



بررسی ترکیب اسیدهای چرب زئوپلانکتون‌های استخر و قابلیت انتقال آن به لاروها در هفته اول ذخیره سازی کپور معمولی پرورشی (*Cyprinus carpio*)

الهام صحراگرد، منصوره قائمی*، لاله رومیانی

گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز

نوع مقاله:

چکیده

پژوهشی

به‌منظور بررسی اسیدهای چرب زئوپلانکتون‌ها و لارو کپور معمولی، نمونه‌برداری قبل از شروع دوره‌ی ۷ روزه با تور پلانکتون‌گیری ۲۰ و در طی دوره با تور ۵۰ صورت گرفت. SFA در روتیفرهای استخر در روز اول افزایش ۶/۱۵ درصدی و در روز هفتم به ۳/۵۳ درصد رسید. UFA در روز اول نیز کاهش معنی‌داری را به میزان ۱/۷۹ درصدی نشان داد. در روز هفتم، میزان کل MUFA با اختلاف معنی‌دار افزایش یافت. اولئیک اسید در بین همه‌ی تیمارها به‌جز لارو قبل از رهاسازی اسید چرب تک‌غیراشباع غالب بود و تیمار روز ۵ بالاترین میزان را داشت. بالاترین میزان PUFA با ۵۲/۲۷ درصد، مربوط به تیمار روز هفتم و پایین‌ترین میزان با ۴۲/۹۲ درصد مربوط به‌روز چهارم بود. میزان PUFA روتیفر با اختلاف معنی‌دار کمتر از لارو قبل از رهاسازی بود ($p < 0.05$). میزان PUFA به میزان ۵/۶ درصد افزایش یافت. اسیدهای چرب امگا ۶، لینولئیک اسید، آراشیدونیک اسید و دکوزاپنتانئودیک اسید در بدن لارو بیشتر از روتیفر بودند، در پایان دوره میزان این اسیدهای چرب افزایش نشان داد. EPA و DHA در روتیفر بیشتر از لارو قبل از رهاسازی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که روتیفر یک غذای مناسب برای تکامل بچه ماهیان از نظر تأمین اسیدهای چرب مورد نیاز است.

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰۸/۲۳
اصلاح: ۹۵/۰۲/۲۴
پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۷

کلمات کلیدی:

اسید چرب
روتیفر
کپور معمولی
MUFA
PUFA
SFA

مقدمه

در سال‌های اخیر، مصرف ماهی و غذاهای دریایی افزایش‌یافته و تقاضا برای محصولات آبی به سبب افزایش جمعیت، افزایش درآمد و همچنین ارجحیت ماهی و آبریان نسبت به سایر مواد غذایی رو به افزایش است. آبریان منبع بسیار حیاتی برای غذای بشر به شمار می‌آیند، به‌طوری‌که حدود ۱۶ درصد پروتئین مصرفی انسان را تشکیل می‌دهند. ماهیان همچنین منبع مناسبی از ریزمغذی‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه ضروری می‌باشند که آن‌ها را نسبت به سایر غذاها متمایز می‌سازد، بنابراین ماهی و آبریان به‌عنوان منبع غذایی بسیار خوبی مطرح می‌باشند (Zaki Pour & Rahimadadi *et al.*, 1995). اندازه‌گیری برخی ترکیبات شیمیایی مانند درصد پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در گوشت ماهیان برای مشخص نمودن ارزش غذایی و حتی ارزش تجاری آن‌ها لازم است (Waterman, 2000). تغییرات در نسبت آب، چربی، پروتئین و خاکستر باعث تغییر در انرژی ذخیره‌شده در بدن ماهی می‌شود که این موضوع خود بر روی اندازه، شانس تولید مثل موفق و بقای ماهی موثر است (Yiping *et al.*, 2013). ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی بر اساس

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mansorehghaeni@gmail.com

نوع گونه، نوع غذای مصرف شده و محیطی که پرورش در آن صورت می گیرد متفاوت است. همچنین رشد و ترکیبات شیمیایی بدن ماهی می تواند تحت تأثیر مستقیم تغییرات منابع غذایی قرار گیرد (Kangombe *et al.*, 2007). ارزش غذایی به طور فراوان در داخل گونه ها متفاوت است و همچنین با اندازه، وضعیت جنسی، تغذیه، زمان صید در سال، فعالیت و غیره، توزیع این اجزاء در میان اندام های مختلف و بافت بدن نیز ممکن است تفاوت قابل توجهی را نشان دهد (Weatherly and Gill, 1987). محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره و همچنین مقدار کم محتوای کلسترول در ماهی و برخی آبزیان سبب شده تا آنها به عنوان غذاهایی برای جلوگیری از ابتلا به برخی بیماری ها مدنظر قرار گیرند.

کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) از جمله ماهیان پرورشی است که به واسطه ی رشد بالا، ضریب تبدیل غذایی پایین و آسانی پرورش مورد توجه قرار گرفته است (Tokur *et al.*, 2006). تحقیقات مختلفی انجام گرفته تا مشخص شود چه مقدار از مواد مغذی مختلف (اسیدآمینه، اسیدهای چرب و کربوهیدرات ها) در طی مراحل آنتوژنی برای تأمین انرژی در ماهیان مصرف می شوند (Sargent *et al.*, 2002). چگونگی تأمین انرژی در ماهیان در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت است (Farhoudi *et al.*, 2011). در این زمینه اطلاعات بسیار کمی در رابطه با متابولیسم اسیدهای چرب در لارو ماهیان وجود دارد در حالی که عملکرد فیزیولوژیکی اسیدهای چرب از جمله حفظ عملکرد طبیعی بدن و غشای زیستی در دوران لاروی بسیار مهم است (Roustaian *et al.*, 1999). همچنین شناخت تغییرات پروفیل اسید چرب در تخم و لارو ماهیان برای تخمین و ارزیابی احتیاجات غذایی لارو به هنگام شروع تغذیه ی فعال، می تواند مفید باشد (Gunasekera *et al.*, 1999). در مرحله ی لاروی مصرف اسیدهای چرب، متفاوت و در بین گونه ها انتخابی بوده و بستگی به ذخایر کیسه ی زرده ی انتقال یافته از والدین دارد (Abi-Ayad *et al.*, 2007). لیپید ذخیره شده در تخم ماهیان برای تأمین انرژی و سنتز ترکیبات بنیادی غشای سلولی لاروهای در حال رشد (Rainuzzo, 1993) و همچنین تأمین اسیدهای چرب ضروری (Skalli and Robin, 2004) مورد مصرف قرار می گیرد.

