تغییرات اسیدهای چرب جیره و عضله در بچه تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baeri* Brandt 1869) تغذیه شده با سطوح مختلف لسیتین

اسماعیل نجفی پورمقدم[۱]، بهرام فلاحتکار[۲*]، محمدرضا کلباسی مسجدشاهی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: najafi.essy@gmail.com

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، پست الکترونیکی: falahatkar@guilan.ac.ir

۳- استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: kalbassi_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۴ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۱۶*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی تغییرات پروفیل اسید چرب جیره و عضله بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baeri*) پس از تغذیه با سطوح مختلف لسیتین انجام شد. ماهی‌هایی با میانگین وزن اولیه ۰/۳ ± ۳۲/۹ گرم با پنج جیره (سه تکرار) دارای انرژی و پروتئین یکسان و مقادیر مختلف لسیتین شامل صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد لسیتین به مدت ۸ هفته و ۵ وعده در روز غذادهی شدند. نتایج نشان داد به‌کارگیری لسیتین تا ۱۰ درصد در جیره این ماهی باعث افزایش معنی-داری در برخی اسیدهای چرب از جمله C14:0، DHA ، EPA، SFA و HUFA می‌گردد (P<۰/۰۵). میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) و اسیدهای چند غیراشباع (PUFA) تحت تاثیر جیره‌های مختلف قرار نگرفت (P>۰/۰۵). لینولئیک اسید (C18:2n6)، در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲/۵ درصد لسیتین افزایش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵)، اما میزان آراشیدونیک اسید (C20:4n6) در بین ماهیان تیمارهای مختلف، هیچ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تاثیر مثبت افزودن لسیتین به جیره غذایی بچه تاس‌ماهی سیبری بر میزان اسیدهای چرب این ماهی است. بنابراین به‌نظر می‌رسد بکار بردن لسیتین در جیره غذایی بچه تاس‌ماهی سیبری در این محدوده وزنی به میزان بیش از ۲/۵ درصد، سبب افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع بدن خواهد شد.

کلمات کلیدی: *لسیتین، رشد، اسیدهای چرب، تاس‌ماهی سیبری.*

۱. مقدمه

در پرورش ماهیان خاویاری، چنانچه به مسایل تغذیه و مراقبت‌های ویژه آن توجه خاص گردد، می‌تواند یکی از صنایع تولیدی و سودآور در زمینه آبزی پروری در کشور باشد تا از این طریق هم در دراز مدت فشار صیادی بر جمعیت‌های مختلف ماهیان خاویاری حاشیه جنوبی دریای خزر کاهش یافته و هم زمینه ایجاد اشتغال، تولید و صادرات بیشتر گوشت و خاویار

پرورشی فراهم گردد. از سوی دیگر ذخایر ماهیان خاویاری به‌دلایلی نظیر صید بی‌رویه، آلودگی‌های زیست‌محیطی و مسدود شدن مسیرهای منتهی به مناطق تولیدمثل طبیعی در حال کاهش بوده (Birstein,1993; Pourkazemi et al., 1999) و بسیاری از آنها در فهرست ماهیان در معرض خطر سازمان IUCN قرار دارند (IUCN, 2012). بنابراین توجه به پرورش مصنوعی این ماهیان ارزشمند می‌تواند فشار صید بر آنها را در اقصی نقاط جهان کاهش دهد. تاس‌ماهی سیبری از جمله ماهیان خاویاری است که به راحتی خود را با شرایط پرورشی سازگار کرده و در برابر تغییرات محیطی مقاوم بوده، از سرعت رشد بالایی برخوردار است و از منابع غذایی موجود به راحتی استفاده می‌کند (Pyka and Kolman, 2003). این ماهی به‌دلیل سن بلوغ کم و خاویاردهی سریع در بسیاری از مطالعات مربوط به ماهیان خاویاری به‌عنوان گونه مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Eslamloo et al., 2012).

اسیدهای چرب ضروری شامل PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acids) و HUFA (High Unsaturated Fatty Acids) هستند که گروه‌های n-3 با نام اسید لینولئیک (C18:2n-6) و n-6 با نام اسید لینولنیک (C18:3n-3) را در بر می‌گیرند. ماهیان فاقد آنزیم‌های ضروری جهت سنتز اسیدهای چرب پیش‌ساز خانواده n-6 و n-3 هستند (Huang et al., 2007). بنابراین اسیدهای چرب ضروری باید در جیره غذایی ماهیان تأمین شده تا نیازهای غذایی آنان را بر طرف سازد. کمبود اسیدهای چرب ضروری در جیره غذایی سبب رشد ضعیف، افزایش محتوای آب ماهیچه، افزایش محتوای چربی کبد، کاهش بازده تغذیه، سندرم شوک، پوسیدگی باله، آماس میتوکندریایی و کاهش میزان هموگلوبین می‌شود (Smith et al., 2004). البته مقادیر ناکافی و غیر متعادل برخی اسیدهای چرب نیز می‌تواند سبب بروز مشکلاتی در مکانیسم های مختلف بدن در اوزان و سنین مختلف و همچنین تاثیرات متقابل با برخی ترکیبات درون بدن گردد.

مطالعات نشان داده است که فسفولیپیدها به‌عنوان یک امولسیون کننده در روده عمل کرده (Koven et al., 1993) و جذب اسیدهای چرب بلند زنجیره را در روده بهبود می‌بخشند (Fontagne et al., 2000). وجود فسفولیپیدها در جذب چربی‌های خنثی در لارو سیم دریایی (*Sparus aurata*) اثبات شده است (Salhi et al., 1995). فسفولیپیدها باعث تحریک سنتز لیپوپروتئین‌ها در روده شده (Geurden et al., 1998) و نقش مهمی در انتقال چربی‌ها ایفا می‌کنند (Kanasawa, 1991). وجود لسیتین در جیره ممکن است موجب افزایش امولسیفیون چربی‌ها شده و در نهایت به هضم چربی‌ها در روده کمک کند. افزایش هضم چربی‌ها در ماهی آزاد (*Salmo salar*) تغذیه شده با جیره حاوی لسیتین سویا به ویژگی امولسیون کنندگی لسیتین نسبت داده شده است (Hung et al., 1997) همچنین مطالعات نشان دادند فسفولیپیدها باعث افزایش هضم چربی در بچه ماهیان می‌شوند (Craig and Gatlin, 1997; Kasper and Brown, 2003). تغذیه لاروهای سیم دریایی با جیره‌هایی فاقد مکمل‌های لسیتین سبب انباشته شدن واکوئل‌های چربی در روده و کبد شده که با اضافه کردن لسیتین، انتقال فعال چربی از روده و کبد تسهیل می‌شود (Salhi et al., 1999; Izquiredo et al., 2000). همچنین نتایج مطالعات بر روی ماهی سیم دریایی نشان داد گنجانیدن فسفاتیدیل‌کولین در جیره این ماهی، موجب افزایش انتقال اسید چرب اولئیک از انتروسیت‌ها به بافت‌ها می‌گردد (Hadas et al., 2003).

