تغییرات پروفیل اسید چرب لارو کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در مرحله رشد و تکامل لاروی

آناهیتا فرهودی[۱]، عبدالمحمد عابدیان‌کناری*[۱]، رجب محمد نظری[۲] و چنگیز مخدومی[۲]

[۱] دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

[۲] مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید رجایی ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۲۰، تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۳/۱۰)

چکیده

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب کپور معمولی طی مراحل لاروی در جهت تعیین احتیاجات غذایی و بهبود کیفیت تولید، به مدت ۳۳ روز در مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید رجایی ساری مورد مطالعه قرارگرفت. نمونه برداری از لاروها به صورت کاملاً تصادفی در روزهای ۱، ۳، ۷، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۶ و۳۳ پس از تفریخ انجام شد. تغذیه لاروها پس از جدب دوسوم کیسه زرده، از روز سوم تا روز هفتم پس از تفریخ، با روتیفر (*Brachionus calyciflorus*) و از روز هشتم تا پایان دوره با غذای خشک صورت گرفت. از ابتدا تا انتهای دوره، اسیدهای چرب اشباع به میزان ۲ ٪ کاهش و اسیدهای چرب تک غیراشباع و چند غیراشباع به ترتیب ۷/۴۶ ٪ و ۱/۲۶ ٪ افزایش داشتند. نوسان در میزان اسیدهای چرب در دوره‌های مختلف نشان دهنده استفاده از آنها به عنوان منبع انرژی است. مقایسه غلظت پایین C۲۰:۴n-۶ (اسید آراشیدونیک)، C۲۲:۶n-۳ (اسید دوکوزاهگزانوئیک) و C۲۰:۵n-۳ (اسید آیکوزاپنتانوئیک) در غذای مصرفی لارو با مقدار بالای آن‌ها در بدن لارو نشان دهنده توانایی لارو کپور معمولی در سنتز آراشیدونیک اسید از C۱۸:۲n-۶ (اسید لینولئیک) و سنتز اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید آیکوزاپنتانوئیک از C۱۸:۳n-۳ (لینولنیک اسید) است.

واژه‌های کلیدی: کپور معمولی، *Cyprinus carpio*، اسید چرب، لیپید، تکامل لاروی، اسیدهای چرب چند غیراشباع

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۲۲-۶۲۲۳۴۹۹ فاکس: ۰۱۲۲-۶۲۵۳۴۹۹ E-mail: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه

کپورماهیان یکی از خانواده‌های مهم ماهیان می‌باشند که با داشتن بیش از ۲۰۰۰ گونه در چهار قاره جهان پراکنش یافته‌اند (Kirpichnikov,1972). ماهی کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* ابتدا بومی آسیای مرکزی بوده که طی قرن‌های متمادی در نواحی مختلف جهان گسترش پیدا کرده است (Kohlman *et al*.,2003). با توجه به اینکه سواحل شرقی دریای خزر بهترین زیستگاه کپور دریایی است و نقش مهمی در اقتصاد مردم استان‌های شمالی کشور دارد و همچنین از گذشته‌های دور مصرف کپور موردپسند ذائقه مردم منطقه بوده است، افزایش تولید این ماهی در دستور کار ادارات شیلات قرار گرفت. اطلاعات دقیقی در خصوص تغییر پروفیل اسید چرب کپور دریایی، در مرحله رشد و تکامل لاروی در دست نمی‌باشد. تحقیقات مختلفی انجام گرفته تا مشخص شود چه مقدار از مواد مغذی مختلف (اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها) در طی مراحل انتوژنی برای تامین انرژی در ماهیان مصرف می‌شوند (Sargent,1995). چگونگی تأمین انرژی در ماهیان در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت است (Fraser *et al*.,1988). در این زمینه اطلاعات بسیار کمی در رابطه با متابولیسم اسیدهای چرب در لارو ماهیان وجود دارد درحالیکه 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 فعال، می‌تواند مفید باشد (Gunasekera *et al*., 1999). در مرحله لاروی مصرف اسیدهای چرب، متفاوت و در بین گونه‌ها انتخابی بوده و بستگی به ذخایر کیسه زرده انتقال یافته از والدین دارد (Abi-Ayad *et al*., 2000). 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 می‌گیرد. میزان چربی و ترکیب اسید چرب موجود در ماهیان مقدار ثابتی نمی‌باشد (Zlatanos and Laskaridis, 2007). تحقیقات نشان داده است که ماهیان آب شیرین نسبت به ماهیان آب شور به n-۳ PUFA کمتری نیاز دارند (Kalyoncu, 2009). در بین اسیدهای چرب بلند زنجیره سری n-۳، اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید آیکوزاپنتانوئیک از سایرین مهمتر هستند (Sargent, 1995). علت آن، استفاده از این اسیدهای چرب ضروری در غشای سلولی ماهیچه‌ها، مغز و شبکیه در مرحله اندام زایی است (Cejas *et al*., 2004). کمبود اسیدهای چرب ضروری سبب کم خونی، افزایش مرگ و میر و کاهش بازدهی تغذیه می شود (Gapasin *et al*., 1998). میزان n-۳ PUFA در گونه‌های مختلف متفاوت بوده و بسته به اندازه، سن، سیکل تولیدمثلی، شوری، دما، فصل و موقعیت جغرافیایی متفاوت است (Inhamuns and Franco, 2008). انتوژنی اسیدهای چرب در چندین گونه مورد بررسی قرار گرفته است که در ذیل به برخی از آن ها اشاره می‌شود:

- تغییرات اسید چرب pikeperch (*Sander lucioperca*) طی مراحل مختلف رشد و تکامل لاروی به مدت ۲۸ روز بررسی شد. مطالعات نشان داد اسیدهای چرب اشباع نسبت به اسیدهای چرب تک غیر اشباع و اسیدهای چرب چند غیر اشباع کمتر به عنوان منبع انرژی مصرف می‌شوند. همچنین اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید آیکوزاپنتانوئیک به عنوان منبع انرژی مصرف نشده و برای فرآیندهای فیزیولوژیکی مهم از جمله مشارکت در ساختار غشای سلولی بافت‌های عصبی و بینایی ذخیره می‌شود (Abi-Ayad *et al*., 2004).
- ترکیب اسید چرب در تخم لقاح یافته و لارو دارای کیسه زرده *Sparus aurata* مورد بررسی قرار گرفت. در این لارو مجموع اسیدهای چرب اشباع بعد از ۹۶ ساعت کاهش یافته و مجموع اسیدهای تک غیر اشباع افزایش یافت.

اسیدهای چرب چند غیر اشباع در این دوره دارای نوسان بود (Naz , 2009).

