مقاله پژوهشی
نشریه علوم آبزی پروری

Research Article
www.aquaculturesciences.ir

تعیین بازه مناسب لسیتین جیره غذایی تاسماهی جوان ایرانی (*Acipenser persicus*) جهت بهبود رشد و سیستم ایمنی

محمد کاظم سیدی قمی[1]، فرزانه نوری*[1]، ناصر آق[1]، حسینعلی عبدالحی[2]، انریک گیسبرت[3]

گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
[2]موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ایران.
[3]واحد آبزی‌پروری انستیتو ایرتا (IRTA)، سانت کارلس دلاراپیتا، اسپانیا.
*نویسنده مسئول f.noori@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

چکیده

هدف از این تحقیق، تعیین بازه مناسب لسیتین جیره غذایی جهت بهبود رشد و ارتقای سیستم ایمنی تاسماهی جوان ایرانی (*Acipenser persicus*) بود. تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی با وزن متوسط ۸۵ گرم، براساس روش‌های متداول در مطالعات مشابه در ۶ تیمار غذایی شامل بدون لسیتین و حاوی ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد لسیتین سویا به‌مدت ۱۰ هفته غذادهی شدند. درپایان دوره، نمونه‌برداری ازخون، سرم، کبد، عضله و لاشه ماهی‌ها جهت بررسی پارامترهای ایمنی، خون‌شناسی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو پروفایل اسید چرب انجام گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز (CAT) و سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) با افزایش میزان لسیتین تا ۶ درصد جیره و آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) با افزایش لسیتین تا ۱۰ درصد جیره افزایش معنای‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. جیره ۴ درصد لسیتین بر ترشح آنتی‌بادی کل و جیره ۶ درصد بر فعالیت لیزوزیم تأثیر مثبت داشت. مجموع اسیدهای چرب SFA و MUFA در کبد ماهیان با افزایش لسیتین در جیره غذایی تا ۱۰ درصد و در عضله ماهیان با افزایش لسیتین جیره تا ۶ درصد افزایش داشت و افزودن لیسیتین به جیره غذایی تا ۲ درصد بر اسیدهای چرب n-3 PUFA و تا ۶ درصد بر اسیدهای چرب n-6 PUFA کبد ماهیان تأثیر معنی‌داری داشت. افزایش میزان لسیتین در جیره غذایی تا ۲ درصد بر اسیدهای چرب n-3 HUFA و مجموع اسیدهای چرب HUFA کبد ماهیان و تا ۶ درصد بر اسیدهای چرب n-3 HUFA و مجموع اسیدهای چرب HUFA عضله ماهیان تأثیر افزایشی داشت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که افزایش لسیتین سویا تا سطح ۱۰ درصد در جیره غذایی تاسماهی ایرانی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، ارتقای شاخص‌های ایمنی و بهبود پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهی را به‌همراه دارد.

واژگان کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسیدهای چرب، تاسماهی ایرانی، لسیتین.

مقدمه

به‌دلیل ارزش غذایی ماهیان خاویاری و میزان ذخایر آن‌ها در زیستگاه‌های طبیعی، تکثیر و پرورش این ماهیان به‌عنوان یک راهکار علمی، منطقی و کاربردی جهت جلوگیری از انقراض آن‌ها از سال‌ها پیش مورد توجه قرار گرفته است. اما مسئله اصلی در صنعت پرورش ماهیان ارتقای کیفیت غذای ماهی می‌باشد. بنابراین انجام مطالعات تغذیه‌ای به‌خصوص در زمینه متابولیسم انرژی و نیز امکان‌سنجی قابلیت تبدیل و افزایش بازدهی مصرف اسیدهای چرب و تعیین بهترین سطح فسفولیپید در جیره ماهیان ضروری به‌نظر می‌رسد (Kamalam *et al*., 2013; Koven *et al*., 1993).

افزودن منابع انرژی غیرپروتئینی، به‌طور عمده چربی و کربوهیدرات، در جیره غذایی آبزیان سبب افزایش کارایی پروتئین جیره غذایی و بهبود رشد می‌گردد (NRC, 2011). گزارش شده است که منابع انرژی غیرپروتئینی بر عملکرد رشد (Han *et al*., 2014)، تغذیه انتخابی (Saravanan *et al*., 2012)، کارایی جیره غذایی (Han *et al*., 2014;

(Wang *et al*., 2014)، متابولیسم چربی (Kamalam *et al*., 2013) ، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (Wang *et al*., 2014; Zhou *et al*., 2014) و واکنش‌های ایمنی (Li *et al*., 2012)، در گونه‌های مختلف ماهیان تاثیرگذار می‌باشد. یکی از مهمترین اجزای جیره ماهیان لیپیدها هستند زیرا منبع اصلی انرژی در ماهیان بوده و نقش اصلی را در تکامل لاروها دارند (Sargent *et al*., 1999; 2002). Koven و همکاران (۱۹۹۳)، معتقدند لسیتین موجود در جیره قادر است از طرفی جذب چربی‌هایی از جمله تری‌گلیسریدها را در دستگاه گوارش تکامل نیافته لاروها تسریع کند و هنگامی که لاروها توانایی محدودی در سنتز فسفولیپیدها دارند؛ در تولید لیپوپروتئین‌ها و یا اجزای سلولی به‌مصرف برسد.

درحال حاضر منبع اصلی تأمین لیپیدهای مورد نیاز آبزی‌پروری روغن ماهی است که از طریق صید تأمین می‌گردد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر میزان برداشت از منابع دریایی روند ثابت و تقریباً نزولی داشته است، یافتن جایگزین مناسب جهت تداوم رشد و توسعه صنعت آبزی‌پروری در آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای آیندگان امری اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر این، تقاضای زیاد برای منابع قابل دسترس دریایی، فشار قابل ملاحظه‌ای بر بازار جهانی و به‌دنبال آن بر قیمت غذا خواهد داشت (Panserat, 2009). بنابراین، در سال‌های اخیر جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی از جنبه‌های اقتصادی و اکولوژیکی به‌عنوان ضرورتی برای توسعه پایدار صنعت آبزی‌پروری مطرح شده است (Tidwell and Allan, 2002) ولی روغن‌های گیاهی دارای مقادیر ناچیزی از فسفولیپیدها هستند (Sargen *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 شده است (Caballero *et al*., 2002, 2006). فسفولیپیدها به‌عنوان امولسیفایر در روده عمل کرده و جذب اسیدهای چرب بلند زنجیره را بهبود می‌بخشند (Koven *et al*., 1993). همچنین برای حفظ ساختار و عملکرد غشای سلول حائز اهمیت هستند علاوه بر این فسفولیپیدها می‌توانند در بهبود کیفیت رژیم غذایی و فراهم کردن مواد مغذی ضروری مانند اسیدهای چرب ضروری، فسفر، کولین و اینوزینول نقش داشته باشند (Halver, 2002; Lall, 2002; Tocher, 1995; Tocher, 2008. Zhao *et al*., 2013).

