دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره هفتم، شماره اول، بهار ۹۸
http://jair.gonbad.ac.ir

اثرات سطوح مختلف فسفولیپید بر ترکیب اسیدهای چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون *Acipenser stellatus* Pallas, 1771

فاطمه جعفری[۱]، فرزانه نوری*[۲]، ناصر آق[۳]، امیر توکمه‌چی[۴]

[۱]دانشجوی دکترای، گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲]استادیار، گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳]دانشیار، گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۴]دانشیار، گروه علوم پایه دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ ارسال: ۹۷/۴/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف فسفولیپید بر ترکیب اسید چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون (*A. stellatus*) پس از تغذیه با سطوح مختلف لیستین (منبع فسفولیپید) انجام شد. ماهی‌ها با میانگین وزن اولیه ۰/۰۶± ۱۱/۲۵ گرم با هفت تیمار غذایی حاوی پروتئین و چربی یکسان و سطوح مختلف لسیتین سویا به عنوان منبع فسفولیپید شامل صفر، ۱، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد به مدت ۱۱ هفته در سطح اشباع تغذیه شدند. نتایج نشان داد که استفاده از لسیتین سویا تا سطوح ۱۰ درصد در جیره این ماهی باعث افزایش معنی‌داری در برخی از اسیدهای چرب از جمله C18:2N6، SFA ، MUFA و n-6 HUFA در بدن ماهی شده است. اما در میزان EPA و DHA تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. نتایج این مطالعه نشان داد تجمع چربی در بافت بدن تحت تأثیر نوع و محتوای چربی جیره می‌باشد ولی بیشترین میزان چربی در ماهیان تغذیه شده با ۶ درصد لسیتین دیده شد. فعالیت آنزیم لیپاز در روده ماهی ازون برون با افزایش لیستین جیره تا ۴-۲ درصد افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزودن لسیتین به میزان ۶ و ۴ درصد به‌ترتیب سبب افزایش حداکثری اسیدهای SFA، MUFA و n-6 HUFA و فعالیت آنزیم لیپاز در این ماهی در این محدوده وزنی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ***A. stellatus*** **، فسفولیپید، آنزیم لیپاز، چربی**

*نویسنده مسئول: f.noori@urmia.ac.ir

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

مقدمه

ماهیان خاویاری از جمله منابع زیستی ارزشمند ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی بوده و برای کشورمان حائز اهمیت می‌باشند. متأسفانه نسل این ماهیان باارزش به دلیل عوامل انسانی کاملاً تهدید می‌شود. ارزش غذایی این ماهیان از یک سو و میزان ذخایر آنها در زیستگاه‌های طبیعی از سوی دیگر، تکثیر و پرورش این ماهیان، به عنوان یک راهکار علمی، منطقی و کاربردی جهت جلوگیری از انقراض آنها از سال‌ها پیش مورد توجه قرار گرفته است. ماهی ازون برون یکی ازگونه‌های مهم ماهیان خاویاری است که جمعیت قابل توجهی را در دریای خزر به خود اختصاص داده است. از مزیت‌های این گونه می‌توان به کیفیت بالای گوشت و بازار پسندی فوق‌العاده آن، مدت کوتاهتر برای رسیدن به مرحله بلوغ و میزان بالای خاویار استحصالی نسبت به وزن بدن (حدود ۱۹٪) اشاره کرد (Keyvan, 2004). اما مسئله اصلی در صنعت پرورش مصنوعی ماهیان دست یافتن به جیره‌ای با کیفیت مطلوب است (Kasumyan and Sidorvo, 1995). یکی از مهمترین اجزای جیره ماهیان چربی‌ها هستند چرا که چربی‌ها منبع اصلی انرژی در ماهیان بوده و نقش اصلی را در تکامل لاروها دارند (Sargent *et al.*, 1999). درحال حاضر منبع اصلی تأمین لیپیدهای مورد نیاز در آبزی‌پروری روغن ماهی است که از طریق صید ماهیان تأمین می‌گردد. درحالی‌که تولید سالانه روغن ماهی طی ۲۵ سال گذشته از روند صعودی برخوردار نبوده است. بنابراین تحقق برنامه توسعه صنعت آبزی‌پروری در آینده با تکیه بر ذخایر ماهیان دریایی برای تولید روغن ماهی امری غیر ممکن به‌نظر می‌رسد (Turchini *et al.*, 2009). از آنجا که منابع پروتئین و روغن‌های گیاهی در مقایسه با منابع حیوانی ارزان‌تر و قابل دسترس‌تر می‌باشند، می‌توان با جایگزینی بخشی از منابع پروتئین و چربی جیره غذایی آبزیان، هزینه‌های غذا و وابستگی صنعت آبزی‌پروری کشور به واردات پودر ماهی و روغن ماهی را کاهش داد. روغن‌های گیاهی دارای مقادیر ناچیزی از فسفولیپیدها هستند (Sargent *et al.*, 1999).

استفاده از روغن‌های گیاهی در جیره ماهیان گوشتخوار موجب کاهش انتقال چربی و در نتیجه افزایش رسوب چربی در انتروسیت‌های روده و آسیب‌های بافتی گردیده است (Caballero *et al.*, 2003). فسفولیپیدها به عنوان امولسیفایر در روده عمل کرده (Koven *et al.*, 1993) و جذب اسیدهای چرب بلندزنجیر را بهبود می‌بخشد همچنین برای حفظ ساختار و عملکرد غشای سلول حائز اهمیت هستند. محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب بدن ماهی در تمام دوره زندگی از محتوای اسیدهای چرب غذای مصرفی تبعیت می‌کند (Sargent *et al.*, 2002). در واقع غذا مهمترین عامل محیطی است که ترکیب اسیدهای چرب و میزان چربی در بافت بدن ماهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Millamena, 1996). 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

