اثرات تغذیه با روغن ماهی اکسید شده بر رشد و متابولیسم چربی در تاسماهی هیبرید (♂*Huso hus* × ♀*Acipenser ruthenus*)

سلیمان حسن‌پور[۱]، امیر پرویز سلاطی[۱*]، بهرام فلاحتکار[۲،۳]، حمید محمدی آذرم[۱]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
۳. گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۵ تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۵

چکیده

اکسید شدن چربی در جیره غذایی ماهی، در اثر ورود اکسیژن، درجه حرارت بالا و کاتالیزورهای فلزی، امری معمول است. در مطالعه‌ی حاضر، اثرات تغذیه با جیره حاوی روغن ماهی اکسید شده بر شاخص‌های رشد و متابولیسم چربی در تاسماهی هیبرید (♀*Acipenser ruthenus* ×♂*Huso huso*) جوان، مورد بررسی قرارگرفت. برای انجام این آزمایش، ۳ رژیم غذایی مختلف شامل گروه شاهد (فاقد روغن اکسید شده)، گروه OFO_{50} (۵۰٪ روغن اکسید شده)، گروه OFO_{100} (۱۰۰٪ روغن اکسید شده)، طراحی شد. ۹۰ قطعه تاسماهی هیبرید جوان با میانگین وزن اولیه ۰/۷ ± ۲۱۲/۶ گرم، پس از ۲ هفته سازگاری با جیره غذایی طراحی شده و شرایط آزمایشی، به صورت تصادفی در ۹ مخزن فایبرگلاس ۲ متر مکعبی با حجم آبگیری ۷۰۰ لیتر، ذخیره سازی شدند. غذادهی سه بار در روز در ساعات ۸:۰۰، ۱۴:۰۰ و ۲۰:۰۰ بر حسب اشتها در طول دوره انجام شد. پس از ۶ هفته، جهت سنجش شاخص‌های رشد و متابولیک خون، نمونه‌برداری انجام شد. تاثیر سوء بر برخی شاخص های رشد در هر دو گروه تغذیه شده با جیره حاوی روغن اکسید شده در مقایسه با شاهد، مشاهده شد ($P< ۰/۰۵$). همچنین کاهش معنی‌دار کلسترول و تری‌گلیسیرید خون در گروه OFO_{100} مشاهده‌شد. ($P< ۰/۰۵$). نتایج این تحقیق نشان داد که تغذیه تاسماهی هیبرید با جیره حاوی روغن ماهی اکسید شده، موجب تاثیر منفی بر متابولیسم چربی این ماهی می‌شود؛ که همین موجب اختلال در فیزیولوژی بدن می‌شود.اگرچه افزایش جزئی در درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه مشاهده شد، اما نامطلوب بوده و می‌توان گفت افزایش جزئی رشد، مربوط به افزایش چربی احشایی بوده است.

واژه های کلیدی: چربی اکسید شده، تاسماهی هیبرید، رشد، متابولیسم چربی

* نویسنده مسوول، پست الکترونیک: salatia@gmail.com

۱.مقدمه

یکی از اجزای غذایی اصلی در ترکیبات جیره-غذایی برای ماهیان به خصوص ماهیان گوشتخوار، روغن ماهی است که از استخراج روغن کل بدن ماهی یا ضایعات آن به‌دست می‌آید (Karalazos, 2007). روغن ماهی تقریباً یک منبع بی نظیر از اسیدهای چرب ضروری، به ویژه اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر سری n-3 است که هضم پذیری بالایی دارد و ۱۰ تا ۲۵ درصد کل اسیدهای چرب را دربرمی‌گیرد (Hung et al., 1993; Karalazos, 2007). در سال‌های اخیر، افزایش مقدار چربی در جیره‌های تجاری، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Ogata and Shearer, 2000).

چربی ممکن است موجب صرفه‌جویی در تبدیل پروتئین و در نتیجه بهبود ضریب تبدیل غذایی و رشد گردد (Lus et al., 2009; Xiang et al., 2010) این درحالی است که چربی زیاد در جیره، سبب کاهش مصرف غذا و در نتیجه کاهش رشد و بازده غذایی می‌شود (Silverstein et al., 1999; Stavros et al., 2010). وجود مقدار قابل توجهی از اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن ماهی سبب می‌گردد تا روغن ماهی در مقابل فساد ناشی از اکسیداسیون بسیار حساس و آسیب پذیر باشد (Vicetti et al., 2003). اکسید شدن چربی در جیره غذایی ماهی امری معمول است. اکسیداسیون روغن ماهی در اثر واکنش مستقیم بین روغن ماهی و مولکول‌های اکسیژن که به‌وسیله رادیکال‌های آزاد کاتالیز می‌شود، رخ می‌دهد. اکسیداسیون لیپید در جیره ماهی، به‌ویژه در نبود مقدار کافی آنتی اکسیدان‌ها، رشد و ایمنی ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Baker and Davies, 1997; Ogata and Shearer, 2000). در اثر ورود اکسیژن، درجه حرارت بالا و کاتالیزورهای فلزی، اسیدهای چرب مستعد به فساد اکسیداتیو به شکل محصولات مختلف سمی از جمله هیدروپروکسیدها، رادیکال اسید چرب آلوکسی، کتون ها و آلدهیدها می‌شود (Howell et al., 1998). ترکیبات حاصل از اکسیداسیون و واکنش هیدرولیتیک چربی‌ها، بو، طعم، رنگ بافت، ارزش غذایی و به طور کلی کیفیت ماهی را دستخوش تغییر می‌کند و باعث عدم مطلوبیت ماهی برای مصرف کننده می‌شود (Tocheret al., 2003; Han et al., 2012). از سوی دیگر محصولات فوق، باعث آسیب رساندن به اجزای سلولی مانند اسیدهای چرب، پروتئین‌ها و DNA و در نتیجه تاثیر بر تمامی سلول‌ها می‌شود (Mates et al., 1999). در ماهی، علایم مربوط به مصرف چربی‌های اکسید شده شامل کاهش مصرف غذا، کاهش بقا، اختلال در رشد، همولیز و انحطاط و تغییر شکل‌های اسکلتی است (Lewis-McCrea and Lall., 2007; Hamre et al., 2001; Stavros et al., 2010).

