



## بررسی ارتباط ترکیب شیمیایی و اسیدهای چرب جیره و فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دوره رشد

مهناز صالحی، منصوره قائمی\*، مهران جواهری بابلی

گروه کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

\*مسئول مکاتبات: mansorehghaeni@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۴

### چکیده

ماهی در این تحقیق اثر کاهش پروتئین و افزایش چربی جیره بر ترکیب شیمیایی و اسیدهای چرب فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و در سه وزن فیله (۲۵-۱۰ گرم، ۷۵-۲۵ گرم و ۳۰۰-۱۳۰ گرم) مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس نتایج زیست‌سنجی، طول کل، طول استاندارد و وزن بین سه فیله مورد بررسی اختلاف معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) داشت. بالاترین مقدار پروتئین در تیمار ۲۵۰-۱۵۰ گرمی با مقدار ۱۸/۶ درصد و چربی با مقدار ۳/۲ درصد و کمترین مقدار پروتئین با میزان ۱۷/۰۵ درصد و چربی با مقدار ۲/۴۶ درصد در تیمار ۲۵-۱۵ گرمی اندازه‌گیری شد. بالاترین مقدار خاکستر با اختلاف معنی‌دار در تیمار ۲۵۰-۱۵۰ گرمی با مقدار ۱ درصد و کمترین مقدار خاکستر با میزان ۰/۵۳ درصد در تیمار ۷۰-۵۰ گرمی اندازه‌گیری شد. در مورد اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) بالاترین مقادیر این اسیدهای در فیله ماهی ۲۵۰-۱۵۰ گرمی و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی با اختلاف معنی‌دار اندازه‌گیری شد ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقادیر اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) در فیله ماهی ۲۵۰-۱۵۰ گرمی و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی (۰/۲۷ درصد) اندازه‌گیری شد. بررسی نسبت دوکوزاهگزانوئیک اسید به ایکوزاپنتانوئیک اسید (DHA/EPA) نشان داد که با افزایش اندازه ماهی این نسبت نیز افزایش یافته است. نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش پروتئین جیره تاثیر منفی بر روی عملکرد رشدی ماهی نداشته و می‌توان با توجه به هزینه پروتئین میزان آن را در جیره کاهش و چربی را جایگزین کرد. همچنین بر اساس یافته‌های بالا می‌توان نتیجه گرفت که ماهی قزل‌آلا به خصوص فیله‌هایی با اندازه ۳۰۰-۱۳۰ گرمی به دلیل وجود پروتئین با ارزش زیستی بالا و حضور قابل توجه اسیدهای چرب در مقایسه با دو فیله دیگر ۲۵-۱۵ گرمی، ۷۰-۵۰ گرمی ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارد.

کلمات کلیدی: اسیدهای چرب، پروتئین، ترکیب شیمیایی، قزل‌آلای رنگین‌کمان.

### مقدمه

متراکم آبزیان، میزان وابستگی پرورش آبزیان به غذای دستی افزایش یافته است، که نتیجه آن افزایش هزینه تغذیه است (۱۶). هزینه تهیه غذا تقریباً نیمی از هزینه‌های تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را شامل می‌شود که حدود ۶۷ درصد آن مربوط به منابع پروتئینی جیره غذا است (۱۳). از طرفی لیپیدها یکی

صنعت آبزی‌پروری سریع‌ترین بخش تولید غذا در جهان با سرعت متوسط سالانه ۸/۸ درصد است (۱۸). از سال ۱۹۵۰ صنعت آبزی‌پروری، با افزایش سالانه تقریباً ۱۰ درصد در بخش کشاورزی سریع‌ترین رشد را در جهان داشته است (۲۸). با توجه به رشد این صنعت و تمایل پرورش‌دهندگان به پرورش

روغن مایه با منابع گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل-آلای رنگین کمان (۲)؛ تاثیر منابع لپید بر روی رشد و ترکیب اسید چرب ماهی استروژن (۱۷) اشاره کرد. از این رو هدف از این مطالعه ارزیابی اثر افزایش چربی و کاهش پروتئین جیره در جیره های ماهی قزل آلا با اندازه های مختلف بر روی اندازه، ترکیب بدن، ترکیب اسیدهای چرب جیره در نظر گرفته شده است.

### مواد و روش کار

**تهیه ماهی:** این تحقیق در مزرعه پرورش ماهی سردابی ۲۰ تنی واقع در سراب هنام، از توابع شهرستان سلسله در استان لرستان، انجام شد. در این پژوهش تعداد ۴۰ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان در سال ۱۳۹۴ از فروردین ماه تا اواخر شهریور، با فاصله هر ۴۵ روز یک نوبت، به وسیله ساچوک صید و مورد بررسی قرار گرفتند. اولین مرحله نمونه برداری در ابتدای مرحله انگشت قدی، انجام و نمونه ها برای آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه تشخیص طبی پاستور تهران، فرستاده شدند. این روند با فواصل زمانی ۴۵ روز نیز مجدد انجام شد. طی هر نوبت نمونه برداری، ۱۰ عدد ماهی قزل آلای رنگین کمان به صورت تصادفی صید و پس از اندازه گیری طول استاندارد و وزن خالص، با استفاده از یخ به آزمایشگاه منتقل و پس از منجمد شدن (۲۱) به آزمایشگاه تهران ارسال گردید.

**خوراک:** خوراک مورد استفاده در این تحقیق، خوراک تولیدی شرکت بیضاء استان فارس بود. در این تحقیق از سه مدل خوراک تولیدی شرکت بیضاء برای اوزان (۱۰-۲۵ گرم، ۲۵-۷۵ گرم و ۳۰۰-۱۳۰ گرم) استفاده شد. این سه مدل خوراک برای انجام آنالیز به آزمایشگاه گروه کنترل کیفی مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران ارسال گردید. جیره ها به گونه ای طراحی شدند که با افزایش اندازه ماهی،

از منابع مهم اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی آبیان می باشند. اهمیت اسیدهای چرب به شدت غیراشباع مانند دوکوزاهگزانوئیک اسید و ایکوزا پنتانوئیک اسید در تغذیه ماهی، بسیار زیاد است. این اسیدهای چرب به منظور رشد بهینه ماهی و تکامل گنادهای جنسی ضروری می باشند (۱۴).