مطالعاتی در ارتباط با تغذیه این ماهی در داخل کشور نیز به انجام رسیده است که می‌توان به اثر گرسنگی کوتاه‌مدت بر پارامترهای خونی (مرشدی و همکاران، ۱۳۹۰)، تاثیر لاکتوفرین بر عملکرد رشد و فعالیت لایزوزیم سرم و موکوس (اسلاملو و همکاران، ۱۳۹۲)، اثر گرسنگی و محدودیت غذایی بر رشد و ترکیب بدن (شیروان و همکاران، ۱۳۹۲)، عملکرد رشد و بازماندگی لارو در مرحله تغذیه فعال تا انگشت قد (دروی قاضیانی و همکاران، ۱۳۹۳) و تأثیر سطوح مختلف کولین بر روند رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ترکیب لاشه در این گونه (یزدانی ساداتی و همکاران، ۱۳۹۳) اشاره کرد.

با توجه به تاثیرات مثبت فسفولیپیدها در انواع ماهیان باید به مقادیر و نوع فسفولیپید مصرفی توجه خاصی داشت. از سوی دیگر نیازمندی‌های تغذیه‌ای یکی از اساسی‌ترین شاخص‌هایی است که در پرورش یک گونه به‌منظور اقتصادی و یا بازسازی ذخایر می‌باید مورد توجه قرار گیرد. لذا با آگاهی از نیازهای تغذیه‌ای هر گونه می‌توان تا حد زیادی میزان بقا، سرعت رشد و مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی آن را به‌خصوص در دوران لاروی و پروراری افزایش داد. با توجه به توضیحات ذکر شده، هدف از اجرای این مطالعه کاربرد تغذیه‌ای یکی از مهم‌ترین گروه‌های فسفولیپیدی (لسیتین) و بررسی تاثیرات آن بر روی پروفیل اسید چرب بدن بچه تاس‌ماهی سیبری بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. تهیه ماهیان و چگونگی پرورش

این آزمایش در مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی سد سنگر (استان گیلان) در پاییز ۱۳۸۹ انجام شد. پس از تهیه بچه ماهیان از این مجتمع و انتقال آنها به درون حوضچه‌های فایبرگلاس ۲ متر مکعبی، در ابتدای کار تعداد ۳۰۰ عدد بچه ماهی با میانگین وزنی ۰/۳ ± ۳۲/۹ گرم پس از سه هفته عادت دهی با جیره پایه مورد آزمایش (جیره فاقد لسیتین) به ۱۵ تانک به ابعاد ۰/۵×۲×۲ متر و عمق آبگیری ۰/۳ متر (حجم ۱۰۵۰ لیتر) و به تعداد ۲۰ عدد در هر تانک معرفی شدند. در این مطالعه از ۵ تیمار و هر تیمار دارای ۳ تکرار استفاده شد. غذادهی روزانه به‌صورت دستی در ۵ نوبت در ساعات ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ انجام گرفت. مقدار غذادهی با توجه به اشتهای ماهی و دمای آب در حدود ۲-۱/۵ درصد وزن بدن در طول دوره در نظر گرفته شد. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته در فصل پاییز ۱۳۸۸ انجام گرفت. جهت تامین آب مورد نیاز، از رودخانه سفیدرود استفاده گردید و دبی ورودی آب به حوضچه‌ها ۰/۰۹ ± ۱۳ لیتر در دقیقه بود. عوامل کیفی آب، همچون دمای آب در طول دوره ۰/۵ ± ۱۳ درجه سانتی‌گراد، نیتریت mg/l ۰/۰۲ ± ۰/۱، آمونیاک mg/l ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۵، pH= ۸ ± ۰/۳ و اکسیژن محلول mg/l ۰/۲ ± ۷/۵ بود.

۲-۲. فرمولاسیون و تهیه جیره

پس از انتقال بچه ماهیان به تانک‌ها، به‌منظور سازگاری به مدت سه هفته با جیره تجاری قزل‌آلا (شرکت اصفهان مکمل، ایران) تغذیه شدند. سپس ۵ جیره با میزان پروتئین و لیپید یکسان و مقادیر متفاوتی از لسیتین فرموله‌بندی شد (جدول‌های ۱ و ۲). پس از تهیه اقلام غذایی مورد نیاز، اقلام غذایی خشک از الک یک میلیمتری گذرانده شد تا ناخالصی‌های احتمالی موجود (ذرات با اندازه بزرگ) جدا شود و مواد همگنی جهت تهیه جیره وجود داشته باشد. پس از الک کردن، مواد غذایی با همدیگر مخلوط گردید. برای هر چه بهتر مخلوط شدن اقلام غذایی، ابتدا مواد غذایی خشکی که حجم بیشتری از جیره را به خود اختصاص می‌دادند با هم مخلوط شده و سپس اقلام غذایی خشکی که حجم کمتری داشتند (مکمل معدنی و ویتامینی) با هم مخلوط شده و پس از آن اقلام غذایی درشتی که مخلوط شده بودند با اقلام غذایی ریزی که مخلوط شده بودند به صورت دستی مخلوط گردیدند.