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

نیازهای غذایی آنان را برطرف 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). مطالعات اندکی در زمینه ترکیب اسید چرب تاس‌ماهیان و ارتباط آن با میزان فسفولیپید جیره در ایران انجام گرفته است که می‌توان به مطالعه فلاحتکار و همکاران (Falahatkar *et al*., 2015) اشاره کرد که به بررسی تغییرات اسیدهای چرب جیره و عضله در بچه‌ماهیان سیبری تغذیه‌شده با سطوح مختلف لیستین پرداختند. آنزیم لیپاز عمدتاً از پانکراس ترشح می‌شود ولی در ترشحات معده و روده برخی گونه‌ها نیز دیده می‌شود. تاکنون مطالعات زیادی روی فعالیت آنزیم‌های گوارشی در تاس‌ماهیان انجام شده است (Furné *et al*., 2008; Askarin *et al*., 2011; Babaei *et al*., 2011; Noori *et al*., 2012). این مطالعات نشان می‌دهد که فعالیت لیپاز تحت تأثیر افزایش محتوی چربی جیره نیست بلکه گاهی نوع اسیدهای چرب موجود در جیره فعالیت این آنزیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Morais *et al*., 2004). بنابراین بررسی تأثیر ترکیب اسیدهای چرب جیره و محتویات چربی آن بر ترکیب اسید چرب بدن و فعالیت آنزیم لیپاز نیاز به مطالعه بیشتر دارد. از آنجا که مطالعات زیادی روی تکثیر، فیزیولوژی و تغذیه ماهیان خاویاری در داخل کشور انجام شده است اما تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تأثیر فسفولیپید بر پروفیل اسید چرب و آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون صورت نگرفته است، هدف از اجرای این مطالعه، بررسی کاربرد تغذیه‌ای یکی از مهمترین گروه‌های فسفولیپیدی (لیستین) و بررسی تأثیر آن بر پروفیل اسید چرب، محتوی چربی و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری دانشگاه ارومیه انجام گرفت. به منظور انجام آزمایش تعداد ۳۳۶ قطعه (با کسر تلفات) ماهی ازون برون با وزن تقریبی ۰/۰۶±۱۱/۲۵ گرم از موسسه تحقیقات بین المللی تاس‌ماهیان دریای خزر واقع در رشت خریداری شده و به‌طور تصادفی در ۲۱ وان فایبر گلاسی ۹۰ لیتری (۱۶ عدد در هر تانک) در فضای سرپوشیده سالن تکثیر و پرورش پژوهشکده تقسیم شد. هر یک از وان‌ها مجهز به سیستم هوادهی و شیرهای تنظیم‌کننده بود. غذادهی در حد سیری ظاهری و به‌صورت دستی در چهار نوبت شبانه روز (ساعات ۸ ، ۱۱، ۱۴، و ۱۷) به مدت ۷۷ روز انجام گرفت. دما، اکسیژن محلول و pH به‌ترتیب در محدوده ^{o}C ۰/۵±۱۸/۹، ۰/۵±۸/۵ (میلی‌گرم درلیتر) و ۰/۱۱±۸/۰۲ با اندازه‌گیری‌های روزانه تنظیم شد.

فرمولاسیون جیره آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار WUFFDA انجام شد. دراین تحقیق هفت جیره آزمایشی با ۴۴٪ پروتئین و ۱۷٪ چربی یکسان طراحی شد (جدول ۱). پودر ماهی چربی‌زدایی شده و

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

گلوتن گندم منبع اصلی تأمین پروتئین جیره بود درحالی‌که منبع تأمین چربی شامل لیستین سویا، روغن ماهی و روغن ذرت بود. منبع فسفولیپید دراین جیره لیستین سویا بود که در سطوح (۰، ۱، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد) و برای بالانس چربی جیره از روغن ذرت استفاده شد (جدول ۱). لیستین سویا حاوی ۳۲/۵٪ فسفاتیدیل کولین، ۱۶/۸٪ فسفاتیدیل سرین و فسفاتیدیل اینوزیتول، ۱۶/۵٪ فسفاتیدیل آتانول آمین و ۷۴/۴۲٪ لیپید قطبی و۲۵/۸ ٪ لیپید خنثی بود. همه مواد غذایی پس از وزن شدن در مدت ۳۰ دقیقه باهم مخلوط سپس روغن ماهی، ذرت و لیستین سویا به آن اضافه شده بعد از مخلوط شدن آب موردنیاز به آن اضافه و به صورت خمیری از چرخ گوشت رد شده و در نهایت پلت با سایز ۳ میلی‌متر به‌دست آمد. پلت به‌دست آمده بعد از خشک شدن در مقابل جریان باد در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

در پایان دوره آزمایش ۳ ماهی از هر تکرار به‌طور تصادفی برداشت شد. پس از بیهوشی با گل میخک روده ماهیان به منظور سنجش آنزیمی در ازت مایع دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد تثبیت و سپس به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. لاشه‌ها به منظور آنالیز اسید چرب و چربی بافت در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تجزیه شیمیایی اجزای غذایی، برای تعیین درصد چربی موجود در کل لاشه و غذا روش فولچ و همکاران (Folch *et al*., 1975) انجام شد. ترکیب اسیدهای چرب کل لاشه ماهیان با استریفیکاسیون در ترکیب محلول استیل کلراید و متانول و ترکیب اسیدهای چرب نمونه جیره‌های آزمایشی در ابتدای مطالعه پس از استخراج چربی با حلال اتر و متیل استر شدن براساس روش لپاگ و روی (Lepage and Roy, 1984) با دستگاه Agilent 7880GC System USA تعیین شد. استخراج کلاسه‌های مختلف فسفولیپید جیره و لیستین سویا (جدول۲) به روش اولسن و هندرسون (Olsen and Henderson, 1989) سنجش شد. دراین روش از صفحات سلیکونی برای اندازه‌گیری و شناسایی فسفولیپیدها استفاده می‌شود. بدین ترتیب صفحه سلیکونی در محلول کلروفورم-متانول شسته و در دستگاه دسیکاتور خشک گردید. روز بعد صفحه خشک شده در آون ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت و پس از خنک شدن صفحه سلیکونی، یک میکرولیتر از نمونه‌های آماده‌سازی شده با سرنگ مخصوص روی صفحه تزریق شد. در ادامه صفحه سلیکونی ابتدا در محلول تهیه شده جهت ظهور چربی‌های قطبی (متیل استات، ایزو پروپانول، کلروفرم، متانول، KCl) قرار گرفت و پس از خشک شدن به داخل محلول ظهور چربی‌های خنثی (هگزان، دی اتیل اتر، استیک اسید) منتقل گردید. سپس صفحه سلیکونی در محلول فیوستر (آب، ارتو فسفوریک اسید، استات مس) خیس شده و به مدت ۲۰ دقیقه در آون ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در نهایت شناسایی کلاس‌های لیپید و تعیین غلظت آنها پس از خنک شدن صفحه سلیکونی توسط دستگاه دانسیتومتر مدل GS-900 انجام پذیرفت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

جدول ۱ -ترکیب اجزای غذایی تیمارهای آزمایشی بررسی اثرات سطوح مختلف فسفولیپید بر ترکیب اسید چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون (*A. stellatus*)

	جیره‌های آزمایشی با سطوح مختلف فسفولیپید در جیره (٪)						
اجزاء غذایی	شاهد(۰)	۱	۲	۴	۶	۸	۱۰
پودر ماهی (کیلکا)بدون چربی [a]	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
گلوتن گندم	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
آرد گندم	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
لیستین سویا[b]	۰	۱	۲	۴	۶	۸	۱۰
روغن ذرت	۱۳/۵	۱۲/۵	۱۱/۵	۹/۵	۷/۵	۵/۵	۳/۵
روغن ماهی (کیلکا)[a]	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
میتیونین	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
لیزین	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
بتائین	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
ویتأمین[c] ومواد معدنی[d]	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
مخمر	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
کربنات کلسیم	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
سبوس گندم	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درصد تقریبی ترکیبات جیره‌آزمایشی							
درصد چربی کل (وزن خشک)	۱۷/۶۵	۱۷/۳۶	۱۷/۶۵	۱۷/۱۶	۱۷/۰۷	۱۷/۷۷	۱۶/۳۸
درصد خاکستر(وزن خشک)	۱۰/۰۳	۱۰/۷۱	۹/۷۴	۱۰/۲۷	۱۰/۵۶	۱۱/۹۲	۱۱/۷۷
درصد پروتئین (وزن خشک)	۴۳/۶۶	۴۴/۰۸	۴۴/۰۵	۴۴/۰۷	۴۴/۰۶	۴۴/۰۹	۴۳/۵۵
انرژی ناخالص (ژول بر کیلو گرم)	۲۱۳۰/۱۳	۲۱۱۲/۹	۲۱۳۰/۷	۲۱۱۰/۷	۲۰۹۸/۵	۲۰۹۲/۶	۲۰۶۲/۵