میزان چربی و ترکیب اسید چرب موجود در ماهیان مقدار ثابتی نیست (Tokur *et al.*, 2006). تحقیقات نشان داده است که ماهیان آب شیرین نسبت به ماهیان آب شور به n-3 PUFA کمتری نیاز دارند (Kalyoncu *et al.*, 2010). در بین اسیدهای چرب بلند زنجیره سری n-3، اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید ایکوزاپنتانوئیک از سایرین مهم تر هستند (Sargent *et al.*, 1995). علت آن استفاده از اسیدهای چرب ضروری در غشای سلولی ماهیچه ها، مغز و شبکه ی در مرحله ی اندام زایی است (Cejas *et al.*, 2004). کمبود اسیدهای چرب ضروری سبب کم خونی، افزایش مرگومیر و کاهش بازدهی تغذیه می شود (Gapasin *et al.*, 1998).

تاکنون مطالعه ای روی ترکیبات اسید چرب لارو کپور معمولی پرورشی تغذیه شده با زئوپلانکتون صورت نگرفته است. با توجه به مسائل ذکر شده در خصوص اهمیت بررسی ترکیبات اسید چرب در دوره ی تکامل لاروی، مطالعه ی حاضر جهت ارزیابی احتیاجات غذایی لارو هنگام شروع تغذیه ی فعال با استفاده از زئوپلانکتون ها با توجه به عدم شناخت کافی از ترکیب اسیدهای چرب لارو کپور معمولی پرورشی و باهدف افزایش رشد و کاهش مرگومیر این گونه ی مهم انجام می شود. همچنین جهت فرموله کردن غذا در مرحله لاروی ضروری است که میزان اسیدهای چرب جذب شده مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش ها

این مطالعه در بهار ۱۳۹۴ و در مرکز تکثیر و پرورش آبی گستران در شهرستان شوشتر واقع در استان خوزستان انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق در جدول شماره ۱ ارائه شده اند.

جدول ۱. معرفی تیمارها

عنوان مورد استفاده	نمونه‌های مورد مطالعه
تیمار الف	زئوپلانکتون‌ها (زئوپلانکتون غالب: روتیفر)
تیمار ب (تیمار شاهد)	لارو ماهی کپور قبل از رهاسازی در استخر
تیمار ۱	روز اول تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۲	روز دوم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۳	روز سوم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۴	روز چهارم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۵	روز پنجم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۶	روز ششم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها
تیمار ۷	روز هفتم تغذیه لاروها از زئوپلانکتون‌ها

نمونه‌برداری از زئوپلانکتون‌ها و لاروها قبل از شروع دوره‌ی ۷ روزه با استفاده از تور پلانکتون‌گیری ۲۰ و در طی دوره (هرروز در ۳ نوبت صبح، ظهر و عصر) با استفاده از تور پلانکتون‌گیری ۵۰ به صورت تصادفی صورت گرفت (Kamali Sanzaghi *et al.*, 2014; Qi *et al.*, 2012). پس از نمونه‌برداری از زئوپلانکتون‌ها، روتیفر زئوپلانکتون غالب استخر شناسایی شد.

برای تعیین میزان اسیدهای چرب در زئوپلانکتون‌ها و لاروها در تیمارهای مختلف از دستگاه کروماتوگرافی گازی اسیدهای چرب متیل استر شده یا FAMES استفاده شد. نمونه‌ها (۵ گرم) ابتدا در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (AOAC, 1990). آنالیز اسیدهای چرب با استفاده از روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) انجام گرفت. جهت شناسایی تک‌تک اسیدهای چرب از مخلوط استاندارد اسیدهای چرب با مقایسه‌ی زمان‌های بازداری استفاده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 و آزمون کلمونو اسمیرنوف جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA)، و همگنی واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

جدول شماره ۲، نتایج اندازه‌گیری مهم‌ترین اسیدهای چرب را در تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشترین و کمترین میزان اسیدهای چرب روتیفر به ترتیب پالمیتیک اسید و تترادسنوئیک اسید بود. طی این دوره میزان چربی کل لارو به میزان ۰/۷۲ درصد و قبل از رهاسازی در استخر ۲/۷۸ درصد افزایش یافته است.

طبق جدول شماره ۲، بالاترین میزان چربی کل مربوط به لارو ماهی کپور تغذیه‌شده در روز هفتم (۲/۹۱±۰/۲) و پایین‌ترین میزان چربی کل مربوط به لارو ماهی کپور قبل از تغذیه از زئوپلانکتون‌ها (۰/۱۳±۰/۰۲) بود. زئوپلانکتون غالب در استخر پرورش، روتیفر بود. بر طبق جدول ۱، اختلاف معنی‌داری بین تیمار الف با سایر تیمارها، تیمار ب با سایر تیمارها و همچنین بین تیمار روز ۴ با تیمار روز ۶ وجود داشت (۰/۰۵ < p). بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نبود (۰/۰۵ > p). درصد چربی کل در ماهیان کپور تغذیه‌شده با زئوپلانکتون‌ها، ماهیان کپور قبل از تغذیه از زئوپلانکتون‌ها و روغن استخراج‌شده از زئوپلانکتون‌ها در پایان دوره پرورش بررسی شد.

بر اساس جدول ذکرشده در بالا، بالاترین میزان اسیدهای چرب اشباع مربوط به تیمار روز ۴ ($34/33 \pm 2/11$) و پایین ترین میزان اسیدهای چرب اشباع مربوط به تیمار روز ۷ ($22/56 \pm 0/96$) بوده است. بر طبق جدول ۱ اختلاف معنی داری بین تیمار روز ۵ با تیمار روز ۷ وجود نداشت ($p > 0/05$). بین سایر تیمارها اختلاف معنی دار وجود داشت ($p < 0/05$). درصد اسیدهای چرب اشباع ماهیان کپور تغذیه شده با زئوپلانکتون ها، ماهیان کپور قبل از تغذیه از زئوپلانکتون ها و روغن استخراج شده از زئوپلانکتون ها در پایان دوره پرورش بررسی گردید. طبق جدول ۲، اسیدهای چرب C14:00 و C16:00 به ترتیب میزان، غالب ترین اسیدهای چرب اشباع، در همه تیمارها به جز تیمار روز ۱ بودند. میزان اسید پالمیتیک (C16:00) بین تیمارهای ب و روز ۷ اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0/05$). همچنین برای میرستیک اسید (C14:00) بین همه تیمارها اختلاف معنی دار دیده شد ($P < 0/05$) به جز تیمار روز ۶ با تیمار روز ۷ که بر طبق جدول ۱، اختلاف معنی دار مشاهده نگردید ($p > 0/05$).

