sperma kalitesini ve dölleme oranını artırdığını göstermiştir. Ayrıca, sperma kalitesinin artması ile anaç stok sayısının daha az düzeyde tutulması işletmelerde maliyetin düşmesine de neden olmaktadır. Öte yandan, anaç balıklarının üreme performanslarının artırılması amacıyla farklı besin maddeleri ile beslenmesi konusunda dünya literatüründe oluşan gelişmelerin yurdumuzda da izlenilmesi ve yeniliklerin ülkemiz koşullarında uygulanması üretim ortamlarından elde edilecek balık veriminin de artmasını sağlayacaktır.

**Kaynaklar**

- Asturiano, J. F., Sorbera, L. A., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J., Navarro, J. C. ve Bromage, N. 2001. Reproductive performance in male European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) fed two PUFA-enriched experimental diets: a comparison with males fed a wet diet. *Aquaculture* 194:173–190.
- Alavi, S. M. H., Psenicka, M., Polica, T., Rodina, M., Hamackova J., Kozak, P. ve Linhart, O. 2009. Sperm quality in male *Barbus barbus* L. fed different diets during the spawning season. *Fish Physiology and Biochemistry* 35: 683–693.
- Bell, M. V., Dickand, J. R. ve Buda, C. S. 1997. Molecular speciation of fish sperm phospholipids: large amounts of dipolyunsaturated phosphatidylserine. *Lipids* 32: 1085-1091.
- Bobe, J. ve Labbe, C. 2010. Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology* 165: 535-548.
- Billard, R., Reinaud, P., Hollbeckq, M. G. ve Breton, B. 1995. Sperm physiology and quality. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), Broodstock Management and egg and larval quality, pp. 53-76, Cambridge University Pres, Cambridge.
- Bozkurt, Y. ve Seçer, S. 2006. Aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) Balıklarında Üreme mevsimi Boyunca Spermatolojik Özelliklerin Belirlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 23(1-2): 195-198.
- Bruce, M., Oyen, F., Bell, G., Asturiano, J. F., Farndale, B., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J. ve Bromage, N. 1999. Development of broodstock diets for the European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acid to reproductive performance. *Aquaculture* 177: 85-97.
- Bromage, R. N. ve Roberts, J. R. 1995. Broodstock management and egg larval quality. Blackwell Science Ltd., Cambridge, 424 p.
- Chowdhury, I. ve Joy, K. P. 2001. Seminal vesicle and testis secretions in *Heteropneuste fossilis* (Bloch): composition and effects on sperm motility and fertilisation. *Aquaculture* 193: 355– 371.
- Fauvel, C., Savoye, O., Dreanno, C., Cosson, J. ve Suquet, M. 1998. Characteristics of sperm of captive seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) in relation to its fertilisation potential. *Journal of Fish Biology* 54: 356-369.
- Geffen, A. J. ve Evans, J. P. 2000. Sperm traits and fertilisation success of male and sex-reversed female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 182: 61–72.
- Izquierdo, M. S., Fernandez-Palacios, H., Tacon, A. G. J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197: 25-42.
- Huang, X., Yin, Y., Shi, Z., Li, W., Zhou, H. ve Lv, W. 2010. Lipid content and fatty acid composition in wild-caught silver pomfret (*Pampus argenteus*) broodstocks: effects on gonad development. *Aquaculture* 310: 192-199.
- Jeong, B. Y. Jeong, W. G., Moon, S. K. ve Ohshima, T. 2002. Preferential accumulation of fatty acids in the testis and ovary of cultured and wild sweet smelt *Plecoglossus altivelis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 131: 251-259.
- Lahnsteiner, F., Berger, B., Weismann, T. ve Patzner, R. A. 1998. Determination of semen quality of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, by sperm motilit, seminal plasma parameters, and spermatozoal metabolism. *Aquaculture* 163: 163-181.
- Lahnsteiner, F., Mansour, N., McNiven, M. A. ve Richardson, G. F. 2009. Fatty acids of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen: Composition and effects on sperm functionality. *Aquaculture* 298: 118-124.
- Labbe, C., Loir, M., Kaushik, S. ve Maise, G. 1993. The influence of both rearing temperature 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* (INRA), Paris, France. 61: 49-59.
- Labbe, C. ve Maise, G. 1996. Influence of rainbow trout thermal acclimation on sperm cryopreservation: relation to change in the lipid composition of the plasma membrane. *Aquaculture* 145: 281–294.
- Lahnsteiner, F., Mansour, N., McNiven, M. A. ve Richardson, G. F. 2009. fatty acids of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen: Composition and effects on sperm functionality. *Aquaculture* 298: 118-124.
- Mazzeo, B. Galleo, L., Perez, D. S., Penaranda, M. J. ve Asturiano, J. F. 2010. Variations in fatty acids composition in different tissues of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) males during induced sexual maturation. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 763-774.



- Navas, J. M., Bruce, M., Trush, M., Farndale, B. M., Bromage, N., Zanuy, S., Carrillo, M., Bell, J. G. ve Ramos, J. 1997. The impact of seasonal alteration in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass. *Journal of Fish Biology* 51: 760–773.
- Özgöray, E. D. ve Akçay, E. 2010. Deniz balıklarında sperma, yumurta ve embriyo dondurulması. *Lalahan Hayvan Araştırma Enstitü Dergisi* 50(1):53-64.
- Pustowka, C., McNiven, M. A., Richardson, G. F. ve Lall, S. P. 2000. Source of dietary lipid affects sperm plasma membrane integrity and fertility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) after cryopreservation. *Aquaculture Research* 31: 297-305.
- Perez, M. J., Rodriguez, C., Cejas, J. R., Martin, M. V., Jerez, S. ve Lorenzo, A. 2007. Lipid and fatty acid content in wild white seabream (*Diplodus sargus*) broodstock at different stages of the reproductive cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 146, 187-196.
- Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D. ve Estevez, A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177:191-199.
- Sargent, J. R., Tocher, D. R. ve Bell, J. G. 2002. The Lipids. In: J.E. Halver and R.W. Hardy (eds), *Fish Nutrition*, Third Edition, Elsevier Science (USA), Academic Pres., San Diego 181-256 Publishing, USA.
- Vassallo-Agius, R., Watanabe, Takeshi, Yoshizaki, G., Satoh, S. ve Takeuchi, Y. 2001. Quality of eggs and spermatozoa of rainbow trout fed an n-3 essential fatty acid-deficient diet and its effects on the lipid and fatty acid components of eggs, semen and livers. *Fisheries Science* 67:818-827.