[a]شرکت اتحاد خزر شمال، بابلسر، مازندران، ایران [b] شرکت صبا، تهران ایران .[c] ترکیب مکمل ویتأمینی: ویتأمین A ۸۰۰۰۰۰، ویتأمین D3 ۳۰۰۰۰۰، ویتأمین E ۲۵۰۰، ویتأمین K ۱۰۰۰، ویتأمین B1 ۱۲۰۰، ویتأمین B2 ۱۲۰۰، ویتأمین B3 ۲۴۰۰، ویتأمین B5 ۳۵۰۰، ویتأمین B6 ۱۳۰۰، ویتأمین B9 ۶۰۰، ویتأمین B12 ۷۵۰ میکروگرم، ویتأمین C ۳۵۰۰۰ و ویتأمین H2 ۶۰۰ (mg یا IU/ kg غذا) شرکت آتا تبریز.

[D] ترکیب مکمل معدنی: منیزیم ۶۴۰۰، مس ۲۰۰۰، آهن ۱۱۰۰۰، روی ۷۰۰۰، سلنیوم۱۰۰، ید ۳۰۰، کبالت ۵۰، (میلی‌گرم/ کیلوگرم غذا) شرکت آتا تبریز.

جهت استخراج عصاره آنزیمی، روده و پیلوریک ماهی را به نسبت ۱:۵ در بافر ۵۰ Tris- HCl میلی‌مولار توسط هموژنایزر (مدل Polytron PT 1300Δ) به‌مدت ۱/۵ دقیقه هموژن شده و سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفوژ یخچال‌دار (مدل Z36HK) در ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۰۰۰۰ g سانتریفوژ گردید و محلول رویی حاصله در ویال اپندورف جهت آنالیز آنزیم‌های موردنظر تقسیم شده و تا زمان سنجش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد (Chong *et al*., 2002). فعالیت آنزیم

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

لیپاز با استفاده از هیدرولیز p–nitrophenyl myristate و به طریق اسپکتروفتومتری تعیین گردید. هر سنجش لیپازی شامل ۵ میکرولیتر از عصاره آنزیمی و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول سوبسترا حاوی ۰/۵۳ میلی‌مولار ازp–nitrophenyl myristate، ۰/۲۵ میلی‌مولار از 2–methoxy ethanol، ۵ میلی‌مولار از sodium cholate و ۰/۲۵ مولار Tris – HCl , pH = ۹ می‌باشد (Sigma, USA) که در دمای $25^{°C}$ به‌مدت ۱۵ دقیقه انکوباسیون گردید. واکنش فوق با افزودن ۰/۷ میلی‌لیتر از محلول (v/v، ۵:۲) aceton n-heptanes / متوقف و میزان جذب لایه آبی زیرین در ۴۰۵ نانومتر به‌مدت ۱۵ دقیقه قرائت گردید (Iijima *et al*., 1998).

قبل از انجام آزمون، نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد. در صورت برقراری شرایط فوق، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way-ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری توکی (Tukey) در سطح احتمال ۹۵٪ استفاده شد. میانگین تمام داده‌ها به‌صورت خطای استاندارد (± SE) گزارش گردید. از نرم‌افزار SPSS-21 برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودار و جداول استفاده شد.

نتایج

جدول ۲ ترکیبات اسید چرب جیره را نشان می‌دهد. تفاوت اصلی در ترکیب اسیدهای چرب، در مجموع اسیدهای چرب SFA، MUFA، n-6 PUFA و n-3 PUFA مشاهده شد. به‌طوری‌که با افزودن لیستین به جیره، میزان این اسیدهای چرب افزایش یافت. جیره بدون لیستین (شاهد) کمترین و جیره حاوی ۸٪ لیستین بیشترین مقادیر SFA و n-3 PUFA را در جیره نشان دادند. بیشترین و کمترین مقادیر MUFA به‌ترتیب در جیره ۲ و ۱۰ درصد لیستین مشاهده شد. همچنین بیشترین مقادیر n-6 PUFAدرجیره حاوی ۲٪ لیستین مشاهده گردید.

نتایج ترکیب اسید چرب لاشه به صورت مجموعه هر خانواده از اسیدهای چرب در جدول ۳ نشان داده شده است. مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (SFA) در ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۶٪ فسفولیپید با اختلاف معنی‌دار بالاتر از ماهیان تغذیه شده با سطوح دیگر فسفولیپید و تیمار شاهد بوده است ($P<0.05$). مجموع اسیدهای چرب تک‌زنجیره غیر اشباع (MUFA) نیز در تیمار مذکور بالاترین میزان بوده است ($P<0.05$) میزان لینولنیک اسید (C18 3n3) در تیمار شاهد نسبت به دیگر تیمارها بالاترین میزان را نشان داد ($P<0.05$). از طرفی EPA در ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۶٪ فسفولیپید بالاترین میزان و در گروه شاهد کمترین میزان را نشان داد در مقابل میزان DHA در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار را نشان نداد ($P>0.05$). همچنین بیشترین میزان اسید چرب غیر اشباع (PUFA) N-6 در ماهیانی که از ۶٪ فسفولیپید تغذیه کرده بودند و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

جدول ۲- پروفایل اسید چرب در جیره آزمایشی با سطوح مختلف فسفولیپید (میلی‌گرم بر گرم چربی استخراج شده) مورد استفاده در بررسی اثرات سطوح مختلف فسفولیپید بر ترکیب اسید چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون (*A. stellatus*)