تیمار روز ۳ ($19/69 \pm 2$) بالاترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع و تیمار روز ۱ ($14/09 \pm 2/01$) پایین ترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع را نشان دادند. بر طبق جدول ۲، بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$) (جدول ۲).

اولئیک اسید (C18:1n9) با اختلاف معنی دار بین همه تیمارها به جز تیمار ب، اسید چرب تک غیر اشباع غالب بود ($p < 0/05$)، البته به جز در تیمار روز ۵ و تیمار روز ۶ که سطح این اسید چرب اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0/05$). بر اساس جدول ۲، در اسید چرب غیر اشباع پالمیتولئیک اسید (C16:1n7) نیز بین تیمارهای الف، روز ۴ و روز ۶ اختلاف معنی دار مشاهده نگردید ($p > 0/05$). اما بین سایر تیمارها در ارتباط با این اسید چرب، اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0/05$). در ارتباط با تترادسنوئیک اسید (C14:1n5)، اختلاف معنی داری بین تیمارهای الف، روزهای ۱، ۵ و ۶ وجود نداشت، همچنین بین تیمارهای روزهای ۲، ۳، ۴ و ۷ نیز اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ($p > 0/05$) اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی دار بود ($p < 0/05$).

بالاترین میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع مربوط به تیمار روز ۵ ($51/75 \pm 1/09$) و پایین ترین میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع مربوط به روز ۴ ($42/92 \pm 0/48$) بود. بر طبق جدول ۲، اختلاف معنی داری بین تیمارهای الف با روز ۱ مشاهده شد ($p > 0/05$).

مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع (\sum PUFA) شامل اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۳ ($\sum n-3$) به ترتیب مانند 18:2n6، 18:3n3، 20:3n3، 22:6n3، 18:4n3، 20:5n3، 22:5n3 و اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۶ ($\sum n-6$) به ترتیب 22:6n3، 18:3n6، 20:3n6، 22:5n6، 20:4n6 بود. میزان اسیدهای چرب ایکوزاتریانوئیک (20:3n3) و دکوزاهگزانوئیک اسید (22:6n3) در بین همه تیمارها، دارای اختلاف معنی دار بود ($p < 0/05$). همچنین طبق جدول ۱ در مورد سایر اسیدهای چرب، به جز دی هموگامالینولئیک (20:3n6) و دکوزاپنتانوئیک اسید (22:5n6) سطح اختلاف معنی دار بین تیمارهای الف، ب، روزهای ۱ و ۲ دیده شد ($p < 0/05$)، اما در سایر تیمارها اختلاف معنی دار نبود ($p > 0/05$).

در رابطه با مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع (\sum PUFA) اختلاف معنی داری بین تیمارهای الف با روز ۱ وجود نداشت ($p > 0/05$)، بین سایر تیمارها اختلاف معنی دار بود ($p < 0/05$). نتایج بررسی مجموع اسیدهای چرب اشباع (\sum SFA) عدم اختلاف معنی داری بین تیمار روز ۵ با ۷ را نشان داد ($p > 0/05$)، بین سایر تیمارها اختلاف معنی دار بود ($p < 0/05$). برای مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (\sum MUFA) نیز اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف وجود داشت ($p < 0/05$). درصد اسیدهای چرب بر اساس پیوندهای دوگانه در ماهیان کپور تغذیه شده با زئوپلانکتون ها، ماهیان کپور قبل از تغذیه از زئوپلانکتون ها و روغن استخراج شده از زئوپلانکتون ها در پایان دوره پرورش بررسی شد (جدول ۲).

جدول ۲. ترکیب اسیدهای چرب موجود در لارو ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) و زئوپلانکتون ها برحسب درصد از کل اسید چرب (میانگین ± انحراف معیار)