بیشتر ماهیان گوشتخوار در شرایط تغذیه طبیعی، ترجیحاً از پروتئین نسبت به چربی یا کربوهیدرات به عنوان منبع انرژی استفاده می کنند با پذیرش برخی محدودیت ها، با افزایش میزان چربی جیره، استفاده از جیره بهبود می یابد (۲۴، ۲۵). گزارش شده است که چربی جیره اثر همپوشانی با پروتئین دارد (۲۱) و از این رو به نظر می رسد بتوان با افزایش چربی جیره میزان پروتئین و در نتیجه هزینه تولید غذا را کاهش داد.

قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با تولید سالانه ۶۲۶۳۰ تن در ایران از مهم ترین ماهیان سردابی و ششمین ماهی پرورشی در جهان محسوب می شود (۱۵).

به دلیل اینکه این ماهی بلافاصله پس از جذب کیسه زرده به تغذیه فعال از جیره مصنوعی می پردازد و وجود پروتئین جهت تامین انرژی این ماهی جهت رشد سریع بخش زیادی از این جیره را تامین می کند (۱۲)، تغییر در نوع پروتئین مورد استفاده و یا جایگزینی آن با مواد دیگر در پرورش این گونه اهمیت زیادی دارد. از این رو تحقیقات زیادی در زمینه جایگزینی جیره این ماهی و غنی سازی آن صورت گرفته است که از آن جمله می توان به مطالعات احمدی فرد و همکاران (۱۳۹۲) بر روی تاثیرات جانشینی پودر ماهی با کنسانتره پروتئینی سبوس برنج در رشد، زندهمانی و ترکیب اسیدهای آمینه بدن آلوین ماهی قزل آلای رنگین کمان (۱)، جلیلی و همکاران (۱۳۹۲)؛ آثار جایگزینی پودر و



سطح پروتئین کاهش و سطح چربی افزایش یافت. جیره‌ها برای آنالیز به آزمایشگاه فرستاده شدند (جدول ۱).

**آماده کردن نمونه‌ها:** در آزمایشگاه پس از یخ‌گشایی ماهیان و با کمک اسکالپل امعاء و احشاء تخلیه گردید. ستون مهره ماهی با دقت جدا شده و عضلات فاقد استخوان از بخش پشتی ماهی جدا شد. عضلات با کمک آسیاب به شکل خمیر همگن در آماده و نمونه‌های متعلق به هر گروه در کیسه‌های پلاستیک جداگانه قرار داده شدند و روی پلاستیک‌ها وزن نمونه‌ها نوشته شد. نمونه‌ها تا زمان انجام شدن آزمایشات در داخل یخدان یونولیتی و لابه‌لای یخ‌های پولکی نگهداری شدند (۲۳).

**تعیین ترکیب شیمیایی:** پروتئین خام با استفاده از روش کلدال (۷) و چربی خام با استفاده از روش (۶) خاکستر و با سوزاندن نمونه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. در این تحقیق رطوبت به روش خشک‌کردن نمونه در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری گردید (۶).

**تعیین ترکیب اسیدهای چرب:** پس از استخراج روغن از ۴۰ گرم نمونه، اسیدهای چرب با استفاده از روش یا AOCs اندازه‌گیری شدند. سپس متیل استر

از اسیدهای چرب تهیه شد. برای تهیه متیل استر، ابتدا عصاره سوکسله تهیه و سپس اسیدهای چرب صابونی شده و به دنبال آن استری فیکیشن انجام شد. عصاره اسیدهای چرب متیل استر در هگزان حل شد و در نهایت با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (HP Hewlett 5890) با شرایط دستگاهی معین (دمای انژکتور ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد، دمای دتکتور ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت فشار هیدروژن به هوا: ۱/۲ psi، فشار سرستون نیتروژن: ۱۰ psi، مشخصات ستون شامل: دمای ستون: ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، طول ۳۰ متر، منافذ ۰/۲۵ میکرون، و ID: ۰/۲۵ میلی‌متر) اندازه‌گیری انجام شد. نحوه محاسبه‌ی داده‌های کمی با استفاده از محاسبه نسبت سطح زیر پیک (درصد کل اسیدهای چرب) محاسبه گردید. داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار اکسل وارد و میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه سپس نمودارهای مربوطه ترسیم گردید (۹). در این مطالعه داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تمامی نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 رسم شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز خوارک‌های مورد بررسی توسط شرکت بیضاء

تیمار	اسیدهای چرب	چربی	پروتئین	رطوبت	خاکستر
۱۰-۲۵	امگا-۶=۲/۶	۱۳/۱۰	۴۶/۰۰	<۹	۱۱/۰۰
(جهت تغذیه ماهیان ۱۵-۲۵ گرم در این طرح)	امگا-۳=۱/۹				
۲۵-۷۵	امگا-۶=۲/۶	۱۴/۰۰	۴۲/۵۰	<۸	۱۱/۵۰
(جهت تغذیه ماهیان ۵۰-۷۰ گرم در این طرح)	امگا-۳=۱/۹				
۱۳۰-۳۰۰	امگا-۶=۴/۸	۱۶/۵۰	۴۰/۱۰	<۸	۱۲/۱۰
(جهت تغذیه ماهیان ۱۵۰-۲۵۰ گرم در این طرح)	امگا-۳=۱/۷				

## نتایج

چرب در فیله ماهی ۱۵۰-۲۵۰ گرمی و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی مشاهده شد.

در نمودار ۲ مقایسه مقادیر اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) نشان داد که اسیدهای چرب پالمیتوئیک اسید، اولئیک اسید و لینولئیک اسید ترتیبی همانند اسیدهای چرب SAF یا اسیدهای چرب اشباع نشان دادند به این ترتیب که بالاترین مقادیر این اسید های چرب در فیله ماهی ۲۵۰-۱۵۰ گرمی و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی مشاهده شد.

در نمودار ۳ مقادیر اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) در تیمارهای مختلف مقایسه شده است، بر اساس این نمودار، اسید چرب آلفا لینولئیک اسید و آراشیدونیک اسید بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار داشت ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقدار این اسیدهای چرب در فیله ماهی ۲۵۰-۱۵۰ گرمی و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی مشاهده شد. اما اسید چرب گاما لینولئیک اسید از دسته اسیدهای چرب PUFA بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار نداشت ( $p > 0/05$ ).