تاس ماهیان (Acipenseridae) یا ماهیان خاویاری که ماهیان غضروفی- استخوانی نیز نامیده می-شوند، از دسته ماهیان غضروفی دوران اولیه هستند که حدود ۲۵۰ میلیون سال قدمت دارند (Hung et al., 1981). به دلیل ارزش اقتصادی و غذایی بسیار بالای آنها در تولید گوشت و خاویار از یک سو و کاهش میزان ذخایر این ماهیان در اکثر زیستگاه های طبیعی از سوی دیگر، تکثیر و پرورش آنها از سال ها پیش مورد توجه بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته و پیشرفت‌های چشم‌گیری در طی چند سال اخیر به همراه داشته ولی علیرغم این پیشرفت‌ها، اطلاعات کافی در مورد نیازهای تغذیه ای، تکنولوژی ساخت و ترکیبات غذایی آنها وجود ندارد (Cowey, 1984). ماهیان خاویاری با توجه به نرخ رشد بالا، بزرگ بودن اندازه بدن و قدرت سازگاری بالا در محیط، دارای پتانسیل بالایی برای آبزی پروری در سراسر جهان هستند (Bronzi et al., 2011). در این بین، در صنعت پرورش ماهیان

خاویاری، توجه به گونه‌های هیبرید خاویاری که از سرعت رشد بالاتر، مقاومت به بیماری، سازگاری بهتر با محیط پرورشی و درصد بازماندگی بیشتر جهت تولید بهتر ماهیان خاویاری برخوردارند، توجه زیادی می‌شود. در مورد تاسماهی هیبرید (*Huso huso* ♂× *Acipenser ruthenus*♀) مطالعات بسیار محدودی در مورد این گونه انجام شده است. برخلاف بیشتر مطالعات انجام شده در ماهیان خاویاری که تاثیر اکسیداسیون چربی جیره، بر رشد و عوامل بیوشیمیایی خون ماهیان با سنین پائین‌تر و دوران لاروی و انگشت قد انجام گرفته است، در این مطالعه ، سایز ماهی، پرواری انتخاب شده تا اثر تغذیه با جیره حاوی چربی اکسید شده در این مرحله از زندگی ماهی نیز مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه، سعی بر آن شده که با به کار بردن روغن ماهی کیلکای اکسید شده در جیره این ماهی، اثرات تغذیه با روغن اکسید شده موجود در جیره بر شاخص‌های رشد و متابولیسم چربی این ماهی مورد بررسی قرار گیرد تا با درک بهتر تغییرات حاصله، بستری برای انجام مطالعات دیگر در این ماهی فراهم گردد.

۲. مواد و روش ها

در مطالعه حاضر، تعداد ۹۰ عدد تاسماهی هیبرید جوان با میانگین وزنی ۰/۷ ± ۲۱۲/۸ گرم به صورت تصادفی به ۹ مخزن فایبرگلاس (۱۰ =n)، با حجم ۲ متر مکعب و حجم آبگیری ۷۰۰ لیتر در سالن سر پوشیده‌ی ونیروی مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید بهشتی واقع در سد سنگر، معرفی شده و به مدت ۲ هفته جهت سازگاری با محیط آزمایشی با جیره پایه تغذیه شدند. طول دوره آزمایش ۶ هفته و غذادهی به صورت روزانه، ۳ نوبت بر حسب اشتها (ساعات۸:۰۰، ۱۴:۰۰ و ۲۰:۰۰) انجام گرفت. سیستم آبرسانی به صورت آبشار با دبی (۲ ± ۱۰ لیتر بر دقیقه) وارد هر مخزن شده و از خروجی مرکزی خارج می‌شد. سیستم خروجی مخازن طوری طراحی شده بود که ارتفاع آب در تمام مخزن‌ها یکسان بود. آب مورد استفاده در این آزمایش، از سیستم آبرسانی مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری دکتر شهید بهشتی تامین شد. آب مورد استفاده این مجتمع از رودخانه سفید رود به استخر رسوب گیر بتنی با مساحت ۲ هکتار وارد شده، سپس به کل مجتمع پمپاژ می‌شد. روشنایی دائمی (۲۴ ساعت نور) با استفاده از نور مصنوعی در محیط کارگاه تامین شده‌بود. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در طول دوره به صورت روزانه مورد سنجش قرار گرفتند. دمای آب ۰/۲۹ ± ۱۶/۷۲ درجه سانتی‌گراد و pH آب ۰/۱۱ ± ۷/۱۳ و میزان اکسیژن محلول ۰/۰۷ ± ۹/۵۳ میلی‌گرم در لیتر تعیین شد. گروه‌های آزمایشی در مطالعه‌ی حاضر به صورت ۳ تیمار (۰، ۵۰، و ۱۰۰٪ روغن اکسید شده‌ی جیره) و هر تیمار ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بدین صورت که، اقلام غذایی تهیه شده و پس از تنظیم فرمول غذایی (جدول ۱)، ابتدا اجزای غذایی غربال شده و با هم مخلوط شدند؛ سپس روغن ماهی به مخلوط اضافه شد. جهت اکسید کردن روغن ماهی مورد استفاده در مطالعه حاضر، روغن ماهی کیلکای بدون آنتی اکسیدان خریداری شده از شرکت قائم ساحل پودر (رشت، ایران) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در معرض هوادهی شدید قرارگرفت (Koshio et al., 1994). برای اطمینان از اکسید شدن چربی، مقدار پراکسید (POV) اندازه گیری شد (جدول ۲). سپس بعد از اضافه کردن آب و تشکیل ماده خمیری، به‌وسیله چرخ گوشت صنعتی چرخ شده، در نهایت رشته‌های غذایی به قطر ۵-۴ میلی متر تهیه و روی سینی قرار