- مطالعات نشان می‌دهد اسیدهای چرب غیراشباع تک زنجیره هم در ماهیان آب شیرین و هم ماهیان آب شور، سوبسترای مناسبی برای تأمین انرژی محسوب می شوند (Takeushi and Watanab 1982).

تاکنون مطالعه‌ای روی ترکیبات اسید چرب بدن لارو کپور معمولی در مرحله رشد و تکامل لاروی صورت نگرفته است. با توجه به مطالب اشاره شده و عدم شناخت کافی از رشد و فیزیولوژی تغذیه این ماهی در مراحل تکامل لاروی، بررسی روند تغییرات رشدی و ترکیب اسیدهای چرب لارو کپور دریای خزر و کسب اطلاعات لازم از فیزیولوژی تغذیه این گونه مهم برای تولید بچه ماهیان با کیفیت و ایجاد زمینه مناسب برای تحقیقات آتی بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

با توجه به مسائل ذکر شده در خصوص اهمیت بررسی انتوژنی ترکیبات اسید چرب در دوره تکامل لاروی و بازسازی ذخایر ماهی کپور دریای خزر، مطالعه حاضر جهت ارزیابی احتیاجات غذایی لارو هنگام شروع تغذیه فعال و با هدف افزایش رشد و کاهش مرگ و میر این گونه مهم انجام شد.

مواد و روش کار

برای تعیین تغییرات پروفیل اسید چرب لارو کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طی مراحل تکامل لاروی، نمونه‌برداری از لاروها از نیمه اردیبهشت تا اواخر خرداد ماه ۱۳۸۸ در مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید رجایی ساری صورت گرفت. مولدین از خلیج گرگان صید و به کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید رجایی ساری منتقل شدند. وزن مولدین ماده ۱ تا ۱/۲ کیلوگرم و مولدین نر ۰/۷ تا ۰/۸ کیلوگرم بود. بعد از تزریق هورمون و بررسی مولدین از لحاظ آمادگی برای تخم کشی، از مولدین اسپرم و تخم گرفته شد. تخم‌ها بعد از لقاح و رفع چسبندگی، به ویس منتقل شدند. دمای آب به دلیل استفاده از آب چاه، ثابت بود (۱۹°C تا ۲۰°C). تخم‌ها بسته به دمای آب، در مدت ۷ تا ۹ روز تفریخ شده و روز سوم پس از تفریخ، زمانی که دوسوم کیسه زرده جذب شده باشد، به استخرهای خاکی منتقل و با روتیفر تغذیه شدند. از روز هفتم پس از تفریخ تا پایان دوره غذای خشک به لاروها داده شد. نمونه‌برداری از لاروها به میزان ۱ گرم، برای تعیین پروفیل اسید چرب در روزهای ۱، ۳، ۷، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۶، ۳۳ پس از تفریخ و به صورت کاملاً تصادفی صورت گرفت. نمونه‌ها در ازت مایع، در دمای ۱۹۶- درجه سانتیگراد نگهداری شده و به یخچال ۸۰- در آزمایشگاه تغذیه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس در شهرستان نور انتقال داده شدند. در هر مرحله از نمونه برداری، ۲۰ لارو برای سنجش وزن و طول جمع آوری شد. وزن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ و طول توسط کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی متر سنجش شد.

تعیین ترکیب اسید چرب لاشه

استخراج چربی بافت و جیره غذایی

جهت استخراج چربی از روش Folch *et al*., (1957) استفاده شد. مقدار ۱ گرم نمونه را به بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری انتقال داده، سپس ۵ میلی لیتر متانول به نمونه اضافه و به شدت تکان داده شد. سپس ۱۰ میلی لیتر کلروفرم به نمونه اضافه و باز هم ظرف به شدت تکان داده شد. نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد تا چربی بافت کاملاً خارج گردد. پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها را به داخل دکانتور انتقال داده و به آن ۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید. بعد از ۱ ساعت ۳ فاز مجزا در داخل دکانتور تشکیل شد، فاز چربی و حلال که در قسمت زیرین دکانتور قرار گرفته بود به وسیله قیف و کاغذ صافی به درون ظروف COD منتقل شده و به وسیله نیتروژن مایع حلال پرانی صورت گرفت و نهایتاً چربی باقی ماند.

استری کردن چربی استخراج شده

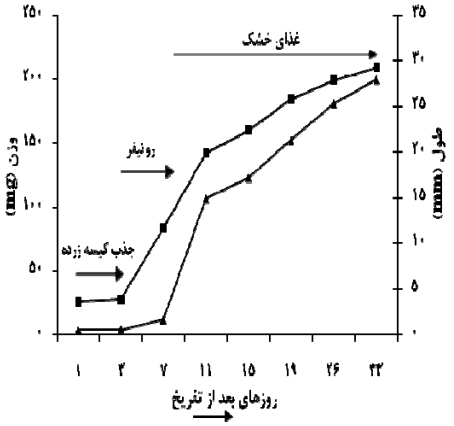
به منظور استری کردن چربی از روش Metcalfe (1961) and Schmitz استفاده شد. ۵ میلی لیتر سود متانولی ۲٪ (۲ گرم NaOH در ۱۰۰ میلی لیتر متانول) به چربی استخراج شده اضافه شد. سپس درب ظرف را بسته و به شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن، ۲/۲ میلی لیتر محلول BF_3 (تری فلوراید بور) به ترکیب فوق اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن به مواد حاصل ۱ میلی لیتر هگزان نرمال اضافه و پس از تکان دادن مواد به آن ۱ میلی لیتر نمک اشباع (۳۰۰ گرم NaCl در یک لیتر آب مقطر) اضافه گردید. محلول بدست آمده به شدت تکان داده شد و در جایی مستقر گردید. بعد از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی به دقت جدا گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگراف (Varian, model: CP3800 Walnut Creek, Netherlands) (GC) مجهز به ستون کاپیلاری از نوع (BPX 70 SGE; 60m ×0.25 mm i.d., film thickness 0.25µm) و آشکارساز نوع FID استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب بر روی ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۵۰ درجه سانتیگراد تنظیم شده که ۴/۵ دقیقه در این دما مانده و با سرعت ۲ درجه سانتیگراد در دقیقه به ۱۹۰ درجه سانتیگراد رسیده و ۹ دقیقه در این دما مانده و با سرعت ۲۰ درجه سانتیگراد در دقیقه به ۲۴۵ درجه سانتیگراد می‌رسد. در این روش از گاز ازت با خلوص (۹۹/۹۹۹۹٪) به عنوان گاز حامل و هوای خشک استفاده شد. زمان اجراء عملیات دستگاه برای هر نمونه ۴۵ دقیقه بود. ترکیب ترکیب اسید چرب نمونه‌ها با مقایسه با پیک استاندارد و جهت محاسبه سطح زیر پیک از نرم افزار Chromatography Varian Star Software (version 6.41) استفاده شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One – Way ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین همراه با انحراف معیار گزارش شده و ارزیابی‌ها در ۳ تکرار صورت گرفت. از نرم افزار SPSS (version 17) برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

همانطور که در نمودار ۱ مشخص است با افزایش سن لارو از روز ۱ بعد از تفریخ تا روز ۳۳ بعد از تفریخ، لاروها افزایش رشد و افزایش وزن نشان می‌دهند. طول کل (R^2= ۰/۹۳) و وزن (R^2= ۰/۹۳) یک روند صعودی را نشان دادند.



