

Balık, Kabuklu ve Eklem Bacaklıların Beslenmesinde Fosfolipid Kullanımının Etkileri

Ayşe Gül HARLIOĞLU

Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ/TÜRKİYE.

*Sorumlu Yazar Tel.: +90 424 237 00 00 /4541

E-posta: aharlioglu@firat.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.01.2017

Kabul Tarihi: 17.03.2017

Öz

Fosfolipidler (FL), balık, kabuklu ve eklem bacaklılar için hazırlanan rasyonlarda esansiyel besin maddesi olup büyüme, hayatta kalma, stres faktörlerine karşı toleransın artması, şekil bozukluklarının engellenmesi ve yem kullanımında verimin artması üzerinde etkilidir. Balıklarda ve kabuklularda, özellikle larva ve yavru gelişimi dönemlerinde, FL sentezinin düşük düzeyde olması nedeniyle metabolik ihtiyacın kontrollü ortamlarda yapılan üretimde besinlerle karşılanması gerekmektedir. Fosfolipidler farklı sınıflardan oluşurken (fosfatidilserin (FS), fosfatidiletanolamin (FE), fosfatidilkolin (FK), fosfatidilgliserol (FG) fosfatidilinositol (Fİ) ve difosfatidilgliserol (DFG)), bu lipidlerin kimyasal yapıları, yağ asidi profilleri farklılık göstermekte ve biyokimyasal fonksiyonları değişmektedir. Bu nedenle, rasyonlara ilave edilen farklı fosfolipid kaynaklarının balıklar ve kabukluların beslenmeleri üzerindeki etkileri de farklı olmaktadır. Genel olarak, FK ve Fİ fosfolipidlerin değerlendirilmesi bakımından daha etkili olmakla beraber optimal miktarlar, türlere, gelişim dönemlerine ve yemlerin formülasyonunda kullanılan bitkisel hammadde miktarlarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Dolayısıyla, kültürü yapılan balıklar ve kabuklular için hazırlanan rasyonlarda ihtiyacı karşılayacak fosfolipid düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fosfolipid, Balık, Kabuklular, Beslenme.

Abstract

Effects of Phospholipid Utilization on Fish and Crustacean Feeding

Phospholipids (PL) are essential nutrients in diets prepared for fish and crustaceans and, have an impact on growth, survival, increasing tolerance against stress factors, reducing deformities and increasing efficiency of feed use in feeding. Because of the fact that low level of PL synthesis occurs especially in the larvae and offspring development stages of fish and crustaceans, it is necessary to provide metabolic requirements with nutrients in controlled production. While phospholipids are composed of different classes (phosphatidylserine (PS), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylcholine (PC), phosphatidylglycerol (PG) phosphatidylinositol (PI) and diphosphatidylglycerol (DPG)), chemical structures of these lipids, the fatty acid profiles differ and their biochemical functions are changeable. For this reason, the effects of different phospholipid sources added to diets of fish and crustaceans are also different on their nutrition. In general, although PC and PI phospholipids are more effective in their utilization, optimal amounts of phospholipids can vary depending on species, growth periods and amounts of raw plant materials used in the formulation of diets. Therefore, it is thought that it is necessary to consider species and size in the determination phospholipid level requirements of cultured fish and crustaceans ration.

Keywords: Phospholipid, Fish, Crustacea, Nutrition.

Giriş

Lipidler, balıklar, kabuklu ve eklem-bacaklılar için önemli bir metabolik enerji kaynağıdır. Lipid bileşenleri arasında bulunan fosfolipidler (FL), hücre membranlarının yapı ve fonksiyonlarının korunmasında, lipidlerin emülsiyon edilmesinde ve uzun zincirli yağ asitlerinin bağırsak emiliminin artmasında gerekli olan lipidlerdir. Fosfolipidler, balıkların ve kabukluların larval gelişiminde ve yavru dönemlerinde büyüme, hayatta kalma, strese karşı dayanıklılığın artması, bağışıklık sisteminin güçlenmesi, şekil bozukluklarının engellenmesi için önemlidirler. Ayrıca, bağırsak enterositlerde, lipoprotein sentezini uyarmakta ve besinlerle alınan lipidlerin taşınmasında görev yapmaktadırlar (Cahu vd., 2003; Tocher vd., 2008; Uyan vd., 2009; Li vd., 2014; Chen vd., 2015).