جدول ۱: ترکیب مواد اولیه مورد استفاده در جیره‌های آزمایشی (برحسب درصد)

ترکیبات (درصد جیره)	سطح لسیتین جیره (٪)				
	Lecithin 0	Lecithin 2.5	Lecithin 5	Lecithin 7.5	Lecithin 10
غذای تجاری ماهی قزل‌آلا[1]	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
روغن کلزا[2]	۱۰	۷/۵	۵	۲/۵	۰/۵
لسیتین[3]	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
آردگندم	۷	۷	۷	۷	۶/۵
مکمل معدنی[4]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل ویتامینی[5]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵

[1] شرکت اصفهان مکمل، اصفهان، ایران
[2] مجموعه کارخانجات کشت و صنعت شمال، ساری، ایران
[3] شرکت Applichem، آلمان
[4] شرکت لابراتوارهای سیانس، قزوین، ایران
هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس معدنی حاوی آهن (۲۶ گرم)، روی (۱۲/۵ گرم)، سلنیوم (۲ گرم)، کبالت (۴۸۰ میلی‌گرم)، مس (۴/۲)، منگنز (۱۵/۸ گرم)، ید (۱ گرم)،کولین کلراید (۱۲ گرم) و کریر (تا ۱ کیلوگرم)
[5] شرکت لابراتوارهای سیانس، قزوین، ایران
هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس ویتامینه حاوی ۱۶۰۰۰۰۰ IU ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ IU ویتامین D3، ۶ گرم تیامین، ۸ گرم ریبوفلاوین، ۱۲ گرم نیاسین، ۴۰ گرم اسید پنتوتنیک، ۴ گرم پیریدوکسین، ۲ گرم اسید فولیک، ۸ میلی گرم سیانوکوبالامین، ۶۰ گرم ویتامین C، ۲ گرم ویتامین K3، ۲۴۰ میلی گرم بیوتین و ۲۰ گرم ویتامین اینوزیتول

جدول ۲: ترکیب تقریبی جیره‌های آزمایشی (برحسب درصد)

ترکیب تقریبی جیره‌ها (درصد وزن خشک)[1] n=3	سطح لسیتین جیره (٪)				
	Lecithin 0	Lecithin 2.5	Lecithin 5	Lecithin 7.5	Lecithin 10
رطوبت	۱۲/۳۳ ±۰/۱۷	۱۱/۸۶ ± ۰/۱۴	۱۲/۷۹ ± ۰/۱۷	۱۲/۶۱ ± ۰/۱۷	۱۱/۳۴ ± ۰/۱۱
پروتئین	۳۷/۲ ± ۰/۰۹	۳۶/۵ ± ۰/۰۴	۳۶/۸ ± ۰/۵۹	۳۶/۳ ± ۰/۲۹	۳۷/۲ ± ۰/۴۱
چربی	۲۳/۹ ± ۰/۰۷	۲۴/۱ ± ۰/۴۰	۲۳/۸ ± ۰/۱۵	۲۳/۶ ± ۰/۲۶	۲۳/۵ ± ۰/۱۸
خاکستر	۱۳/۴ ± ۰/۱۱	۱۳/۵ ± ۰/۱۵	۱۳/۶ ± ۰/۱۲	۱۳/۲ ± ۰/۱۱	۱۴/۱ ± ۰/۰۹
انرژی ناخالص[2]	۲۰/۵	۲۰/۵۳	۲۰/۳۱	۲۰/۳۳	۲۰/۴۳

[1] پروتئین، چربی و خاکستر بر حسب درصد ماده خشک
[2] انرژی ناخالص برحسب کیلوژول بر گرم جیره محاسبه انرژی ناخالص بر اساس هر گرم انرژی موجود در پروتئین (۲۳/۶ kJ)، چربی (۳۹/۵ kJ) و کربوهیدرات صورت پذیرفت (۱۷/۲ kJ).

بعد از مخلوط شدن مواد غذایی، روغن کلزا به جیره پایه اضافه گردید. برای افزودن درصدهای مختلف لسیتین از مقدار روغن کلزا کاسته شده و لسیتین (درجه خلوص ۹۰ درصد، تولید شرکت Applichem، آلمان) به میزان ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد به جیره‌ها اضافه گردید و کاملاً با هم مخلوط شدند. سپس نوبت به افزودن آب به جیره بود، به‌طوری‌که جیره کاملاً با آب به میزان ۲۵ درصد مخلوط گردید و یک غذای خمیری شکل به‌دست آمد. پس از آنکه غذای خمیری شکل به‌دست آمد، توسط چرخ گوشت صنعتی (پارس، تهران، ایران) چرخ شده و یک غذای رشته‌ای تهیه گردید. پس از آنکه رشته‌های غذایی تهیه شد به سینی‌های خشک کن

دست‌ساز انتقال و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. پس از این مدت غذا از خشک کن بیرون آورده شد، مدتی در هوای آزاد قرار گرفت و سپس درون بسته‌های پلاستیکی جداگانه (هر جیره درون یک بسته جدا) و درون فریزر در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و فقط غذای روزانه یا غذای چند روز بچه تاس‌ماهیان سیبری درون یخچال نگهداری شد. غذاها هنگام استفاده برای تغذیه ماهیان، به‌صورت دستی به قطعات کوچک (سایز دهان ماهی) شکسته شد و به بچه ماهیان داده شد. قطر پلت-های ساخته شده ۳ میلی‌متر و منطبق با اندازه دهان ماهیان بود. کلیه مراحل ساخت غذا در انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان انجام شد.

۲-۳. تعیین ترکیب اسیدهای چرب جیره و عضله

۲-۳-۱. آماده سازی نمونه جهت تعیین اسیدهای چرب جیره و عضله

به‌منظور بررسی ترکیبات اسید چرب عضله در پایان دوره از هر تانک ۳ عدد ماهی برداشته شد. از عضله پشتی مقدار ۱۰ گرم نمونه برداشته و نمونه‌ها را با دستگاه مخلوط‌کن همگن کرده و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. همچنین جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب جیره از هر جیره ۲ نمونه به میزان یک گرم برداشته و ترکیب اسیدهای چرب عضله و جیره به روش Metcalfe و Schmitz (۱۹۶۱) مورد سنجش قرار گرفت. کلیه عملیات مربوط به سنجش اسیدهای چرب جیره و عضله در آزمایشگاه دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت.