داده شده؛ سپس در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شد.

جدول۱. اجزای جیره غذایی مورد استفاده در مطالعه حاضر

	جیره‌های آزمایشی		
ترکیبات جیره (درصد)	شاهد	OFO_{50}	OFO_{100}
پودر ماهی	۶۰	۶۰	۶۰
کنجاله سویا	۸	۸	۸
آرد گندم	۱۰	۱۰	۱۰
پودر گوشت	۵	۵	۵
روغن ماهی	۱۰	۵	۰
روغن ماهی‌اکسید شده	۰	۵	۱۰
ملاس چغندرقند	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل ویتامینه۱	۲/۵	۲/۵	۲/۵
مکمل معدنی۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ماسه بادی	۱/۵	۱/۵	۱/۵

[1]شرکت لابراتورهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس ویتامینه حاوی ۱۶۰۰۰۰ IU ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ IU ویتامین D_3، ۴۰ گرم ویتامین E، ۲ گرم ویتامین K_3، ۶ گرم تیامین، ۸ گرم ریبوفلاوین، ۱۲ گرم کلسیم پنتتونات، نیاسین ۴۰ گرم، پیریدوکسین ۴ گرم، اسید فولیک، ۲ گرم، سیانوکوبالامین ۸ گرم، ۰/۲۴ گرم H_2، ۶۰ گرم ویتامین C، ۲۰ گرم اینوزیتول و ۲۰ گرم BHT است.

[2]شرکت لابراتورهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس معدنی حاوی ۲۶ گرم آهن، ۱۲/۵ گرم روی، ۲ گرم سلنیوم، ۴۸۰ میلی گرم کبالت، ۴/۲ گرم مس، ۱۵/۸ گرم منگنز، ۱ گرم ید و ۱۲ گرم کولین کلراید است.

سنجش ترکیبات شیمیایی (پروتئین، چربی و خاکستر) جیره ساخته‌شده در انتهای دوره پروش به روش AOAC (2000) و پروتئین به روش کجلدال (N×۶/۲۵) اندازه گیری شد. چربی به روش سوکسله و با حلال دی‌اتیل‌اتر وخاکستر با سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی گراد کوره الکتریکی انجام شد (جدول ۳).

کلیه تیمارها به مدت ۶ هفته با استفاده از جیره‌های ذکر شده تغذیه‌شدند. در انتهای دوره آزمایشی همه ماهیان زیست سنجی شدند. وزن ماهیان با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و طول کل با استفاده از تخته بیومتری با دقت ۰/۱ سانتی متر اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد مورد بررسی شامل میانگین افزایش وزن بدن (WG)، ضریب چاقی (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR)، شاخص احشایی (VSI) و شاخص کبدی (HSI) بود.

جدول۲. شاخص اکسیداسیون چربی در روغن ماهی مورد استفاده در مطالعه‌ی حاضر

شاخص‌های اکسیداسیون	روغن ماهی عادی	روغن اکسید شده
POV (meq/kg)	۲/۷ ± ۰/۰۵۶	۴۱۰/۲۸ ± ۱۷/۲۱
MDA (mol/kg)	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۵	۷/۳۳ ± ۰/۱۹

جدول ۳ ترکیب شیمیایی غذای استفاده شده در آزمایش حاضر

درصد در وزن‌تر	OFO_{100}	OFO_{50}	شاهد
چربی	۱۸/۲۸ ± ۰/۲۸	۱۸/۷۴ ± ۰/۴۰	۱۸/۹۹ ± ۰/۳۹
پروتئین	۴۴/۵۱ ± ۰/۳۰	۴۴/۷۳ ± ۰/۲۶	۴۴/۳۵ ± ۰/۱۱
رطوبت	۷/۴۹ ± ۰/۰۵	۸/۳۰ ± ۰/۰۳	۷/۸۵ ± ۰/۲۸
خاکستر	۱۳/۷۶ ± ۰/۱۴	۱۲/۶۹ ± ۰/۱۱	۱۲/۳۴ ± ۰/۱۲