در نمودار ۴ مقادیر اسیدهای چرب HUFA که شامل ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید هستند، در تیمارهای مختلف مقایسه شده است، بر این اساس ایکوزاپنتانوئیک اسید بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار نداشت ( $p > 0/05$ ). ولی دوکوزاهگزانوئیک اسید بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار داشت ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقادیر این اسید چرب در فیله ماهی ۲۵۰-۱۵۰ گرمی ( $8/75$  درصد) و کمترین مقدار در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی ( $6/54$  درصد) مشاهده شد.

میانگین وزن ماهیان در چهار تیمار مورد بررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس طول کل، طول استاندارد و وزن بین سه فیله با اوزان ۱۵-۲۵ گرم، ۷۰-۵۰ گرم، ۱۵۰-۲۵۰ گرم اختلاف معنی-داری ( $p < 0/05$ ) داشت. در جدول ۳ نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی سه تیمار مورد بررسی در طول دوره ۶ ماهه آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار پروتئین و چربی در فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی با دو تیمار دیگر اختلاف معنی دار داشت ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقدار این دو پارامتر در تیمار ۲۵۰-۱۵۰ گرمی و کمترین مقدار پروتئین و چربی در تیمار ۲۵-۱۵ گرمی اندازه گیری شد. همچنین مقدار خاکستر بافت فیله بین تیمارهای مختلف با یکدیگر در جدول ۲ مقایسه شده است، بر اساس این جدول، مقدار خاکستر بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار داشت ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقدار خاکستر در تیمار ۲۵۰-۱۵۰ گرمی با مقدار ۱ درصد و کمترین مقدار خاکستر با میزان ۰/۵۳ درصد در تیمار ۷۰-۵۰ گرمی اندازه گیری شد. رطوبت و ماده خشک بافت فیله بین تیمارهای مختلف با یکدیگر نشان می دهد که مقدار رطوبت و ماده خشک بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار نداشتند ( $p > 0/05$ ).

نتایج آنالیز اسیدهای چرب فیله سه تیمار مورد بررسی در طول دوره ۶ ماهه در ۳ مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۴).

در نمودار ۱ مقادیر اسیدهای چرب اشباع در تیمارهای مختلف مقایسه شده است، بر این اساس میرستیک اسید، پالمیتیک اسید، استئاریک اسید و آراشیدونیک اسید بین سه تیمار مورد بررسی اختلاف معنی دار داشت ( $p < 0/05$ ). بالاترین مقادیر این اسید



جدول ۲- میانگین و انحراف معیار مشخصات زیست‌سنجی سه تیمار مورد بررسی

مشخصه ریخت‌سنجی	فیله ماهی (۱۵-۲۵ گرم)	فیله ماهی (۵۰-۷۰ گرم)	فیله ماهی (۲۵۰-۱۵۰ گرم)
طول کل (سانتی‌متر)	۱۱/۷±۰/۵۲۰ <sup>a</sup>	۱۸/۹۱±۰/۷۹۵ <sup>b</sup>	۲۷/۶۷±۱/۴۰۴ <sup>c</sup>
طول استاندارد (سانتی‌متر)	۱۰/۶۷±۰/۳۷۴ <sup>a</sup>	۱۷/۰۳±۰/۸۹۸ <sup>b</sup>	۲۵/۸۵±۱/۰۰۱ <sup>c</sup>
وزن (گرم)	۱۷/۷۴۲±۱/۲۴۲ <sup>a</sup>	۶۸/۵۱۴±۵/۰۰۹ <sup>b</sup>	۲۱۳/۸±۱۳/۰۶۲ <sup>c</sup>

حروف غیر مشابه به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است

جدول ۳- نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی سه تیمار مورد بررسی در طول دوره ۶ ماهه

نمونه	فیله ماهی (۱۵-۲۵ گرم)	فیله ماهی (۵۰-۷۰ گرم)	فیله ماهی (۲۵۰-۱۵۰ گرم)
پروتئین (درصد)	۱۷/۰۵ ± ۰/۵۸ <sup>a</sup>	۱۷/۲۸ ± ۰/۳۸ <sup>a</sup>	۱۸/۶۰ ± ۰/۲۸ <sup>b</sup>
چربی (درصد)	۲/۴۶ ± ۰/۱۰ <sup>a</sup>	۲/۵۸ ± ۰/۱۵ <sup>a</sup>	۳/۲۰ ± ۰/۰۵ <sup>b</sup>
خاکستر (درصد)	۰/۵۳ ± ۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۶۴ ± ۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۰۰ ± ۰/۰۳ <sup>c</sup>
رطوبت (درصد)	۸۰/۰۰ ± ۱/۲۵ <sup>a</sup>	۷۹/۱۱ ± ۳/۴۰ <sup>a</sup>	۷۸/۱۰ ± ۴/۰۹ <sup>a</sup>
ماده خشک (درصد)	۲۰/۰۰ ± ۱/۱۴ <sup>a</sup>	۲۰/۸۹ ± ۱/۹۸ <sup>a</sup>	۲۱/۹۰ ± ۱/۴۹ <sup>a</sup>