Balıkların ve kabukluların çoğunluğunda, özellikle erken gelişim dönemlerinde, FL sentezlenme kapasitesi sınırlıdır. Bu nedenle, balık beslenmesinde kullanılacak yemlerde türlerin ihtiyaç düzeyine uygun FL'lerin ilave edilmesi gerekmektedir. Farklı balık türlerinin erken gelişim dönemlerindeki besinsel FL ihtiyaçlarının belirlenmesi konusunda yapılan araştırmalar günümüzde de devam etmektedir (Zhao vd., 2013; Li vd., 2014; Li vd., 2015).

Bu çalışmada, kültür ortamlarında balık ve kabukluların beslenmesinde kullanılan yemlerde fosfolipidlerin ilavesinin; embriyo, larva ve yavru dönemlerinde büyüme ve hayatta kalma, stres faktörlerine karşı toleransın artması, şekil bozukluklarının giderilmesi üzerine olan etkileri konusunda yapılan araştırmaların derlenilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu derlemede, fosfolipidlerin yapısı, kullanımları ve farklı türler için hazırlanan rasyonlara ilave edilmesi gereken fosfolipid miktarları konusunda bilgiler bulunmaktadır.

Fosfolipidlerin Yapısı; Fosfolipidler, gliserol alkol ve daha kompleks bir alkol olan sfingozinin türevleri olup biyolojik membranların en önemli bileşenlerindedir. Bir gliserol molekülüne iki tane yağ asiti ve bir tane fosfat grubunun eklenmesi ile fosfolipitler oluşur. Gliserolden üretilen fosfolipidler fosfogliseridleri oluşturur (Keha ve Küfrevioğlu, 2007). Fosfogliseridler fosfolipidlerdeki fosfat grubunun serin, etanolamin, kolin, gliserol, inositol gibi alkollerin hidroksil grubuyla esterleşmesi sonucu ortaya çıkar. Bu fosfogliseritler ise sırasıyla fosfatidilserin (FS), fosfatidiletanolamin (FE), fosfatidilkolin (FK), fosfatidilgliserol (FG) ve fosfatidilinositol (Fİ) olarak adlandırılır (URL, 1).

Fosfolipidler, eikosanoitler, diasilgliserol, inositol fosfat ve platelet aktivasyon faktörleri dahil olmak üzere metabolizma ve fizyolojide biyolojik olarak aktif olan önemli bir öncü madde olarak rol almaktadır. Özellikle balıklarda ve kabuklularda fosfolipidler ve eikosanoitlerin yapısı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Villalta vd., 2008; Anedda vd., 2013; Li vd., 2014; Chen vd., 2015; Li vd., 2016).

Eikosanoitlerin üretimi için yağ asitlerinin oluşumunda gerekli olan fosfolipidler, araşidonik ve eikosapentanoik asit gibi yüksek oranda doymamış yağ asitlerinin üretiminde önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Tocher, 2003).

Fosfolipidlerin Kullanımı

Embriyonal Dönemde Fosfolipidlerin Kullanımı: Triaçilgliseroller enerjinin karşılanması ve lipidlerin depolanmasında ilk olarak görülen lipidler olmasına rağmen, fosfolipidler bakımından zengin olan yumurtalar, özellikle

embriyonal dönem ve erken larval gelişim döneminde balıklar için önemli bir enerji kaynağını oluşturmaktadır (Sargent vd., 1997). Balıkların ve kabukluların beslenmesinde damızlıkların yemlerinde bulunan fosfolipidler yumurta kalitesini artırmaktadır. Fosfolipidler bakımından zengin olan deniz balıkları yumurtalarında embriyogenezis ve erken larval gelişimi süresince fosfolipidlerden özellikle fosfatidilkolin kullanıldığı tespit edilmiştir (Tocher vd., 1985).