این شاخص‌ها در انتهای دوره‌ی آزمایش براساس فرمول‌های استاندارد محاسبه شدند (Hung et al., 1993):

$$\%WG = 100 \times (W_f - W_i)\, W_i^{-1}$$

$$SGR\ (\%\ day) = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i)\, t^{-1}$$

$$CF = (W / L^3) \times 100$$

$$HIS\ (\%) = 100 \times [\text{liver weight (g) wet weight (g)}^{-1}]$$

$VSI = 100 \times [\text{viscera weight (g)} \ \text{wet weight (g)}^{-1}]$

تاس‌ماهیان هیبرید برای خون‌گیری با استفاده از پودر گل میخک بیهوش شدند و با استفاده از سرنگ ۲/۵ میلی لیتر فاقد ماده ضد انعقاد، از سیاهرگ ساقه‌ی دمی (۳ قطعه ماهی از هر تکرار) نمونه‌گیری انجام شد؛ سپس سرم نمونه‌های خون با استفاده از سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه، جدا شده، سپس تا زمان انجام آزمایش‌های مورد نظر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و HDL با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) اندازه‌گیری شد (Folch et al., 1957).

به منظور تشخیص نرمال بودن، داده‌ها با آزمون Shapiro – Wilk بررسی گردید. تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها به‌وسیله نرم افزار SPSS نسخه 19 انجام شد و از نرم افزارMicrosoft Excel نسخه 2010 جهت محاسبات آماری استفاده‌شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (One- Way ANOVA) و جهت اندازه‌گیری اختلاف بین میانگین‌ها از پس آزمون چند دامنه‌ی Duncan استفاده شد. سطح معنی‌داری در این مطالعه ($P<0/05$) در نظر گرفته‌شد.

۳.نتایج

شاخص‌های رشد تاسماهی هیبرید تغذیه شده با روغن اکسید شده بعد از ۶ هفته پرورش،در جدول ۴ ارائه شده‌است. همان گونه که مشاهده می‌شود درصد افزایش وزن بدن در گروه‌های تغذیه شده با چربی اکسید شده، تغییرات معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد نشان نداد ($P>0/05$). مشابه با روند ثبت شده، درصد افزایش وزن و ضریب رشد ویژه در گروه‌های آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری ثبت نگردید ($P>0/05$). ضریب چاقی تاسماهیان هیبرید جوان در گروه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده نسبت به گروه شاهد، کاهش نشان داد که تنها در گروهOFO_{100} اختلاف معنی‌دار بود ($P<0/05$). بر اساس جدول ۴ افزایش معنی‌دار شاخص کبدی در گروه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده نسبت به گروه شاهد قابل مشاهده است ($P<0/05$). شاخص احشایی در تاسماهیان هیبرید جوان در گروه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده، نسبت به گروه شاهد افزایش نشان داد که تنها در گروهOFO_{100} اختلاف معنی‌دار مشاهده شد($P<0/05$).

جدول ۴ شاخص‌های رشد تاسماهی هیبرید (♂*Huso huso* × ♀*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با سطوح مختلف روغن اکسید شده بعد از ۶ هفته پرورش

شاخص	Control	OFO_{50}	OFO_{100}
W_0(g)	۲۱۲/۸۲ ± ۱/۴۱	۲۱۳/۹۹ ± ۲/۲۶	۲۱۲/۳۷ ± ۱/۵۳
W_1(g)	۳۷۰/۳۲ ± ۰/۵۵^{b}	۳۷۱/۱۱ ± ۲/۴۴^{ab}	۳۷۱/۵۶ ± ۰/۱۶^{ab}
WG%	۷۴±۰/۳۴	۷۴/۲۴±۰/۱۹۰	۷۴/۹۵±۰/۳۷
SGR %	۲/۶۰±۰/۱۳	۲/۶۱±۰/۰۰۷	۲/۶۲±۰/۰۱۴
HSI	۲/۲۰۹±۰/۰۳^{b}	۲/۷۶۳±۰/۰۵۴^{a}	۲/۶۹±۰/۰۴۰ ^{a}
VSI	۶/۵۱±۰/۰۶۳^{b}	۶/۵۴±۰/۰۷۲^{b}	۷/۱۰±۰/۱۰۱ ^{a}
CF	۰/۴۷±۰/۰۱^{a}	.۰/۴۳±۰/۰۰۸^{ab}	۰/۴۲±۰/۰۰۳ ^{b}

حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد. کلیه داده‌ها به صورت میانگین ±خطای استاندارد بیان شده است.

تغییرات سطح کلسترول کل، تری‌گلیسرید ، LDL و HDL سرم در تاسماهیان هیبرید جوان تغذیه شده با روغن اکسید شده، بعد از ۶ هفته پرورش در جدول ۵ ارائه‌شده‌است. سطح کلسترول کل و تری-گلیسرید سرم در تاسماهیان هیبرید جوان در پایان دوره، در گروه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده کاهش معنی‌دار نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P<0/05$). همان گونه که در جدول ۵ مشاهده می

شود محتوای LDL کلسترول سرم در گروه‌های مورد تغذیه با جیره حاوی روغن اکسید شده افزایش نشان داد که در گروه OFO_{100} اختلاف معنی‌دار نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P<0/05$). در گروه‌هایی که چربی اکسید شده دریافت کرده بودند، میزان HDL سرم در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ثبت نشد ($P>0/05$).