۲-۳-۲. استخراج چربی عضله و جیره غذایی و استری کردن چربی استخراج شده

جهت استخراج چربی از روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) استفاده شد. به‌منظور استری کردن چربی از روش Metcalfe و همکاران (۱۹۶۱) استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲٪ به چربی استخراج شده اضافه شد. سپس یک میلی‌لیتر استاندارد داخل (C15:0) با غلظت ppm ۱۰۰۰۰ به نمونه اضافه گردید. سپس درب ظرف بسته، به‌شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن محلول، ۲/۲ میلی لیتر محلول BF3 به ترکیب فوق اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن، به مواد حاصل یک میلی لیتر هگزان نرمال اضافه و پس از تکان دادن مواد به آن یک میلی‌لیتر نمک اشباع اضافه گردید. محلول به‌دست آمده به شدت تکان داده شد و سپس در جایی ثابت قرار گرفت. بعد از پدیدار شدن دو فاز جداگانه، فاز بالایی به دقت جدا گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگراف (Varian, model: CP3800 USA) (Walnut Creek, مجهز به ستون کاپیلاری BPX 70 SGE; 120m ×0/25mm i.d., film thickness) 0.25 µm و آشکار ساز نوع FID استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب بر روی ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد (Sotoudeh et al., 2010). یک میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد (Sotoudeh et al., 2010). در این روش از گاز ازت با خلوص ۹۹/۹۹۹٪ به‌عنوان گاز حامل و هوای خشک استفاده شد (Sotoudeh et al., 2010). ترکیب پروفیل اسید چرب نمونه‌ها با مقایسه با پیک استاندارد و جهت محاسبه سطح زیر پیک از نرم افزار Varian Star Chromatography Software (version 6.41) استفاده شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید.

۲-۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای بررسی آماری داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط One Sample Kolmogorov-Smirnov Test ارزیابی شد و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت برقراری شرایط فوق، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد و اختلاف بین میانگین-ها به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای Tukey بررسی شد. سطح معنی‌دار بودن در این بررسی، $P<0/05$ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS (version 11.5) انجام شد.

۳. نتایج

۳-۱. اسیدهای چرب جیره

جدول ۳ ترکیب اسیدهای چرب جیره را نشان می‌دهد. تفاوت اصلی ترکیب اسیدهای چرب، در میزان مجموع اسیدهای چرب n-6 و n-3 مشاهده می‌شود. جیره‌های حاوی ۷/۵ درصد لسیتین

بالاترین و جیره‌های ۱۰ درصد لسیتین پایین‌ترین مقادیر اسیدهای چرب n-3 را در جیره نشان دادند. بیشترین مقادیر SFA و PUFA در جیره‌های ۲/۵ درصد لسیتین و بیشترین مقادیر MUFA و HUFA در جیره‌های ۷/۵ درصد لسیتین مشاهده شد. همچنین افزایش لسیتین در جیره به میزان ۱۰ درصد موجب کاهش مقادیر HUFA و PUFA گردید.

جدول ۳: پروفیل اسیدچرب جیره‌های با سطوح مختلف لسیتین (بر حسب درصد از کل اسیدهای چرب)

اسید چرب	سطح لسیتین جیره (٪)				
	صفر	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
اسید مریستیک (C14:0)	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۴۷
اسید پالمیتیک (C16:0)	۹/۵۴	۱۲/۶۴	۸/۴۱	۱۰/۵۱	۱۰/۵۷
اسید استئاریک (C18:0)	۲/۱۳	۴/۰۷	۳/۵۰	۳/۹۲	۳/۷۸
اسید آراشیدیک (C20:0)	۰/۰۳	۱/۱۳	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۵۳
اسید پالمیتولئیک (C16:1n7)	۱/۰۷	۰/۹	۰/۹۳	۱/۳۷	۱/۴۱
اسید واکسینیک (C18:1n-7)	۲/۸۰	۶/۳۸	۱/۳۸	۱/۳۱	۱/۶۷
اسید اولئیک (C18:1n9)	۲۹/۵	۲۵/۳	۳۴/۸	۳۹/۷	۳۸/۹
اسید ایکوسنوئیک (C20:1n9)	۰/۵۹	۰/۵۶	nd*	۰/۰۶	۰/۰۶
اسید لینولئیک (C18:2n6)	۲۶/۱	۳۴	۳۰/۶	۲۹/۵	۲۴/۴
اسید گامالینولئیک (C18:3n-6)	۲/۷	۲/۷	۳/۳	۴/۴	۴/۶
اسید دیهموگامالینولئیک (C20:3n6)	۰/۱	۰/۱	۰/۱	nd*	۰/۲
اسید آلفالینولئیک (C18:3n3)	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۳۷
اسید آراشیدونیک (C20:4n6)	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۰/۱
اسید ایکوزاترینوئیک (C20:3n-3)	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۴	۰/۴
اسید ایکوزاپنتانوئیک (C20:5n3)	۰/۵	۰/۲	۰/۹	۰/۸	۰/۲
اسید دِکوزاهگزانوئیک (C22:6n3)	۱/۱	۱/۶	۱/۱	۲/۱	۱/۱
Σn-3	۲/۵۶	۲/۴۸	۳/۲۷	۳/۹۵	۲/۱۹
Σn-6	۲۹/۳۴	۳۷/۴۹	۳۴/۶۴	۳۴/۲۴	۲۹/۳۷
۱∑ SFA	۱۲/۰۴	۱۸/۲	۱۲/۴	۱۵/۱	۱۵/۳
۲∑ MUFA	۳۳/۹	۳۳/۲	۳۷/۱	۴۲/۴	۴۲/۱
۳∑ PUFA	۳۱/۹	۳۹/۹	۳۷/۹	۳۸/۱	۳۱/۵
۴∑ HUFA	۱/۹	۲/۳	۲/۶	۳/۲	۱/۵
۵DHA/EPA	۲/۱	۶/۹	۱/۲	۲/۳	۵/۷

* Not detectable

[۱] مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (Saturated fatty acids, SFA): C14:0 + C20:0 + C16:0 + C18:0

[۲] مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (Monounsaturated fatty acids, MUFA): C16:1n7 + C18:1n7+C20:1n9+C18:1n9

[۳] مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع (Polyunsaturated fatty acids, PUFA): C18:2n6 + C18:3n3 + C20:4n6 + C20:5n3 + C22:6n3+C18:3n6+C20:3n6