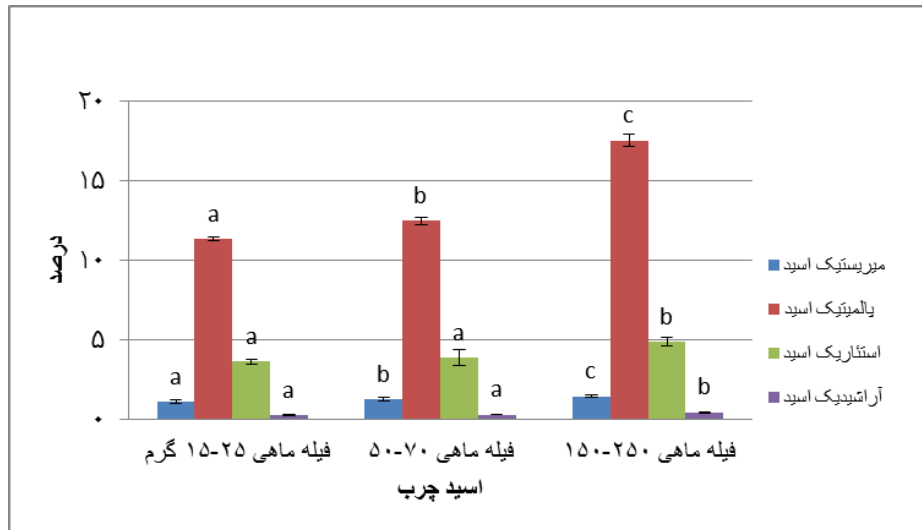
حروف غیر مشابه به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۴- نتایج آنالیز اسیدهای چرب فیله سه تیمار مورد بررسی در طول دوره ۶ ماهه

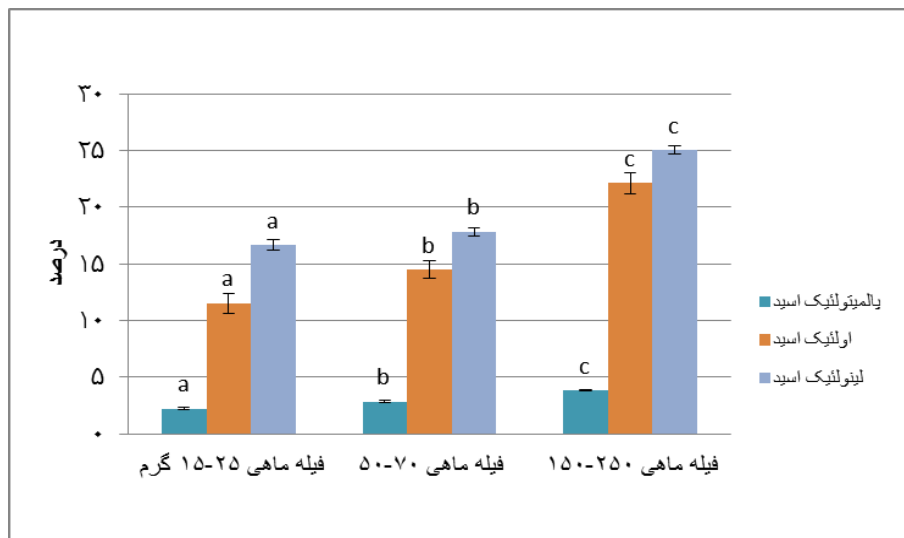
نوع اسید چرب	تعداد کربن و بند دوگانه	فیله ماهی ۱۵-۲۵ گرم	فیله ماهی ۵۰-۷۰ گرم	فیله ماهی ۱۵۰-۲۰۰ گرم
میربستیک اسید	C14:0	۱/۰۸ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۲۳ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۴۲ ± ۰/۰۵ <sup>b</sup>
پالمیتیک اسید	C16:0	۱۱/۳۳ ± ۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱۲/۴۵ ± ۰/۲۵ <sup>b</sup>	۱۷/۵۳ ± ۰/۳۷ <sup>c</sup>
استئاریک اسید	C18:0	۳/۵۹ ± ۰/۱۵ <sup>a</sup>	۳/۸۳ ± ۰/۴۹ <sup>a</sup>	۴/۸۳ ± ۰/۲۶ <sup>b</sup>
آراشیدیک اسید	C20:0	۰/۲۱ ± ۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۷ ± ۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۱ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>
پالمیتولیک اسید	C16:1n-7	۲/۲۲ ± ۰/۰۸ <sup>a</sup>	۲/۸۵ ± ۰/۰۷ <sup>b</sup>	۳/۸۵ ± ۰/۰۵ <sup>c</sup>
اولئیک اسید	C18:1n-9	۱۱/۵۲ ± ۰/۸۵ <sup>a</sup>	۱۴/۵۱ ± ۰/۸۱ <sup>b</sup>	۲۲/۱۳ ± ۰/۹۱ <sup>c</sup>
لینولئیک اسید	C18:2n-6	۱۶/۶۶ ± ۰/۴۹ <sup>a</sup>	۱۷/۸۵ ± ۰/۳۵ <sup>b</sup>	۲۵/۰۶ ± ۰/۳۸ <sup>c</sup>
آلفا لینولئیک اسید	C18:3n-3	۰/۲۷ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۳۸ ± ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۴۹ ± ۰/۰۵ <sup>c</sup>
گاما لینولئیک اسید	C18:3n-3	۱/۸۹ ± ۰/۰۸ <sup>a</sup>	۲/۶۶ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۴۲ ± ۰/۰۶ <sup>c</sup>
آراشیدونیک اسید	C20:4n-6	۱/۰۰ ± ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۰۳ ± ۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱/۰۶ ± ۰/۰۸ <sup>a</sup>
ایکوزاپنتانویک اسید	C20:5n-3	۱/۱۲ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۱۴ ± ۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱/۲۶ ± ۰/۱۱ <sup>a</sup>
دوکوزاهگزانویک اسید	C22:6 n-3	۶/۵۴ ± ۰/۱۴ <sup>a</sup>	۷/۶۶ ± ۰/۰۷ <sup>b</sup>	۸/۷۵ ± ۰/۲۱ <sup>c</sup>
مجموع اسیدهای چرب اشباع	Σ SAF	۱۵/۲۱ ± ۰/۴۶ <sup>a</sup>	۱۷/۷۸ ± ۰/۸۵ <sup>b</sup>	۲۴/۱۹ ± ۰/۵۵ <sup>c</sup>
مجموع اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه	Σ MUFA	۳۰/۴ ± ۰/۶۷ <sup>a</sup>	۳۵/۲۱ ± ۰/۹۹ <sup>b</sup>	۵۱/۰۴ ± ۰/۷۸ <sup>c</sup>
مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه	Σ PUFA	۳/۱۶ ± ۰/۲۸ <sup>a</sup>	۴/۰۷ ± ۰/۴۳ <sup>b</sup>	۴/۹۷ ± ۰/۲۸ <sup>c</sup>
مجموع اسیدهای امگا-۶	Σ N-6	۱۷/۶۶ ± ۰/۶۷ <sup>a</sup>	۱۸/۸۸ ± ۰/۳۳ <sup>b</sup>	۲۶/۱۲ ± ۰/۸۹ <sup>c</sup>
مجموع اسیدهای سری امگا-۳	Σ N-3	۹/۸۲ ± ۰/۸۸ <sup>a</sup>	۱۱/۸۴ ± ۰/۴۴ <sup>b</sup>	۱۴/۰۲ ± ۰/۴۶ <sup>c</sup>