اسیدهای چرب جیره غذایی، علاوه بر داشتن نقش مهم در بالانس انرژی آبزیان، به‌عنوان تأمین‌کننده اصلی اسیدهای چرب ضروری برای جذب ویتامین‌های محلول در چربی و حضور در ترکیبات فسفولیپیدی محسوب می‌شوند. مطالعات اخیر در مورد ماهیان دریایی وجود اثرات هم‌افزایی فسفولیپیدها را در متابولیسم چربی‌ها نشان داده‌اند. برخی تحقیقات افزایش بازدهی هضم و جذب چربی انتروسیتی توسط فسفولیپیدها را به نقش امولسیفیکاسیونی فسفولیپیدها در افزایش جذب روده‌ای چربی‌ها نسبت داده‌اند. از سوی دیگر، برخی مطالعات نیز بیانگر نقش مهم فسفولیپیدها در تولید لیپوپروتئین‌ها می‌باشد (Olsen *et al*., 1999; Salhi *et al*., 1999; Fontagne *et al*., 2000; Liu *et al*., 2002).

Hadas و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیر مثبت فسفاتیدیل کولین را در جذب و انتقال اسید چرب C18:1(n-9) از انتروسیت به بافت ماهی سیم دریایی ثابت کردند. Şener و همکاران (۲۰۰۵) از مطالعات خود بر روی اثرات چربی‌های جیره غذایی بر روند رشد و ترکیب اسیدهای چرب در تاسماهی روسی جوان (*A. gueldenstaedtii*) دریافتند که امکان استفاده از مقدار معین روغن‌های سویا یا آفتابگردان به‌جای روغن ماهی در جیره‌های غذایی تاسماهی وجود دارد، زیرا از یک طرف این ماهی‌ها به هر دو گروه اسیدهای چرب n-3 و n-6 نیاز دارند

جدول ۱- اجزای غذایی و درصد ترکیب آن‌ها در جیره‌های غذایی تهیه شده.

اجزای غذای تیمارها	درصد در جیره‌های غذایی تهیه شده
پودر ماهی	۴۰
پودر سویا	۲۰
روغن ماهی	۰-۱۰(بر حسب تیمارها)
لیسیتین سویا(فسفو لیپید)	۰-۱۰(بر حسب تیمارها)
ویتامین‌ها	۱/۵
مواد معدنی	۱/۵
گلوتن گندم	۵
آرد گندم	۱۵
اسیدآمینه لیزین	۲
اسیدآمینه متیونین	۲
اسیدامینه بتائین	۱
مخمر	۲
کربنات کلسیم	۱

و از طرف دیگر تجمع این اسیدهای چرب ضروری در گوشت و کبد تحت تأثیر اسیدهای چرب موجود در جیره‌های غذایی می‌باشد. فسفولیپیدها منبع اسیدهای چرب و پیش ماده برای تشکیل ایکوزانوئید، طیف وسیع از مشتقات زیستی به‌ویژه C20 اسیدهای چرب غیر اشباع (HUFA)، از جمله آراشیدونیک اسید و اسیدچرب EPA هستند (Koven *et al.*, 1993). در این راستا، مطالعه حاضر به‌منظور جایگزینی روغن ماهی در جیره غذایی و بررسی بازده لسیتین جیره غذایی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ارتقای سیستم ایمنی و ترکیب اسیدهای چرب تاسماهی ایرانی به‌اجرا درآمد تا با تعیین حدود بهینه لسیتین جیره و ارائه آن به کارخانجات تولید غذای ماهیان خاویاری بتوان گامی مؤثر در بهبود کیفی و ارتقای سلامت ماهیان خاویاری به‌ویژه تاسماهی ایرانی برداشت.

مواد و روش‌ها

لارو خوابیده تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) به تعداد مورد نیاز از مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر شهید بهشتی رشت تأمین و پس از حمل به ارومیه به سالن پرورش ماهی پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری منتقل شدند و نهایتاً پس از نگهداری، به وزن‌رسانی و رقم‌بندی ماهیان صورت گرفت و براساس روش های متداول در مطالعات مشابه و انتخاب ۶ تیمار شامل ۶ جیره غذایی به ترتیب حاوی صفر (شاهد)، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد لیسیتین و۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲ و صفر درصد روغن ماهی، تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی با وزن متوسط ۸۵ گرم انتخاب و به‌صورت کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در مخازن پلی‌اتیلنی ۳۰۰ لیتری توزیع و به‌مدت۱۰ هفته غذادهی و پرورش داده شدند. در پایان دوره پرورش، ۳ ماهی از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از بیهوشی با پودر گل میخک (غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر لیتر آب) اقدام به خون‌گیری از ماهیان گردید. در ادامه با جداسازی سرم از خون ماهیان، نمونه‌های سرم تا زمان ارسال به آزمایشگاه در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های سرم بعد از بسته‌بندی در یونولیت همراه با یخ خشک، به‌منظور آنالیز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های ایمنی سرم ماهیان به آزمایشگاه ویرومد واقع در شهرستان رشت ارسال شدند. آنالیز اسیدهای چرب جیره‌های غذایی، کبد و عضله ماهیان در نیز در آزمایشگاه شیمی آب و آنالیز دستگاهی پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه انجام گرفت (نوری و همکاران،

جدول ۲- اسیدهای چرب جیره‌های غذایی.

اسیدهای چرب	بدون لسیتین	٪۲	٪۴	٪۶	٪۸	٪۱۰
sumSFA [1]	۲۷/۶۴	۲۳/۸۶	۲۶/۲۵	۲۰/۵۳	۲۲/۶۵	۲۴/۶۵
sumMUFA [2]	۳۲/۶۰	۲۵/۹۵	۲۸/۴۹	۱۹/۳۲	۱۸/۷۳	۱۸/۱۰
PUFA n-3 [3]	۱۱/۲۴	۱۴/۴۹	۱۵/۷۵	۱۱/۰۶	۱۰/۵۵	۱۰/۰۱
PUFA n-6 [4]	۵/۶۵	۱۰/۹۷	۱۶/۱۱	۱۹/۳۸	۲۳/۷۶	۳۱/۴۱
sumPUFA(n3+n6) [5]	۱۶/۸۹	۲۵/۴۶	۳۱/۸۶	۳۰/۴۴	۳۴/۳۲	۴۱/۴۲
HUFA n-3 [6]	۹/۸۹	۱۲/۷۵	۱۳/۴۷	۸/۹۳	۸/۰۱	۶/۹۶
sum HUFA [7]	۱۰/۲۲	۱۳/۱۰	۱۳/۸۵	۹/۲۰	۸/۲۴	۷/۱۶
n-3/n-6	۱/۷۵	۱/۱۶	۰/۸۴	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۲۲
DHA[10]/EPA[9]	۲/۱۶	۲/۵۷	۲/۵۶	۲/۷۲	۲/۶۷	۲/۹۴

۱- sum SFA: مجموع اسیدهای چرب اشباع، ۲- sum MUFA: مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع، ۳- PUFA (n-3) مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع سری3-n، ۴- PUFA(n- 6): مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری ۶- n، ۵- sumPUFA(n3+n6): مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری n-3 و ۶- n، ۶- HUFA n-3: اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری ۳-n، ۷-sum HUFA : مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره، ۹- EPA: ایکوزاپنتانوئیک اسید، ۱۰-DHA : دیکوزاپنتانوئیک اسید

۱۳۹۷).