نام فارسی	اسیدهای چرب	تیمار الف	تیمار ب	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶	تیمار ۷
میرستیک اسید	C14:00	۴/۸۳±۰/۳۹ ^a	۵/۴۳±۰/۰۸ ^b	۱/۴۸±۰/۰۷ ^c	۲/۸۱±۰/۱۸ ^d	۳/۶۳±۰/۲۳ ^e	۱/۹۷±۰/۰۷ ^f	۱/۵۹±۰/۰۶ ^g	۱/۳۳±۰/۰۲ ^h	۱/۳۰±۰/۰۵ ^h
پالمیتیک اسید	C16:00	۱۸/۹۴±۰/۶۳ ^a	۱۹/۷۷±۰/۷۸ ^b	۲۲/۰۱±۱/۲ ^c	۱۹/۲۸±۱/۳۱ ^d	۲۰/۶۳±۱/۹۲ ^e	۳۰/۴۰±۱/۹۳ ^f	۱۹/۵۱±۰/۷۰ ^g	۱۹/۹۵±۰/۴۵ ^h	۱۹/۶۵±۰/۷۹ ^b
استئاریک اسید	C18:00	۳/۹۱±۰/۰۵ ^a	۰/۶۲±۰/۰۴ ^b	۸/۲۶±۰/۵۲ ^c	۱/۱۱±۰/۰۶ ^d	۱/۲۸±۰/۰۷ ^{ef}	۱/۳۶±۰/۰۴ ^e	۰/۹۹±۰/۰۶ ^g	۱/۲۱±۰/۰۵ ^f	۱/۰۷±۰/۰۳ ^g
آرانشیدیک اسید	C20:00	۲/۰۷±۰/۰۰ ^a	۰/۲۶±۰/۰۶ ^b	۰/۱۷±۰/۰۳ ^c	۰/۳۱±۰/۰۴ ^b	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{bd}	۰/۲۸±۰/۰۱ ^b	۰/۳۳±۰/۰۱ ^d	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{bd}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^b
بهنیک اسید	C22:00	۱/۱۲±۰/۰۷ ^a	۰/۸۱±۰/۰۳ ^b	۰/۲۹±۰/۰۵ ^c	۱/۵۵±۰/۰۶ ^d	۰/۳۵±۰/۰۳ ^e	۰/۳۰±۰/۰۴ ^c	۰/۱۶±۰/۰۱ ^f	۰/۲۷±۰/۰۲ ^c	۰/۲۳±۰/۰۳ ^c
تترادسنونیک اسید	C14:1 n 5	۰/۱۶±۰/۰۳ ^a	۰/۰۶±۰/۰۱ ^b	۰/۱۲±۰/۰۱ ^a	۰/۲۷±۰/۰۴ ^c	۰/۲۲±۰/۰۱ ^c	۰/۲۶±۰/۰۳ ^c	۰/۱۱±۰/۰۱ ^a	۰/۱۶±۰/۰۲ ^a	۰/۲۰±۰/۰۴ ^c
پالمیتولیک اسید	C16:1 n 7	۵/۳۴±۰/۲۲ ^a	۸/۶۳±۰/۳۱ ^b	۱/۴۹±۰/۰۶ ^c	۵/۸۳±۰/۸۲ ^d	۷/۶۳±۱/۱۶ ^e	۵/۵۲±۰/۰۷ ^a	۴/۹۳±۰/۲۸ ^f	۵/۳۶±۰/۰۵ ^a	۵/۱۱±۰/۰۷ ^g
اولئیک اسید	C18:1 n 9	۱۰/۸۰±۰/۴ ^a	۸/۱۸±۱/۰۱ ^b	۱۲/۴۷±۱/۹۴ ^c	۱۱/۱۱±۱/۰۹ ^d	۱۱/۸۴±۰/۳۷ ^e	۹/۵۱±۰/۷۳ ^f	۱۲/۸۱±۰/۲۹ ^g	۱۲/۴۲±۰/۳۷ ^g	۱۱/۸۵±۱/۲۶ ^h
لینولئیک اسید	C18:2 n 6	۸/۷۲±۰/۱۸ ^a	۴/۳۶±۰/۴۶ ^b	۱/۵۵±۰/۰۴ ^c	۸/۷۶±۰/۹۲ ^d	۸/۸۹±۰/۰۵ ^a	۹/۴۰±۱/۰۴ ^e	۱۰/۲۰±۰/۴ ^f	۹/۵۴±۰/۰۴ ^e	۸/۹۹±۰/۰۲ ^a
آلفا-لینولئیک اسید	C18:3 n 6	۱/۲۸±۰/۰۷ ^a	۷/۹۶±۰/۷۵ ^b	۰/۵۳±۰/۰۱ ^c	۴/۰۲±۰/۰۴ ^d	۲/۷۸±۰/۰۹ ^e	۳/۳۷±۰/۰۴ ^f	۳/۴۹±۰/۰۹ ^f	۳/۵۵±۰/۸۸ ^g	۳/۱۲±۰/۰۳ ^h
دی همو گاما لینولئیک	C20:3 n 6	۰/۴±۰/۰۰۸ ^a	۱۱/۹۵±۱/۴۵ ^b	۰/۰۶±۰/۰۰ ^a	۱/۷۱±۰/۰۲ ^c	۲/۷۵±۰/۵۵ ^d	۱/۸۳±۰/۱۹ ^c	۲/۳۰±۰/۱۱ ^e	۲/۴۰±۰/۰۷ ^e	۲/۳۹±۰/۰۸ ^e
آرانشیدونیک	C20:4 n 6	۴/۴۸±۰/۱۲ ^a	۲/۲۵±۰/۰۵ ^b	۰/۴۸±۰/۰۶ ^c	۱/۲۸±۰/۰۲ ^d	۲/۳۲±۰/۰۶ ^b	۲/۰۲±۰/۰۳ ^e	۲/۱۹±۰/۰۲ ^b	۲/۳۹±۰/۰۹ ^b	۲/۴۳±۰/۱ ^f
دکوزاپنتانونیک اسید	C22:5 n 6	۰/۴۸±۰/۰۷ ^a	۰/۴۵±۰/۰۲ ^a	۳/۶۸±۰/۱۲ ^b	۳/۶۶±۰/۰۴ ^b	۳/۷۵±۰/۰۵ ^b	۳/۴۲±۰/۱۸ ^c	۵/۲۲±۰/۰۴ ^d	۵/۳۴±۰/۰۸ ^d	۵/۶۳±۰/۱۶ ^e
لینولنیک اسید	C18:3 n 3	۱۴/۸۶±۰/۸ ^a	۱/۲۸±۰/۲۹ ^b	۱/۷±۰/۰۳ ^c	۲/۷۲±۰/۰۴ ^d	۳/۲۱±۰/۰۵ ^e	۱/۷۳±۰/۰۴ ^c	۲/۶۷±۰/۰۷ ^d	۲/۲۱±۰/۰۶ ^f	۲/۲۵±۰/۰۵ ^f
استئاریدونیک اسید	C18:4 n 3	۱/۶۷±۰/۰۲ ^a	۷/۵۸±۰/۴۲ ^b	۰/۴۴±۰/۰۳ ^c	۳/۵۵±۰/۰۲ ^d	۱/۶۰±۰/۰۸ ^a	۱/۲۱±۰/۰۱ ^e	۱/۰۸±۰/۰۴ ^e	۱/۷۱±۰/۰۵ ^f	۱/۸۹±۰/۰۴ ^f
ایکوزا تری انوئیک	C20:3 n 3	۲/۹۰±۱/۰۵ ^a	۲/۴۸±۰/۹۸ ^b	۰/۷۴±۱/۲۴ ^c	۳/۵۱±۳/۱۱ ^d	۲/۵۲±۳/۱۱ ^e	۰/۷۲±۰/۰۵ ^f	۰/۴۹±۰/۲۶ ^g	۰/۶۲±۰/۱۶ ^h	۰/۸۴±۰/۰۵ ⁱ
ایکوزا پنتانونیک اسید	C20:5 n 3	۷/۹۲±۰/۰۹ ^a	۶/۹۳±۰/۰۶ ^b	۱۰/۶۸±۱/۰۵ ^c	۵/۳۷±۰/۱ ^d	۶/۷۰±۰/۳۶ ^e	۶/۴۴±۰/۸ ^f	۷/۹۷±۰/۰۷ ^a	۷/۸۸±۰/۰۳ ^a	۷/۹۱±۰/۹۸ ^g
دکوزا پنتانوات اسید	C22:5 n 3	۰/۳۲±۰/۰۲ ^a	۰/۹۶±۰/۰۳ ^b	۰/۸۶±۰/۴۳ ^c	۳/۱±۰/۱۲ ^d	۳/۵±۰/۲ ^e	۳/۱±۰/۰۳ ^d	۳/۵۹±۰/۰۸ ^f	۳/۶۳±۰/۰۶ ^g	۳/۵۵±۰/۰۳ ^g
دکوزا هگزانوفیک اسید	C22:6 n 3	۲/۰۸±۰/۰۰ ^a	۱/۳۳±۰/۲ ^b	۲۵/۶۴±۱/۴۴ ^c	۱۰/۲۲±۰/۱۲ ^d	۹/۸۲±۰/۹۲ ^e	۹/۶۳±۰/۴۹ ^f	۱۲/۶۴±۰/۰۷ ^g	۱۱/۹۱±۱/۴۹ ^h	۱۳/۲۱±۰/۲ ⁱ
مجموع اسیدهای چرب اشباع	ΣSFA	۳۰/۸۸±۱/۱۵ ^a	۲۶/۹±۱ ^b	۳۲/۲۴±۱/۸۹ ^c	۲۵/۰۶±۱/۶۶ ^d	۲۶/۲۲±۲/۲۲ ^e	۳۴/۳۳±۲/۱۱ ^f	۲۲/۶۰±۰/۷۴ ^g	۲۳/۰۸±۰/۵۶ ^h	۲۲/۵۶±۰/۹۶ ^g
مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع	ΣMUFA	۱۶/۳۱±۰/۱۴ ^a	۱۶/۸۸±۱/۳۳ ^b	۱۴/۰۹±۲/۰۱ ^c	۱۷/۲۱±۱/۹۷ ^d	۱۹/۶۹±۲ ^e	۱۵/۲۹±۰/۸۴ ^f	۱۷/۸۶±۰/۰۱ ^g	۱۷/۹۴±۰/۴۵ ^h	۱۷/۱۷±۱/۳۷ ⁱ
مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۶	Σn-6	۱۵/۳۷±۰/۵۲ ^a	۲۶/۹۹±۱/۸ ^b	۶/۳۲±۰/۱۱ ^c	۱۹/۴۴±۱/۴۳ ^d	۲۰/۵۱±۰/۳۸ ^e	۲۰/۰۶±۰/۳۳ ^e	۲۳/۴۲±۰/۶۸ ^f	۲۳/۲۵±۱/۱۸ ^f	۲۲/۵۸±۰/۹۳ ^g
مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۳	Σn-3	۳۰/۴۱±۱ ^a	۲۰/۱±۱/۷۴ ^b	۳۹/۳۷±۲/۰۵ ^c	۳۰/۵۱±۱/۰۲ ^a	۲۵/۵۹±۱/۴۷ ^d	۲۲/۸۶±۰/۱۶ ^e	۲۸/۳۳±۰/۴۱ ^f	۲۸/۱۱±۱/۷۴ ^f	۲۹/۶۸±۱/۲۷ ^g
مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع	ΣPUFA	۴۵/۷۸±۱/۵۳ ^a	۴۷/۰۹±۳/۵۴ ^b	۴۵/۶۹±۱/۹۸ ^a	۴۹/۹۶±۲/۴۶ ^c	۴۶/۱۱±۱/۱ ^d	۴۲/۹۲±۰/۴۸ ^e	۵۱/۷۵±۱/۰۹ ^f	۵۱/۳۶±۲/۹۳ ^g	۵۲/۲۷±۲/۲۰ ^h