	جیره‌های آزمایشی با سطوح مختلف فسفولیپید در جیره (٪)						
اسیدهای‌چرب	شاهد (۰)	۱	۲	۴	۶	۸	۱۰
C۱۴:۰	۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۸۰
C۱۶:۰	۱۵/۳۲	۱۷/۰۱	۱۹/۰۳	۲۰/۱۹	۱۹/۴۹	۲۵/۲۸	۲۰/۳۶
C۱۸:۰	۲/۹۰	۳/۰۰	۳/۳۲	۳/۶۳	۳/۵۷	۴/۵۹	۳/۷۵
C۲۰:۰	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۳۲
C۲۲:۰	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۲۹
[1]SFA	۱۹/۵۷	۲۰/۷۹	۲۳/۲۳	۲۵/۲۸	۲۴/۴۴	۳۱/۶۵	۲۵/۵۴
C۱۴ :۱n۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۹
C۱۶ :۱n۷	۱/۰۷	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۳۹	۱/۳۵	۱/۷۰	۱/۳۹
C۱۸ :۱n۹	۳۱/۳۲	۳۳/۴۶	۳۵/۵۶	۳۴/۴۷	۳۰/۱۴	۳۳/۹۱	۲۴/۵۷
C۱۸ :۱n۷	۰/۹۷	۱/۰۲	۰/۹۶	۱/۰۹	۱/۲۴	۱/۵۹	۱/۲۵
C۲۰ :۱n۹	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴
C۲۲ :۱n۹	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۴	–	–	–
[2]MUFA	۳۳/۹۷	۳۶/۲۲	۳۸/۵۹	۳۷/۱۰	۳۲/۸۵	۳۷/۴۰	۲۷/۳۶
C۱۸ :۲n۶	۵۰/۷۸	۵۵/۶۷	۵۹/۵۱	۵۷/۹۱	۵۱/۱۷	۵۸/۷۹	۵۳/۲۴
C۲۰ :۲n۶	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۰
C۲۰ :۴n۶	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۲۸
[3]N-6 PUFA	۵۱/۳۴	۵۶/۱۳	۵۹/۹۳	۵۸/۴۵	۵۱/۶۴	۵۹/۳۷	۵۳/۶۲
C۱۸ :۳n۳	۰/۴۲	۱/۳۹	۱/۶۷	۱/۹۳	۲/۳۸	۲/۹۵	۲/۶۵
C۲۰ :۳n۳	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴
C۲۰ :۵ n۳	۰/۹۹	۰/۹۷	۱/۲۲	۱/۲۶	۱/۲۹	۱/۶۱	۱/۳۷
C۲۲ :۶n۳	۳/۱۰	۳/۵۰	۳/۹۰	۴/۱۰	۴/۰۰	۴/۸۷	۴/۰۴
[4]N-3 PUFA	۴/۶۸	۶/۰۸	۶/۹۲	۷/۴۳	۷/۷۱	۹/۴۹	۸/۱۲
N3/N6	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۵
[5]DHA/EPA	۳/۱۳	۳/۶۰	۳/۱۹	۳/۲۵	۳/۱۰	۳/۰۲	۲/۹۴

داده‌هایی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار نبوده ($p>0.05$) اما داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای احتلاف معنی‌دار آماری ($p<0.05$) هستند.

۱- مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (Saturated fatty acids, SFA)

۲- مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (Monounsaturated fatty acids, MUFA).

۳- مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با سری ۶ (Polyunsaturated fatty acids, PUFA)

۴- مجموع اسید های چرب چند غیر اشباع سری ۳ (Polyunsaturated fatty acids, PUFA)

۵- اسید ایکوزا پنتانوئیک (Eicosapentaenoic acid, EPA) و اسید دکوزا هگزانوئیک (Docosahexaenoic, DHA)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

در مقابل بیشترین میزان اسید چرب چند غیر اشباع (PUFA) n-3 درتیمار شاهد مشاهده شد که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (P<0.05)

جدول۳- پروفایل اسید چرب لاشه ماهی ازون برون (*A. stellatus*) جوان تغذیه‌شده با سطوح مختلف فسفولیپید جیره غذایی پس از ۱۱ هفته (میلی‌گرم برگرم چربی استخراج شده).