[۴] مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره طویل (High-unsaturated fatty acids, HUFA): C20:4n6 + C20:5n3 + C22:6n3

[۵] اسید ایکوزاپنتانوئیک (Eicosapentanoic acid, EPA) و اسید دکوزاهگزانوئیک (Docosahexaenoic acid, DHA)

۳-۲. اسیدهای چرب عضله

نتایج ترکیب اسید چرب عضله به صورت مجموعه هر خانواده از اسیدهای چرب در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان اسید چرب اشباع مریستیک (C14:0) در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد لسیتین بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف بوده و میزان اسید میریستیک در تیمار ۲/۵ درصد لسیتین کمترین میزان را داشت (P<۰/۰۵). در حالی که میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) و اسیدهای چند غیراشباع (PUFA) اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (P>0.05). لینولئیک اسید (C18:2n6)، در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲/۵ درصد لسیتین افزایش معنی‌داری را نشان دادند (P<۰/۰۵)، اما میزان DHA و EPA در ماهیان تغذیه شده با جیره ۱۰ درصد لسیتین بالاترین میزان و در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های ۲/۵، ۵ درصد لسیتین و جیره شاهد پایین‌ترین میزان را نشان داد (P<۰/۰۵). میزان آراشیدونیک اسید (C20:4n6) در بین ماهیان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نیاز ماهیان آب شیرین به هر دو گروه از اسیدهای چرب سری n-3 و n-6، به‌ویژه آلفا- لینولنیک اسید و لینولئیک اسید در جیره غذایی به اثبات رسیده است (Tocher, 2003; Francis et al., 2006). همچنین مشخص گردید که به‌طور کلی ماهیان آب شیرین در مقایسه با ماهیان آب شور، توانایی بهتری در غیراشباع-سازی و طویل‌سازی این اسیدهای چرب به همولوگ‌های بزرگتر را دارا هستند (Guillou et al., 1995; Tocher, 2003). در ماهیان پرورشی، اسیدهای چرب عضله ممکن است در اثر عمل تغذیه تغییرکند (Bell et al., 2001). چنین امکانی در مطالعه حاضر تأیید گردید. همان‌گونه که در نتایج مشاهده گردید میزان اسید-های چرب لینولئیک n-6 در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲/۵ درصد لسیتین بالاتر از ماهیان سایر تیمارها بوده، در حالی که میزان SFA، EPA، DHA و HUFA در این تیمار کاهش یافت. میزان آراشیدونیک اسید، لینولئیک اسید، PUFA و MUFA تغییرات معنی‌داری را در بین تیمارها نشان ندادند. علیرغم آنکه جیره‌های حاوی لسیتین و شاهد دارای مقادیر نسبتاً بالایی از اسید لینولئیک بودند، اما سهم آنها در عضله تاس‌ماهی سیبری به نسبت پایین‌تر از سهم آنها در جیره ساخته شده بود. به نظر می‌رسد نتایج کسب شده نشان می‌دهند که تاس‌ماهی سیبری توانایی غیراشباع‌سازی و طویل‌سازی C18 PUFA به EPA و DHA را دارا است. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از مطالعات سایر محققین در خصوص استفاده از روغن‌های گیاهی در جیره ماهیان خاویاری پرورشی مطابقت دارد (Xu et al., 1993; Deng et al., 1998; Şener et al., 2005).

جدول ۴: نتایج ترکیب پروفیل اسید چرب در عضله بچه تاس‌ماهیان سیبری تغذیه شده با مقادیر مختلف لسیتین پس از ۸ هفته پرورش در سطح معنی‌دار P<0.05