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

بحث

بررسی چربی کل در لارو کپور معمولی نشان می‌دهد که باگذشت زمان و در تیمارهای مختلف میزان چربی کل در لاروها افزایش یافته است و بالاترین میزان چربی کل مربوط به لارو ماهی کپور تغذیه‌شده در روز هفتم (۲/۹۱) و پایین‌ترین میزان چربی کل مربوط به لارو ماهی کپور قبل از تغذیه از زئوپلانکتون‌ها (۰/۱۳) بود. در تحقیقات مختلف، این افزایش در میزان اسیدهای چرب را به شروع ساخت Bioconversion و denovo نسبت می‌دهند که طی این فرایند این دسته از اسیدهای چرب در بدن سنتز می‌شوند (Abi-ayad et al., 2007). نتایج مطالعه حاضر با نتایج بر روی *Perca fluviatilis* (Abi-ayad et al., 2004)، *Galaxias maculatus* (Dantagnan et al., 2007) و *Cyprinus carpio* (Farhoudi et al., 2011) که بیانگر مصرف نشدن اسیدهای چرب به‌منزله منبع انرژی، طی مراحل تکوین جنسی و لاروی است مطابقت ندارد. تحقیقات Abi-ayad و همکاران (۲۰۰۴) بر روی لارو *Sander lucioperca* که به مدت ۳ روز غذای نشدند، نشان داد که میزان اسیدهای چرب افزایش یافته است و حتی باوجود گرسنگی، این دسته از اسیدهای چرب برای تأمین انرژی استفاده نشدند؛ که این امر در مورد کپور معمولی در تحقیق حاضر تطابق ندارد.

اما در مورد اینکه آیا هم اسیدهای اشباع و هم اسیدهای غیراشباع در بدن لارو ذخیره می‌شوند، نتایج نشان داد که در مورد میزان اسیدهای چرب اشباع (SAF)، بالاترین میزان اسیدهای چرب اشباع مربوط به تیمار ۴ (۳۴/۳۲) و پائین‌ترین میزان اسیدهای چرب اشباع مربوط به تیمار ۷ (۲۲/۵۶) بوده است. روند درصد اسیدهای چرب اشباع اندازه‌گیری شده به‌صورت افزایش و کاهش بوده است، به گونه‌ای که با شروع تغذیه از زئوپلانکتون‌ها (روتیفر) میزان اسیدهای چرب اشباع در لاروها افزایش یافته است، به گونه‌ای که مقدار این پارامتر از ۲۶/۹ در تیمار ۲ به ۳۲/۲۴ در روز اول رسیده است. اما در دو تیمار ۲ و ۳ کاهش یافته و سپس در تیمار ۴ افزایش و به دنبال آن کاهش مشاهده می‌شود و در تیمار ۷ به کمترین میزان خود می‌رسد. که به معنی عدم ذخیره‌سازی یا کاهش در میزان ذخیره‌سازی این نوع اسید چرب است و به نظر می‌رسد که لاروها این نوع اسید چرب را همانند اسیدهای چرب تک غیراشباع در طول مراحل رشد و نمو مصرف می‌کنند.

میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) در تیمار الف یعنی زئوپلانکتون‌ها (۱۶/۳۱) نسبت به تیمار ب یعنی لاروهای تغذیه نکرده (۱۶/۸۸) پائین تر بود. لاروها در ابتدا تغذیه با زئوپلانکتون‌ها یعنی روز ۱ مقدار پائین تری از اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) (۱۴/۰۹) را در مقایسه با تیمار ب (۱۶/۸۸) نشان دادند. اما با افزایش تغذیه میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع در لارو افزایش یافت، به گونه‌ای که بالاترین میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع در تیمار ۳ (۱۹/۶۹) مشاهده شد. اما میزان اسیدهای چرب بعد از آن روند کاهشی و افزایشی داشت، اما همچنان کمترین میزان مربوط به تیمار ۱ بوده است.