تهیه جیره‌های غذایی: جهت فرموله کردن جیره‌های غذایی دست‌ساز از نرم‌افزار WUFFDA و از پودر ماهی، پودر سویا و گلوتن گندم به‌عنوان منابع پروتئینی و از لسیتین و روغن ماهی به‌عنوان منبع چربی استفاده شد (جدول ۱). جیره‌های غذایی مختلف با سطوح پروتئین و چربی یکسان به‌صورتی که پروتئین کل جیره‌ها ۴۶ درصد و چربی کل جیره‌ها ۱۸ درصد باشد، تنظیم و اجزای جیره‌های غذایی با یکدیگر مخلوط و پس از تهیه خمیر و چرخ کردن آن، پلت‌ها با قطر ۲/۵ میلی‌متر آماده شدند. پلت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک و به‌صورت دستی قطعه قطعه شدند. نهایتاً جیره‌های غذایی آماده در ظرف‌های پلاستیکی درب‌دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ماهیان نگهداری شدند. (نوری و همکاران، ۱۳۹۷). آنالیز پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ قارائه شده است.

تغذیه و غذادهی: غذای مورد نیاز هر مخزن با توجه به نتایج حاصل از زیست‌سنجی دوره‌ای (۱۵روز یکبار) ماهیان در هر یک از مخازن پرورشی، برای مدت ۲ هفته بعدی محاسبه و ماهیان روزانه در دو نوبت هشت صبح و چهار بعدازظهر غذادهی شدند. میزان غذادهی ماهیان در چهار هفته اول دوره پرورش به میزان سه درصد و در شش هفته بعدی به میزان ۲/۵ درصد وزن بدن ماهیان بود.

فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب مخازن پرورشی: به‌منظور ایجاد شرایط مطلوب در محیط پرورش ماهیان و براساس روش‌های متداول و مشابه، پارامترهای محیطی از جمله دمای آب، اکسیژن محلول و pH به‌صورت روزانه و آمونیاک به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شدند. منبع آب مورد استفاده برای پرورش، آب چاه و دمای آب حوضچه‌های پرورش در طی دوره، بین ۱۶/۹ تا ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد متغیر بود.

بررسی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز در سرم خون ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف فسفولیپید جیره غذایی مورد ارزیابی قرارگرفت. بررسی فعالیت اختصاصی آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز با استفاده از کیت آزمایشی مخصوص(Assay KitTests) ساخت شرکت ZellBio کشور آلمان) در آزمایشگاه ویرومد رشت طبق دستورالعمل کیت‌ها انجام شد.

بررسی شاخص‌های ایمنی سرم:

۱- سنجش آنتی‌بادی کل سرم (ایمونوگلوبولین): مقدار آنتی‌بادی کل سرم با روش Siwicki و همکاران (۱۹۹۴) انجام گرفت. تفاوت بین مقدار پروتئین کل سرم با مقدار پروتئین مایع رویی پس از ترسیب آنتی بادی‌ها عبارت است از میزان آنتی‌بادی کل سرم که بر حسب mg/ml ارائه گردید.

۲- روش سنجش فعالیت آنزیم لیزوزیم سرم: میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم سرم براساس روش Clerton و همکاران (۲۰۰۱)، براساس لیز شدن باکتری گرم مثبت حساس به آنزیم لیزوزیم یعنی *Micrococcus lysodiekticus* اندازه‌گیری شد و میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم بر حسب واحد درمیلی لیتر در دقیقه بیان گردید.

بررسی ترکیب اسیدهای چرب کبد، عضله و جیره های غذایی: برای آنالیز نمونه‌ها جهت تعیین میزان اسیدهای چرب موجود در آن‌ها، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) مدل Agilent7890A ساخت کشور آمریکا استفاده و مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها در لوله‌های ۳۵ میلی‌لیتری مطابق روش استاندارد انجام گرفت. سپس لوله‌ها به مدت یک ساعت در درون حمام آب‌جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفته، و لوله‌ها به فاصله هر ده دقیقه ازحمام آب‌جوش خارج و پس از سرد شدن لوله‌ها به هرکدام ۵ میلی‌لیترآب مقطر و ۵ میلی‌لیتر هگزان اضافه شد. سپس محتویات داخل لوله‌ها به مدت ۵ دقیقه با شتاب۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و سپس محلول رویی (هگزان) به لوله‌های فالکون ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و عمل سانتریفیوژ کردن بعد از افزودن ۳ میلی‌لیتر هگزان روی نمونه‌ها، انجام و سپس محتویات لوله‌ها از فیلتر سولفات سدیم عبور داده و به ظروف گلابی شکل منتقل گردید. سپس، بخش حلال به کمک دستگاه تقطیر در خلاء (مدلLABOROTA 4003 ساخت شرکت Heidolph آلمان) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد جدا شده و مقدار کل متیل استرهای اسیدهای چرب استخراج شده از هر نمونه، مشخص گردید و نمونه‌ها تا زمان آنالیز نهایی در فریزر (۳۰- درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. در نهایت نمونه‌ها در اولین فرصت از فریزر خارج شده و پس از رقیق نمودن آن‌ها با ایزواکتان و تهیه محلول نهایی، مقدار ۰/۴میکرولیتر از آن به دستگاه کروماتوگرافی تزریق گردید. سپس مقدار اسیدهای چرب هر نمونه، پس از تعیین وزن متیل استر استخراج شده از نمونه‌های کبد یا عضله و درصد هر اسیدچرب نسبت به طول کل اسیدهای چرب نمونه محاسبه گردید (Lepage and Roy, 1984).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: ابتدا و قبل از انجام آزمون آنالیز واریانس، نرمال بودن داده‌های با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی گردید و پس از اطمینان از نرمال بودن، داده‌های نرمال با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام گرفت همچنین برای مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از آزمون توکی استفاده شد و حداقل سطح معنی‌دار بودن آزمون‌ها $P\leq$۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

آنالیز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: مقایسه تغییرات آنزیم کاتالاز بین تیمارها نشان داد که این آنزیم در تیمارهای ۶ الی ۱۰ درصد لسیتین افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت ($P\leq$۰/۰۵) و بیشترین میزان آن در جیره حاوی ۶ درصد لیسیتین با واحد ۲۲۴/۶۷ درمیلی‌لیتر مشاهده شد. بیشترین میزان آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در سرم ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی ۶ درصد لیسیتین با ۲/۲۳ واحد در میلی‌گرم پروتئین تشخیص داده شد که با کلیه تیمارها به‌جز ۴ درصد لسیتین اختلاف معنی‌دار داشت ($P\leq$۰/۰۵). کمترین میزان این آنزیم در تیمار شاهد با ۱/۹۴ واحد در میلی‌گرم پروتئین کمترین یافت شد. مقدار آنزیم گلوتاتیون پراکسیدازدر تیمارهای ۶ الی ۱۰ درصد لسیتین

جدول ۳- نتایج آنالیز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرم تاسماهی جوان ایرانی

تیمارها	آنزیم کاتالاز (U/ml)	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (U/mg)	آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (U/ml)
بدون لسیتین	۱۴۱/۳۳±۸/۰۲^{a}	۱/۹۴±۰/۰۴^{a}	۲۷۴/۳۳±۳۱/۰۱^{a}
٪۲	۱۶۵/۶۷±۳۳/۰۲^{ab}	۲/۱۲±۰/۱۸^{ab}	۳۳۱/۳۳±۲۵/۱۱^{a}
٪۴	۱۷۹±۵/۲۹^{ab}	۲/۲۱±۰/۰۴^{bc}	۴۱۳±۴۴/۵۸^{ab}
٪۶	۲۴۴/۶۷±۱۲/۶۶^{d}	۲/۲۳±۰/۰۴^{c}	۵۱۷/۶۷±۷۰/۴۰^{bc}
٪۸	۲۳۳/۳۳±۶/۴۲^{c}	۱/۹۱±۰/۰۳^{a}	۵۲۷/۶۷±۳۵/۰۲^{bc}
٪۱۰	۲۴۰/۳۳±۱۸/۴۸^{cd}	۱/۹±۰/۱۷^{a}	۵۳۵/۳۳±۴۳/۶۲^{bc}

در هر ردیف حروف انگلیسی مشابه، نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار و حروف انگلیسی متفاوت، نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

جدول ۴- نتایج سنجش شاخص‌های ایمنی سرم تاسماهی جوان ایرانی.