اسید چرب[1]	سطح لسیتین جیره (٪)				
	صفر	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
اسید میریستیک (C14:0)	۱/۳ ± ۰/۱^{ab}	۰/۹ ± ۰/۱^{b}	۱/۳ ± ۰/۲^{ab}	۱/۷ ± ۰/۳^{ab}	۲/۱ ± ۰/۰۷^{a}
اسید پالمیتیک (C16:0)	۱۳/۷ ± ۰/۶	۱۲/۲ ± ۱/۹	۱۴/۶ ± ۰/۴	۱۴/۵ ± ۰/۵	۱۵/۹ ± ۰/۱
اسید استاریک (C18:0)	۲/۴ ± ۰/۱	۲/۲ ± ۰/۳	۲/۷ ± ۰/۱	۲/۴ ± ۰/۰۵	۲/۸ ± ۰/۰
اسید آراشیدیک (C20:0)	۰/۶ ± ۰/۰۵	۰/۶ ± ۰/۰۶	۰/۶ ± ۰/۰۸	۰/۷ ± /۰۸	۰/۸ ± ۰/۰۵
اسید پالمیتولئیک (C16:1n-7)	۳/۱ ± ۰/۱	۳/۱ ± ۰/۲	۳/۲ ± ۰/۲	۳/۵ ± ۰/۳	۴/۰ ± ۰/۰۳
اسید واکسینیک (C18:1n-7)	۲/۴ ± ۰/۱	۲/۲ ± ۰/۳	۲/۵ ± ۰/۲	۲/۵ ± ۰/۲	۳/۱ ± ۰/۰۷
اسید اولئیک (C18:1n-9)	۳۲/۶ ± ۰/۵	۳۲/۲ ± ۱/۴	۳۴/۲ ± ۰/۶	۳۱/۱ ± ۱/۲	۲۸/۹ ± ۰/۵
اسید ایکوسنوئیک (C20:1n-9)	۱/۰۲ ± ۰/۰۲	۰/۹ ± ۰/۰۴	۰/۹ ± ۰/۱	۰/۷ ± ۰/۳	۱/۱ ± ۰/۱
اسید لینولئیک (C18:2n-6)	۲۵/۰۲ ± ۱/۳^{ab}	۲۹/۶ ± ۲/۷^{a}	۲۴/۸ ± ۱/۲^{ab}	۲۳/۳ ± ۲/۴^{ab}	۱۷/۹ ± ۰/۲^{b}
اسید گامالینولنیک (C18:3n-6)	۱/۶ ± ۰/۳	۲/۰ ± ۰/۳	۱/۶ ± ۰/۳	۱/۳ ± ۰/۰۹	۱/۱ ± ۰/۰۱
اسید دیهموگامالینولنیک (C20:3n-6)	۱/۰ ± ۰/۱	۱/۱ ± ۰/۰۶	۰/۹ ± ۰/۰۷	۱/۰۲ ± ۰/۱	۱/۲ ± ۰/۰۱
اسید آلفالینولنیک (C18:3n-3)	۰/۵۴ ± ۰/۰۶	۰/۶۴ ± ۰/۰۴	۰/۵۵ ± ۰/۰۸	۰/۶۵ ± ۰/۰۴	۰/۷۰ ± ۰/۱۵
اسید آراشیدونیک (C20:4n-6)	۰/۳۳ ± ۰/۱۱	۰/۴۸ ± ۰/۰	۰/۳۶ ± ۰/۰۷	۰/۴۵ ± ۰/۰۶	۰/۴۴ ± ۰/۰۷
اسید ایکوزاپنتانوئیک(C20:5n-3)	۱/۹ ± ۰/۲^{b}	۱/۶ ± ۰/۲^{b}	۱/۷ ± ۰/۲^{b}	۲/۸ ± ۰/۶^{ab}	۳/۶ ± ۰/۱^{a}
اسید دکوزاهگزانوئیک(C22:6n-3)	۴/۲ ± ۰/۷^{b}	۳/۵ ± ۰/۱^{b}	۴/۶ ± ۰/۲^{b}	۵/۴ ± ۰/۷^{ab}	۷/۲ ± ۰/۱^{a}
Σn-3	۶/۶۹ ± ۰/۹۱^{bc}	۵/۸۳ ± ۰/۴۱^{c}	۶/۹۷ ± ۰/۲۸^{bc}	۱۱/۵۹ ± ۰/۲۵^{a}	۸/۹۳ ± ۰/۱۸^{b}
Σn-6	۲۸/۱ ± ۱/۲۵^{ab}	۳۳/۳ ± ۲/۹۷^{a}	۲۷/۸۹ ± ۱/۴۲^{ab}	۲۶/۲۰ ± ۲/۳۶^{ab}	۲۰/۷۹ ± ۰/۲۸^{b}
۲∑ SFA	۱۸/۱ ± ۰/۹^{ab}	۱۶ ± ۲/۳^{b}	۱۹/۳ ± ۰/۸^{ab}	۱۹/۴ ± ۰/۴^{ab}	۲۱/۸ ± ۰/۰۵^{a}
۳∑ MUFA	۳۹/۳ ± ۰/۳	۳۸/۶ ± ۱/۱	۳۹/۲ ± ۰/۱	۳۷/۹ ± ۰/۹	۳۷/۳ ± ۰/۴
۴∑ PUFA	۳۴/۸۰ ± ۰/۴۴	۳۹/۱۶ ± ۳/۱	۳۴/۸۷ ± ۱/۲	۳۲/۳۸ ± ۰/۱۶	۳۵/۱۳ ± ۲/۲
۵∑ HUFA	۶/۴ ± ۰/۹^{bc}	۵/۶ ± ۰/۳^{c}	۶/۷ ± ۰/۳^{bc}	۸/۶ ± ۰/۲^{b}	۱۱/۳ ± ۰/۱^{a}
۶DHA/EPA	۲/۲ ± ۰/۳	۲/۲ ± ۰/۲	۲/۹ ± ۰/۷	۲/۲ ± ۰/۸	۱/۹ ± ۰/۰۴

داده‌هایی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار نبوده (P>0.05) ولی داده‌هایی که با حروف غیر مشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار آماری (P<0.05) در سطح اطمینان ۹۵٪ هستند.

۱مقادیر برحسب درصد اسید چرب کل می‌باشند.

۲ مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (Saturated fatty acids, SFA): C14:0 + C20:0 + C16:0 + C18:0

۳ مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (Monounsaturated fatty acids, MUFA): C18:1n7+C20:1n9+C16:1n7 + C18:1n9

۴ مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع (Polyunsaturated fatty acids, PUFA): C18:2n6 + C18:3n3 + C20:4n6 + C20:5n3 + C22:6n3+C18:3n6+C20:3n6

۵ مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره طویل (High-unsaturated fatty acids, HUFA): C20:4n6 + C20:5n3 + C22:6n3

اگرچه با توجه به مقادیر کم اسید لینولنیک در جیره، کاهش میزان آن در عضله دور از انتظار نبود، اما از سوی دیگر Tan و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند مقادیر بالای اسیدچرب لینولئیک باعث کاهش متابولیسم اسیدچرب لینولنیک به اسیدهای چرب ۲۰ کربنه می‌گردد. همزمان با افزایش میزان لسیتین جیره میزان اسیدهای چرب اشباع نیز در بدن ماهی افزایش داشت. این افزایش شاید با پایین بودن قابلیت هضم این اسیدهای چرب و در نتیجه کاهش فعالیت لیپولیتیکی در ارتباط باشد (Caballero et al., 2002). نتایج ارائه شده درخصوص EPA و DHA بیان می‌کند که این دو اسید چرب، به‌طور انتخابی در تاس‌ماهیان سیبری انباشته (ذخیره) شده‌اند. نتیجه مشابهی توسط Bell و همکاران (۲۰۰۱) و نیز Almaida-Pagán و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روغن‌های گیاهی به‌ترتیب در جیره ماهی آزاد اطلس و ماهی *Diplodus puntazzo* به‌دست آمده است. آنها مکانیسم‌های ممکنه در این رابطه (یعنی ذخیره انتخابی) را به دو حالت نسبت دادند که یکی از آنها عملکرد بسیار اختصاصی آسیل ترانسفرازهای چربی در خصوص EPA و DHA و دیگری مقاومت نسبی EPA و DHA به قطع کننده بتا- اکسیداسیون از مسیر کاتابولیکی پیچیده است. افزودن لسیتین و روغن کلزا، میزان EPA و DHA را در جیره چند برابر کاهش داد، اما این نسبت در عضله ماهی در حدود دو الی سه برابر بود. در کنار موارد ذکر شده فوق، دلیل احتمالی دیگر بروز چنین وضعیتی را می‌توان به دو حالت دیگر نیز نسبت داد که عبارتند از توانایی تاس‌ماهی سیبری در غیر اشباع‌سازی اسید لینولئیک و اسید لینولنیک و طویل‌سازی آنها به اسیدچرب EPA، DHA، AA و همچنین استفاده بیشتر تاس‌ماهی سیبری از اسیدهای چرب اشباع و تک غیر اشباع به‌عنوان انرژی که این امر موجب کاهش سهم آنها در عضله و افزایش سهم اسید چرب EPA و DHA در عضله تاس‌ماهی سیبری گردید. نتیجه‌گیری مشابهی از مطالعه Şener و همکاران (۲۰۰۵) در تاس‌ماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) به‌دست آمد. همچنین مطالعات Sotoudeh و همکاران (۲۰۱۰) بر روی ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) نشان داد بیشترین مقادیر اسیدهای چرب C18:2n-6 و مجموع اسیدهای چرب n-6 در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی فسفاتیدیل کولین مشاهده می شود. نتایج مطالعه‌ای که توسط Hosseini و همکاران (۲۰۱۰) بر روی فیل ماهی (*Huso huso*) صورت گرفت نشان داد که کمترین مقدار اسیدهای