Yumurtada embriyogenezis döneminde ve ilk beslenmeye kadar erken larval gelişimi süresince, larva yumurtada bulunan endojen enerji ile beslenmektedir. Balık yumurtalarının lipid kompozisyonlarında ise farklılıklar bulunmaktadır. Bazı yumurtalarda yüksek oranda nötral lipidler (total lipidlerin %20-50'si oranında) mevcut olmakla birlikte, bazı yumurtalarda da düşük oranda nötral lipidler (total lipidlerin %15'den az) bulunmaktadır. Öte yandan, bazı türlerin yumurtaları da özellikle fosfoditilkolin bakımından zengin yüksek miktarda fosfolipidler ihtiva etmektedir (Salze vd., 2005). Örneğin, *Hippoglossus hippoglossus*, *Gadus morhua* ve *Clupea harengus* gibi balık türlerine ait yumurtalarda embriyogenezis ve erken larval gelişimi süresince fosfoditilkolinin yoğun olduğu fosfolipidlerin kullanıldığı belirlenmiştir (Rainuzzo vd., 1992).

Larva ve Yavru Dönemlerinde Fosfolipidlerin Kullanımı: Larva ve yavru gelişiminde, gelişim periyodu ile beraber, yeni hücre komponentlerinin hızlı formasyonu nedeniyle yeterli düzeyde FL'ler sentezlenememektedir.

Larvaların yemlerinde bulunan fosfolipidleri nötral lipidlere göre daha etkili kullandıkları bildirilmektedir. Cahu vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada ise *Dicentrarchus labrax* larvalarında yeme ilave edilen soya

lesitinin %2,7'den %11,6'ya artırılması ile yapısal bozukluk oranının azaldığı bildirilmektedir. Ayrıca, sazanlar üzerinde yapılan araştırmada da ilk beslenme döneminde yemlere fosfolipid ilave edilmesiyle yaşama oranı ve ağırlık artışının daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Geurden vd., 1995a).

Lu vd. (2008) tarafından yapılan araştırmada *Pelteobagrus fulvidraco* larvalarında hazırlanan rasyona farklı oranlarda (%0, %2, %4, %6) fosfolipid ilave edilerek, vücut ağırlığının ve total boyun fosfolipid artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Hamza vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada *Sander lucioperca*'ların ilk beslenme dönemlerinde rasyona fosfolipid ilavesinin büyümeyi artırdığı gözlenmiştir.

Fosfolipidler birçok kabuklu için de esansiyel besinlerdendir (Kanazawa vd., 1985; Wu vd., 2007; Li vd., 2014). Yetiştiriciliği yapılan kabuklularda hazırlanan rasyonlarda FK ve Fİ gerekli olmakla birlikte FE ve FS'nin beslenmede fazla bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Birçok kabuklu rasyonunda (tatlı su karidesleri, *Macrobrachium rosenbergii* hariç) %0,5-1 düzeyinde fosfolipide ihtiyaç duymaktadır (Coutteau vd., 1997). Kanazawa vd. (1985) tarafından yapılan çalışmada karideslerde, *Penaeus japonicus* larvalarında, FL ihtiva etmeyen yemlerle beslenen I. ve II. dönem zoalarda mysis dönemine erişmeden %100 ölüm belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise fosfolipidlerin yengeçlerde larva ve yavru dönemlerinde büyüme ve gelişmeyi artırdığı, ayrıca ergin yengeçlerde de (*Eriocheir sinensis*) üreme performansı ve ovaryum gelişimini artırdığı bulunmuştur (Wu vd., 2007).

Li vd. (2014) tarafından, yavru yengeçler (*Portunus trituberculatus*) üzerinde yapılan araştırmada %1 oranında fosfolipidlerin (soya

lesitini veya yumurta lesitini) rasyona ilave edilmesinin ihtiyacı karşıladığı ve büyüme performansını artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, mersin morinası (*Huso huso*) yavru dönemde fosfolipidlerin %4 oranında rasyona ilave edilmesi ile büyümenin arttığı Ebrahimnezhadarabi vd. (2011) tarafından bildirilmektedir. *Salmo trutta caspius* larvalarında ise fosfatidil kolinin %4 oranında rasyona ilave edilmesi ile büyümenin, yaşama oranının arttığı ve lipolitik sindirim enzim aktivitelerinin daha iyi geliştiği saptanmıştır (Kenari vd., 2011).