تیمارها	آنتی بادی کل (mg/ml)	لیزوزیم (U/ml/min)
بدون لسیتین	۱۱/۰۳±۰/۵^{a}	۱۶/۶۷±۳/۲^{a}
٪۲	۱۴/۴۷±۰/۱۵^{b}	۲۶/۲۱±۱^{ab}
٪۴	۱۵/۵۷±۰/۱۵^{bc}	۳۱/۶۷±۲/۵^{b}
٪۶	۱۸/۷±۰/۵^{d}	۴۸/۳۴±۷^{c}
٪۸	۱۵/۹±۰/۳^{bc}	۲۹/۶۷±۱/۲^{b}
٪۱۰	۱۶/۴۷±۰/۵۷^{c}	۲۹/۲۳±۲/۶^{b}

در هر ردیف حروف انگلیسی مشابه، نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار و حروف انگلیسی متفاوت، نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

جدول ۵- نتایج آنالیز اسیدهای چرب کبد تاس ماهی جوان ایرانی (میلی گرم در گرم وزن نمونه).

اسیدهای چرب	بدون لسیتین	%۲	%۴	%۶	%۸	%۱۰
sumSFA	۲۱/۲۵±۲/۲۳ ^{a}	۲۴/۲۵±۱/۱۵ ^{a}	۲۰/۱۲±۱/۶۴ ^{a}	۱۹/۳۳±۵/۹۸ ^{a}	۲۵/۴۱±۰/۲۳ ^{a}	۳۹/۰۷±۱۲/۵۹^{b}
sumMUFA	۳۶/۸۶±۴/۵۶^{a}	۳۷/۹۲±۴/۸۸^{a}	۳۴/۱۳±۲/۵۰^{a}	۳۷/۰۴±۸/۸۸^{a}	۳۹/۲۶±۴/۵۴^{a}	۵۴/۵۱±۲/۷^{b}
PUFA n-3	۷/۲۸±۴/۴۷^{a}	۱۲/۴۴±۵/۲۳^{a}	۸/۸۱±۱/۱۶^{a}	۴/۴۶±۱/۶۲^{a}	۶/۱۹±۰/۷^{a}	۸/۸۱±۰/۲۴^{a}
PUFA n-6	۴/۹۲±۱/۶^{a}	۹/۴۶±۰/۶۱^{ab}	۹/۴۴±۲/۳۵^{ab}	۱۸/۳۲۱±۶/۷۵^{bc}	۱۸/۱±۶/۱۵^{bc}	۱۶/۴۸±۰/۴۳^{bc}
HUFA n-3[5]	۶/۸۲±۴/۳۹^{a}	۱۱/۵۶±۵/۹۸^{a}	۷/۷۳±۰/۸۴^{a}	۵/۲±۱۳/۵۸^{a}	۴/۶۲±۰/۰۸^{a}	۶/۱۲±۰/۴^{a}
sum HUFA	۷/۸۶±۴/۹۳^{a}	۱۳/۰۵±۶/۲۷^{a}	۸/۹۴±۰/۶۲^{a}	۵/۵۱±۲/۵۶^{a}	۵/۸۷±۰/۵۷^{a}	۸/۴۴±۰/۲۶^{a}
EPA	۱/۲۲±۰/۵۱^{a}	۲/۷۵±۰/۶۶^{ab}	۱/۶۲ ±۰/۳۵^{a}	۱/۷±۰/۲۶^{a}	۰/۹±۰/۱۶^{a}	۰/۹۵±۰/۱۹^{a}
DHA	۵/۱±۶۰/۸۵^{a}	۸/۸۱±۳/۶۸^{ab}	۶/۱۱±۲/۵۵^{a}	۳/۹۶±۱/۷۴^{a}	۳/۷۲±۱/۸۸^{a}	۳/۱۸±۱۸/۹۶ ^{a}
n-3/n-6	۱/۲۶±۰/۶۱^{a}	۱/۲±۰/۵۶^{a}	۰/۸۶±۰/۲۲^{a}	۰/۲۸±۰/۰۳^{a}	۰/۲۶±۰/۰۳^{a}	۰/۳۷±۰/۰۱^{a}
DHA/EPA	۴/۶±۱/۱۵^{a}	۳/۲±۱/۰۱ ^{a}	۳/۷۸±۰/۲۷^{a}	۱/۸۳±۰/۹۵^{a}	۴/۱۳±۰/۷۶^{a}	۳/۳۷±۱/۴۴^{a}

(وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪).

نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و بیشترین مقدار این آنزیم در تیمار ۶ درصد لسیتین با ۵۳۵/۳۳ واحد در میلی‌لیتر تشخیص داده شد ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۳).

سنجش شاخص‌های ایمنی: مقایسه تغییرات میزان آنتی‌بادی کل در سرم ماهیان در تیمارهای مختلف، نشان داد که میزان آنتی‌بادی در کلیه تیمارهای حاوی لسیتین با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار دارد و بیشترین میزان آن در تیمار ۶ درصد لسیتین با میانگین ۱۸/۷ میلی‌گرم در میلی‌لیتر مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۴). فعالیت لیزوزیم در تیمارهای ۴ الی ۶ درصد لسیتین با تیمار شده اختلاف معنی‌دار داشته ($P\leq$۰/۰۵) و بیشترین میزان فعالیت لیزوزیم نیز مربوط به تیمار حاوی ۶ درصد لسیتین

جدول ۶- نتایج آنالیز اسیدهای چرب عضله تاسماهی جوان ایرانی (میلی گرم در گرم وزن نمونه).