چرب HUFA در ماهیان تغذیه یافته با جیره حاوی روغن کلزا و پایین‌ترین نسبت اسیدهای چرب گروه n-3 به n-6 در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی روغن سویا مشاهده شد. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که مقادیر اسیدهای چرب EPA و DHA در عضله در مقایسه با مقدار آنها در جیره افزایش یافته است که این امر نشان‌دهنده توانایی ماهی در غیراشباع‌سازی و طویل‌سازی زنجیره اسیدهای چرب از طریق مکانیسم‌های آنزیمی است. شایان ذکر است، متفاوت بودن نتایج شاید به‌دلیل متفاوت بودن پاسخ‌های متابولیک گونه‌های مختلف، آماده سازی و کیفیت متفاوت ترکیبات غذایی مورد استفاده یا متغیر بودن ترکیب انواع فسفولیپیدها در جیره‌های به‌کار رفته باشد (Coutteau et al., 2000).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، مقادیر EPA و DHA در عضله تاس‌ماهی سیبری بالاتر از مقادیر این اسیدهای چرب در جیره غذایی‌شان بوده که این امر نشان‌دهنده ابقای انتخابی آنها در عضله و یا بیوسنتز احتمالی آنها از طریق طویل-سازی یا اشباع زدایی سایر اسیدهای چرب است. از این‌رو به‌کار بردن لیستین در سطوحی بالاتر از ۲/۵ درصد در جیره غذایی بچه تاس‌ماهی سیبری در شرایط مورد آزمایش پاسخ‌های مطلوب‌تری را نشان داد. همچنین به مطالعات تکمیلی بیشتری در خصوص استفاده از لسیتین و تاثیرات آن بر بیان ژن‌های درگیر در سنتز اسیدهای چرب بدن و تقابل اسیدهای چرب با سایر اقلام مورد استفاده در جیره این گونه مورد نیاز است.

۵. سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس عباسعلیزاده و کارگران محترم مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی سد سنگر، همچنین از آقایان مهندس خلیل اسلاملو، مهندس قاسم عشوری و مهندس وحید مرشدی و تمامی همکارانی که در اجرای این پروژه یاری‌رسان ما بوده و با کمک‌ها و زحمات بی‌دریغشان پشتیبان ما بودند، کمال تشکر را داریم.

منابع

اسلاملو، خ.؛ فلاحتکار، ب.؛ یوکویاما، س.؛ عباسعلی‌زاده، ع.ر.، ۱۳۹۲. اثر تغذیه با سطوح مختلف لاکتوفرین گاوی بر عملکرد رشد و فعالیت لایزوزیم سرم و موکوس تاس‌ماهی سیبری جوان. مجله دامپزشکی ایران. دوره ۹، شماره ۲، صفحه ۵-۱۶.

دروی قاضیانی، س.؛ یوسفی جوردهی، ا.؛ کاظمی، ر.؛ پوراسدی، م.، ۱۳۹۳. مقایسه عملکرد رشد و بازماندگی لارو تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) و استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) در مرحله تغذیه فعال تا انگشت قد. شیلات. دوره ۶۷، شماره ۱، صفحه ۳۹-۴۷.

شیروان، س.؛ فلاحتکار، ب.؛ علاف نویریان، ح.؛ عباسعلی‌زاده، ع.ر.، ۱۳۹۲. تأثیر اعمال دوره‌های طولانی مدت گرسنگی و محدودیت غذایی بر عملکرد رشد و ترکیب بدن در بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii* Brandt 1869). مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۲، شماره ۳، صفحه ۹۱-۱۰۲.

مرشدی، و.؛ کوچنین، پ.؛ بهمنی، م.؛ یزدانی،م.ع.؛ پورعلی،ح.ر.؛ عشوری، ق.، ۱۳۹۰. تغییرات برخی فاکتورهای خونی در طی دوره-های گرسنگی کوتاه مدت در بچه تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baeri*). اقیانوس شناسی. دوره ۲، شماره ۵، صفحه ۵۹-۶۶.

یزدانی ساداتی، م.ع.؛ سید حسنی، م.ح.؛ بهمنی، م.؛ محسنی، م.؛ شکوریان، م.؛ پورعلی، ح.ر.؛ پور اسدی، م.، ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف کولین بر روند رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ترکیب لاشه تاس‌ماهی سیبری جوان (*Acipenser baerii*). علوم و فنون شیلات. دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۶۹-۷۹.

Almaida-Pagán, P.F.; Hernández, M.D.; García, G.B.; Madrid, J.A.; De Costa, J.; Mendiola, P., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. Aquaculture, 272: 589-598.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 1995. Association of official analytical chemists, official methods of analysis, 16th edn. Arlington, VA, USA.

Bell, J.G.; Henderson, R.J.; Tocher, D.R.; McGhee, F.; Dick, J.R.; Porter, A.; Smullen, R.P.; Sargent, J.R., 2003. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. The American Society for Nutritional Sciences, 132: 222-230.

on survival, growth and lipid metabolism in common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. Aquaculture, 190: 289-303.

Francis, D.S.; Turchini, G.M.; Jones, P.L.; De Silva, S.S., 2006. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. Aquaculture, 253: 547–556.