Fosfolipid İhtiyacının Gelişim Dönemine ve Farklı Türlerle Göre Değişimi

Farklı balık türlerinde yapılan araştırma sonucunda, rasyonlara fosfolipid ilavesinin larva ve yavru dönemlerinde olumlu etkisi belirlenirken, yaşa veya gelişim dönemlerine bağlı olarak fosfolipid ihtiyacının azaldığı belirtilmektedir (Poston, 1990; Kanazawa, 1993).

Zhao vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, ortalama 3,36 mg ağırlığında *Larmicthys crocea* larvalarında rasyona 57,2-85,1 g kg⁻¹ FL ilavesi ile büyüme ve hayatta kalma oranı artarken, rasyona FL ilavesinin 69,5-85,1 g kg⁻¹ olarak artırılması ile hem çevresel şartların değişimine karşı larvaların strese karşı toleranslarını hem de sindirim kanalının gelişimini artırdığı belirlenmiştir.

Diğer taraftan, anaç *Eriocheir sinensis* yengeçlerinde rasyona %3,6 oranında fosfolipid ilave edilmesi ile yumurta üretiminin istatistiksel olarak önemli derecede arttığı bildirilmektedir (Sui vd., 2009). Wang vd. (2013) tarafından anaç diş kerevitlerde, (*Cherax quadricarinatus*) rasyona %2 oranında soya lesitini ilave edilmesinin gonad gelişimini artırdığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda bazı balık

ve kabuklu türlerinde rasyona ilave edilen fosfolipid miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Atlantik salmonlarında yapılan çalışmada balık ağırlığının 180 mg olduğu dönemde fosfolipid ihtiyacının yemin %4-6'sı kadar, balık ağırlığının 1-1,7g olduğu dönemde fosfolipid ihtiyacının yemin %4'ü, balık ağırlığının 7,5 g olduğunda ise ihtiyacın olmadığı bildirilmektedir (Poston, 1990). Bununla birlikte, *Oplegnathus fasciatus* balıklarında larva döneminde fosfolipid ihtiyacının %5 iken, yavru döneminde bu ihtiyacın %3'e düştüğü belirlenmiştir (Kanazawa, 1993). Fosfolipid ihtiyacının belirlenmesi için beyaz mersin balığı, *Acipenser transmontanus*'larda 5-10 g'lık yavrular 6 hafta süreyle yemin %8'i kadar soya lesitini ilave edilen yemle beslenmiştir. Soya lesitinin ilave edilmesinin büyüme üzerinde etkisinin görülmediği bildirilmiştir (Hung ve Lutes, 1988). Araştırmalar yavru balıklar üzerinde yoğunlaşırken 5-10 g'ın üzerindeki balıklarda fosfolipid ilavesinin etkileri konusunda ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Tocher vd., 2008).

Fosfolipid Kaynaklarının Lipid Kompozisyonu

Yapılan araştırmalarda besin ihtiyaçlarının belirlenmesinde kullanılan fosfolipid kaynaklarının saflık düzeylerinde farklılıklar olduğu, FK, FE, Fİ ve FS oranlarının değiştiği belirlenmiştir. Lesitinin saflık düzeyi yüksek olup fosfolipid düzeyi yüksektir ve yağ asidi kompozisyonu farklılık göstermektedir. Örnek olarak, çalışmalarda kullanılan soya lesitinin fosfolipid oranı %50-86 arasında değişmekte ve %20-25 oranlarında FK, FE, FI ihtiva etmektedir. Ancak, bazı çalışmalarda %80-98 FK veya %99 FE ihtiva eden soya, %95 FK ihtiva eden yumurta kaynaklı yarı saf fosfolipidlerde

Tablo 1. Bazı balık ve kabuklu türlerinde rasyona ilave edilen fosfolipid miktarları (%)