	جیره‌های آزمایشی با سطوح مختلف فسفولیپید در جیره (٪)						
اسیدهای چرب	شاهد (۰)	۱	۲	۴	۶	۸	۱۰
C۱۴:۰	۰/۱۲± ۰/ ۰۱^{ab}	۰/۰۷± ۰/۰۳^{a}	۰/۱۲±۰/۰۱^{ab}	۰/۱۳± ۰/۰۲^{abc}	۰/۲۳± ۰/۰۲^{c}	۰/۱۶± ۰/۰۱^{abc}	۰/۲۰± ۰/۰۱^{bc}
C۱۶:۰	۴/۱۳± ۰/ ۰۸^{ab}	۴/۳۲± ۰/ ۰۱^{ab}	۳/۹± ۰/ ۴۰^{a}	۴/۱۹ ± ۰/ ۶۲^{ab}	۵/۶۴± ۰/ ۳۳^{b}	۴/۴۶± ۰/ ۲۰^{ab}	۴/۸۵± ۰/ ۲۴^{ab}
C۱۸:۰	۱/۱۰± ۰/ ۰۰^{abc}	۱/۰۶± ۰/۰۰^{ab}	۰/۹۳± ۰/ ۱۰^{a}	۱/۱۰ ±۰/ ۱۶^{abc}	۱/۵۰±۰/ ۰۴^{c}	۱/۲۲± ۰/ ۰۴^{abc}	۱/۴۰± ۰/ ۰۸^{bc}
C۲۰:۰	۰/۲۱± ۰/۰۳	۰/۲۵± ۰/ ۰۱	۰/۲۳± ۰/۰۲	۰/۲۳±۰/ ۰۳	۰/۲۲±۰/ ۰۴	۰/۲۰± ۰/ ۰۰	۰/۲۳±۰/ ۰۰
C۲۲:۰	۰/۰۰۵± ۰/ ۰۰	۰/۰۱± ۰/ ۰۰	۰/۰۰۹± ۰/ ۰۰	۰/۰۰۹± ۰/۰۰	۰/۰۲±۰/۰۰	۰/۰۱± ۰/۰۰	۰/۰۲± ۰/۰۰
[۱] SFA	۵/۵۹± ۰/ ۱۲^{a}	۵/۸۰± ۰/ ۰۳^{a}	۵/۲۴± ۰/ ۵۵^{a}	۵/۶۷± ۰/۸۴^{a}	۷/۶۳±۰/۴۳^{b}	۶/۰۷± ۰/۲۷^{a}	۶/۷۲± ۰/۳۶^{a}
C۱۴ :۱n۵	۰/۰۲± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۲± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۱±۰/۰۰^{a}	۰/۰۲± ۰/۰۰^{ab}	۰/۰۱± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۱± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۴± ۰/ ۰۰^{b}
C۱۶ :۱n۷	۰/۲۴± ۰/۰۶	۰/۳۳± ۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۲	۰/۲۷± ۰/۰۳	۰/۳۹± ۰/۰۳	۰/۳۰± ۰/۰۲	۰/۳۵± ۰/ ۰۲
C۱۸ :۱n۹	۶/۹۷± ۰/ ۳۲^{a}	۸/۱۶± ۰/۰۰^{ab}	۷/۴۵± ۰/۸۷^{ab}	۷/۹۴± ۱/۸^{ab}	۱۰/۳۳± ۰/۵۵^{b}	۷/۳۴± ۰/۳۶^{ab}	۷/۵۲± ۰/۲۸^{ab}
C۱۸ :۱n۷	۰/۳۳± ۰/ ۰۲^{a}	۰/۳۵± ۰/۰۱^{a}	۰/۳۳± ۰/ ۰۳^{a}	۰/۳۸± ۰/۰۵^{ab}	۰/۵۴± ۰/۰۲^{b}	۰/۴۲± ۰/۰۲^{ab}	۰/۵۳± ۰/۰۲^{b}
C۲۰ :۱n۹	۰/۰۷± ۰/۰۲^{b}	۰/۰۴± ۰/۰۰^{ab}	۰/۰۲± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۲± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۲± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۱± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۱± ۰/۰۰^{a}
C۲۲ :۱n۹	۰/۰۰۳± ۰/۰^{a}	–	–	–	–	۰/۰۰۹± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۱± ۰/۰۰^{b}
[۲]MUFA	۷/۶۵±۰/ ۴۳^{a}	۸/۹۲± ۰/ ۰۲^{ab}	۸/۰۹± ۰/ ۹۵^{ab}	۸/۶۵± ۱/ ۲۸^{ab}	۱۱/۳۱± ۰/ ۶۱^{b}	۸/۱۱± ۰/ ۴۱^{ab}	۸/۴۹± ۰/ ۳۲^{ab}
C۱۸ :۲n۶	۶/۱۷±۰/ ۱۷^{a}	۸/۰۲± ۰/ ۰۲^{a}	۷/۶۶± ۰/ ۹۱^{a}	۸/۸۰± ۱/ ۳۲^{ab}	۱۱/۹۸± ۰/ ۵۹^{b}	۹/۰۳± ۰/ ۴۸^{ab}	۸/۲۸± ۰/ ۳۸^{a}
C۲۰ :۲n۶	۰/۰۶±۰/ ۰۰^{a}	۰/۴۷± ۰/ ۰۱^{b}	۰/۶۱± ۰/ ۱۳^{b}	۰/ ۵۵± ۰/ ۰۸^{b}	۰/۶۷± ۰/ ۰۲^{b}	۰/۴۵± ۰/ ۰۳^{b}	۰/۵۲± ۰/ ۰۱^{b}
C۲۰ :۴n۶	۰/۳۹±۰/ ۰۴^{ab}	۰/۸۸± ۰/ ۰۲^{c}	۰/۶۳± ۰/ ۰۷^{bc}	۰/۶۷± ۰/ ۱۰^{c}	۰/۶۷± ۰/ ۰۵^{c}	۰/۱۹± ۰/ ۰۲^{a}	۰/۲۳± ۰/ ۰۰^{a}
[۳]N-6 PUFA	۶/۶۳±۰/ ۲۲^{ab}	۹/۳۹± ۰/ ۰۱^{c}	۸/۹۱± ۱/ ۱^{bc}	۱۰/۰۳± ۱/ ۵^{c}	۱۳/۳۳± ۰/ ۶۳^{c}	۹/۶۸± ۰/ ۴۷^{a}	۹/۰۴± ۰/ ۴۰^{a}
C۱۸ :۳n۳	۱/۰۵ ± ۰/۰۶^{b}	۰/۱۸ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۳ ±۰/۰۲^{a}	۰/۲۳ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۴۰± ۰/۰۰^{a}	۰/۲۸ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۴۴ ± ۰/۰۴^{a}
C۲۰ :۳n۳	۰/۹۰± ۰/ ۱۰^{b}	۰/۱۰± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۰۱± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۰۱± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۰۳± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۰۴± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۰۴± ۰/ ۰۰^{a}
C۲۰ :۵n۳	۰/۹۰ ± ۰/۱۰^{b}	۰/۱۵± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۱۲± ۰/ ۰۱^{a}	۰/۱۶± ۰/ ۰۲^{a}	۰/۲۳± ۰/ ۰۲^{a}	۰/۱۹± ۰/ ۰۳^{a}	۰/۲۰± ۰/ ۰۱^{a}
C۲۲ :۶n۳	۰/۶۴ ± ۰/۰۱	۰/۸۰ ± ۰/۰۰	۰/۶۵ ±۰/۰۴	۰/۷۱ ± ۰/۱۰	۰/۹۴± ۰/۰۵	۰/۸۴ ± ۰/۱۰	۰/۸۱ ± ۰/۰۳
[۴]N3- PUFA	۳/۴۹± ۰/ ۲۸^{b}	۱/۱۵± ۰/ ۰۲^{a}	۰/۹۲± ۰/ ۰۸^{a}	۱/۱۳± ۰/ ۱۷^{a}	۱/۶۲± ۰/ ۰۹^{a}	۱/۳۷± ۰/ ۱۸^{a}	۱/۵۰± ۰/ ۱۰^{a}
[۵]N3/N6	۰/۵۲± ۰/ ۰۲^{c}	۰/۱۲± ۰/ ۰۰^{ab}	۰/۱۰± ۰/ ۰۰^{a}	۰/۱۱± ۰/۰۰^{a}	۰/۱۲± ۰/ ۰۰^{ab}	۰/۱۳± ۰/ ۰۱^{ab}	۰/۱۶± ۰/ ۰۰^{b}
DHA/EPA	۰/۷۳± ۰/ ۰۶^{a}	۵/۰۴± ۰/ ۱۱^{c}	۵/۴۷± ۰/ ۲۳^{c}	۴/۵۰± ۰/ ۱۰^{bc}	۴/۰۸± ۰/ ۱۲^{b}	۴/۵± ۰/ ۱۶^{bc}	۳/۹۷± ۱۶^{b}

داده‌هایی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار نبوده (p>0.05) ولی داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای احتلاف معنی‌دار آماری (p <0.05) هستند.

۱- مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (Saturated fatty acids, SFA)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

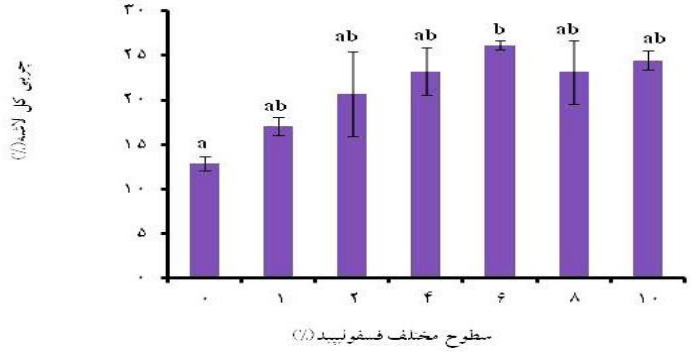
۲-مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (Monounsaturated fatty acids, MUFA)
۳-مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با سری ۶ (Polyunsaturated fatty acids, PUFA)
۴- مجموع اسید های چرب چند غیر اشباع سری ۳ (Polyunsaturated fatty acids, PUFA)
۵- اسید ایکوزا پنتانوئیک (Eicosapentaenoic acid, EPA) و اسید دکوزا هگزانوئیک (Docosahexaenoic, DHA)

نتایج حاصل از آنالیز کلاسه‌های مختلف فسفولیپید موجود در جیره در جدول ۴ نشان داده شده است. با افزایش لیستین در جیره مقادیر فسفاتیدیل کولین، فسفاتیدیل سرین/اینوزیتول، فسفاتیدیل آتانول آمین و مجموع لیپیدهای خنثی افزایش یافته، بیشترین و کمترین مقادیر به‌ترتیب در جیره حاوی ۱۰٪ لیستین و شاهد مشاهده شد. همچنین بیشترین مجموع لیپید خنثی در جیره فاقد لیستین و کمترین آن درجیره ۱۰٪ لیستین بوده است.