شکل ۱- منحنی طول (■) و وزن (▲) لارو کپور دریایی تغذیه شده با روتیفر و غذای خشک

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب غذای مصرفی (روتیفر و غذای خشک) لارو کپور معمولی *Cyprinus carpio*

اسید چرب	روتیفر	غذای خشک
اسید مریستیک(C۱۴:۰)	۳/۴ ±۰/۰۲	۱/۵۰±۰/۴
اسید نتادکانوئیک (C۱۵:۰)	۱/۲۲±۰/۰۱	۰/۳۳ ±۰/۰۱
اسید پالمتیک (C۱۶:)	۲۸/۶±۰/۰۴	۲۴/۴±۰/۰۹
اسید هپتادکانوئیک (C۱۷:۰)	۱/۶۰±۰/۰۱	۰/۶۸±۰/۰۸
اسید استئاریک (C۱۸:۰)	۸/۱۱±۰/۰۷	۹/۰۶±۰/۰۳
اسید لیگنوسریک (C۲۴:۰)	-	۰/۱۴±۰/۰۴
∑SAFA	۳۹/۶±۰/۰۳	۳۶/۱±۰/۸
اسید پالمیتولئیک (C۱۶:۱n-۷)	۳/۵۲±۰/۰۹	۴/۶۶±۰/۲
اسید اولئیک (C۱۸:۱n-۹)	۹/۶۱±۰/۰۷	۱۲/۱۶±۰/۰۵
اسید اکتادکانوئیک (C۱۸:۱n-۷)	۳/۱۰±۰/۰۱	۳۰/۶±۰/۱
اسید ایکوزنوئیک (C۲۰:۱n-۹)	۴/۲۸±۰/۰۵	۰/۶۴±۰/۰۱
∑MUFA	۲۰/۶۴±۰/۲	۴۸/۱±۰/۰۱
اسید لینولئیک (C۱۸:۲n-۶)	۵/۷۰±۰/۰۴	۱۵/۸۹±۰/۶
اسید لینولنیک (C۱۸:۳n-)	۱۵/۹۲±۰/۰۷	۱/۱۹±۰/۲
اسید آراشیدونیک (C۲۰:۴n-۶)	۱/۵۲±۰/۰۲	۰/۷۵ ±۰/۰۱
اسید ایکوزاپنتانوئیک (C۲۰:۵n-۳)	۶/۲۹±۰/۱	۰/۷۲±۰/۰۸
(C۲۲:۶n-۳ اسیددوکوزاهگزانوئیک)	۲/۷± ۰/۰۸	۲/۴۶±۰/۱
∑HUFA	۱۰/۵±۰/۱	۳/۹۴±۰/۰۷
∑PUFA	۳۲/۲±۰/۰۲	۲۱/۰۲±۰/۰۳
∑ n-۳	۲۳/۸۰±۰/۰۴	۲/۶۷±۰/۰۷
∑ n-۶	۸/۳۵±۰/۱	۱۸/۴±۰/۰۶
n-۳/ n-۶	۲/۸۵±۰/۰۲	۰/۱۴± ۰/۴
DHA / EPA	۰/۴۰ ±۰/۰۱	۳/۳۹ ± ۰/۰۱
∑F.A.M.E	۹۲/۴±۰/۰۹ ۱۰۵/۳ ±۰/۰۴	۹۲/۴±۰/۰۹ ۱۰۵/۳ ±۰/۰۴

داده‌ها به صورت میانگین با انحراف معیار گزارش شده است (۳تکرار). SAFA (Saturated Fatty Acid): اسیدهای چرب اشباع؛ MUFA (Monounsaturated Fatty Acid): اسیدهای چرب غیر اشباع تک زنجیره؛ HUFA (Highly unsaturated Fatty Acid)، اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (اسید آراشیدونیک C۲۰:۴n-۶، اسید ایکوزاپنتانوئیک C۲۰:۵n-۳ و اسید دوکوزاپنتانوئیک C۲۲:۶n-۳)؛ PUFA (Poly unsaturated Fatty acid): اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره؛ DHA (اسید دوکوزاهگزانوئیک)؛ EPA (اسید ایکوزاپنتانوئیک)؛ FAME (Fatty Acids Methyl Esters): مجموع اسیدهای چرب استری شده

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب لارو کپور معمولی *Cyprinus carpio* طی مراحل مختلف رشد و تکامل لاروی