جدول ۵ شاخص‌های بیوشیمیایی تاسماهی هیبرید (*Huso huso* ♂× *Acipenser ruthenus* ♀) تغذیه شده با سطوح مختلف روغن اکسید شده بعد از ۶ هفته پرورش

شاخص	Control	OFO_{50}	OFO_{100}
کلسترول کل(mg/dl)	۱۳۵/۰۰ ± ۲/۵۷^{a}	۱۲۴/۳۳ ±/۳۸۵^{b}	۱۱۳/۶۶ ± ۴/۲۰^{c}
تری‌گلیسرید(mg/dl)	۹۱۳/۰۰ ± ۳/۲۱^{a}	۵۸۳/۳۳ ± ۳/۵^{b}	۵۸۳/۶۶ ± ۶/۹۸ ^{b}
LDL(u/dl)	۲۸/۶۶ ± ۰/۸۸ ^{ab}	۳۰/۳۳ ± ۰/۳۳ ^{ab}	۳۲/۶۶ ± ۰/۳۳ ^{a}
HDL(mg/dl)	۱۲/۰۰ ± ۰/۵۷ ^{ab}	۱۱/۶۶ ± ۰/۸۸ ^{b}	۱۱/۰۰ ± ۰/۵۷ ^{b}

حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد. کلیه داده‌ها به صورت میانگین ±خطای استاندارد بیان شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر، تغذیه تاسماهی هیبرید با جیره حاوی روغن اکسید شده، بر شاخص‌های رشد تاثیر داشت به‌صورتی‌که افزایش معنی‌دار شاخص کبدی، شاخص لاشه و کاهش شاخص چاقی دیده شد اما از طرف دیگر درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه تحت تاثیر وجود چربی اکسید شده در جیره قرار نگرفته بود. Gao و همکاران (2012) در ماهی سیم دریایی (*Pagrus major*)، Huang وHuang (2004) در ماهی تیلاپیای هیبرید (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)، Tocher و همکاران (2003) در ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) و هالیبوت (*Hippoglossus hippoglossus*)، Cowey و همکاران (1984) در ماهی قزل آلای رنگین کمان، Baker و Davies (1997) در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) گزارش کردند که تغذیه ماهی با چربی اکسید شده در جیره، موجب تاثیر منفی بر رشد می‌شود. بر خلاف این نتایج، افزایش نرخ رشد ویژه و افزایش وزن بدن وابسته به دز چربی اکسید شده در ماهی باس دهان گشاد (*Micropterus samoides*) تغذیه شده با سطوح مختلف روغن اکسید شده، مشاهده‌شده‌است (Chen et al., 2011). هم چنین در ماهی باس دریایی خالدار (*Lateolabrax japonicas*) و گربه ماهی کانالی(*Ictalurus punctatus*) تاثیر سوء، تغذیه با چربی اکسید شده بر شاخص‌های رشد و تغذیه گزارش شده است (Dong et al., 2012; Han et al., 2012). هم چنین مظالعاتی مبنی براینکه که چربی اکسید شده تاثیر چندانی بر رشد و تغذیه گونه‌های مختلف نداشته است، به اثبات رسیده است. برای مثال Boglino و همکاران (2014) تاثیرات محسوسی در رشد ماهی کفشک *Solea senegalensis* تغذیه شده با جیره حاوی چربی اکسید شده مشاهده نکردند. Dong و همکاران (2011) در گربه ماهی چینی (*Leiocassis longirostris*) و Lewis-McCrea و Lall (2007) نیز در هالیبوت تغذیه شده با روغن اکسید شده تاثیری بر