Tür	Büyüme Dönemi	Fosfolipid Miktarı (%)	Kaynak
Balık			
<i>Cyprinus carpio</i>	Larva	2 (SP, SPK veya TYL)	Geurden vd. (1995a)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Larva	11,6 (SL)	Cahu vd. (2003)
<i>Larmichthys crocea</i>	Larva	5,7 (SL)	Zhao vd. (2013)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Yavru	3 (SL)	Geurden vd. (1995b)
<i>Sparus aurata</i>	Larva	8 (SL)	Saleh vd. (2013)
<i>Sander lucioperca</i>	Larva	9,5 (SL)	Hamza vd. (2008)
<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	Larva	4 (SL)	Lu vd. (2008)
<i>Ictalurus punctatus</i>	Yavru	4,3 (SL)	Sink ve Lochmann (2014)
<i>Paralichthys olivaceus</i>	Yavru	3,5 (SL)	Uyan vd. (2007)
<i>Megalobrama amblycephala</i>	Yavru	6 (SL)	Li vd. (2015)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Yavru	14 (SL)	Rinchard vd. (2007)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Yavru	2-4 (TYL) 4 (SL)	Azarm vd. (2013)
Kabuklular			
<i>Penaeus japonicus</i>	Larva	0,5 - 1,0 (FK ve Fİ)	Kanazawa vd. (1985)
<i>Homarus americanus</i>	Yavru	7,5 (SL)	Conklin vd. (1980)
<i>Penaeus vannamei</i>	Yavru	1,5 (SL)	Coutteau vd. (1996)
<i>Penaeus penicillatus</i>	Yavru	1,25 (SL)	Chen ve Jenn (1991)
<i>Portunus trituberculatus</i>	Yavru	1 (SLveya YL)	Li vd. (2014)

SP: Soya proteini; SPK: Soya proteini konsantresi; TYL: Tavuk yumurtası lesitini; SL: Soya lesitini; FK: Fosfatidil kolin; Fİ: Fosfatidil inositol; YL: Yumurta lesitini.

kullanılmaktadır (Tocher vd., 2008). Ayrıca, deniz ürünleri kaynaklı hazırlanan FL n-3 serisi çoklu doymamış yağ asitlerini daha fazla ihtiva etmesi nedeniyle soya kaynaklı FL ile karşılaştırıldığında larvaların büyümesi bakımından daha etkilidir. Chen ve Jenn (1991) tarafından yapılan araştırmada *Penaeus penicillatus*'ların beslenmesinde rasyonda soya FK artışı ile kaslardaki lipid kompozisyonunda n-3 yüksek oranda doymamış yağ asitleri seviyesi azalırken fosfolipid kaynağına bağlı olarak linoleik (C18:2n-6) yağ asitlerinin arttığı bildirilmektedir.

Hamza vd. (2008) tarafından yemlerine FL ilave edilen *Sander lucioperca larvalarında* araşidonik asit, eikosapentanoik asit ve dokosahekzanoik yağ asidinin polar lipidlerde nötral lipidlere göre daha fazla konsantrasyonda olduğu bildirilmektedir.

Li vd. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada lesitin kaynağı olarak soya lesitin (%1, %2 ve %4) ve yumurta sarısı lesitini (%1 ve %2) bir yengeç türü olan *Portunus trituberculatus*'un yemine ilave edilmiş ve 8 hafta süre ile beslenmiştir.

Yumurta sarısı lesitininin %2 oranında kullanılması ile hepatopankreasta yüksek oranda doymamış yağ asitlerinin, özellikle araşidonik asit, eikosapentanoik asit ve dokosaheksaenoik asitin, arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, bu gruptaki yengeçlerin kaslarındaki n-3/n-6 oranının önemli derecede arttığı belirlenirken kaslardaki çoklu doymamış yağ asitlerinin ise azaldığı gözlenmiştir. Yumurta sarısı lesitini ile beslenen yengeçlerde yağ asitleri profilinin soya lesitini ile beslenen yengeçlerden daha iyi olduğu da belirlenmiştir.