	کیسه زرده		روتیفر		غذای خشک			
اسید چرب	**۱**	**۳**	**۷**	**۱۱**	**۱۵**	**۱۹**	**۲۶**	**۳۳**
اسید مریستیک	۰/۶۲±۰/۰۱^{f}	۰/۵۴±۰/۰۱^{g}	۱/۰۸±۰/۰۰^{a}	۰/۸۰±۰/۰۱^{d}	۰/۹۶±۰/۰۲^{b}	۰/۹۱±۰/۰۰^{c}	۰/۶۷±۰/۰۰^{e}	۰/۶۳±۰/۲^{f}
اسید پنتادکانوئیک	۰/۶۶±۰/۰۰^{e}	۰/۷۵±۰/۰۴^{d}	۱/۱۷±۰/۰۲^{a}	۱/۱۹±۰/۰۴^{a}	۱/۱۰±۰/۰۴^{b}	۰/۸۵±۰/۰۰^{c}	۰/۸۴±۰/۰۱^{c}	۰/۵۸±۰/۰۰^{f}
اسید پالمتیک	۲۱/۴۰±۰/۳۴^{c}	۲۱/۱۵±۰/۰۳^{c}	۲۲/۹۸±۰/۱۹^{b}	۲۳/۲۶±۰/۰۷^{ab}	۲۳/۵۴±۰/۴۸^{a}	۲۲/۹۱±۰/۰۲^{b}	۲۱/۱۴±۰/۰۱^{c}	۱۹/۰۱±۰/۱۳^{e}
اسید هپتادکانوئیک	۰/۸۳±۰/۰۰^{d}	۰/۹۱±۰/۰۱^{c}	۱/۲۸±۰/۵^{b}	۱/۳۹±۰/۰۵^{a}	۱/۲۴±۰/۰۳^{b}	۰/۹۱±۰/۰۱^{c}	۰/۸۲±۰/۰۱^{d}	۰/۶۵±۰/۰۲^{e}
اسید استئاریک	۸/۲۲±۰/۰۲^{g}	۹/۳۷±۰/۰۰^{f}	۱۴/۶۲±۰/۳۰^{a}	۱۳/۶۵±۰/۱۱^{b}	۱۳/۴۳±۰/۰۴^{c}	۱۲/۵۳±۰/۰۲^{d}	۱۲/۳۸±۰/۰۲^{d}	۱۰/۱۲±۰/۰۶^{e}
اسید لیگنوسریک	۱/۷۱±۰/۰۲^{b}	۱/۹۴±۰/۰۱^{a}	۰/۹۹±۰/۰۰^{d}	۱/۰۰±۰/۰۰^{d}	۱/۲۲±۰/۰۳^{c}	۰/۹۲±۰/۰۱^{e}	۱/۲۵±۰/۰۱^{c}	۰/۴۷±۰/۰۰^{f}
$\sum SAFA$	۳۳/۴۶±۰/۳۳^{f}	۳۴/۶۸±۰/۰۸^{e}	۴۲/۱۶±۰/۵۱^{a}	۴۱/۳۲±۰/۲۶^{b}	۴۱/۵۲±۰/۵۴^{b}	۳۹/۰۵±۰/۰۶^{c}	۳۷/۱۲±۰/۰۳^{d}	۳۱/۴۹±۰/۰۲^{g}
اسید پالمیتولئیک	۳/۴۶±۰/۰۱^{bc}	۲/۶۸±۰/۰۷^{e}	۲/۴۵±۰/۰۱^{f}	۳/۳۷±۰/۱۵^{c}	۳/۹۰±۰/۰۰^{a}	۳/۴۸±۰/۰۲^{bc}	۲/۹۱±۰/۰۲^{d}	۳/۴۹±۰/۰۲^{b}
اسید اولئیک	۱۵/۸۳±۰/۰۲^{c}	۱۳/۷۰±۰/۱۴^{d}	۱۰/۴۸±۰/۰۰^{f}	۹/۶۴±۰/۲۰^{g}	۱۲/۶۱±۰/۰۷^{e}	۱۸/۷۳±۰/۰۱^{b}	۱۸/۷۴±۰/۰۱^{b}	۲۴/۸۳±۰/۰۹^{a}
اسید اکتادکانوئیک	۴/۱۹±۰/۰۰^{a}	۳/۸۹±۰/۰۲^{c}	۳/۳۳±۰/۰۲^{e}	۴±۰/۰۰^{b}	۳/۵۴±۰/۰۲^{d}	۳/۲۶±۰/۰۱^{f}	۲/۹۹±۰/۰۹^{g}	۲/۸۵±۰/۰۲^{h}
اسید ایکوزنوئیک	۱/۰۷±۰/۰۰^{a}	۰/۸۲±۰/۰۱^{c}	۰/۶۳±۰/۰۰^{e}	۰/۶۰±۰/۰۰^{f}	۰/۶۵±۰/۰۱^{e}	۰/۶۹±۰/۰۱^{d}	۰/۷۱±۰/۰۱^{d}	۰/۸۵±۰/۰۱^{b}
$\sum MUFA$	۲۴/۵۷±۰/۰۳^{d}	۲۱/۱۱±۰/۲۳^{e}	۱۶/۹۱±۰/۰۳^{g}	۱۷/۰۲±۰/۳۶^{g}	۲۰/۰۶±۰/۱۰^{f}	۲۵/۷۲±۰/۴۱^{b}	۲۵/۱۲±۰/۴۴^{c}	۳۲/۰۳±۰/۱۷^{a}
اسید لینولئیک	۱/۹۲±۰/۰۲^{g}	۱/۳۱±۰/۰۳^{h}	۲/۳۳±۰/۰۸^{f}	۳/۸۶±۰/۰۹^{e}	۵/۳۳±۰/۰۲^{d}	۸/۳۱±۰/۰۳^{c}	۹/۱۹±۰/۰۲^{b}	۱۳/۶۳±۰/۰۶^{a}

ادامه جدول ٢- ترکیب اسیدهای چرب لارو کپور معمولی *Cyprinus carpio* طی مراحل مختلف رشد و تکامل لاروی