اسیدهای چرب	بدون لسیتین	%۲	%۴	%۶	%۸	%۱۰
sumSFA[1]	۷/۸۵±۰/۳۹^{a}	۱۱/۱۲±۱/۸۵^{ab}	۱۰/۸±۲/۲۶^{a}	۲۰/۰۵±۵/۳۶^{bc}	۱۰/۶۷±۰/۷۴^{a}	۹/۴۵±۱/۴۱^{a}
sumMUFA[2]	۱۰/۴۶±۰/۹^{a}	۱۳/۷۵±۳/۰۶^{a}	۱۳/۴۷±۱/۲^{a}	۲۳/۱۵±۵/۷۳^{bc}	۱۵/۲۹±۳/۴۱^{ab}	۱۱/۱۹±۱/۹۴^{a}
PUFA n-3[3]	۶/۱±۹۸/۳۹ ^{a}	۱۱/۲۴±۱/۵۸^{ab}	۱۲/۴±۲/۷۹^{a}	۱۶/۱۸±۶/۴۳^{bc}	۸/۸۴±۴/۵۳^{a}	۷/۲۵±۲/۳۱^{a}
PUFA n-6[4]	۴/۸۱±۰/۹۹ ^{a}	۶/۹۹±۱/۲۲^{a}	۸/۸۴±۳/۷۴^{ab}	۱۴/۴۷±۴/۵۲^{bc}	۱۲/۰۶±۱/۸۸^{bc}	۱۱/۸۸±۱/۴^{bc}
HUFA n-3[5]	۵/۹۸±۱/۴۲^{a}	۱۰/۲۴±۱/۳۳^{ab}	۸/۳۵±۲/۴۶^{a}	۱۴/۵۴±۵/۱۸^{bc}	۴/۵۹±۲/۲۴^{a}	۵/۹۹±۰/۱۱^{a}
sum HUFA[6]	۶/۶۴±۱/۵۶^{a}	۱۱/۱۷±۱/۲۹^{ab}	۱۰/۲۳±۲/۶۸^{ab}	۱۶/۳±۴/۶۶^{bc}	۴/۱۸±۱/۸۳^{a}	۶/۸۹±۰/۰۵^{a}
n-3/n-6	۱/۲۹±۰/۴۲^{bc}	۱/۴۷±۰/۰۷^{c}	۰/۹۷±۰/۱۳^{abc}	۰/۹۳±۰/۲۹^{abc}	۰/۳۱±۰/۲۷^{a}	۰/۵۱±۰/۰۵^{ab}
EPA[7]	۱/۳۳±۰/۱۳^{a}	۲/۲۲±۰/۴۳^{a}	۱/۹۸±۰/۶۲^{a}	۲/۵۸±۱/۳۲^{a}	۰/۷۳±۰/۵۵^{a}	۱/۰۷ ±/۴۱^{a}
DHA[8]	۴/۶۶±۲/۶۵^{a}	۸/۰۳±۳/۷۱^{a}	۶/۳۸±۲/۳۳^{a}	۶/۶۲±۲/۲۵^{a}	۳/۸۶±۱/۴۴^{a}	۴/۹۲±۱/۵۵^{a}
DHA/EPA	۳/۵±۰/۰۵^{a}	۳/۲۳±۰/۴۸^{a}	۳/۳۴±۰/۵۴^{a}	۲/۱۸±۰/۱۲^{a}	۵/۲۸±۱/۵۰^{a}	۴/۶۱±۰/۶۷^{a}

۱- sum SFA: مجموع اسیدهای چرب اشباع، ۲- sum MUFA: مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع، ۳- (sum PUFA n-3) مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع با سری-۳ ، ۴- (sum PUFA(n- 6): مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با سری ۶، 5- HUFA n-3: اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره با سری ۳، ۶-sum HUFA: مجموع اسیدهای چرب بلند زنجیره، ۷-EPA ایکوزاپنتانوئیک اسید ۸-DHA: دکوزا هگزانوئیک.

با میانگین ۴۸ واحد در میلی‌لیتر در دقیقه بود (جدول ۴).

نتایج آنالیز اسیدهای چرب کبد: نتایج آنالیز اسیدهای چرب در کبد ماهی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در غلظت مجموع اسیدهای چرب تیمارها به‌جز SFA و MUFA در تیمار ۱۰٪ و مجموع (PUFA n-6) در تیمارهای ۶ تا ۱۰ درصد لسیتین مشاهده نشد (جدول ۵).

نتایج آنالیز اسیدهای چرب عضله: نتایج آنالیز اسیدهای چرب در عضله ماهی نشان داد که بالاترین غلظت SFA، MUFA، PUFA و HUFA در ماهیان تیمار ۶ درصد لسیتین دیده شد که با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشت ($P\leq$۰/۰۵، جدول ۶).

بحث

آنزیم‌های آنتی اکسیدانی: پراکسیداسیون چربی به‌علت تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند باعث همولیز شدن خون شود (Ito *et al.*, 1999). در شرایط عادی سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی ماهی از طریق آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن جلوگیری می‌کند (Trenzado *et al.*, 2009). معمولاً سطوح بالای فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز بیانگر افزایش سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در ماهی می‌باشد (Yang *et al.*, 2010). همچنین گزارش شده که لسیتین با آنتی‌اکسیدان‌های دیگر نظیر ویتامین E عمل هم‌افزایی یا سینژیک داشته و نقش مهمی را در حفاظت از اندام‌ها در برابر پراکسیداسیون چربی‌ها و رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کند (Meng *et al.*, 2018).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد میزان ترشح آنزیم‌های کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای ۶ تا ۱۰ درصد لسیتین و همچنین ترشح آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز سرم خون با افزایش لیسیتین جیره غذایی به‌میزان ۴ الی ۶ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با مطالعه جعفری (۱۳۹۷) در مورد ماهی ازون‌برون تا حدود زیادی مشابهت داشت. نتایج مطالعه حاضر در خصوص افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های کارتالاز و سوپر اکسیداز دیسموتاز با نتایج تحقیقات قبلی نیز هم‌راستا بود (Chen *et al.*, 2015; Cai *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2015).

تحقیقات گروهی دیگر از محققین بیانگر این است که افزودن فسفولیپید به جیره می‌تواند مقاومت در برابر استرس اکسیداتیو را افزایش دهد و از اندام‌ها در برابر صدمات اکسیداتیو محافظت کند

Gao *et al*., 2014; Hamza *et al*., 2008;) Zhao *et al*., 2013) و معمولاً سطوح بالای فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز بیانگر افزایش سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در ماهی می‌باشد (Yang *et al*., 2010).

سیستم ایمنی: به‌طور کلی اسیدهای چرب از طریق چهار مکانیسم می‌توانند بر مقاومت در برابر بیماری‌های و سیستم ایمنی تأثیرگذار باشند. اولین مکانیسم تأثیر اسیدهای چرب بر ترکیب چربی‌های غشای سلول است. این موضوع می‌تواند تأثیرات مهمی بر مقاومت بیماری‌ها داشته باشد زیرا بسیاری از واکنش‌های ایمنی بر پایه عکس‌العمل‌های غشای لوکوسیت‌ها (بیگانه‌خواری، اتصال آنتی‌ژن-آنتی‌بادی و مراحل فعال‌سازی واکنش‌های ایمنی شامل تولید سایتوکین‌ها) می‌باشد. دومین مکانیسمی که اسیدهای چرب از طریق آن می‌توانند بر پاسخ‌های ایمنی اثرگذار باشند، تأثیر بر انتقال پیام‌های سلولی است که ممکن است به‌دلیل تأثیر بر پروتئین کیناز C باشد. مکانیسم سوم که اسیدهای چرب از طریق آن بر فعالیت‌های ایمنی تاثیرگذار هستند تولید ایکوزانوئیدها از اسیدهای چرب غیر استره ARA، EPA، DHA و DHGLA دی هوموگاما لینولنیک اسید (۶-۳n :۲۰) می‌باشد. اسیدهای چرب از طریق تأثیر بر بیان ژن‌های وابسته به ایمنی نیز می‌توانند بر واکنش‌های ایمنی مؤثر باشند (Montero *et al*., 2015). اثرات لسیتین بر ایمنی ماهی ممکن است به میزان و نوع اسید چرب موجود در جیره نیز مرتبط باشد، به‌طوری که افزایش اسید چرب امگا-۶ روی سیستم ایمنی در مهره‌داران عالی مؤثر می‌باشد (Yqoob and Calder, 1996; Calder, 2007). Chen همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه دیگری افزایش فعالیت لیزوزیم و ارتقای سیستم ایمنی در ماهی کپور علفخوار را مرتبط به وجود کولین در فسفولیپید جیره عنوان کردند.