$1/86 \pm 0/08^a$	$1/59 \pm 0/10^b$	$1/79 \pm 0/08^a$	$\Sigma N-6 / \Sigma N-3$	مجموع اسیدهای چرب سری امگا 6 به امگا 3
$0/53 \pm 0/02^a$	$0/62 \pm 0/03^b$	$0/55 \pm 0/08^a$	$\Sigma N-3 / \Sigma N-6$	مجموع اسیدهای چرب سری امگا 3 به امگا 6
$6/94 \pm 0/11^c$	$6/71 \pm 0/42^b$	$5/83 \pm 0/31^a$	DHA/EPA	دوکوزاهگزانوئیک/ایکوزاپنتانوئیک
$0/097 \pm 0/003^c$	$0/11 \pm 0/001^b$	$0/10 \pm 0/02^a$	PUFA/MUFA	اسید چرب چندغیر اشباع/ اسید چرب تک غیر اشباع

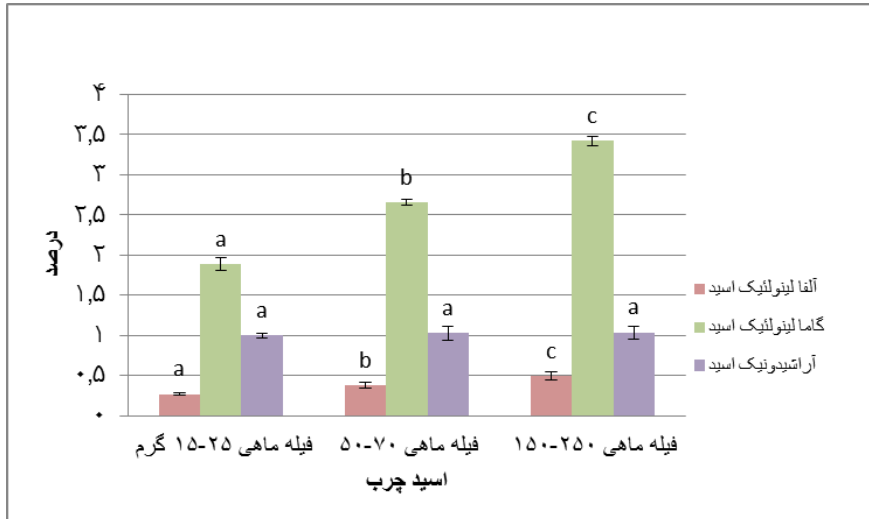
حروف غیر مشابه به معنی اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0/05$  است.



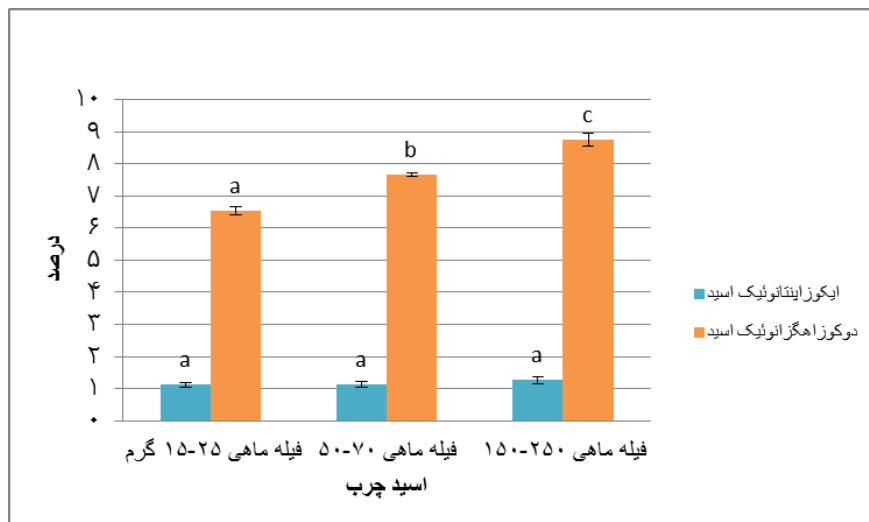
نمودار ۱- مقایسه اسیدهای چرب SAF در تیمارها



نمودار ۲- مقایسه اسیدهای چرب MUFA در تیمارها



نمودار ۳- مقایسه اسیدهای چرب PUFA در تیمارها



نمودار ۴- مقایسه اسیدهای چرب HUFA در تیمارها

## بحث

بالغ‌تر منابعی غنی از اسیدهای چرب ضروری را در اختیار داشته باشند. علت افزایش مقادیر چربی موجود در خوراک نیز متناسب با افزایش سن و سایز ماهی، افزایش می‌یابد که می‌تواند حاکی از این موضوع باشد که مراحل لاروی قادر به هضم چربی موجود در جیره نبوده و همچنین افزودن چربی بیشتر به خوراکی‌های مراحل بعدی زندگی لارو، باهدف تسریع روند افزایش وزن و ذخایر انرژی بدن ماهی انجام می‌شود. اندازه‌گیری اسیدهای چرب بین سه فیله ماهی در این

با توجه به آنالیز خوراکی‌های مورد استفاده در این مزرعه (خوراک استارتر، رشد و پرواری)، مشاهده شد که همگام با افزایش سن و سایز ماهی، در جیره‌های مورد استفاده از میزان رطوبت این خوراکی‌ها کاسته شده است، علاوه بر رطوبت پروتئین نیز در جیره‌ها روندی نزولی داشته است. اما مقادیر خاکستر و اسیدهای چرب افزایش یافته است تا ترکیب اسیدهای چرب ماهیان مورد تغذیه نیز همگام با تغذیه از این خوراکی‌ها به صورت پیوسته افزایش یافته و ماهیان

تاز اولئیک اسید بود. البته آنها عنوان کرده‌اند که از ویژگی‌های مشخص ماهیان آب‌های شیرین، داشتن سطوح بالایی از اسید چرب اولئیک، پالمیتوئیک و آراشیدونیک است که در مورد دو اسید چرب اول این امر در تحقیق حاضر برقرار است اما در مورد آراشیدونیک خیر. زیرا این اسید چرب در رده آخر اسیدهای چرب اشباع قرار دارد.