	کیسه زرده		روتیفر		غذای خشک			
اسید چرب	**١**	**٣**	**٧**	**١١**	**١٥**	**١٩**	**٢٦**	**٣٣**
اسید لینولنیک	٠/٢٧±٠/٠١^{g}	١/٤١±٠/٠١^{b}	١/٦٥±٠/٠٤^{a}	١/٦٢±٠/٠٧^{a}	١/٢٠±٠/٠٠^{c}	٠/٩٨±٠/٠١^{d}	٠/٦٣±٠/٠١^{f}	٠/٨٩±٠/٠١^{e}
اسید آراشیدونیک	٧/٣٤±٠/٠١^{b}	٨/٦٣±٠/٠٣^{a}	٥/٠٥±٠/٠٣^{e}	٤/٤١±٠/٠٣^{g}	٤/٦٧±٠/٠٣^{f}	٥/٦٤±٠/١٠^{d}	٦/٣٤±٠/٠٤^{c}	٤/٧٤±٠/٠٣^{f}
اسید ایکوزاپنتانوئیک	٢/٤٢±٠/٠٢^{e}	٢/٢٣±٠/٠٣^{f}	٥/٧٣±٠/٠٧^{a}	٤/٨٨±٠/٠٦^{b}	٣/٩٣±٠/٠٠^{c}	٣/١٤±٠/٠٣^{d}	٢/١٣±٠/٠١^{g}	١/٠٧±٠/٠٠^{h}
اسید دوکوزاهگزانوئیک	١٦/٣٣±٠/١٧^{c}	١٨/٦٥±٠/٢٧^{a}	١٥/٧١±٠/١١^{d}	١٨/٨٢±٠/٠١^{a}	١٧/١٦±٠/١٧^{b}	١٣/٥٥±٠/٠٠^{e}	١٣/١٥±٠/٠٣^{f}	٩/٢٠±٠/٠٣^{g}
$\sum HUFA$	٢٦/٠٩±٠/١٤^{d}	٢٩/٥٢±٠/٣٣^{a}	٢٦/٥±٠/١٤^{c}	٢٨/١٢±٠/٠٨^{b}	٢٥/٧٧±٠/٢٠^{e}	٢٢/٣٤±٠/٠٩^{f}	٢١/٦٣±٠/٠١^{g}	١٥/٠٢±٠/٠٦^{h}
$\sum PUFA$	٢٨/٣٠±٠/١١^{f}	٣٢/٢٤±٠/٣٥^{b}	٣٠/٤٩±٠/٢٤^{d}	٣٣/٦٠±٠/٢٤^{a}	٣٢/٣٠±٠/٢٢^{b}	٣١/٦٤±٠/١١^{c}	٣١/٤٧±٠/٠٣^{c}	٢٩/٥٦±٠/١٣^{e}
$\sum n$-٣	١٩/٠٢±٠/١٣^{d}	٢٢/٣٠±٠/٣١^{c}	٢٣/١٠±٠/١٥^{b}	٢٥/٣٢±٠/١٢^{a}	٢٢/٢٩±٠/١٧^{c}	١٧/٦٨±٠/٠٤^{e}	١٥/٩٢±٠/٠٢^{f}	١١/١٧±٠/٠٠^{g}
$\sum n$-٦	٩/٢٧±٠/٠٢^{e}	٩/٩٤±٠/٠٤^{d}	٧/٣٩±٠/١١^{g}	٨/٢٧±٠/١٢^{f}	١٠/٠٠±٠/٠٤^{d}	١٣/٩٦±٠/١^{c}	١٥/٥٤±٠/٠٦^{b}	١٨/٣٨±٠/٠٩^{a}
n-٣/ n-٦	٢/٠٥±٠/٠١^{d}	٢/٢٤±٠/٠٢^{c}	٣/١٢±٠/٠٣^{a}	٣/٠٥±٠/٠٣^{b}	٢/٢٢±٠/٠٠^{c}	١/٢٦±٠/٠٠^{e}	١/٠٢±٠/٠٠^{f}	٠/٦٠±٠/٠٠^{g}
DHA / EPA	٦/٧٥±٠/١٤^{c}	٨/٣٦±٠/١١^{b}	٢/٧٤±٠/٠٤^{g}	٣/٨٥±٠/٠٥^{f}	٤/٣٥±٠/٠٣^{e}	٤/٣٠±٠/٠٤^{e}	٦/١٤±٠/٠٣^{d}	٨/٥٥±٠/٠٤^{a}
$\sum F.A.M.E$	٨٦/٣٤±٠/٢٨^{f}	٨٨/٠٤±٠/٦٧^{e}	٨٩/٥٧±٠/٦٩^{d}	٩١/٩٥±٠/٨٧^{c}	٩٣/٨٩±٠/٨٠^{b}	٩٦/٤٣±٠/٥٦^{a}	٩٣/٧٢±٠/٤٤^{b}	٩٣/٠٩±٠/٥٦^{b}

داده‌ها به صورت میانگین با انحراف معیار گزارش شده است (٣تکرار). برای آگاهی از علامات اختصاری به توضیحات ارائه شده در جدول ١ مراجعه شود. حروف غیر همسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار است ($P<٠/٠٥$)

در روز ۱ پس از تفریخ طول و وزن تر لارو به ترتیب ۳/۶۶ میلی‌متر و ۳/۸ میلی‌گرم بود و با افزایش سن، وزن لارو نیز افزایش یافت. در زمان جذب ۲/۳ کیسه زرده (روز ۳ پس از تفریخ) طول و وزن تر لارو به ترتیب ۳/۸۲ میلی‌متر و ۴/۱ میلی‌گرم بود.

از روز ۳ پس از تفریخ، تغذیه با روتیفر آغاز شد و تا روز ۷ پس از تفریخ ادامه داشت. از روز ۷ پس از تفریخ تا پایان دوره آزمایش، یعنی روز ۳۳ پس از تفریخ، تغذیه با غذای خشک صورت گرفت. در زمان شروع تغذیه با غذای خشک، یعنی در روز ۷ پس از تفریخ، طول و وزن تر لارو به ترتیب ۱۱/۷ میلی‌لیتر و ۱۱/۸۳ میلی‌گرم بود. در پایان دوره، یعنی روز ۳۳ پس از تفریخ، طول و وزن تر لارو ۲۹/۲۶ میلی‌لیتر و ۱۹۹/۵۱ میلی‌گرم بود. میزان اسیدهای چرب غذای مصرفی توسط لارو کپور معمولی و پروفیل اسید چرب لاروها در مرحله رشد و تکامل لاروی به ترتیب در جداول ۱ و ۲ گزارش شده است.

در انتهای مرحله جذب کیسه زرده (روز ۳)، میزان اسیدهای چرب اشباع ۱/۲۲ ٪ افزایش می‌یابد. میزان Σ SAFA[1] از روز ۱ تا روز ۷، به میزان ۸/۷ ٪ افزایش و سپس تا پایان دوره آزمایش ۱۰/۶۷ ٪ کاهش می‌یابد (P <۰/۰۵). در روز ۱ تا ۳ میزان ۱۴:۰ و ۱۶:۰ تقریباً ثابت بوده و ۱۸:۰، ۱/۱۵ ٪ افزایش می‌یابد. اما در روز ۳ تا ۷، یعنی مرحله تغذیه از روتیفر، میزان ۱۴:۰، ۱۶:۰ و ۱۸:۰ به ترتیب ۰/۵۴ ٪، ۱/۷۳ ٪ و ۵/۲۵ ٪ افزایش می‌یابند. میزان ۱۶:۰ از روز ۷، با شروع تغذیه از غذای خشک، تا روز ۱۵، ۰/۵۶ ٪ افزایش و پس از آن ۴/۵۳ ٪ کاهش می‌یابد. ۱۴:۰ و ۱۸:۰ با شروع تغذیه از غذای خشک و با توجه به مقادیر کم این اسیدهای چرب در غذای خشک نسبت به روتیفر، از روز ۷ تا پایان دوره آزمایش به ترتیب به میزان ۰/۴۵ ٪ و ۴/۵ ٪ کاهش می‌یابند. میزان Σ SAFA در غذای خشک (۳۶/۱۲ ٪) نسبت به روتیفر (۳۹/۶۲ ٪) کمتر است.

مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع (Σ MUFA[2])، در طی دوره ۷/۴۶ ٪ افزایش می‌یابد (P<۰/۰۵). ۹-۱۸:۱n از روز ۱ تا ۱۱، ۶/۱۹ ٪ کاهش و سپس ۱۵/۱۹ ٪ افزایش می‌یابد. میزان ۷-۱۶:۱n اگرچه نوسان دارد، اما تا پایان دوره آزمایش ثابت باقی می‌ماند. میزان Σ MUFA، ۹-۱۸:۱n و ۷-۱۶:۱n در روتیفر (۲۰/۶۴ ٪) نسبت به غذای خشک (۴۸/۱۰ ٪) مصرفی کمتر است.