رشد و تغذیه مشاهده نکردند. مطالعات انجام شده نشان دادکه تاثیر چربی اکسید شده در جیره بر شاخص‌های رشد و تغذیه، که مقدار چربی اکسید شده در جیره، سطح اکسیداسیون لیپید، ترکیبات به‌کاررفته در جیره به‌ویژه آنتی اکسیدان‌های ریز مغذی، گونه ماهی و اندازه ماهی، طول دوره و تحمل گونه نسبت به روغن اکسید شده در جیره و دمای اکسیداسیون چربی می‌توانند بر نوع اثر آن بر ماهی، تاثیرگذار باشند (Eder and Stangle, 2000; Mourente et al., 2002; Fontagne et al., 2006; Chen et al., 2012; Xing et al., 2012) برای مثال زمانی که مقدار POV و TBARS روغن اکسید شده جیره ماهی باس دریایی خال‌دار به مقدار حد بحرانی برسد، رشد را متوقف می‌کند (Gao et al., 2012). Toucher و همکاران (2003) با تغذیه سه گونه ماهی دریایی، ماهی توربوت، ماهی هالیبوت و ماهی سیم دریایی با جیره‌های غذایی یکسان از نظر سطح روغن اکسید شده، گزارش کردند که ماهی سیم دریایی بیشترین مقاومت را نسبت به جیره حاوی روغن اکسید شده داشت. بعد از این گونه، ماهی توربوت و سپس هالیبوت، که بیشترین حساسیت را نشان داد، بیانگر حساسیت متفاوت در گونه‌های مختلف نسبت به چربی اکسید شده در جیره است. این در حالی است که مطالعات مختلف افزایش شاخص‌های رشد را در برخی گونه‌های تغذیه شده با جیره حاوی روغن اکسید شده، مثبت اعلام کرده‌اند. در ماهی قزل آلای رنگین کمان، ماهی دم زرد *Seriola quinqueradiata*، ماهی آزاد اقیانوس اطلس *Salmo salar* و در گربه ماهی آفریقایی تغذیه شده با جیره حاوی روغن اکسید شده بهبود رشد گزارش شده است (Hung et al., 1981; Murai et al., 1988; Koshio et al., 1994; Baker and Davies, 1997). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که گروه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده، تغییرات معنی‌داری در افزایش وزن نشان نداد که نشان دهنده‌ی عدم حساسیت تاسماهی هیبرید به چربی اکسید شده در جیره می‌باشد. احتمالا دلیل این عدم حساسیت، سازگاری یا علاقه‌ی این ماهی به چربی اکسید شده در جیره باشد (Tocher et al., 2003; Zhong et et al., 2011 Chen al., 2008;). در مطالعه حاضر با افزایش سطح چربی اکسید شده در جیره، میزان کلسترول و تری‌گلیسرید در مقایسه با گروه شاهد کاهش بیشتری نشان داد. بر این اساس نتایجی هم سو با نتایج این تحقیق، Dong و همکاران (2012) گزارش کردند که سطح تری‌گلیسیرید و کلسترول کل در گربه ماهی کانالی با افزایش سطح چربی اکسید شده در جیره، کاهش نشان داد. در پستانداران تغذیه شده با چربی اکسید شده نیز، نتایج مشابهی گزارش شده است؛ برای مثال در موش صحرایی و در خوک تغذیه شده با روغن اکسید شده، کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید گزارش شده‌است (Eder, 1999 b; Eder, 1999 a)

Eder و همکاران (2003) در موش صحرایی تغذیه شده با چربی اکسید شده مشاهده کردند که سطح کلسترول کل و تری‌گلیسیرید سرم با افزایش سطح چربی اکسید شده در جیره، کاهش نشان داد.

در مطالعه حاضر، HDL کلسترول سرم تاسماهی هیبرید تغییرات معنی‌داری نشان ندادند. با این وجود، در گروه‌های تغذیه شده با جیره حاوی چربی اکسید شده، میزانHDL کلسترول در مقایسه با گروه شاهد کاهش اما LDL کلسترول افزایش نشان‌داد. در مطالعات انجام شده در سایر گونه‌ها هم نتایج مشابهی برای تغذیه با روغن اکسید شده، دست آمده است. Dong و همکاران (2012) کاهش معنی‌دار HDL و افزایش LDL کلسترول در گربه ماهی کانالی تغذیه شده با سطوح روغن اکسید شده مشاهده‌کردند.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان چنین عنوان کرد که تغذیه تاسماهی هیبرید با روغن اکسید

شده، تاثیر منفی بر متابولسیم چربی و رشد این ماهی دارد. می‌توان احتمال داد که تاسماهی هیبرید در سن پرواری حساسیتی به چربی اکسید شده در جیره ندارد و احتمالا دلیل این عدم حساسیت، سازگاری یا علاقه‌ی این ماهی به چربی اکسید شده در جیره باشد. با این وجود نیز، افزایش نامطلوب چربی احشایی ناشی از تغذیه با جیره حاوی روغن اکسید شده، از نظر تولید محصول سالم و بازار پسندی آن، نامطلوب می‌باشد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از پرسنل محترم مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری دکتر شهید بهشتی سد سنگر و آقای سبحان رعنای اخوان نهایت تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

Baker, R. T. M., Davies, S. J. (1996). Oxidative nutritional stress associated with feeding rancid oils to African catfish (*Clarias gariepinus*) and the protective role of alpha-tocopherol. Aquacult. Res. 27: 795-803.

Baker, R. T. M., Davies, S. J. (1997). Modulation of tissue α-tocopherol in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed oxidized oils, and the compensatory effect of supplemental dietary vitamin E. Aquacult. Nut. 3: 91-97.

Bronzi, B. P., Rosenthal. H., Gessner, J. (2011). Global sturgeon aquaculture production: an overview. J. App. Ichthyol. 27: 169-175.

Boglino, A., Darias, M. J., Estevez, A., Andree, K. B., Sarasquete, C., Ortiz-Delgado, J. B., Sole, M., Gisbert, E. (2014). The effect of dietary oxidized lipid levels on growth performance, antioxidant enzyme activities, intestinal lipid deposition and skeletogenesis in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae. Aquacult. Nut. 20: 692-711

Chen, Y. J., Liu, Y. J., Yang, H. J., Yuan, Y., Liu, F.J., Tian, L. X., Liang, G. Y., Yuan, R. M. (2011). Effect of dietary oxidized fish oil on growth performance, body composition, antioxidant defence mechanism and liver histology of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquacult. Nut. 18: 321-331.

Cowey, C. B. (1984). The effect of vitamin E and oxidized fish oil on the nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) grown at natural, varying water temperatures. Bri. J. Nut. 51: 443-451.

-Deng, D. F., Koshio, S., Yokoyama, S., Bai, S., Shao, Q., Cui, Y., Hung, S. S. O. (2003). Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Larvae. Aquaculture 217: 589-598.