تحقیقات Farhoudi و Chamanara (۲۰۱۳)، بر روی کپور علف خوار نشان داد که در کپور علفخوار از مرحله تخم تا مرحله انتهایی جذب کیسه زرده، هم‌زمان با افزایش اسیدهای چرب اشباع (SAF)، میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) نیز کاهش پیدا می‌کند. این الگو همان‌طور که در بالا بیان شده است، در تحقیق حاضر دیده می‌شود. اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع برای رشد و نمو در ماهیان دریایی و آب شیرین محسوب می‌شوند، به‌ویژه در طول مرحله لاروی زمانی که ماهیان به انرژی برای ایجاد اندام‌ها، متافورمز، رشد سریع و متابولیسم پایه نیازمند هستند (Abi-ayad et al., 2004). اولئیک اسید و پالمیتیک اسید از جمله اسیدهای تک غیراشباع مهمی هستند که به‌وسیله ماهیان به‌عنوان منبع انرژی محسوب می‌شوند. البته در تحقیقات مختلف نظیر مطالعات Csengeri و Dey (۱۹۹۵) بر روی کپور معمولی و Takeuchi و Watanabe (۱۹۸۲) بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان، کاهش در ذخیره‌سازی اسیدهای چرب تک غیراشباع نیز مشاهده شد. در این تحقیق میزان اسید اولئیک با تغذیه، افزایش یافت که نشان از ذخیره این نوع اسید چرب است. اما در مورد اسید پالمیتیک سطح این نوع اسید چرب نسبت به زمان قبل از تغذیه کاهش ذخیره را نشان می‌دهد که تأیید کننده مصرف این نوع اسید چرب یا حداقل ذخیره کردن در مقادیر کم است.

در مورد اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA)، تیمار الف (زئوپلانکتون‌ها) میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع (۴۵/۷۸) پائین تری را نسبت به تیمار ب (لاروهای تغذیه نکرده) (۴۷/۰۹) نشان دادند که مشابه حالت اسیدهای تک غیراشباع است و همانند آن نیز در تیمار ۱ یعنی روز اول تغذیه با زئوپلانکتون‌ها میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع ابتدا کاهش (۴۵/۶۹) و

سپس افزایش یافته است (در تیمار ۲ به ۴۹/۹۶ رسید)، اما بالاترین اوج در تیمار ۶ (۵۱/۳۶) و به دنبال آن با اختلاف معنی دار در تیمار ۷ (۵۲/۲۷) مشاهده شد. PUFA، به ویژه C20 PUFA، نقش ویژه‌ای در کنترل و تنظیم متابولیسم سلولی و فیزیولوژی حیوانات دارد. گونه‌های مختلف از نظر میزان اسیدهای چرب ضروری دارای تفاوت‌هایی هستند که این تفاوت‌ها وابستگی زیادی به درجه حرارت و شوری محیط زندگی دارد (Anonymous, 1993). به‌عنوان مثال قزل‌آلای رنگین‌کمان نیازمند C18:3 n-3 بیشتری نسبت به C18:2 n-6 (Castell et al. 2003) است درحالی‌که کپور معمولی و مارماهی ژاپنی به مخلوطی از C18:3 n-3 و C18:2 n-6 نیازمند هستند (Takeuchi et al., 1980; Radünz-Neto et al., 1996).

در این تحقیق میزان اسیدهای چرب n-3 در زئوپلانکتون‌ها (۳۰/۴۱) بالاتر از لاروها (۲۰/۱) بود و در اثر تغذیه در روز ۱ (تیمار ۱) میزان n-3 افزایش یافت به‌گونه‌ای که اوج میزان n-3 اندازه‌گیری شده در تیمار ۱ بود و به دنبال آن کاهش تا تیمار ۴ (۲۲/۸۶) مشاهده شد که بعد از آن روند صعودی به خود گرفت.

در مورد مجموع اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع سری n-3 زئوپلانکتون‌ها (به خصوص روتیفر) مقادیر بالاتری در مقایسه با لاروهای تغذیه نکرده داشتند. ولی لاروهای تیمار ۱ یعنی لاروهای که یک روز از زئوپلانکتونها تغذیه کرده بودند در مقایسه با لاروهای تغذیه نکرده (تیمار ب) مقادیر بالاتری را نشان دادند، که شاید تأیید کننده این مورد است که وجود مقادیر بالاتر یک نوع اسید چرب در غذای لارو (روتیفر) سبب افزایش همان نوع اسید چرب در لاروها خواهد شد و طبق نظر Abi-ayad و همکاران (۲۰۰۷) افزایش مقدار این اسیدهای چرب در لارو را می‌توان از طریق جذب آن‌ها از غذا توجیه کرد. از این رو در مواردی که میزان اسیدهای چرب در زئوپلانکتون‌ها (روتیفر) پائین است بهتر است غنی‌سازی صورت گیرد زیرا اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره اهمیت زیادی در رشد و بهبود رشد ماهیان دارد (Takeuchi and Watanabe, 1982).

میزان اسیدهای چرب n-6 در تیمار الف (زئوپلانکتون) (۱۵/۳۷) کمتر از تیمار ب (۲۶/۹۹) بود و به دنبال مصرف روتیفر در روز ۱ (تیمار ۱) میزان n-6 در لاروها به کمترین میزان خود رسید (۶/۳۲)، اما در تیمارهای بعد افزایش یافت ولی هرگز به میزان n-6 تیمار ب نرسید که نتیجه‌ای مشابه اسیدهای چرب غیراشباع و اسیدهای چرب تک غیراشباع است. بر طبق نظر Bell و همکاران (2001) اسیدهای چرب C18:3 n-3 و C18:2 n-6 نقش مهمی در ماهیان آب شیرین به‌عنوان ماده اولیه جهت سنتز PUFA دارند (Sargent et al., 1995).

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان ایکوزاپنتانوئیک اسید در زئوپلانکتون‌ها (۷/۹۲) نسبت به لاروهای تغذیه نکرده (۶/۹۳) با اختلاف معنی دار بالاتر بود و این بالاتر بودن سبب بالا رفتن سطح این نوع اسید چرب در تیمار ۱ شد. در مورد دیکوزاهگزانوئیک اسید روتیفرها از نظر این نوع اسید چرب (۲/۰۸) در مقایسه با لارو ماهی کپور (۱/۳۳) دارای مقادیر بالاتری بودند که سبب افزایش زیاد مقادیر این نوع اسید چرب در لارو تیمار ۱ شد.