Li vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, *Megalobrama amblycephala* yavrularında soya lesitini kullanımı ile karaciğerde nötral lipilerde araşidonik asidin arttığı belirlenmiştir. Bu durum balıklarda 18 karbonlu yağ asitlerinden bir dizi zincir uzatma (elongasyon) ve çift bağ ekleme işlemi (desatürasyon) ile 20 ve 22 karbonlu yağ asitlerinin oluşturulduğunu göstermektedir. Ayrıca, yemlere %6 (18,8 g kg⁻¹ polar lipid) oranında FL ilave edilmesiyle karaciğerde PPAR- α ve PPAR- γ seviyeleri, katalaz aktiviteleri, superoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz miktarları önemli derecede artarken karaciğerde tiobarbitürik asit reaktif maddelerinin de azaldığı belirlenmiştir.

Han vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada yavru yengeçlerde (*Portunus trituberculatus*) yemlere FL ve kolesterol ilave edilmiştir. Fosfolipid kaynağı olarak soya lesitini kullanılmıştır. Soya lesitini yüksek miktarda linolenik (C18:3n-3), C18:2n-6 yağ asitleri ihtiva ederken düşük miktarda uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri ihtiva etmektedir. Ancak, çalışma sonunda, hem kas hem de hepatopankreasta genel olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin uygulama grupları arasında farklılık göstermediği belirlenmiştir. Yemde 2 g kg⁻¹ kolesterol içeren fosfolipid ilave edilen yemle bes-

lenen yengeçlerde kaslarda araşidonik asit, eikosapentanoik asitin de arttığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda Han vd. (2017) tarafından PL'lerin yağların taşınması ve emilimini olumlu yönde etkilediği, benzer sonuçların Li vd. (2016) tarafından yapılan farklı bir çalışmada da elde edildiği bildirilmektedir

Sonuç

Fosfolipidlerin yetiştiriciliği yapılan balıklar ve kabuklu ve eklem bacaklılarda hazırlanan rasyonlarda özellikle larval gelişim ve yavru dönemlerinde optimal büyüme, hayatta kalma, strese karşı toleransın artması, şekil bozukluklarının azalması bakımından rasyonlara belirlenen ihtiyaçlara bağlı olarak ilave edilmesi gerektiği görülmektedir. Fosfolipid kaynağı olarak ilave edilen soya lesitini, yumurta sarısı lesitini ve diğer bitkilerden elde edilen fosfolipid kaynakları kullanılırken, bunların saflık düzeyleri, içerdikleri fosfolipid miktarları ve sınıfları ile yağ asitleri kompozisyonları farklılıklar göstermektedir. Genellikle farklı fosfolipid sınıflarının türler üzerindeki etkilerinin araştırılmasında zorluklar bulunmakla birlikte yapılan araştırmalar neticesinde olumlu etkileri bakımından en yoğun etkinin FK olarak belirlenirken bunu Fİ, FE ve FS'nin izlediği saptanmıştır. Öte yandan, diğer FL sınıfları ve sifingolipidler üzerinde yeterli düzeyde çalışmalar henüz yapılmamıştır. Ayrıca, araştırma yapılan bazı türlerde büyüme dönemine göre ergin dönemde FL ihtiyacının azaldığı yönünde bilgiler mevcut olmakla birlikte bu konuda da yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, farklı türlerde ergin ve anaçlar üzerinde detaylı çalışmalar yapılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