جدول ۴- کلاسه‌های مختلف فسفولیپید موجود در جیره ماهی ازون برون (*A. stellatus*) و لیستین

	جیره‌های آزمایشی با سطوح مختلف فسفولیپید در جیره (٪)							
کلاسه‌های چربی	شاهد(۰)	۱	۲	۴	۶	۸	۱۰	لیستین
فسفاتیدیل کولین	۰/۵۹۱	۲/۴۹	۳/۵۸	۶/۲۹	۸/۴۸	۱۱/۲۱	۱۳/۴۹	۳۲/۵۳
فسفاتیدیل سرین/ اینوزیتول	-	۱/۷۰	۱/۱۶	۲/۶۳	۳/۶۱	۵/۴۶	۵/۵۲	۱۶/۸۸
فسفاتیدیل آتانول آمین	-	۰/۸۵	۱/۷۱	۳/۳۳	۴/۵۸	۵/۷۲	۶/۱۶	۱۶/۷۲
مجموع لیپید قطبی	۱/۳۷	۵/۰۶	۸/۷۶	۱۵/۶۹	۲۲/۷۱	۳۰/۲۰	۳۳/۰۶	۷۴/۴۲
مجموع لیپید خنثی	۹۸/۶۳	۹۴/۹۴	۹۱/۲۵	۸۴/۳۱	۷۷/۲۹	۶۹/۸۰	۶۶/۹۴	۲۵/۵۸

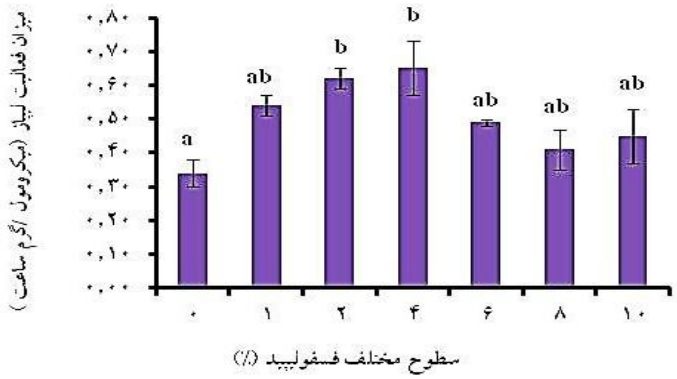
نتایج به‌دست آمده نشان داد که از نظر میران چربی کل لاشه بین تیمار شاهد و تیمار ۶٪ فسفولیپید اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P<0.05$) (شکل ۱).



شکل ۱- چربی کل لاشه ماهی ازون برون (*A. stellatus*) جوان تغذیه‌شده با سطوح مختلف فسفولیپید. حروف غیر مشابه روی هر ستون نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار آماری ($p<0.05$) است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

بالاترین میزان فعالیت آنزیم لیپاز در ماهیانی که از ۴٪ فسفولیپید تغذیه کرده بودند دیده شد و پایین‌ترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود ($P< 0.05$) (شکل۲).



شکل ۲- میزان فعالیت آنزیم لیپاز ماهی ازون برون (*A. stellatus*) جوان تغذیه شده با سطوح مختلف فسفولیپید. حروف غیر مشابه روی هر ستون نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار آماری ($p<0.05$) است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد افزودن فسفولیپید (لیستین سویا) به جیره باعث تغییر در ترکیب و مقدار اسیدهای چرب جیره و همچنین مقدار اسیدهای چرب کل لاشه ماهی ازون برون گردید. در مطالعه حاضر با افزایش مقدار فسفولیپید جیره، محتوی چربی بدن به‌طور معنی‌دار افزایش پیدا کرد که با مطالعه یویان و همکاران (Uyan *et al*., 2009) مطابقت دارد. این افراد گزارش کردند محتوی چربی بدن در ماهی آمبرجک (*Seriola dumerili*) جوان که از جیره حاوی فسفولیپید تغذیه کرده بودند به‌طور معنی‌داری با افزایش سطوح فسفولیپید افزایش یافت. همچنین ژائو و همکاران (Zhao *et al*., 2013) بیان داشتند با افزایش میزان فسفولیپید از ۲۶ گرم در کیلوگرم به۸۵/۱ گرم در کیلوگرم جیره، باعث افزایش محتوی چربی بدن ماهی می‌شود. به‌طورکلی می‌توان گفت جیره حاوی فسفولیپید بر محتوی چربی بدن تأثیر گذاشته و باعث افزایش میزان چربی در بدن حیوانات می‌شود (Teshima *et al*., 1986). براساس نتایج حاضر از این مطالعه جیره حاوی فسفولیپید باعث تغییر در مقدار اسیدهای چرب کل لاشه ماهی ازون برون شده است. علیرغم این که جیره‌های حاوی فسفولیپید و شاهد دارای مقدار زیادی از SFA و MUFA بودند، اما سهم آنها در کل بدن ماهی ازون برون به نسبت پایین‌تر از سهم آنها در جیره ساخته شده بود. بنابراین می‌توان گفت ماهی ازون برون قابلیت طویل‌سازی و غیر اشباع‌سازی اسیدهای چرب بلندزنجیره را دارا هستند و می‌توانند اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر را به اسیدهای چرب بلندزنجیره تبدیل کنند یا این که قسمت اعظم این دسته از اسیدهای