دو اسید چرب PUFA آلفا لینولئیک و گاما لینولئیک نیز با افزایش اندازه ماهی افزایش یافته‌اند اما این حالت در مورد آراشیدونیک اسید برقرار نبوده و با افزایش اندازه ماهی هرچند مقدار این اسید چرب افزایش یافته است، اما این افزایش معنی دار نیست. از بین سه اسید چرب موجود در این گروه اسید چرب گاما لینولئیک بالاترین مقدار را نشان داد و به دنبال آن آراشیدونیک و در انتها آلفا لینولئیک قرار داشتند.

به طور کلی ماهیان از نظر اسیدهای چرب چند غیراشباع به ویژه گروه امگا-۳ اهمیت زیادی دارد که از این میان اسیدهای چرب EPA یا ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5n-3) و DHA یا دوکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6n-3) معروف‌تر می‌باشند. علت این امر استفاده از این اسیدهای چرب ضروری در غشای سلولی ماهیچه‌ها، مغز و شبکه در مرحله اندام‌زایی است (۲۷). کمبود اسیدهای چرب ضروری سبب کم خونی، افزایش مرگ و میر و کاهش بازدهی تغذیه می‌شود (۱۰). اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) بین سه فیله مورد بررسی اختلاف معنی‌دار را نشان داد ولی دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) بین سه فیله اختلاف معنی‌دار را نشان نداد. در هر دو مورد بالاترین مقدار در فیله‌های با اندازه ۱۵۰-۲۵۰ گرمی مشاهده شد هرچند در مورد اسید چرب دوکوزاهگزانوئیک اسید این برتری اختلاف معنی‌دار را نشان داد. در تحقیق حاضر میزان MUFA نسبت به PUFA مقدار بیشتر را نشان داده است.

تحقیق نشان می‌دهد که افزایش سطح چربی جیره با افزایش اندازه ماهی نتایج زیر را سبب شده است:

**در اسیدهای چرب اشباع یا SAF:** اسیدهای چرب میریستیک، پالمیتیک، استئاریک، آراشیدیک همواره بالاترین مقدار را فیله ۲۰۰-۱۵۰ گرمی نشان دادند و با افزایش اندازه ماهی به طور معنی‌دار افزایش یافته است. در بین این گروه از اسیدهای چرب، اسید پالمیتیک بالاترین مقدار را در سه گروه فیله مورد بررسی به خود اختصاص داده و بعد از آن استئاریک، میریستیک و در نهایت آراشیدیک اسید قرار داشت. از نظر مقادیر اسیدهای چرب در گوشت آبزیان، تحقیقات نشان داده که در گوشت اکثر آبزیانی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اسید پالمیتیک و سپس اسید استئاریک بیشترین مقدار را در گروه SAF دارا بوده‌اند، که در مورد تحقیق حاضر این امر صادق است (۴).

در تحقیقات Turan و همکاران (۲۰۰۷) سفره ماهی دریایی سیاه این اسیدهای چرب اشباع با ۵۵ و ۲۲ درصد رتبه‌های اول و دوم را در گروه SAF داشته‌اند (۲۹) که با نتایج بدست آمده در این بررسی مطابقت دارد. به طور کلی، بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید پالمیتیک فراوان‌ترین اسید چرب اشباع در گونه‌های مختلف ماهیان بوده است (۱۲).

در مورد اسیدهای چرب MUFA بین سه فیله اختلاف معنی‌داری وجود داشته و روند افزایشی مقادیر این اسیدها با افزایش سن همچنان مشاهده می‌شود. در این گروه بالاترین مقدار اسید چرب مربوط به لیئولئیک اسید بوده و به دنبال آن اولئیک و در نهایت پالمیتوئیک قرار دارد. Gutierrez و Silvia (۱۹۹۳) نشان دادند که اولئیک اسید، فراوان‌ترین اسید چرب تک غیراشباع در ماهی است (۱۵) و میزان آن در ماهیان آب‌های شیرین بیشتر از ماهیان دریایی است، در تحقیق حاضر لینولینیک اسید فراوان-



از طرفی Cengiz و همکاران (۲۰۱۰) نسبت n3/n6 را در ماهیان آب شیرین در محدوده ۰/۵۵ تا ۵/۶ و در ماهیان دریایی در محدوده ۴/۷ تا ۱۴/۴ گزارش کرده اند (۱۰) که به جز فیله ۲۰۰-۱۵۰ گرمی دو فیله دیگر در محدوده عنوان شده بودند.

نتایج نشان داد که پروتئین و چربی در فیله ماهی ۲۵-۱۵ گرمی و ۷۰-۵۰ گرمی اختلاف معنی‌داری نداشت ( $p > 0/05$ ) اما با فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی اختلاف معنی‌دار وجود داشت ( $p < 0/05$ ) و بالاترین مقدار این دو پارامتر در فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی مشاهده شد. در عموم ماهیان میزان پروتئین بین ۲۱-۱۶ درصد است، در تحقیق حاضر میزان پروتئین محدوده ایی بین ۱۷/۰۵ تا ۱۸/۶۰ درصد را به خود اختصاص داده است که نشان از سطوح مناسب پروتئین در سه فیله بخصوص در اندازه‌های ۲۵۰-۱۸۰ گرمی است که نشان از تغذیه مناسب حتی در شرایطی که پروتئین نیز کاهش یافته است دارد.

بر اساس تقسیم بندی Panetsos (۱۹۷۸) (۲۵) ( $< 8$ ) درصد ماهیان چرب، ۸-۳ درصد با چربی متوسط و ( $> 3$ ) درصد کم چرب) در دو فیله ۲۵-۱۵ گرمی و ۷۰-۵۰ گرمی که میزان چربی فیله به ترتیب ۲/۴۶ و ۲/۵۸ درصد است ماهی قزل آلا در بخش ماهیانی با چربی کم و در فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی که میزان چربی ۳/۲۰ درصد است ماهی در بخش ماهیانی با چربی متوسط قرار می‌گیرد.