در مطالعه حاضر میزان آنتی‌بادی کل سرم و فعالیت لیزوزیم تقریباً در کلیه تیمارهای حاوی لسیتین به‌خصوص در تیمار ۶ درصد لسیتین افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه جعفری و همکاران (۱۳۹۷) در مورد ماهی ازون‌برون جوان کاملاً مطابقت داشت. در مطالعه حاضر نیز میزان اسیدهای چرب امگا-۶ در جیره و همچنین در کبد و عضله ماهی تحت تیمار ۶ الی ۱۰ درصد لسیتین به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بالاتر بود که می‌تواند یکی از علل بالاتر بودن پاسخ ایمنی در تیمارهای۱۰-۶ درصد لسیتین باشد و از طرف دیگر لسیتین سویا دارای درصد بالایی از کولین است که در ارتقای ایمنی ماهی تأثیر ویژه ایفا می‌کند.

ترکیب اسیدهای چرب: ترکیب جیره غذایی می‌تواند پروفیل اسیدهای چرب در کبد و عضله ماهی را تحت تاثیر قرار دهد (Tocher *et al*., 2003; Peng *et al*., 2008; Sun *et al*., 2011; Dorta *et al*., 2013). ارتباط بین سطح چربی جیره غذایی با محتوی چربی لاشه در واقع به‌سطح انرژی حاصل از چربی مربوط است (DU *et al*., 2005). همچنین افزایش سطح چربی بدن می‌تواند متأثر از میزان غذای خورده شده باشد بدین‌صورت که ماهی که غذای کمتر مصرف کرده مقدار چربی کمتری هم دریافت کرده است (Uyan *et al*., 2009). میزان رطوبت لاشه با افزایش چربی لاشه در ماهیان تغذیه شده با فسفولیپید کاهش یافته که این نسبت معکوس بین چربی و رطوبت لاشه در سایر ماهیان نیز گزارش شده است (Jobling *et al*., 2001). سنتز، ذخیره و نقل و انتقال چربی‌ها در بدن توسط لیپوپروتئین‌ها تحت تأثیر پروفایل اسید چرب و چربی بدن ماهیان قرار دارد (Tocher, 2003).

در تحقیق حاضر مقدار EPA و DHA در تیمارهای ۲ الی ۶ درصد لسیتین در مقایسه با شاهد افزایش داشت ولی در درصدهای بالاتر لسیتین کاهش داشتند که با یافته‌های Gao و همکاران (۲۰۱۴) و جعفری و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت و مقادیر نسبتاً پایین EPA **و** DHA در عضله

و کبد ماهی در تیمارهای ۸ و ۱۰ درصد لسیتین نشانگر استفاده شدن سریع این اسیدهای چرب حیاتی در این جیره‌ها می‌باشد. تغییرات مثبت ایجاد شده در پروفایل اسیدهای چرب در کبد و عضله تاسماهی ایرانی در این تحقیق ناشی از افزودن ۲ الی ۶ درصد لسیتین به جیره غذایی ماهی، با نتایج مطالعات محققین دیگری مانند Uyan و همکاران (۲۰۰۹) و Zhao و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. نتایج مطالعه حاضر در تیمارهای فوق با نتایج تحقیق پورعلی و همکاران (۱۳۹۱) در زمینه تأثیر مثبت افزودن لسیتین در جیره غذایی بر افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع n-3 و n-6 در لاشه تاسماهی ایرانی و همچنین با نتایج تحقیق فلاحتکار و همکاران (۱۳۹۸) در خصوص بی‌تأثیر بودن لسیتین جیره بر میزان اسیدهای چرب SFA (به‌جز در تیمار ۱۰٪ لسیتین) در بدن تاسماهی سیبری، مشابهت دارد. در تحقیق جعفری (۱۳۹۷)، افزودن لسیتین به جیره غذایی ماهی ازون‌برون در سطح ۱۰-۶ درصد باعث افزایش مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع n-3 و n-6 در عضله و کبد ماهیان شده است در حالی‌که در مطالعه حاضر بر اسیدهای چرب n-3 کبد تأثیر معنی‌دار نداشته و در عضله ماهی فقط در محدوده ۴-۶ درصد معنی‌دار بود. این اختلاف ممکن است به‌دلیل متفاوت بودن گونه یا سن ماهی در دو تحقیق باشد. همچنین در مطالعه حاضر مشابه یافته‌های نوری و همکاران (۱۳۹۷) در مورد ماهی ازون‌برون، تاسماهی ایرانی نیز قابلیت طویل‌سازی و غیر اشباع‌سازی اسیدهای چرب لینولئیک و آلفا لینولنیک را به اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک (DHA) دارد و می‌تواند این اسیدهای چرب را برای سوخت و ساز استفاده کند. MUFA به‌عنوان اسیدهای چرب اصلی و منبع انرژی زا برای رشد و نمو چندین گونه ماهی خاویاری مانند تاسماهی سفید (Badiani *et al*., 1997)، فیل ماهی (Ghomi *et al*., 2013) گزارش شده است.

در مطالعه حاضر همزمان با افزایش فسفولیپید در جیره به ۱۰ درصد، میزان اسیدهای چرب اشباع کبد افزایش یافت این افزایش شاید با پایین بودن قابلیت هضم این اسیدهای چرب و در نتیجه کاهش فعالیت لیپولیتیکی در ارتباط باشد (Caballero *et al*., 2002) اما در مقابل میزان اسیدهای چرب اشباع در عضله بسیار کمتر از میزان آن‌ها در جیره غذایی بوده که نشان‌دهنده اکسیداسیون این اسیدهای چرب جهت تولید انرژی است. مهمترین تأثیر فسفولیپید بر اسیدهای چرب کبد و عضله افزایش درصد اسیدهای چرب n6 به‌خصوص 18:2n6 در جیره‌های ۶-۱۰ درصد می‌باشد که با نتایج Hamez و همکاران (۲۰۰۸)، همخوانی دارد که بیان داشتند افزودن ۹٪ فسفولیپید به جیره لارو سوف *Sander lucioperca* مقدار HUFA-3n لاشه در مقایسه با مقدار آن در غذا بالا بوده و سطوح پایین آن در جیره می‌تواند بلند زنجیرسازی اسیدهای چرب ۱۸ کربنه را توجیه کند.

در این تحقیق مقدار کل متیل استرهای اسیدهای چرب در بافت کبد نسبت به عضله و جیره غذایی بیشتر بوده که این امر احتمالاً به‌دلیل سنتز بیشتر اسیدهای چرب اشباع در کبد و سپس تبدیل آن به اسیدهای چرب تک غیراشباع می‌اشد که می‌تواند از دلایل بالا بودن میزان این اسیدهای چرب هم در کبد و هم در عضله ماهی باشد. اسیدهای چرب غیراشباع به‌عنوان منبع پر انرژی برای رشد و نمو در گونه‌های دیگر ماهی خاویاری از جمله تاسماهی سفید، تاسماهی آدریاتیک (Badiani *et al*., 1997)، تاسماهی سیبری (Nieminen *et al*., 2014) و فیل ماهی (Ghomi *et al*., 2013) گزارش شده است.