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که ماهیان آب شیرین، قابلیت تبدیل اسیدلینولئیک را به اسید آراشیدونیک و اسید لینولئیک را به اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید ایکوزاپنتانوئیک را دارند و این کار را از طریق طویل سازی و غیراشباع سازی انجام می‌دهند (Zakeri et al., 2011) زیرا هر دو مسیر نیاز به آنزیم 5-desaturase دارد (McEvoy et al., 1996). این تبدیل سبب ایجاد یک رابطه متقابل می‌شود به گونه‌ای که با افزایش اسیدهای چرب طویل‌تر، درصد اندازه‌گیری شده اسیدهای چرب کوتاه‌تر کاهش می‌یابد. اما این الگو در مورد لاروهای کپور در تحقیق حاضر مشاهده نشده است به‌گونه‌ای که ریتم یا الگوی افزایش و کاهش در مورد این اسیدهای چرب با یکدیگر روند یکسان و هماهنگی داشتند.

نتایج تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که پروفایل اسیدهای چرب در دوره رشد و تکامل لاروی تغییراتی را نشان می‌دهد. کاهش در میزان اسیدهای چرب غیراشباع تک زنجیره در روز ۱ تا ۱۱ که در تحقیق حاضر هم مشاهده شد نشان‌دهنده استفاده از این اسیدهای چرب به‌عنوان منبع انرژی بوده و افزایش در اسید دوکوزاهگزانوئیک (در تحقیق حاضر مقدار این اسید چرب از ۱/۳۳ در لارو و تیمار ب به ۲۵/۶۴ در روز ۱ تغذیه رسید) و همچنین مقدار اسید ایکوزاپنتانوئیک اسید به ترتیب از روز ۱ تا ۱۱ و ۱ تا ۷ (در تحقیق حاضر از ۶/۹۳ در لارو تیمار به ۱۰/۶۸ در روز ۱ تغذیه رسید) افزایش یافت که نشان‌دهنده ذخیره اسیدهای چرب مذکور برای فرآیندهای فیزیولوژیکی و عدم مصرف آن‌ها به‌عنوان سوبسترای انرژی است. نتیجه مشابهی در تحقیقات Bakhtiarvandi و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ماهی سفید به دست آمد؛ در بدن لارو ماهی سفید، محتوی

پالمیتیک و استئاریک اسید از مرحله تخم‌های لقاح یافته تا ۲۰ dph افزایش می‌یابد و هیچ مقداری از این اسیدهای چرب (۱۶:۰ and ۱۸:۰) در این دوره مصرف نشدند.

تحقیقات نشان داده که اهمیت DHA و مهم‌تر از آن اهمیت نسبت DHA/EPA در افزایش رشد و ماندگاری بسیار چشمگیر است (Sorgeloos, 1998). نسبت DHA/EPA در زئوپلانکتون‌ها (به خصوص روتیفرها) (۰/۲۶) نسبت به لاروهای تیمار ب (۰/۱۹) بالاتر بود و این حالت در مورد نسبت n-3/n-6 نیز برقرار بود یعنی در زئوپلانکتون‌ها ۱/۹۷ و در لاروهای تیمار ب ۰/۷۴ بود. شاید یکی از دلایل بالا بودن این نوع اسیدها در روتیفرها آن باشد که خود قادر به متابولیسم آن نبوده و حامل مناسبی برای انتقال این گروه از اسیدهای چرب به لاروهای تازه به تغذیه افتاده است. Rodriguez و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند زمانی که لارو ماهی سیم سر گنده دریایی از روتیفر به‌عنوان غذا استفاده می‌کند، نیازمند جیره‌ای است که حاوی n-3 به میزان ۱/۵ درصد وزن خشک و DHA/EPA حدود ۲ درصد وزن خشک باشد، که علت آن نیز عدم تولید این نوع اسیدهای چرب در روتیفر و ضعف روتیفر در این اسیدهای چرب است. از طرفی در تحقیقات Robin و Vincent (۲۰۰۳) بر روی سیم دریایی سر گنده هیچ تفاوتی از نظر رشد بین دو جیره با درصدهای متفاوتی از DHA/EPA مشاهده نشد. این الگو نشان‌دهنده آن است که این‌گونه اسیدهای چرب عمده‌ای برای اهداف وابسته به تولید انرژی کاتابولیزه می‌شوند و حجم بالایی از این نوع از اسیدهای چرب در طول رشد و نمو آینده ماهی مصرف می‌شود از این‌رو ماهیان این نوع از اسیدهای چرب را به‌آسانی به‌وسیله β -oxidation میتوکندریایی کاتابولیزه می‌کنند (Henderson, 1996; Ostaszewska et al., 2005). با توجه به نتایج بالا و بحث‌های صورت گرفته در مورد کارکردهای هر یک از اسیدهای چرب در زمان لاروی، به نظر می‌رسد که روتیفر یک غذای اولیه مناسب برای لاروهای کپور است، هرچند که بیان این موضوع نیازمند بررسی بیشتر پارامترهای رشدی در لارو کپور است. با این وجود بهتر است برای دستیابی به تولید بالا، بهینه‌سازی وضعیت تغذیه لارو کپور، غذای زنده لاروها به خصوص روتیفر با استفاده از اسیدهای چرب غنی‌سازی شود و چنین نوع غذای زنده‌ای در مراکز تکثیر و پرورش ماهی کپور مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- Abi-Ayad, S., Melard, C., Kestemont, P. 2004. Dynamics of total lipids and fatty acids during embryogenesis and larval development of Eurasian perch. *Fish Physiology Biochemistry*. 23: 233-243.
- Abi-Ayad, SM., Boutiba, Z., Melard, C., Kestemont, P. 2007. Dynamics of total body fatty acids during early ontogeny of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish Physiology Biochemistry*. 30: 129-136.
- AOAC. 1990. In: W. Horwitz (Ed). *Official Methods of Analysis of Official analytical Chemists* AOAC. Vol.1, 15th ed. Assoc. Official Analytical Chemists, ashington DC, 1963 p.
- Bakhtiarvandi, K., Abedian Kenari, A., Mohammad Nazari, R., Makhdoomi, C. 2014. Ontogenetic changes in lipids, fatty acid, and body composition during larval stages of *Caspian Kutum* (*Rutilus frisii kutum*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 13(2): 365-383. (in Persian)
- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R. 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition*. 131(5): 1535-1543.
- Castell, J.D., Sinnhuber, R.O., Wales, J.H., Lee, J.D. 2003. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *Journal of Nutrition*. 102: 77-86.
- Cejas, J., Almansa, E., Jerez, S., Bolanos, A., Felipe, B., Lorenzo, A. 2004. Changes in lipid class and fatty acid composition during development in white seabream (*Diplodus sargus*) eggs and larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 139: 209-216.
- Chamanara, A., Farhoudi, A. 2013. Anthiogenic changes of gastrointestinal pancreatic enzymes and fatty acids in egg and grasshopper larvae. *Fisheries Journal*. 66: 440-423.