Dong, G., Zhu, X., Ren, H., Nie, B., Chen, L., Li, H., Yan, B. (2012). Effects of oxidized fish oil intake on tissue lipid metabolism and fatty acid composition of channel catfish (Ictalurus punctatus). Aquacult.. Res. 1-14.

Dong, X. L., Lei, W., Zhu, X. M., Han. D., Yang, Y. X., Xie, S. Q. (2011). Effects of dietary oxidized fish oil on growth performance and skin colour of Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*). Aquacult.. Nut. 17: 861-868.

Eder, K. (1999). The Effects of a Dietary Oxidized Oil on Lipid Metabolism in Rats. Lipids 34: 717-725.

Eder, K. (1999). The effect of an oxidized dietary oil on plasma cholesterol and thyroid hormone concentrations in miniature pigs fed on a hyperlipidemic diet. Anim. Physiol. Anim. Nut. 82: 271-281.

Eder, K., Stangle, G. I. (2000). Plasma thyroxine and cholesterol concentrations of miniature pigs are influenced by thermally oxidized dietary lipids. Nut. Int. Toxicol. 130: 116-121.

Eder, K., Seulzle, A., Skufca P., Brandsch, C., Hirche, F. (2003). Effects of dietary thermoxidized fats on expression and activities of hepatic lipogenic enzymes in rats. Lipids 38: 31-38.

Folch, J., Lees, M., Slone, S. G. H. (1957). A rapid method for the isolation and purification from animal tissues of total lipids.Biology. j. Chem. 226: 497-511.

Fontagne, S., Bazin, D., Brèque, J., Vachot, C., Bernarde, C., Rouault, T. and 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.

Gao, J., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Mamauag, R. E. P., Han, Y. (2012). Effects of dietary oxidized fish oil with vitamin E supplementation on growth performance and reduction of lipid peroxidation in tissues and blood of red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture 356-357: 73-79.

Hamre, K., Kolas, K., Sandnes, K., Julshamn, K., Kiessling, A. (2001). Feed intake and absorption of lipid oxidation products in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets coated with oxidized fish oil. Fish. Physiol. Biochem. 25: 209-219.

Han, Y. Z., Ren, T. J., Jiang, Z. Q., Jiang, B. Q., Gao. J., Koshio. S., Komilus, C. F. (2012). Effects of palm oil blended with oxidized fish oil on growth performances, hematology, and several immune parameters in juvenile Japanese sea bass, (*Lateolabrax japonicas*). Fish Physiol. Biochem. 38: 1785-1794.

Higdon, J. V., Frei, B. (2003). Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism and antioxidant functions. Crit. Rev. Foo. Sci. Nut. 43: 89-143.

Howell, B. R., Day, O. J., Ellis, T., Baynes, S. M. (1998). Early life stages of farmed fish. In: Black, K. D., Pickering, A. D. (eds) Biology of farmed fish. Sheffield Academic Press, Sheffiled, pp. 27-66.

Huang, C. H., Huang, S. L. (2004). Effect of dietary vitamin E on growth, tissue lipid peroxidation, and liver glutathione level of juvenile hybrid tilapia, (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) fed oxidized oil. Aqua. 237: 381-389.

Hung, S. S. O., Cho, C. Y., Slinger, S. J. (1981). Effect of oxidized fish oil, DL-α-tocopheryl acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdnerifed*) practical diets. J. Nut. 111: 648-654.

Hung, S. S. O., Lutes, P. B., Shqueir, A. A., Conte, F. S. (1993). Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture 115, 297-303.

-Karalazos, V. (2007). Sustainable alternative to fish meal and fish oil in fish nutrition: Effects on growth, tissue fatty acid composition and lipid metabolism. Ph.D Thesis. Institute of aquaculture, university of stirling, Scotland, 205p.

Koshio, S., Ackman, R. G., Lall, S. P. (1994). Effects of oxidized herring and canola oils in diets on growth, survival, and flavor of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Agri. Food. Chem. 42: 1164-1169.

Lewis-McCrea, L. M., Lall, S. P. (2007). Effects of moderately oxidized dietary lipid and the role of vitamin E on the development of skeletal abnormalities in juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Aquaculture 262: 142-155.

Lus, M., Durazo, E., Teresa V. M., Drawbridge, D. P. (2009). Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, (*Atractoscion nobilis*). Aquaculture 289: 101-105.

Luci, S., Keonig, B., Giemsa, B., Huber, S., Hause, G., Kluge, H., Stang, G. I., Eder, K. (2007). Feeding of a deep-fried fat causes PPARa activation in the liver of pigs as anon-proliferating species. Bri. J. Nut. 97: 872–882.

Mates, J. M., Perez, G. C., De, C, I. N. (1999). Antioxidant enzymes and human diseases. Clin. Biochem. 32: 595-603.

Mayer, F. L., Versteeg, D. G., McKee, M. J., Folmar, L. C., Graney, R., McCume, D. C., Rattner, B. A. (1992). Metabolic products as biomarkers. In: Huggett, R.J., Kimerly, R.A., Mehrle, P.M., Bergman, H.L. (eds) Biomarkers: Biochemical, Physiological and Histological Markers of Anthropogenic Stress pp. 5–86. Lewis Publishers, Chelsea, MI, USA.