به‌طور کلی از نتایج مطالعه نشان داد که افزودن لسیتین به جیره غذایی به میزان ۶ الی ۱۰ درصد، موجب تقویت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی و مقاومت ماهی در برابر استرس اکسیداتیو و همچنین

باعث تقویت سیستم ایمنی تاسماهی جوان ایرانی از طریق افزایش آنتی‌بادی کل و فعالیت لیزوزیم در بدن ماهی می‌شود. افزودن ۶ درصد لسیتین به جیره غذایی، موجب افزایش مجموع درصد اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در عضله تاسماهی ایرانی می‌شود. بنابراین می‌توان ادعا نمود که افزودن ۶ درصد لسیتین سویا به جیره تاسماهی ایرانی می‌تواند بهره‌وری جیره را به میزان قابل توجهی ارتقا دهد.

تشکر و قدر دانی

انجام این تحقیق مدیون همکاری‌های صمیمانه اساتید و پرسنل پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروی دانشگاه ارومیه می‌باشد. همچنین از معاونت توسعه آبزی‌پروری سازمان شیلات ایران به‌خاطر تأمین هزینه‌های اجرای پژوهش تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

آق ن.، نوری ف.، مرشدی و.، محمدیان ت.، مرمضی ج. ۱۳۹۵. اثرات مکمل سازی جداگانه و ترکیبی *Lactobacillus plantarum* با زایلواولیگوساکارید جیره بر عملکرد رشد، ترکیب بیو شیمیایی لاشه و پاسخ‌های فیزیولوژیک بچه ماهی صبیتی، مجله علوم وفنون دریایی. ۱۷(۲): ۵۰-۴۹.

پورعلی فشتمی ح.، پژند ذ.، پیکیران مانا ن.، سهیل نقشی س.، یزدانی م.ع. ۱۳۹۱. بررسی اثر لسیتین سویا بر شاخص‌های رشد، درصد بازماندگی و ترکیب شیمیایی لاشه بچه تاس ماهیان ایرانی. مجله توسعه آبزی‌پروری. ۷(۱): ۱۵.

فلاحتکار ب.، اروجی ح.، عفت پناه ا.، علیزاده ح. ۱۳۹۸. تاثیر سطوح مختلف اسید مالیک بر شاخص های خونی، بیوشیمیایی و ایمنی بچه تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*). نشریه شیلات (مجله منابع طبیعی ایران). ۷۲(۴): ۴۲۰.

عابدیان کناری ع.، خواجوی م.، زمانی ع. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر ویتامین C جیره غذایی در رشد، ترکیب شیمیایی بدن و فعالیت برخی از آنزیم های آنتی اکسیدانی بچه ماهی نوری آزاد دریای خزر (*Salmo truttacaspius*). نشریه شیلات، ۶۸(۳): ۳۷۶.

محسنی م.، حسن پور س.، طاعتی ر.، علی پور ع.، یوسفی ا. ۱۳۹۸. اثر اسیدهای آمینه لیزین و متیونین جیره بر شاخصهای رشد، خون، آنزیم های کبدی و واکنشهای ایمنی فیل ماهی (*HusoHuso*). فصلنامه تغذیه آبزیان. ۵(۲): ۱۴۸.

نوری ف.، آق ن.، جعفری ف.، توکمه چی ا. ۱۳۹۷. اثرات سطوح مختلف فسفولیپید بر ترکیب اسیدهای چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی ازون برون، پژوهش‌های‌ماهی شناسی کاربردی، ۷(۱): ۳۶.

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

Calder P.C. 1996. Effects of fatty acids and dietary lipids on cells of the immune system. *Proceedings of the Nutrition Society* 55, 127-150.

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

Caballero M.J., Robaina L., Montero D., Fernández A., Izquierdo M. 2006. Vegetable lipid sources in vitro biosyntheis of triacylglycerols and phospholipids in the intestine of sea bream (*Sparus aurata*). *British Journal of Nutrition* 95, 448-454.

Cai Z., Feng S., Xiang X., Mai K., Ai Q. 2016. Effects of dietary phospholipid on lipase activity, antioxidant capacity and lipid metabolism-related gene expression in large yellow croakerlarvae (*Larimichthys crocea*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 201, 46-52.

282.
Halver J.E. 2002. The vitamins. In: Halver. J.E., Hardy. R.W. (Eds.). Fish Nutrition. 3rd ed Academic Press. San Diego. pp. 61-141.
Han T., Li X., Wang J., Hu S., Jiang Y., Zhong X. 2014. Effect of dietary lipid level on growth, feed utilization and body composition of juvenile giant croaker (*Nibea japonica*). *Aquaculture* 434, 145-150.
Ito T., Murata H., Tsuda T., Yamada T., Yamauchi K., Ukawa M., Yamaguchi T., Yoshida T., Sakai T. 1999. Effects of α-tocopherol levels in extrusion pellets on in vivo lipid peroxidation levels and antioxidant activities in cultured yellowtail *Seriola quinqueradiata* injected with the causative bacteria of fish jaundice. *Fisheries Science* 65, 679-683.
Jobling M. 2001. Nutrient partitioning and the influence of feed composition on body composition. Food Intake in Fish 25(4), 354-375.
Kamalam B.S., Medale F., Larroquet L., Corraze G., Panserat S. 2013. Metabolism and fatty acid profile in fat and lean rainbow trout lines fed with vegetable oil: effect of carbohydrates. PloS ONE 8, e76570.
Lall S.P. 2002. The minerals. In: Halver J.E., Hardy. R.W. (Eds.). Fish Nutrition. 3rd ed. Academic Press. San Diego. pp. 259-308.
Li X.-F., Liu W.-B., Lu K.-L., Xu W.-N., Wang Y. 2012. Dietary carbohydrate/lipid ratios affect stress, oxidative status and non-specific immune responses of fingerling blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish & Shellfish Immunology* 33, 316-323.
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.
Lin S.-M., Li F.-J., Yuangsoi B., Doolgindachbaporn S. 2018. Effect of dietary phospholipidlevels on growth, lipid metabolism and antioxidative status of juvenile hybrid snakehead (*Channa argus* × *Channa maculata*). *Fish Physiology and Biochemistry* 44, 401-410
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. 2015. Exogenous phospholipids supplementation improves growth and modulates immune response and physical barrier referring to NF-κB. TOR. MLCK and Nrf2 signaling factors in the intestine of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella)*. *Fish & Shellfish Immunology* 47, 46-62.
Du Z.Y., Liu Y.J., Tian L.X., Wang J.T., Wang Y., Liang G.Y. 2005. Effect of dietary lipid level on growth, feed utilization and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition* 11, 139-146.
Fontagne S., Burtaire L., Corraze G. & Bergot. P. 2000. Effects of medium change chain triacylglycerols (tricaprylin and tricaproin) and phospholipid supply on survival, growth and lipid metabolism in common carp (*Cyprinuscarpio* L.) larvae. *Aquaculture* 190, 289-303.
Fontagne S., Geurden I., Escaffre A.M., Bergot P. 1998. Histological changes induced by dietary phospholipids in intestine and liver of common carp (*Cyprinuscarpio* L.) larvae. *Aquaculture* 161(1-4), 213-223.
Gao J., Koshio S., Nguyen B.T., Wang W.M., Cao X.J. 2014. Effects of dietary phospholipid levels on growth performance, fatty acid composition and antioxidant responses of Dojo loach *Misgurnus anuillicaudatus* larvae. *Aquaculture* 426-427, 304-309.
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, 1-8.
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 (*Sparusaurata*) larvae. *Aquaculture* 217, 577-588.
Hamza. N., Mhetli. M., Khemis. I.B., Cahu. C., Kestemont. P. 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture* 275, 274-

Koven W. M., Kolkovski S., Tandler A., Kissii G. W., Sklan D. 1993. The effect of dietary lecithin and lipase as a function o f age on n-9 fatty acid incorporation in the tissue lipids of Sparusaurata 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 Reseach* 25, 1391-1396

Liu J., Caballero M.J., Izquierdo M., Ali E-S.T., Hernandez-Cruz M., Valencia A., Fernandez-Palacios H. 2002. Necessity of dietary lecithin and eicosapentaenoic acid for growth. Survival, stress resistance and lipoprotein formation in Gilthead Sea bream *Sparusaurata. Fisheries Science* 68, 1165-1172.