محتوای HUFA و PUFA در کل دوره دارای نوسان می باشد (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار HUFA در روز ۳ و به میزان ۲۹/۵۲ ٪ و کمترین مقدار آن در روز ۳۳ به میزان ۱۵/۰۲ ٪ مشاهده گردید. بیشترین میزان PUFA در روز ۱۱ به میزان ۳۳/۶۰ ٪ و کمترین مقدار در روز ۱ به میزان ۲۸/۳۰ ٪ مشاهده گردید.

اسیدهای چرب سری ۶- n، از ابتدا تا انتهای دوره ۹/۱۱ ٪ افزایش می‌یابند (P<۰/۰۵). اسیدهای چرب سری ۶- n در روتیفر (۸/۳۵ ٪) نسبت به غذای خشک (۱۸/۳۵ ٪) کمتر است. میزان اسید آراشیدونیک نوسان داشته و تغییرات بسیار کمی دارد (P<۰/۰۵) و از ابتدا تا انتهای دوره ۲/۶ ٪ کاهش می‌یابد. میزان این اسید چرب ضروری در غذای خشک (۰/۷۲ ٪) نسبت به روتیفر (۶/۲۹ ٪) کمتر است.

اسیدهای چرب سری ۳-n، از روز ۱ تا ۱۱، ۶/۳ ٪ افزایش و سپس ۱۴/۱۵ ٪ کاهش می‌یابند (P<۰/۰۵). مقدار این اسیدهای چرب در روتیفر (۲۳/۸۰ ٪) نسبت به غذای خشک (۲/۶۷ ٪) کمتر است.

نسبت ۶-n / ۳-n از زمان شروع تغذیه فعال از روز ۳ تا پایان دوره به میزان ۲/۵۲ ٪ کاهش می‌یابد (P<۰/۰۵). نسبت DHA / EPA با شروع تغذیه فعال از روز ۳ تا انتهای دوره، ۵/۸۱ ٪ افزایش می‌یابد (P<۰/۰۵).

1- Saturated Fatty Acid

2- Monounsaturated Fatty Acid

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعات مربوط به تکامل لاروی، بررسی روند رشد از اهمیت بسزایی برخوردار است (Ma *et al*., 2005). همان گونه که در منحنی رشد لارو (نمودار۱) نشان داده شده است با افزایش سن لارو در ماهی کپور دریای خزر *Cyprinus carpio*، وزن آن نیز افزایش می‌یابد. طول کل (با رگرسیون ۰/۹۳) و وزن (با رگرسیون ۰/۹۳) یک روند صعودی را نشان دادند. این موضوع می‌تواند ناشی ازعدم وجود فاکتورهای محدود کننده در محیط و تاثیر مثبت استفاده از غذای زنده باشد (Dabrowski *et al*., 1985). افزایش در وزن و طول ماهی توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Gawlicka *et al*., Buchet *et al*., 2000; Perez-Casanova *et al*., 2006; 2000). افزایش در وزن و طول لارو نشان می‌دهد که هرچه از زمان تفریخ می‌گذرد، به دلیل شکل گیری اندامها و اندام‌زایی در لارو ماهی، یکسری تغییرات فیزیولوژیک از جمله تغییر در ترشح آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد.

چربی‌ها و اسیدهای چرب سازنده آنها یکی از اصلی‌ترین اجزء ترکیبات آلی بدن ماهی بوده و به عنوان منبع اصلی انرژی سوخت و سازی برای رشد، تولیدمثل، حرکت و مهاجرت ایفا می‌کنند (Tocher, 2003). همچنین چربی‌ها نقش اساسی در ترکیبات ساختمانی غشاء سلولی، پیش ساز پروستاگلاندین ها، ایکوزانوئید و پیش ساز هورمون های استروئیدی با کارکردهای فیزیولوژیک در پوست اندازی و رشد متعادل، عملکرد آبشش و کلیه، تکامل سیستم عصبی و بینایی دارند (Higgs and Dong, 2000).

ترکیب اسید چرب بدن ماهی در تمام دوره زندگی تابعی از محتوای اسید چرب غذای مصرفی است (Sargent *et al*., 2002). در واقع، غذا مهمترین عامل محیطی است که ترکیب اسیدهای چرب را در ماهی تحت تأثیر قرار می دهد (Millamena, 1996). تأثیر جیره بر ترکیب اسید چرب ماهی در مطالعات مختلف بررسی شده است (Plante *et al*., 2007). افزایش میزان اسیدهای چرب اشباع (SFA)[1] در مرحله جذب کیسه زرده (روز ۱ تا ۳) به میزان ۱/۲۲ ٪ و در روز ۳ تا ۷ به میزان ۷/۴۸ ٪ ، نشان دهنده عدم مصرف این ماده مغذی جهت تأمین انرژی است. از طرفی، میزان این ماده مغذی در غذای مصرفی لارو در مرحله تغذیه از روتیفر (روز ۳ تا ۷) بالاست. در مطالعه بر روی pikeperch (*Sander lucioperca*)، مشاهده شده که محتوای اسیدهای چرب SFA در لاروهای تغذیه شده[2] افزایش یافته است (Abi-Ayad *et al*., 2004) . پژوهشگران این افزایش در ذخایر اسیدهای چرب اشباع و همچنین اسیدهای چرب تک غیر اشباع را به سنتز *Bioconversion* و *de novo* نسبت می دهند که طی این فرآیند این دسته از اسیدهای چرب در بدن سنتز می شوند (Henderson and Sargent ,1985) . این نتایج با نتایج مشابه بدست آمده در لارو *Perca flavescens* (Dabrowski *et al*., 1991) و *Perca fluviatilis* (Abi-ayad *et al*., 2000) مطابقت داشته و بیانگر عدم مصرف SFA به عنوان منبع انرژی است. کاهش SFA از روز ۱۱ تا پایان دوره آزمایش به میزان ۹/۸۳ ٪ نشان دهنده استفاده از این اسیدهای چرب به عنوان منبع انرژی و از سوی دیگر کاهش مقدار آنها در ترکیب غذای مصرفی (غذای خشک) لارو است. اسیدهای چرب اشباع در مغز (*C.harengus*) Atlantic herring به عنوان منبع انرژی مصرف شده و مقدار آن کاهش می‌یابد (Mourente and Tocher, 1992).

از روز ۱ تا ۷ همزمان با افزایش SFA، میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA)[3] به میزان ۷/۶۶ ٪ کاهش می‌یابد و از روز ۱۱ تا پایان دوره، میزان این اسیدهای چرب ۱۵ ٪ افزایش می‌یابد که می‌تواند به دلیل بالا بودن میزان این اسیدهای چرب در غذای خشک باشد. در ماهیان دریایی (turbot و Atlantic herring) و همچنین ماهیان

1- Saturated Fatty Acid
2- fed larvae
3- Monounsaturated Fatty Acid

آب شیرین (قزل آلای رنگین کمان، کپور معمولی و Eurasian perch) ذخایر MUFA به عنوان یک منبع پر انرژی برای رشد و نمو محسوب می شوند (Takeushi and Watanabe, 1982). اسیدهای چرب تک غیر اشباع بویژه در مرحله اندام‌زایی، متامورفوز، تکامل مغز، رشد و متابولیسم پایه (تنفس، شنا، دفع مواد زائد و...)، یک منبع مهم برای تأمین انرژی محسوب می‌شوند .