- Csengeri, I., Dey, I. 1995. Fatty acid metabolism in carp during early ontogeny. In: Fish and Shellfish Larviculture Symposium (Larvi'95). 161 p. Lavens, P., Jaspers, E., Roelants, I. (eds.). September 3–7, 1995, Gent, Belgium. European Aquaculture Society, Special Publication. 24 p.
- Dantagnan, H., Bo'riquez, A.S., Valdebenito, I.N., Salgado, I.A., Serrano, E.A., Izquierdo, M.S. 2007. Lipid and fatty acid composition during embryo and larval development of puye *Galaxias maculatus* Jenyns, 1842, obtained from estuarine, freshwater and cultured populations. *Journal of Fish Biology*. 70: 770-781.
- Farhoudi, A., Abedian Kenari, A.M., Nazari, R.M., Makhdoomi, C.H. 2011. Study of Body Composition, Lipid and Fatty Acid Profile during Larval Development in Caspian Sea carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 6(4): 417-428.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226: 497-509.
- Gapasin, D., Bombeo, R., Lavens, P., Sorgeloos, P., Nelis, H. 1998. Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin C: effects on milkfish (*Chanos chanos*) larval performance. *Aquaculture*. 162: 269-286.
- Gunasekara, R., De silva, S., Ingram, B. 1999. Early ontogeny-related changes of the fatty acid composition in the percichthyid fishes trout cod. *Aquatic Living Resource*. 3: 219-227.
- Henderson, R.J. 1996. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Archives of Animal Nutrition*. 49: 5-22.
- Kalyoncu, L., Yaman, Y., Aktumesk, A. 2010. Seasonal changes on total fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio*), in Ivriz Dam Lake, Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 9(25): 3896-3900.
- Kamali Sanzoghi, M., Mousavi Nadoushan, R., Qalichi, A. 2014. Biodiversity, density and abundance of rotifer population in Gonbadakavous (Gonbadakavos) hot water pools (east of Golestan province). *Aquatic Ecology Magazine*. 1: 17-7.
- Kangombe, J., Likogwe, J.S., Eda, H., Mtimuni, J. 2007. Effect of varying dietary level on feed intake, feed conversion, whole-body composition and growth of Malawian tilapia, *Oreochromis shiranus-Boulenger*. *Aquaculture Research*. 38: 373-380.
- McEvoy, L.A., Navarro, J.C., Hontoria, F., Amat, F., Sargent, J.R. 1996. Two novel Artemia enrichment diets containing polar lipid. *Aquaculture*. 144: 334- 335.
- Ostaszewska, T., Boruta, A., Olejniczak, M. 2005. The effect of dietary lipid level and composition on growth, survival, and development of the digestive system of larval sneep, *Chondrostoma Nasus* (L.). *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*. 35(2): 79-86.
- Qi, J.W., An, X.P., Du, Z.H., Zhang, J.H. 2012. Structure of zooplankton community in Hulun Lake, China. The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modeling. *Procedia Environmental Sciences*. 13: 1099-1109.
- Radünz-Neto, J., Corraze, G., Bergot, P., Kaushik, S.J. 1996. Estimation of essential fatty acid requirements of common carp larvae using semi-purified artificial diets. *Archiv für Tierernährung*. 49: 41-48.
- Rainuzzo, J. 1993. Lipids in early stages of marine fish. Dr. Scient. Thesis, University of Trondheim, Norway.
- Robin, J.H., Vincent, B. 2003. Microparticulate diets as first food for gilthead sea bream larva (*Sparus aurata*): study of fatty acid incorporation. *Aquaculture*. 225: 463-474.
- Rodriguez, C., Acosta, C., Badfa, P., Cejas, J.R., Santamaria, F.J., Lorenzo, A. 2004. Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 139: 619-629.
- Roustaian, P., Kamarudin, M., Omar, H., Saad, C., Ahmad, M. 1999. Changes in fatty acid profile during larval development of freshwater prawn *Macrobracium resenbergi*. *Aquaculture Research*. 30: 815-824.
- Sargent, J., Bell, J., Bell, M., Henderson, R., Tocher, D. 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. *Journal of Applied Ichthyology*. 11: 183-198.
- Sargent, J.R., Tocher, R., Bell, J.G. 2002. The lipids. In: Fish Nutrition. Halver, J.E., Hardy, R.W. (eds.). Academic Press, London. pp. 181-257.

- Sedgwick, S.D. 1990. Trout farming handbook, 5th ed. Fishing News books, 101-113 p.
- Skalli, A., Robin, J. 2004. Requirement of n-3 long chain polyunsaturated fatty acids for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: growth and fatty acid composition. *Aquaculture*. 240: 399-415.
- Sorgeloos, P. 1998. Progress in larviculture nutrition of fish and shellfish. XXXIII International Symposium on New Species for Mediterranean Aquaculture.
- Takeuchi, T., Arai, S., Watanabe, T., Shimma, Y. 1980. Requirement of eel *Anguilla japonica*, for essential fatty acids. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Nippon Suisan Gakkaishi)*. 46: 345-353.
- Takeuchi, T., Watanabe, T. 1982. The effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 48: 1307-1316.
- Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G., Ozyurt, C. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp, During frozen storage. *Food Chemistry*. 99: 335-341.
- Waterman, J. 2000. Composition and quality of fish, Edinburg, Torry research station. 28 p.
- Weatherly, A.H., Gill, H.S. 1987. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London.
- Yiping, L., Qingda, H., Yurong, Z., Shuting, L., Wen, W. 2013. Comparison of the body proximate compositions of juvenile bronze gudgeon (*Coreius heterodon*) and largemouth bronze gudgeon (*C. guichenoti*) in the upstream region of the Yangtze River. *Springer Plus*. 2: 75-80.
- Zaki Pour Rahimabadi, A., Arshadi, A., Zare, P., Heidari, M.D. 1995. Comparative study of chemical compounds of *Schizothorax zarudnyi* and *Schizocypris altidorsalis* in different seasons and sexes in Sistan and Baluchestan province. *Journal of Fisheries*. 3: 15 - 20. (in Persian)
- Zakeri, M., Kochanian, P., Marammazi, J.G., Yavari, V., Savari, A., Hagh, M. 2011. Effects of dietary n-3 HUFA concentrations on spawning performance and fatty acids composition of broodstock, eggs and larvae in yellowfin seabream, *Acanthopagrus latus*. *Aquaculture*. 310: 388-394.