Geurden, I.; Marion, D.; Charlon, N.; Coutteau, P.; Bergot, P., 1998. Comparison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, *Cyprinus carpio*, larvae. Aquaculture, 161: 225-235.

Guillou, A.; Soucy, P.; Khalil, M.; Adambounou, L., 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture, 136: 351-362.

Hadas, E.; Koven, W.; Sklan, D.; Tandler, A., 2003. The effect of dietary phosphatidylcholine on the assimilation and distribution of ingested free oleic acid (18:1n-9) in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) larvae. Aquaculture, 217: 577-588.

Hosseini, S.V.; Abedian Kenari, A., 2010. Effects of alternative dietary lipid sources on growth performance and fatty acid composition of beluga sturgeon, *Huso huso*, juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, 41: 471-489.

Huang, S.S.Y.; Oo, A.N.; Higgs, D.A.; Brauner, C J.; Satoh, S., 2007. Effect of dietary canola oil level on growth performance and fatty acid composition of juvenile red seabream (*Pagrus major*), Aquaculture, 271: 420-431.

Hung, S.S.O.; Berge, G.M.; Storebakken, T., 1997. Growth and digestibility of soya lecithin and choline chloride in juvenile Atlantic salmon, Aquaculture Nutrition, 3: 141-144.

Birstein, V.J., 1993. Sturgeons and paddlefishes: Threatened fishes in need of conservation. Conservation Biology, 7: 773-787.

Caballero, M.J.; Obach, A.; Rosenlund, G.; Montero, D.; Gisvold, M.; Izquierdo, M.S., 2002. Impact of different lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 214: 253-271.

Coutteau, P.; Kontara, E.K.M.; Sorgeloos, P., 2000. Comparison of phosphatidylcholine purified from soybean and marine fish roe in the diet of postlarval *Penaeus vannamei* Boone. Aquaculture, 181: 331-345.

Craig, S.R.; Gatlin, D.M., 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. Aquaculture, 151: 259-267.

Deng, D.F.; Hung, S.S.O.; Conklin, D.E., 1998. White sturgeon (*Acipencer transmontanus*) require both n-3 and n-6 fatty acids. Aquaculture (Abstracts Lipids and Fatty Acids), 161: 333-335.

Eslamloo, K.; Falahatkar, B.; Yokoyama, S., 2012. Effects of dietary bovine lactoferrin on growth, physiological performance, iron metabolism and non-specific immune responses of Siberian sturgeon Acipenser baeri. Fish and Shellfish Immunology, 32: 976-985.

Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry, 226: 497-509.

Fontagné, S.; Bazin, D.; Brèque, J.; Vachot, C.; Bernarde, C.; Rouault, T.; Bergot, P., 2006. Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae. Aquaculture, 257: 400-411.

Fontagné, S.; Burtaire, L.; Corraze, G.; Bergot, P., 2000. Effects of medium chain triacylglycérols (tricaprylin and tricaproin) and phospholipid supply

Salhi, M.; Kolkovski, S.; Izquierdo, M.S.; Tandler, A., 1995. Inclusion of lecithin and polar or neutral lipids high in ny3 HUFA in microdiets for gilthead seabream-*Sparus aurata* larvae. In: Lavens, P.; Jaspers, E.; Roelants, I., Eds., Larvi '95–Fish and Shellfish Larviculture Symp. Eur. Aquac. Soc., Spec. Publ., 24, Gent, Belgium, 184–187 pp.

Şener, E.; Yildiz, M.; Savaş, E., 2005. Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition in russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 1101-1107.

Smith, D.M.; Hunter, B.J.; Allan G.L.; Roberts, D.C.K.; Booth, M.A.; Glencross, B.D., 2004. Essential fatty acids in the diet of silver perch (*Biandus biandus*): effect of linolenic and linoleic acid on growth and survival. Aquaculture, 14: 1-4.

Sotoudeh, E.; Abedian Kenari, A.; Habibi Rezaei, M., 2010. Growth response, body composition and fatty acid profile of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) juvenile fed diets containing different levels of soybean phosphatidylcholine. Aquaculture Research, 42: 655-663.

Tan, X.; Luo, Z.; Xie, P.; Liu, X., 2009. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture, 296: 96-101.

Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Reviews in Fisheries Science, 11: 107-184.

Xu, R.; Hung, S.S.O.; German, J.B., 1993. White sturgeon tissue fatty acid compositions are affected by dietary lipids. Journal of Nutrition, 123: 1685-1692.

IUCN, 1996. IUCN Red List of Threatened Animals. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Izquierdo, M.S.; Socorro, J.; Arantzamendi, L.; Hernández-Cruz, C.M., 2000. Recent advances in lipid nutrition in fish larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 22: 97–107.

Kanazawa, A., 1991. Essential phospholipids of fish and crustaceans. In: INRA (Ed.), Fish nutrition in Practice, Biarritz (France) June 24–27, 1999. Paris 1993 (Les colloques N°61).

Kasper, C.S.; Brown, P.B., 2003. Growth improved in juvenile Nile tilapia fed phosphatidylcholine. North American Journal of Aquaculture, 65: 39–43.

Koven, W.M.; Kolkovski, S.; Tandler, A.; Kissil, G.W.M.; Sklan, D., 1993. The effect of dietary lecithin and lipase as a function of age, on n-9 fatty acid incorporation in the tissue lipids Sparus aurata larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 10: 357–364.

Metcalfe, L.D.; Schmitz, A.A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatography analysis. Analytical Chemistry, 33: 363–364.

Pourkazemi, M.; Skibinski, D.O.F.; Beardmore, J.A., 1999. Application of mtDNA d-loop region for the study of Russian sturgeon population structure from Iranian coastline of the Caspian Sea. Journal of Applied Ichthyology, 15: 23–28.

Pyka, J.; Kolman, R., 2003. Feeding intensity and growth of Siberian sturgeon Acipenser baeri Brandet in pond cultivation. Archives of Polish Fisheries, 11: 287–294.

Salhi, M.; Hernandez-Cruz, C.M.; Bessonart, M.; Izquierdo, M.S.; Fernandez-Palacios, H., 1999. Effect of different dietary polar lipid levels and different n-3 HUFA content in polar lipids on gut and liver histological structure of gilthead seabream (Sparus aurata). Aquaculture, 179: 253–263.