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

چرب را برای سوخت و ساز استفاده کنند چرا که MUFA به عنوان اسیدهای چرب اصلی و یک منبع پر انرژی برای رشد و نمو چندین گونه ماهیان خاویاری از جمله تاسماهی سفید، تاسماهی آدریاتیک (Badiani *et al*., 1997)، فیل‌ماهی (Ghomi *et al*., 2013)، تاسماهی سیبری (Babaei *et al*., 2016) گزارش شده است. در مقابل فلاحتکار و همکاران (Falahatkar *et al*., 2015) بیان داشتند که با افزایش میزان لیستین جیره میزان اسیدهای چرب SFA نیز در بدن تاسماهی سیبری افزایش می‌یابد. که این افزایش ممکن است با پایین بودن قابلیت هضم این اسیدهای چرب و در نتیجه کاهش فعالیت لیپولیتیکی در ارتباط باشد (Caballero *et al*., 2003). اثرات جیره‌های حاوی لیستین بر ترکیبات اسید چرب ممکن است ناشی از خلوص و کیفیت لیستین پودری باشد که در این مطالعه به عنوان منبع فسفولیپید استفاده شد. استفاده از فسفولیپید در جیره میزان اسیدهای چرب SFA و MUFA و n-6 HUFA را در بدن ماهیان افزایش داده به‌طوری‌که بیشترین مقدار در ماهیانی که از ۶٪ فسفولیپید تغذیه کرده بودند مشاهده شد و از طرف دیگر مقدار EPA و DHA درلاشه ازون برون کمتر از میزان آن در جیره غذایی آنها بوده است که به‌دلیل اکسیداسیون این اسید چرب جهت تولید انرژی و یا تبدیل زیستی آن در چربی‌های بدن می‌باشد. این مسئله در گونه‌های ماهیان دیگر نیز گزارش شده است (Huang *et al*., 2007; Zhao *et al*., 2013). در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۶ -۴ درصد فسفولیپید میزان مجموع اسیدهای چرب n-6 به ویژه (18:2n-6) افزایش یافت برخلاف این افزایش میزان مجموع اسیدهای چرب n-3 کاهش یافت. بالا بودن مقدار 18:2n-6 می‌تواند با تأثیر مستقیم اسیدهای چرب جیره بر ترکیب اسیدهای چرب بدن در ارتباط باشد (Franseca-Madrigal *et al*., 2005). به‌علاوه ممکن است به‌دلیل بالا بودن میل ترکیبی آسیل ترانسفرازهای سنتزکننده فسفولیپیدهای حاوی این اسیدچرب باشد (Caballero *et al*., 2003). دراین مطالعه مقدار این اسید چرب در ماهیانی که از جیره حاوی ۶٪ فسفولیپید تغذیه کرده بودند نسبت به گروه شاهد و سطوح پایین فسفولیپید بالا بود. نتیجه مشابهی از مطالعه ستوده و همکاران (Sotoudeh *et al.,* 2011) بر ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) به‌دست آمده است. برخی محققان احتمال رقابت متابولیکی را بین 18:2n-6 و 18:3n-3 گزارش داده اند (Caballero *et al*., 2003). طوری‌که مقدار بالای 18:2n-6 در جیره حاوی روغن سویا ممکن است مانع از متابولیسم 18:3n-3 به اسیدهای چرب ضروری با زنجیره بلندتر مانند EPA و DHA شود. در ضمن لیستین سویا غنی از اسید چرب 18:2n-6 و 18:3n-3 می‌باشد (Li *et al* ., 2015). باتوجه به اینکه مقدار DHA و EPA در تمامی تیمارها پایین بود می‌توان آن را به رقابت متابولیکی مقدار بالای 18:2n-6 نسبت داد. بالا بودن مقدار زیاد اسید لینوئیک در جیره حاوی روغن سویا ممکن است مانع از متابولیسم اسیدلینولنیک به اسیدهای چرب ضروری با زنجیره بلندتر مانند EPA و DHA شود (Storebakken, 2000). بالاتر بودن مقدار اسید چرب -20:4n

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

6(آراشیدونیک اسید) در بدن نسبت به میزان آن در جیره‌ها ممکن است به‌دلیل مکانیسم طویل‌سازی و غیراشباع‌سازی اسیدهای چرب در این گونه باشد. همچنین در این مطالعه میزان 18:3n-3، n-6 HUFA و n-3 HUFA در لاشه کمتر از میزان آنها در جیره بوده است که پایین بودن این نوع از اسید-های چرب نسبت به جیره را می‌توان به این دلیل دانست که سنتز عمده اسیدهای چرب در بافت کبد صورت می‌گیرد و اثرات جیره بر متابولیسم چربی در بافت کبد بیشتر از بافت لاشه نمایان می‌شود (Sargent *et al*., 2002).

فعالیت ویژه لیپاز در تیمارهای حاوی فسفولیپید به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود اگرچه این افزایش روند منظمی نداشت. با افزایش فسفولیپید در جیره بیشترین فعالیت آنزیم لیپاز در جیره حاوی ۴-۲ درصد لسیتین مشاهده شد. متفاوت بودن فعالیت آنزیم لیپاز در بین تیمارها ممکن است با متفاوت بودن ترکیب اسیدهای چرب جیره نیز قابل توضیح باشد. افزایش فعالیت آنزیم لیپاز در چندین گونه ماهی که در مرحله لاروی از منبع غذایی حاوی فسفولیپید تغذیه کرده بودند گزارش شده است که می‌توان به مطالعات آذرم و همکاران (Azarm *et al*., 2013) در ماهی آزاد دریای خزر، گیسبرت و همکاران (Gisbert *et al*., 2005) روی باس دریایی و عابدیان و همکاران (Abedian Keneri *et al*., 2011) در ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای اشاره کرد. اهمیت برخی از گروه‌های اسید چرب جهت فعالیت آنزیم‌های لیپولیتیک به خوبی شناخته شده است. مطالعات زیادی نشان می‌دهد که تأثیر اسیدچرب بر فعالیت لیپاز بستگی به طول زنجیره کربنی و میزان اشباعیت اسیدهای چرب دارد (Brannon, 1990; Linscheer and Vergroesen,1994). مطالعه مورایس و همکاران (Morais *et al.,* 2004) در مورد لارو باس دریایی، نشان داد که فعالیت لیپاز تحت تأثیر افزایش مقدار چربی جیره نیست بلکه این نوع اسیدهای چرب است که فعالیت لیپاز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این محققین بیان داشتند فعالیت لیپازی در ماهیانی که از جیره حاوی چربی گیاهی تغذیه شده بودند بیشتر بوده است. همچنین فعالیت لیپاز پانکراسی تحت تأثیر طول زنجیره آسیل و درجه اشباعیت است (Morais *et al*., 2004). در ماهیان هضم‌پذیری اسیدهای چرب با افزایش درجه غیر اشباعیت افزایش می‌یابد. باتوجه به توضیحات بیان شده می‌توان گفت که بالا بودن فعالیت لیپولیتیکی در ماهی ازون برون تغذیه‌شده با جیره حاوی ۶-۴ درصد لیستین را می‌توان به مقدار بیشتر n-6 HUFA در این تیمارها نسبت داد.

با بررسی ترکیب اسیدهای چرب لاشه ماهی ازون برون می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب اسیدهای چرب لاشه تحت تأثیر جیره غذایی و سطوح مختلف فسفولیپید به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار می‌گیرد و جیره‌های با فسفولیپید ۴- ۶ درصد سبب تجمع اسیدهای چرب اشباع و MUFA در بدن این ماهیان شده و محتوی چربی PUFA را در بدن افزایش می‌دهد. همچنین تجمع چربی در لاشه تحت تأثیر محتوای چربی در جیره می‌باشد. فعالیت آنزیم لیپاز نیز در دستگاه گوارش ماهی ازون برون در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

جیره حاوی ۲ -۴ درصد افزایش معنی‌دار با گروه شاهد داشت. بنابراین باتوجه به ترکیب و میزان فسفولیپیدها در جیره‌های استفاده شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جیره حاوی ۸/۴۸-۶/۲۹ درصد فسفاتیدیل کولین، ۳/۶۱-۲/۶۳ درصد فسفاتیدیل سرین + فسفاتیدیل اینوزیتول و ۴/۵۸-۳/۳۳ درصد فسفاتیدیل اتانول آمین، مقادیر بهینه فسفولیپید در جیره ماهی ازون برون جوان هستند که پاسخ مطلوب‌تری را باتوجه به اسیدچرب گروه‌های SFA، MUFA و n-6 HUFA و فعالیت آنزیم لیپاز نسبت به تیمار شاهد و بقیه تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان از ریاست، کارشناسان و کارکنان پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه برای همکاری صمیمانه‌شان در امر این تحقیق تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

Abedian Kenari A., Sotoudeh E., Habib-Rezaei M. 2011. Dietary soybean phosphatidylcholine affects growth performance and lipolytic enzyme activity in Caspian brown trout (*Salmo trutta Caspius*) fry. Aquaculture Research, 42(5): 655- 663.