در مورد خاکستر بین سه فیله مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت ( $p < 0/05$ ) و بالاترین مقدار در فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی مشاهده شد. دو پارامتر رطوبت و ماده خشک بین سه فیله ۲۵-۱۵، ۷۰-۵۰ و ۲۵۰-۱۵۰ گرمی اختلاف معنی‌دار داشت ( $p < 0/05$ ). میزان رطوبت در اکثر آبزیان بین ۵۵ تا ۸۵ درصد می‌باشد. در این تحقیق میزان رطوبت در این محدوده قرار داشت.

Arrayed و همکاران در سال ۱۹۹۹ بیان کردند که گوشتخواران بنتیک که از بی‌مهرگان تغذیه می‌کنند (۷)، کمترین مقدار PUFA را دارند و در مقابل به طور معمول پلانکتون‌خواران دارای بیشترین مقدار PUFA می‌باشند که این فراوانی مقدار PUFA متأثر از نوع تغذیه ماهیان است. با توجه به اینکه بخش عمده غذای قزل آلا را گوشتخواران تشکیل می‌دهند، بالا بودن نسبت MUFA به PUFA دور از انتظار نبود.

در فیله ماهیان قزل آلا بررسی شده، میزان اسیدهای چرب MUFA، نسبت به اسیدهای چرب PUFA و SAF بالاتر بود. بعد از اسیدهای چرب MUFA، اسیدهای چرب SAF و PUFA به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند. این نتایج با نتایج تحقیقات خان‌زمان محمدی و همکاران (۳) مطابقت دارد. بررسی نسبت DHA/EPA نشان داد که با افزایش اندازه ماهی این نسبت نیز افزایش یافته است. نسبت n3/n6 شاخص مناسبی برای مقایسه نسبی ارزش تغذیه ای چربی ماهیان می‌باشد (۳۱). نسبت w3/w6 یکی از بهترین معیارها برای مقایسه ارزش نسبی مواد مغذی روغن ماهی در گونه‌های مختلف است. افزایش نسبت n3/n6 در رژیم غذایی انسان با کاهش لیپدهای پلاسما به پیشگیری از بیماری‌های قلبی کمک نموده، همچنین ریسک ابتلا به سرطان را کاهش می‌دهد (۱۹).

مقدار توصیه شده این نسبت توسط متخصصان تغذیه بیشتر از ۱:۴ است (۳۰). در این تحقیق، نسبت n3/n6 محدوده‌ای بین ۰/۶۲ تا ۵۳ داشته است که در تمام موارد کمتر از یک است. این نسبت در فیله‌هایی با اندازه ۷۰-۵۰ گرمی بیشتر از سایر اندازه‌ها بود که نشان دهنده ارزش تغذیه‌ای بالای این فیله در مقابل دو فیله دیگر است.

شود. همچنین افزایش سطح اسیدهای چرب در جیره سبب افزایش مقاومت ماهی در برابر تنش‌های محیطی حاصل از تغییرات درجه حرارت آب محیط پرورش و کمبود اکسیژن و تغییرات شوری می‌شود که در تحقیقات نجفی پور مقدم و همکاران (۵) این امر به اثبات رسیده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش پروتئین جیره تاثیر منفی بر روی عملکرد رشدی ماهی نداشته و می‌توان با توجه به هزینه پروتئین میزان آن را در جیره کاهش و چربی را جایگزین کرد. همچنین بر اساس یافته‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که ماهی قزل آلا به خصوص فیله‌هایی با اندازه ۳۰۰-۱۳۰ گرمی به دلیل وجود پروتئین با ارزش زیستی بالا و حضور قابل توجه اسیدهای چرب در مقایسه با دو فیله دیگر ۲۵-۱۵ گرمی، ۷۰-۵۰ گرمی ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارد.

### منابع

۱. احمدی فرد، ن.، عابدیان کناری، ع. و معتمدزادگان، ع.، ۱۳۹۲. تأثیرات جانشینی پودر ماهی با کنسانتره پروتئینی سبوس برنج در رشد، زنده مانی و ترکیب اسیدهای آمینه بدن آلون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳، صفحات ۳۸۷-۳۸۳.
۲. جلیلی، ر.، آق، ن.، نوری، ف. و ایمانی، ا.، ۱۳۹۲. آثار جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۲، صفحات ۱۳۱-۱۱۹.
۳. خان‌زمان محمدی، م.، هدایتی فرد، م.، قلیچی، ا.، ۱۳۹۲. بررسی ترکیب بیوشیمیایی، پروفایل اسیدهای چرب و ارزش غذایی لاشه ماهی کپور سرگنده

همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد، در سه جیره مورد بررسی با افزایش اندازه ماهی میزان چربی افزایش و میزان پروتئین به عنوان گران‌ترین جز جیره کاهش می‌یابد. در ترکیب بافت فیله هم پروتئین و هم چربی در دو بافت ۲۵-۱۵ و ۷۰-۵۰ گرمی اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند، اما هر دو گروه با فیله ۲۵۰-۱۵۰ گرمی اختلاف معنی‌دار داشتند و در عین حال با افزایش اندازه فیله یا ماهی هم پروتئین و هم چربی افزایش یافته است در حالی که میزان پروتئین جیره با افزایش اندازه ماهی کاهش یافته است. از طرفی با مراجعه به جدول ۲ مشخص می‌شود که این کاهش پروتئین مانعی برای رشد ماهی نبوده و با افزایش اندازه ماهی، شاخص‌های رشدی نظیر طول کل، طول استاندارد و وزن افزایش یافته است.

با توجه به تحقیق‌های صورت گرفته، اهمیت چربی‌ها بر روند رشد در ماهی‌ها بدون تردید ثابت شده است. پس دامنه گسترده‌ای از منابع چربی گیاهی و حیوانی در جیره غذایی ماهیان استفاده می‌شود. از روی دیگر چربی‌ها علاوه بر منبع انرژی، منبع مهمی برای تامین اسیدهای چرب ضروری محسوب می‌شوند. حال آن که اگر جیره غذایی بتواند اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز ماهی را تامین کند، در نتیجه ماهی به خوبی رشد می‌کند (۲۰، ۲۶).