Meng Q., Sun S., Sun Y., Li J., Wu D., Shan A., Shi B., Cheng B. 2018. Effects of dietarylecithin and l-carnitine on fatty acid composition and lipid-metabolic genes expression in subcutaneous fat and longissimus thoracis of growing-finishing pigs. *Meat Science* 136, 68-78.

Montero D., Benitez-Dorta V., Caballero M.J., Ponce M., Torrecillas S., Izquierdo M., Zamorano M.J., Manchado M. 2015. Dietary vegetable oils: effects on the expression of immune-related genes in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) intestine. *Fish & Shellfish Immunology* 44, 100-108.

Nieminen P., Westenius E., Halonen T., Mustonen A.-M. 2014. Fatty acid composition in tissues of the farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Food Chemistry* 159, 80-84.

Olsen R.E., Myklebust R., Kaino T. & Ringo E., 1999. Lipid digestibility and ultrastructural changes in the enterocytes of Arctic char (*Salvelinus alpines L.*) fed linseed oil and soybean lecithin. *Fish Physiology and Biochemistry* 21, 35-44.

Panserat S., Hortopan G., Plagnes-Juan E., Kolditz C., Lansard M., Skiba-Cassy S., Esquerré D. Geurden I., Médale F., Kaushik S., Corraze G., 2009. Differential gene expression after total placement of dietary fish meal and fish oil by plant products in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver. *Aquaculture* 294(1-2), 123-131.

Peng S., Chen L., Qin J.G., Hou J., Yu N., Long Z., Ye J., Sun X. 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). *Aquaculture* 276, 154-161.

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 sea bream (*Sparusaurata*). *Aquaculture* 179, 253-263.

Saravanan S., Geurden I., Figueiredo-Silva. A.C., Kaushik S.J., Haidar M.N., Verreth J.A., Schrama J.W. 2012. Control of voluntary feed intake in fish: a role for dietary oxygen demand in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with different macronutrient profiles. *British Journal of Nutrition* 108, 1519-1529.

Sargent J.R., Bell G., MCEvoy L., Tocher D. 1999.Recrnt developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquacultre* 177, 191-199

Sargent J., Tocher D., Bell J. 2002. The Lipids in Fish Nutrition 3rd edn. (eds Halver J.E., Hardy R.W.) Ch. 4. 181-257. Elsevier Science.

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.

Siwicki A K., Anderson D.P., Rumsey G.l., 1994. Directory intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunclosis. V*eterinary Immunology and Immunopathology* 41, 125-139.

Tidwell J.H., Allan G.L. 2002. Fish as food: aquaculture's contribution. World Aquaculture. 33: 44–48

Tocher D.R. 1995. Glycerophospholipid metabolism. In: Hochachka P.W., Mommsen T.P. (Eds.). *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* 4, 119-157.

Tocher D.R., Bell J.G., Dick J.R., Crampton. V.O. 2003. Effects of dietary vegetable oil on Atlantic salmon hepatocyte fatty acid desaturation and liver fatty acid

compositions. *Lipids* 38, 723-732.

Tocher D.R. 2008. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science* 11, 107-184.

Trenzado C.E., Morales A.E., Palma J.M., de la Higuera M. 2009. Blood antioxidant defenses and hematological adjustments in crowded/uncrowded rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets with different levels of antioxidant vitamins and HUFA. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 149, 440-447.

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.

Wang L.-N., Liu W.-B., Lu K.-L., Xu W.-N., Cai D.-S., Zhang C.-N., Qian Y. 2014. Effects of dietary carbohydrate/lipid ratios on non-specific immune responses, oxidative status and liver histology of juvenile yellow catfish Pelteobagrus fulvidraco. *Aquaculture* 426, 41-48.

Yang X., Wang J., Fan P., Zhao L., Cheng Y., Wu X., Zeng C. 2010. Survival, growth, sexual maturity and tissue histamine accumulation of the mysis, *Neomysis awatschensis* and *N. japonica* Nakazawa, fed histamine supplemented diets. *Aquaculture* 302(3-4), 256-260.

Zhao J.Z., Ai Q.H., Mai K.S., Zuo R.T., Luo Y.W., 2013. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker, Larmichthyscrocea larvae. *Aquaculture* 410, 122-128.

Zhou C., Ge X., Lin H., Niu J. 2014. Effect of dietary carbohydrate on non-specific immune response, hepatic antioxidative abilities and disease resistance of juvenile golden pompano (*Trachinotus ovatus*). *Fish & Shellfish Immunology* 41, 183-190.

Determining optimal level of dietary lecithin on improving growth and immune system of *Acipenser persicus*

Mohammad Kazem Seidi Ghomi[1], Farzaneh Noori[*1], Naser Agh[1], Hosseinali Abdolhay[2], Enric Gisbert[3]

[1]Department of Biology and Aquaculture, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran.
[2]Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran, Iran.
[3]Aquaculture Program, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA), Sant Carles de la Ràpita.
*Corresponding author: f.noori@urmia.ac.ir
Received: 2022/12/3 Accepted: 2023/2/19

Abstract

The aim of this study was to determine the appropriate range of Lecithin in the diet of *Acipenser persicus* to improve growth and immune system. A total of 420 specimens with an average weight of 85g according to similar studies were fed with 6 feeding treatments containing without lecithin and included 2. 4. 6. 8 and 10% soybean lecithin for 10 weeks. Finally, blood, serum, liver, muscle and carcasses of fish were sampled for testing immune parameters, hematology, antioxidant enzymes and fatty acid profile. The results showed the activity of catalase (CAT) antioxidant enzymes, Superoxide dismutase (SOD) increased with increasing lecithin up to 6% and glutathione peroxidase (GPX) with increasing lecithin up to 10% of the diet compared to control. Dietary 4 and 6 percent lecithin had a significantly positive effect on the secretion of total antibody and lysozyme activity, respectively. Total SFA and MUFA increased significantly in the fish liver by increasing dietary lecithin by up to 10% and in fish muscle by increasing up to 6%. Higher levels of n-3 PUFA and n-6 PUFA were detected in the fish liver in groups fed on 2 and 6 percent lecithin, respectively. However, higher levels of n-3 HUFA and total HUFA were detected in fish liver fed 2% lecithin and in fish muscle fed 6% lecithin. It was concluded that increasing soy lecithin (up to 10 %) in the diet of Persian sturgeon, improves the activity of the antioxidant enzymes, immunity indicators and the profile of fish muscle fatty acids.

Keywords: Antioxidant enzymes, Fatty acids, Immune indices, Persian sturgeon, Lecithin.