در تحقیق حاضر، مجموع اسیدهای چرب بشدت غیراشباع و چند غیر اشباع (Σ^1HUFA و Σ^2PUFA) در طی دوره پرورش نوسان داشته اند. اسید لینولئیک (C۱۸:۶n-۲) و اسید لینولنیک (C۱۸:۳n-۳) از جمله اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) می‌باشد. میزان اسید لینولئیک (C۱۸:۶n-۲) در مرحله جذب کیسه زرده، از روز ۱ تا ۳، ۰/۶۱ ٪ کاهش می‌یابد. همزمان با این کاهش، میزان اسید آراشیدونیک (C۲۰:۶n-۴)، ۱/۳ ٪ افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده است که ماهیان آب شیرین قادرند از طریق طویل سازی[۳] و غیراشباع سازی[۴]، اسید لینولئیک را تبدیل به آراشیدونیک اسید و اسید لینولنیک (C۱۸:۳n-۳) را به اسید دوکوزاهگزانوئیک (C۲۲:۶n-۳) و اسید ایکوزاپنتانوئیک (C۲۰:۵n-۳) تبدیل کنند (Dantagnan *et al*., 2007; Gunasekera *et al*.,1999). ماهیان همانند سایر مهره داران، فاقد آنزیم‌های ضروری جهت سنتز اسیدهای چرب پیش ساز لینولئیک اسید (امگا-۶) و لینولنیک اسید (امگا-۳) هستند. با توجه به اینکه اسید چرب بدن تحت تاثیر جیره می باشد، مقدار کم اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک در بدن نسبت به جیره نشاندهنده مصرف این اسیدهای چرب در سنتز اسیدهای چرب مشابه می باشد. توانایی لارو در سنتز اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دوکوزاهگزانوئیک از لینولنیک اسید همراه با توانایی تبدیل لینولئیک اسید به آراشیدونیک اسید می‌باشد، زیرا هر دو مسیر نیاز به یک آنزیم به نام آنزیم Δ^5-desaturase دارند (McEvoy *et al*., 1996). از این رو، بالا بودن درصد آراشیدونیک اسید در بدن لارو در مقایسه با میزان کم این اسید چرب در غذای مصرفی، نشان دهنده توانایی لارو در سنتز اسید آراشیدونیک از اسید لینولئیک است. اگر چه بالا بودن میزان اسید لینولئیک در بدن لارو به دلیل بالا بودن میزان آن در غذای مصرفی نیز می‌باشد. در مطالعه حاضر، میزان آراشیدونیک اسید، بعد از جذب کیسه زرده، با وجود نوساناتی تقریباً ثابت است، که نشان دهنده ذخیره این اسید چرب ضروری به دلیل اهمیت آن به عنوان پیش ساز ترکیبات شبه هورمونی ایکوزانوئید[۵] می باشد. این ترکیبات فعال شامل پروستاگلاندین‌ها[۶]، ترومبوکسان‌ها[۷] و لوکوسرین‌ها[۸] می‌باشند که در تکامل و رشد سیستم ایمنی، عکس‌العمل‌های استرسی و واکنشهای التهابی دخیل‌اند (Sargent *et al*., 1995; Sorbera *et al*., 1998; Fountoulaki *et al*., 2003).

اسید آراشیدونیک (AA^9)، آیکوزاپنتانوئیک (EPA^{10}) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA^{11}) از جمله اسیدهای چرب بشدت غیر اشباع هستند. اسیدهای چرب HUFA بعنوان ترکیبات ساختاری برای فرآیندهای فیزیولوژیکی بدن می‌باشد (Abedian-kenari *et al*., 2009). در ماهیان آبهای گرم و شیرین از جمله کپور به دلیل عدم توانایی مطلوب در استفاده از اسید لینولنیک (C۱۸:۳n-۳)، وجود HUFA n-۳ (اسیدهای چرب بشدت غیر اشباع امگا-۳) ضرورت بیشتری دارد و به همین دلیل این گروه بعنوان اسید چرب ضروری در کپور شناخته می‌شوند.

1- Highly Unsaturated Fatty Acid
2- Polyunsaturated Fatty Acid
3- Elangation
4- Desaturation
5- Eicosanoid
6- Prostaglandins
7- Thromboxans
8- Leucotrienes
9- Arachidonic Acid
10- Eicosapentaenoic acid
11- Docosahexaenoic Acid

میزان آیکوزاپنتانوئیک اسید در مرحله شروع شنای آزاد (روز ۳ پس از تفریخ) و پر شدن کیسه شنا، ۳/۵ ٪ افزایش می‌یابد. علت این افزایش در مرحله شروع شنای آزاد، مشارکت EPA در غشای سلولی کیسه شنا است. به همین دلیل بیوسنتز آن در این مرحله (روز ۱ تا ۳) افزایش می یابد (Awaiss *et al*., 1996). بعد از شروع شنای فعال و طی مراحل تکامل لاروی، میزان EPA به میزان ۴/۶۶ ٪ کاهش می‌یابد که احتمالا به دلیل مصرف انرژی است. مطالعات نشان داده کاهش EPA در trout طی تکامل لاروی می‌تواند به دلیل مصرف این اسید چرب برای تأمین انرژی است (Tocher and Sargent,1990). در تحقیق حاضر، میزان DHA در مراحل اولیه تکامل لاروی بیشتراز مراحل انتهایی است که نشان دهنده اهمیت آن در فعالیت های فیزیولوژیک بدن در مراحل اولیه زندگی می باشد. DHA یک ترکیب بنیادی در غشای سلولی بافت‌های عصبی و بینایی، بخصوص در فرآیندهای synaptogenesis و retinogenesis می‌باشد (Cejas *et al*., 2004). DHA در زمان جذب کیسه زرده و مراحل اولیه تکامل، تا روز ۱۱ ذخیره شده و به عنوان منبع انرژی مصرف نمی شود. البته در مرحله شروع شنای آزاد، مقدار DHA و AA کاهش می‌یابد که احتمالاً نشان دهنده مصرف آن‌ها به عنوان منبع انرژی و سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی است که می‌تواند به دلیل استفاده ترجیحی از برخی اسیدهای چرب در دوره تکامل لاروی باشد که در برخی گونه‌ها مشاهده شده است (Rainuzzo *et al*., 1997). بنابراین، علیرغم اهمیت DHA به عنوان یک ترکیب ساختاری در بافت‌های عصبی و بینایی، این اسید چرب به طور کامل ذخیره نشده و برای تأمین انرژی نیز بکار می‌رود. DHA درماهی gilthead sea bream طی مراحل مختلف تکامل لاروی به عنوان منبع انرژی مصرف می‌شود (Ronnestad *et al*.,1994).