- Anedda, R., Piga, C., Santercole, V., Spada, S., Bonaglini, E., Cappuccinelli, R., Mulas, G., Roggio, T. ve Uzzau S. 2013. Multidisciplinary analytical investigation of phospholipids and triglycerides in offshore farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed commercial diets. Food Chemistry, 138: 1135-1144.
- Azarm, H. M., Kenari, A. A. ve Hedayati, M. 2013. Growth response and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry fed diets containing different levels of soybean and egg lecithin. Aquacult Int, 21:497-509.
- Cahu, C., Zambonino Infante, J. ve Barbosa, V. 2003. Effect of dietary phospholipid level and phospholipid: neutral lipid value on the development of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae fed a compound diet. Br J Nutr., 90:21-28.
- Chen, H. Y. ve Jenn, J. S. 1991. Combined effects of dietary phosphatidylcholine and cholesterol on the growth, survival and body lipid composition of marine shrimp, *Penaeus penicillatus*. Aquaculture, 96:167-178.
- Chen, Y. P., Jiang, W. D., Liu, Y., Jiang, J., Wu, P., Zhao, J., Kuang, S. Y., Tang, L., Tang, W. N., Zhang, Y. A., Zhou, X. Q. ve Feng, L. 2015. Exogenous phospholipids supplementation improves growth and modulates immune response and physical barrier referring to NF-kB, TOR, MLCK and Nrf2 signaling factors in the intestine of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Fish and Shellfish Immunology, 47: 46-62.
- Conklin, D. E., D'Abramo, L. R., Bordner, C. E. ve Baum, N. A. 1980. A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: the effect of lecithin. Aquaculture, 21:243-249.
- Coutteau, P., Camara, M. R. ve Sorgeloos, P. 1996. The effect of different levels and sources of dietary phosphatidylcholine on the growth, survival, stress resistance, and fatty acid composition of postlarval *Penaeus vannamei*. Aquaculture, 147:261-273.
- Coutteau, P., Geurden, I., Camara, M. R., Bergot, P. ve Sorgeloos, P. 1997. Review on the dietary effects of phospholipids in fish and crustacean larviculture. Aquaculture, 155:149-164.
- Ebrahimnezhadarabi, M., Saad, C. R., Harmin, S. A., Abdul Satar, M. K. ve Kenari, A. A. 2011. Effects of phospholipids in diet on growth of sturgeon fish (*Huso huso*) Juveniles. J. Fish. Aquat. Sci., 6: 247-255.
- Geurden, I., Radünz-Neto, J. ve Bergot, P. 1995a. Essentiality of dietary phospholipids for carp (*Cyprinus carpio*, L.) larvae. Aquaculture, 131:303-314.
- Geurden, I., Coutteau, P. ve Sorgeloos, P. 1995b. Dietary phospholipids for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) during first on-growing. In: Lavens, P., Jaspers, E., Roelants, I. (Eds.), Larvi '95-Fish and Shellfish Symposium, Gent, Belgium. Europ. Aquacult. Soc., Spec. Publ., 24: 175-178.
- Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I. B., Cahu, C. ve Kestemont, P. 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Aquaculture, 275:274-282.
- Han, T., Wang, J. T., Li, X. Y., Yang, Y. X., Yang, M., Tian, H. L., Zheng, P. Q. ve Wang, C. L. 2017. Effects of dietary phospholipid and cholesterol levels on growth and fatty acid composition of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. Aquaculture Nutrition, 1-9. Doi: 10.1111/anu.12544
- Hung, S. S. ve Lutes, P. B. 1988. A preliminary study on the non-essentiality of lecithin for hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture, 68: 353-360.
- Kanazawa, A., Teshima, S. ve Sakamoto, M. 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. Aquaculture, 50: 39-49.
- Kanazawa, A. 1993. Essential phospholipids of fish and crustaceans. In: Kaushik, S.J., Luquet, P. (Eds.), Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France), June 24-27. Edn. INRA, Paris 1993, Les Colloques nr., 61:519-53.
- Keha, E. E. ve Küfrevioğlu Ö. İ. 2007. Biyokimya. Aktif yayınevi, İstanbul, 647pp.
- Kenari, A. A., Sotoudeh, E. ve Rezaei, M. H. 2011. Dietary soybean phosphatidylcholine affects growth performance and lipolytic enzyme activity in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) alevin. Aquaculture Research, 42: 655-663.
- Li, X., Wang, J., Han, T., Hu, S., Jiang, Y. ve Wang, C. 2014. Effect of dietary phospholipids levels and sources on growth performance, fatty acid composition of the juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. Aquaculture, 430:166-172.