Mourente, G., Diaz-Salvago, E., Bell, J. G., Tocher, D. R. (2002). Increased activities of hepatic antioxidant defence enzymes in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed dietary oxidized oil: attenuation by dietary vitamin E. Aquaculture 214: 343-361.

Murai, T., Akiyama, T., Ogata, H., Suzuki, T. (1988). Interaction of dietary oxidized fish oil and glutathione on fingerling yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Nip. Sui. Gak. 54: 145-149.

Nasopoulou, C., Zabetakis, I. (2012). Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in

compounded fish feeds. A review. LWT-Food Sci. Technol. 47: 217-224.
Obach, A., Quentel, C., Laurencin, F. B. (1993). Effects of alphatocopherol and dietary oxidized fish oil on the immune response of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 15: 175-185.
Ogata, H. Y., Shearer, K. D. (2000). Influence of dietary fat and adiposity on feed intake of juvenile red sea bream (Pagrus majar). Aquaculture 189: 237-249.
Ringseis, R., Eder, K. (2011). Regulation of genes involved in lipid metabolism by dietary oxidized fat. General. Intro. Food Science. Technol. 55: 109-121.
Sargent, J. R., Tocher, D. R., Bell, J. G. (2002). The lipids. In: Halver, J. E, Hardy, R. W (eds) Fish Nutrition, 3rd edn. Academic Press Inc. San Diego, pp 182-246.
Stavros, C., Panagiotidou, M., Papaioannou, N., Pavlidis, M. (2010). Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre *Argyrosomus regius* juveniles. Aquaculture 307: 65-70.
Silverstein, J. T., Shearer, K. S., Dickhoff, W. W., Plisetskaya, E. M. (1999). Regulation of nutrient intake and energy balance in salmon. Aquaculture 177: 161-169.
Tocher, D. R., Mourente, G., Van der Eecken, A., Evjemo, J. O., Diaz, E., Wille, M., Bell, J. G., Olsen, Y. (2003). Comparative study of antioxidant defence mechanisms in marine fish fed variable levels of oxidised oil and vitamin E. Aquacult. Int. 11: 165-216.
Xiang, F. L., Wen, B. L., Yang, Y. J., Hao, Z., Xian, P. G. (2010). Effects of dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. Aquaculture 303(1-4): 65-70.
Vicetti, R., Ishittani, T., Salas, A., Ayava. M. (2003). Use of alfa-tochopherol combined with synergists and compared to other antioxidants on the oxidative stability of sardine skin lipids. J. Food Compos. Anal. 18(2-3): 131-137.
Zhong, Y., Lall, S. P., Shahidi, F. (2007). Effects of oxidized dietary oil and vitamin E supplementation on lipid profile and oxidation of muscle and liver of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). Agri. Food Chem. 55: 6379-6386.
Zhong, Y., Lall, S. P., Shahidi, F. (2008). Effects of dietary oxidized oil and vitamin E on the growth, blood parameters and body composition of juvenile Atlantic cod (Gadus morhua). Aquacult. Res. 39: 1647-1657.

The effects of dietary oxidized fish oil on the growth and lipid metabolism in hybrid sturgeons (*Huso huso* ♂×*Acipenser ruthenus*♀)

Soleiman Hasanpour[1], Amir Parviz Salati[*1], Bahram Falahatkar[2,3], Hamid Mohammadi Azarm[1]

1. Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology
2. Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan
3. Department of Marine Sciences, the Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan

Abstract

The oxidation of fat in fish diets due to oxygen penetration, high temperature and metal catalysts is common. The effects of feeding diets containing oxidized fish oil on the growth indices and lipid metabolism in young hybrid sturgeons (*Huso huso* ♂× *Acipenser ruthenus*♀) was investigated. Three different diets were implemented to three different groups: a control group, Group OFO_{50} (50% oil fish oxidized) and Group OFO_{100} (100% oil fish oxidized). 90 young sturgeon hybrids with an average initial weight of 212/6 ± 0/7 g, , were randomly divided into 9 fiberglass tanks with a volume of 700 liters after a 2 week adaptation period. Feeding was performed three times a day (8:00, 14:00 and 20:00) according to the specimens' appetite during the period of the study. After 6 weeks, sampling was done to assay the growth parameters and biochemical indices. In both oxidized oil-fed groups, adverse impact on growth was seen. Also, a significant reduction in cholesterol and triglycerides was observed in the OFO_{100} groups. The results showed that feeding hybrid sturgeons with diets containing oxidized fish oil, cause a negative impact on growth and lipid metabolism. Although a slight increase in the percentage of body weight gain and specific growth rate was recorded, it was undesirable and relevant to an increase in visceral fat.

Keywords: oxidized lipid, hybrid sturgeon, growth, fat metabolism, blood biochemistry

Table 1. Components of the diet used in this study

Table 2. Index of fat oxidation in fish oil used in the present Study

Table 3. The chemical composition of foods used in this experiment

Table 4. Growth indices hybrid sturgeon (*Huso huso* ♂ × *Acipenser ruthenus* ♀) fed by different levels of fat oxidation after 6 weeks of training.

Table 5. Biochemical parameters of hybrid sturgeon, (*Huso huso* ♂ × *Acipenser ruthenus* ♀) fed by different levels of fat oxidation after 6 weeks of training.

*Corresponding author, Email: salatia@gmail.com