Askarin F., Kousha A., Salma W., Ringø E. 2011. The effect of lactic acid bacteria administration on growth, digestive enzyme activity and gut microbiota in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) and beluga (*Huso huso*) fry". Aquaculture Nutrition, 17: 488-497.

Azarm H.M., Kenari A.A., Hedayati M. 2013. Effect of dietary phospholipid sources and levels on growth performance, enzymes activity, cholecystokinin and lipoprotein fractions of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. Aquaculture Research, 44(4): 634-644.

Babaei S., Abedian Kenari A.M., Hedayati M., Yazdani-Sadati M.A. 2016. Fatty acids profile, body lipid content and lipase activity in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed on different dietary macronutrients. Fisheries Science and Technology, 4(4): 38-50.

Babaei S., Abedian Kenari A.M., Nazari R. 2011. Investigation of growth and changes in fatty acids profile in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during early larval development. Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resource, 63(4): 257-269. (In Persian).

Badiani A., Stipa S., Nanni N., Gatta P.P., Manfredini M. 1997. Physical indices, processing yields, compositional parameters and fatty acid profile of three species of cultured sturgeon (Genus *Acipenser*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 74: 257-264.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

Brannon P.M. 1990. Adaption of the exocrine pancreas to the diet. Annual Review of Nutrition, 10: 85-105.

Caballero M.J., Izquierdo M.S., Kjorsvik E., Montero D., Socorro J., Fernandez A.J., Rosenlund G. 2003. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. Aquaculture, 225: 325-340.

Chong A.S., Hashim R., Chow-Yang L., Ali A.B. 2002. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). Aquaculture, 203: 321-333.

Falahatkar B., Moghadam N.E., Kalbassi M.R. 2015. Changes in diet and muscle fatty acids in juveniles of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed with different levels of lecithin. Oceanography, 6(21): 97-105. (In Persian).

Folch J.M., 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: 497-507.

Franseca-Madrigal J., Karalazos V., Campbell P.J., Bell J.G., Tocher D.R. 2005. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition, 11: 241-250.

Furné M., García-Gallego M., Hidalgo M.C., Morales A.E., Domezain A., Domezain J., Sanz A. 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 149: 420-425.

Ghomi M.R., Nikoo M., Sohrabnezhad M. 2013. Effect of alive weight on body composition and fatty acid content of farmed beluga sturgeon (*Huso huso*). International Aquatic Research, 5(6): 1-8.

Gisbert E., Villeneuve L., Zambonino-Infante J., Quazuguel P., Cahu C. 2005. Dietary phospholipids are more efficient than neutral lipids for long-chain polyunsaturated fatty acid supply in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larval development. Lipids, 40: 609-618.

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

Iijima N., Tanaka S., Ota Y. 1998. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream (*Pagrus major*). Fish Physiology and Biochemistry, 18: 59-69.

Kasumyan A.O., Sidorov S.S. 1995. Gustatory properties of free amino acids in Caspian trout (*Salmo trutta caspius*). Journal of Ichthyology, 35: 8-20.

Keyvan A. 2004. Sturgeon Fishes of Iran. Mehr Publishing Co., Tehran, Iran. 400 P. (In Persian).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

Koven W., Kolkovski S., Tandler A., Kissil G.W., 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 of *Sparus aurata* larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 10: 357-364.

Lepage G., Roy C.C. 1984. Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. Journal of Lipid Research, 25: 1391-1396.

Li Y., Gao J., 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 Physiology and Biochemistry, 41: 423-436.

Linscheer W.G., Vergroesen A.J. 1994. Lipids. In: Shils M.E., Olson J.A., Shike M. (Eds.). Modern Nutrition in Health and Disease, vol. 1, 8th edition, Lea & Febiger, Philadelphia, USA, pp: 47-88.

Millamena O.M. 1996. Review of SEAFDEC/AQD Fish Nutrition and Feed Development Research, In: Santiago C.B., Coloso R.M., Millamena O.M., Borlongan I.G. (Eds.). Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds, 1-2 June 1994, Tigbauan, Iloilo, Philippines. Iloilo, Philippines: Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department, pp: 52-63.

Morais S., Cahu C., Zambonino-Infante J., Robin J., Rønnestad I., Dinis M., Conceição L. 2004. Dietary TAG source and level affect performance and lipase expression in larval sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Lipids, 39: 449-458.

Noori F., Van Stappen G., Sorgeloos P. 2012. Preliminary study on the activity of protease enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) larvae in response to different diets: effects on growth and survival. Aquaculture Research, 43: 198-207.

Olsen R., Henderson R. 1989. The rapid analysis of neutral and polar marine lipids using double-development HPTLC and scanning densitometry. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 129: 189-197.

Sargent J.R., Bell G., McEvoy L., Tocher D., Estevez A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. Aquaculture, 177: 191-199.

Sargent J.R., Tocher D.R., Bell J.G. 2002: The Lipids, In: Halver JE, Hardy RW (Eds.). Fish Nutrition, 3rd edition, Academic Press, San Diego, USA, pp:181-257.

Smith D., Hunter B., Allan G., Roberts D., Booth M., Glencross B. 2004. Essential fatty acids in the diet of silver perch (*Bidyanus bidyanus*): effect of linolenic and linoleic acid on growth and survival. Aquaculture, 236: 377-390.

Sotoudeh E., Kenari A.A., Rezaei M.H. 2011. Growth response, body composition and fatty acid profile of Caspian brown trout (*Salmo trutta Caspius*) juvenile

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]

fed diets containing different levels of soybean phosphatidylcholine. Aquaculture International, 19: 611-623.

Storebakken T., Refstie S., Ruyter B. 2000. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: Drackley JK (Eds.). Soy in Animal Nutrition, Federation of Animal Science Societies, Champaign, pp: 127-170.

Teshima S., Kanazawa A., Kakuta Y. 1986. Role of dietary phospholipids in the transport of (14C) cholesterol in the prawn (*Penaeus japonicas*). Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52(3): 719-723.

Turchini G., Bente M, Torstensen E., Wing-keong N.g. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Aquaculture, 1(1): 10-57.

Uyan O., Koshio S., Ishikawa M., Yokoyama S., Uyan S., Ren T., Hernandez L. 2009. The influence of dietary phospholipid level on the performances of juvenile amberjack (*Seriola dumerili*) fed non-fishmeal diets. Aquaculture Nutrition, 15: 550-557.

Zhao J., Ai Q., Mai K., Zuo R., Luo Y. 2013. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker, (*Larmichthys crocea*) larvae. Aquaculture, 410: 122-128.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2024-11-25]