چنین امری در تحقیق حاضر نیز مشاهده شده است، به گونه‌ای که با کاهش سطح پروتئین جیره و افزایش میزان چربی، همچنان ماهی رشد خود را در مقایسه با ماهیان کوچک‌تر حفظ کرده است. در واقع توانایی گونه‌های آب شیرین در اشباع‌زدایی و طویل‌سازی دو اسید چرب PUFA، لینولئیک و آلفا لینولئیک می‌تواند در بهبود فعالیت‌های زیستی و تامین اسیدهای چرب ضروری LC-PUFA موثر باشد (۲۳).

از این رو انتظار می‌رود شاخص‌های رشد در نتیجه عملکرد مناسب این فرآیند در ماهی قزل‌آلا حفظ



11. Conceição L., Grasdalen H., Rønnestad I., 2003. Amino acid requirements of fish larvae and post-larvae: new tools and recent findings. *Aquaculture*, 227, 221-232.
12. Dean L.M., 1990. Nutrition and preparation in sea food industry. Published by Van nostrand Rainhold, New York. 267 P.
13. Forster I., Higgs D.A., Dosanjh B.S., Rowshandeli M., Parr J., 1999. Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held in 11 fresh water. *Aquaculture*. 179: 109-125.
14. Guler M., Yildiz M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 35: 157-167.
15. Gutierrez L.E., da Silva R.C.M., 1993. Fatty acid composition of commercial fish from Brazil. *Science Agriculter Piracicaba*. 50: 478-483.
16. Higgs D.A., Dosanj B.S., Prendergast A.F., Beams R.M., Hardy R.W., Riley W., Deacon G., 1995. Use of rapeseed/canola protein products in finfish diets. Nutrition and Utilization technology in Aquaculture. AOAC Press. 130-156 P.
17. Hosseini S.V., Kenari A.A., Regenstein, J.M., Grant A.A., 2010. Effects of alternative dietary lipid sources on growth performance and fatty acid composition of Beluga Sturgeon, *Huso huso*, juveniles. *Journal Of The World Aquaculture Society*, 41: 471-489.
18. Jackson A., 2009. Fish In-Fish Out (FIFO) Ratios explained. International Fishmeal and Fish Oil Organisation.
19. Kinsella E., Lokeshn B., Stone R.A. 1990. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular (Hypophthalmichthys nobilis) در استان مازندران. فصلنامه علوم تکثیر و آبرزی پروری، سال اول، شماره ۳، صفحات ۲۳-۴۰.
۴. ضیائیان نوربخش، ه.، ۱۳۸۹. تعیین پروفیل اسیدهای چرب و ترکیبات غذایی موجود در گوشت ماهی شوریده *Otolithes ruber*. مجله علوم غذایی و تغذیه، شماره ۴، صفحات ۷۷-۸۴.
۵. نجفی پور مقدم، ا.، فلاحت کار، ب و کلباسی مسجد شاهی، م.، ۱۳۹۴. تغییرات اسیدهای چرب جیره و عضله در بچه تاس ماهیان سیبری (*Acipenser baeri* Brandt) (1869) تغذیه شده با سطوح مختلف لسیتین. اقیانوس‌شناسی، شماره ۹، صفحات ۹۵-۱۰۵.
6. AOAC., 1990. Official Methods of Analysis of the Association official Analytical Chemists, 15th edn. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
7. Arrayed F.H., Maskati H.A., Abdullah F., 1999. n-3 polyunsaturated fatty acid content of some edible fish from Bahrain waters; Estuarine. *Coastal and Shelfscience*, 249 109-114.
8. Bell J.G., Ghionic C., Sargent J.R., 1994. Fatty acid compositions of ten freshwater invertebrates which are natural food organisms of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*); a comparison with commercial diets. *Aquaculture*, 128: 301-313.
9. Bhouri A.M., Bouhlel I., Chouba L., Hammami M., Cafsi M.El., Chaouch A., 2010. Total lipid content, fatty acid and mineral compositions of muscles and liver in wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *African Journal of Food Science*, 4: 522-530.
10. Cengiz E.I., Enlu E., Bashan M., 2010. Fatty acid composition of total lipids in muscle tissues of nine fresh water fish from the River Tigers (Turkey). *Turkish Journal of Biology*, 34: 433-438.



25. Panetsos A., 1978. Hygiene of foods of animal origin. Thessaloniki: D. Gartaganis. 221 P.
26. Peres H., Olivia-Teles A., 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 170: 337-348
27. Sargent J., Bell G., McEvoy L., Tocher, Estevez, D., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177:191-199.
28. SOFIA., 2008. The State of World Fisheries and Aquaculture [online] Available from: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm> [Accessed 2010-02-01].
29. Turan H., Sonmez G., Kaya Y., 2007. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray from the Sinop coast in the Black sea. *Journal of Fisheries Science*, 1: 97-103.
30. Valencia I., Ansorena D., Astiasaran I., 2006. Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with n-3 PUFAs. *Meat Science*, 72: 727-733.
31. Zuraini A., 2006. Fatty acid amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. Fish. *Food Chemistry*, 97:674-678.
20. Legendre M., Kerdchuan N., Corraze G., Bergot P., 1995. Larval rearing of an African catfish *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry. *Aquatic Living Resources*, 8: 355- 363.
21. Martino R.C., Cyrino J.E.P., Portz L. Trugo L.C., 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubium (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Aquaculture*, 209: 209-218.
22. Mohamed H.A.E., Al-Maqbaly R., Mohamed Mansour H., 2010. Proximate composition, amino acid and mineral contents of five commercial Nile fishes in Sudan. *African Journal of Food Science*, 3: 650-654.
23. Ng W.K., Wang Y., Ketchimenin P., Yuen K.H., 2004. Replacement of dietary fish oil increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Claris gariepinus*. *Aquaculture*, 233: 423- 437.
24. Ohnson F., Hillestad M., Austreng E., 1993. High energy diets for Atlantic salmon. Effects on pollution. In: Fish Nutrition in practice (Kaushik, S.J. and Luquet, P. eds). Pp:391-401