- Li, Y., Gao, J. ve Huang, S. 2015. Effects of different dietary phospholipid levels on growth performance, fatty acid composition, PPAR gene expressions and antioxidant responses of blunt snout bream *Megalobrama amblycephala* fingerlings. *Fish Physiol Biochem.*, 41:423-436.
- Li, X. Y., Wang, J. T., Han, T., Hu, S. X., Jiang, Y. D. ve Wang, C. L. 2016. Effects of phospholipid addition to diets with different inclusion levels of fish oil on growth and fatty acid body composition of juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture Research*, 47, 1112-1124.
- Lu, S., Zhao, N., Zhao, A. ve He, R. 2008. Effect of soybean phospholipid supplementation in formulated microdiets and live food on foregut and liver histological changes of *Pelteobagrus fulvidraco* larvae. *Aquaculture*, 278:119-127.
- Poston, H. A. 1990. Effect of body size on growth, survival and chemical composition of Atlantic salmon fed soy lecithin and choline. *Prog. Fish Cult.*, 52:226-230.
- Rainuzzo, J. R., Reitan, K. I. ve Jorgensen, L. 1992. Comparative study on the fatty acid and lipid composition of four marine fish larvae. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103B, 21-26.
- Rinchard, J., Czesny, S. ve Dabrowski, K. 2007. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. *Aquaculture*, 264: 363-371.
- Saleh, R., Betancor, M. B., Roo, J., Hernandez-Cruz, C. M., Moyano, F. J. ve Izquierdo, M. 2013. Optimum soybean lecithin contents in microdiets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquacult. Nutr.*, 19:585-597.
- Salze, G., Tocher, D. R., Roy, W. J. ve Robertson, D. A. 2005. Egg quality determinants in cod (*Gadus morhua* L.): Egg performance and lipids in eggs from farmed and wild broodstock. *Aquac. Res.*, 36:1488-1499.
- Sargent, J. R., McEvoy, L. A. ve Bell, J. G. 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155:119-129.
- Sink, T. D. ve Lochmann, R. T. 2014. The effects of soybean lecithin supplementation to a practical diet formulation on juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*: growth, survival, hematology, innate immune activity, and lipid biochemistry. *J. World Aquacult. Soc.*, 45:163-172.
- Sui, L. Y., Wu, X. G., Wille, M., Cheng, Y. X., Sorgeloos, P. 2009. Effect of dietary soybean lecithin on reproductive performance of chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock. *Aquacult Int*, 17:45-56.
- Tocher, D. R., Fraser, A. J., Sargent, J. R. ve Gamble, J. C. 1985. Fatty acid composition of phospholipids and neutral lipids during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus*, L.). *Lipids*, 20:69-74.
- Tocher, D. R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Rev. Fisheries Sci.*, 11:107-184.
- Tocher, D. R., Bendiksen, E. A., Campbell, P. J. ve Bell, J. G. 2008. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, 280:21-34.
- URL, 1. Fosfolipit, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Fosfolipit>. (giriş, Kasım, 2016).
- Uyan, O., Koshio, S., Ishikawa, M., Uyan, S., Ren, T., Yokoyama, S., Komilus, C. F. ve Michael, F. R. 2007. Effects of dietary phosphorus and phospholipid level on growth, and phosphorus deficiency signs in juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 267:44-54.
- Uyan, O., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Uyan, S., Ren, T. ve Hernandez, L. H. H. 2009. The influence of dietary phospholipid level on the performances of juvenile amberjack, *Seriola dumerili*, fed non-fishmeal diets. *Aquac Nutr*, 15:550-557.
- Wang, L., Di Zuo, D., Lv, W., Li, J., Wang, Q. ve Zhao, Y. 2013. Effects of dietary soybean lecithin on gonadal development and vitellogenin mRNA expression in the female redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) at first maturation. *Aquaculture Research*, 44:1167-1176.
- Wu, X. G., Cheng Y. X., Sui, L. X., Yang, X. Z., Nan T. Z. ve Wang, J. Q. 2007. Biochemical composition from pond-reared and lake-stocked adult *Eriocheir sinensis*. *Aquaculture Research*, 38:1459-1467.
- Villalta, M., Estevez, A., Bransden, M. P. ve Bell, J. G. 2008. Arachidonic acid, Arachidonic acid/ eicosapentaenoic acid ratio, stearidonic acid and eicosanoids are involved in dietary-induced albinoism in Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 120-128.
- Zhao, J., Ai, Q., Mai, K., Zuo, R. ve Luo, Y. 2013. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*, Larvae). *Aquaculture*, 410:122-12.