نسبت اسیدهای چرب سری n-۳ به n-۶ در تعیین رشد ماهی اهمیت دارند (Watanabe *et al*., 1982) در تحقیق حاضر، نسبت اسیدهای چرب n-۶ /n-۳ از ابتدای دوره تا انتها کاهش می‌یابد. ماهیان آبهای شیرین بیشتر دارای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی از نوع n-۶ بوده و مقدار n-۳ در آنها کمتر است. بنابراین کاهش این نسبت در کل دوره به میزان ۱/۴۵ ٪ می‌تواند به دلیل کمتر بودن مقدار اسیدهای چرب امگا-۳ نسبت به اسیدهای چرب امگا-۶ باشد. البته کاهش این نسبت در دوران تغذیه خارجی نیز می‌تواند به علت پائین بودن این نسبت در غذای مصرفی لارو می باشد که البته نیاز به بررسی بیشتری دارد. نسبت DHA / EPA با شروع تغذیه فعال افزایش می‌یابد. این نسبت‌ها در غذای خشک نسبت به روتیفر بیشتر بوده است. کاهش در EPA سبب کاهش در این نسبت‌ها می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه بین ترکیب اسیدهای چرب در مراحل مختلف رشد و تکامل لاروی کپور معمولی نشان می‌دهد میزان اسیدهای چرب مختلف طی مراحل رشد و تکامل لاروی تغییر کرده و این امر نشان دهنده تغییر احتیاجات لارو کپور دریایی به اسیدهای چرب مختلف در دوران‌های مختلف زندگی می‌باشد. همچنین لاروها از اسیدهای چرب مختلف به عنوان منبع انرژی استفاده کرده و تبعیضی در نوع اسید چربی که به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌دهند، قائل نمی‌شوند. از آنجایی که پروفیل اسیدهای چرب در ماهیان تغذیه شده، بیانگر مشخصات جیره آنها می‌باشد، لذا اسیدهای چرب ضروری باید در جیره غذایی ماهیان تأمین شده تا نیاز های ماهیان را برطرف سازد. همچنین در طول دوران جنینی تا شروع تغذیه خارجی همه احتیاجات رشد، اندام زایی، سلولی و متابولیسم باید از ذخایر کیسه زرده حاصل شود، لذا در گونه هایی که مولدین از جیره دستی استفاده می کنند باید احتیاجات جیره فراهم شود. پائین بودن غلظت آراشیدونیک اسید، ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید در مقایسه با

میزان این اسیدهای چرب در بدن لارو، نشان می‌دهد که لاروها از طریق طویل سازی و غیراشباع سازی، توانایی تبدیل اسید لینولئیک را به آراشیدونیک اسید و اسید لینولنیک را به ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزا هگزانوئیک اسید دارند.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانیم از مدیریت و کارکنان محترم مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید رجایی ساری، بویژه جناب آقای مهندس نوری، جناب آقای مهندس مخدومی، جناب آقای مهندس پناهی و همچنین جناب آقای مهندس رحیمی تشکر و قدردانی نماییم. از کارشناسان آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، جناب آقای مهندس کمالی و سرکار خانم مهندس حقدوست تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از جناب آقای مهندس جمشید امیری مقدم جهت همکاری در اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Abedian-kenari, A., Regenstein, J.M., Hosseini, S.V., Rezaei, M., Tahergorabi, R., Nazari, R.M., Moghaddasi, M. and Kaboli, S.A., 2009: Amino Acid and Fatty Acid Composition of Cultured Beluga (*Huso huso*) of Different Ages. Journal of Aquatic Food Product Technology, 18: 245–265.
- Abi-Ayad, S.-M.E.-A., Boutiba, Z., Me´lard, C., Kestemont, P., 2004. Dynamics of total body fatty acids during early ontogeny of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Fish Physiology Biochemistry. 30: 129–136.
- Abi-Ayad, S.-M.E.-A., Kestemont, P., Me´lard, C., 2000. Dynamics of total lipids and fatty acids during embryogenesis and larval development of Eurasian perch (Perca fluviatilis). Fish Physiology Biochemistry. 23: 233– 243.
- Awaiss A., Kestemont P. & Micha J.C., 1996. Fatty acid profiles of two freshwater fish larvae (gudgeon and perch) reared with *Brachionus calyciflorus* Pallas (rotifer) and/or dry deit. Aquaculture research. 27: 651-658.
- Buchet, V., Zambonino Infante, J.L., Cahu, C.L., 2000. Effect of lipid level in a compound diet on the development of red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae. Aquaculture: 184: 339–347.
- Cejas, J.R., Almansa, E., Je´rez, S., Bolan˜os, 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, Part B 139: 209–216.
- Dabrowski, K., Culver, D.A., Brooks, C.L., Voss, A.C., 1991. Biochemical aspects of the early life history of yellow perch (*Perca flavescens*). In: FishNutrition in Practice (June24–27, Biarritz; France). Colloques No.61. pp. 531–539. Edited by S.J Kaushik, and P Luquet. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Dabrowski, K., Kaushik, S.J., Fauconneau, B., 1985: Rearing of sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) I. Feeding trial. Aquaculture, 47: 185–192.
- Dantagnan, H., Bo'rquez, 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 maculates* Jenyns, 1842, obtained from estuarine, freshwater and cultured populations. Journal of Fish Biology. 70: 770–781.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497–509.
- Fountoulaki, E., Alexis, M.N., Nengas, I., Venou, B., 2003. Effects of dietary arachidonic acid (20:4n-6), on growth, body composition, and tissue fatty acid profile of gilthead bream fingerlings (*Sparus aurata* L.). Aquaculture, 225: 309–323.
- Fraser, A.J., Gamble, J.C., Sargent, J.R., 1988: Changes in lipid content, lipid class and fatty acid composition of developing eggs and unfed larvae of cod (*Gadus morhua*). Marine Biology. 99: 307-313.
- Gapasin, R.S.J., 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.

- Gawlicka, A., Parent. B., Horn, M.H., Ross, N., Opstad, I., Torrissen, O.J., 2000. Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. Aquaculture. 184: 303–314.

- Gunasekera, R.M., De silva, S.S., Ingram, B.A., 1999. Early ontogeny-related changes of the fatty acid composition in the Percichthyid fishes trout cod, *Maccullochella macquariensis* and *M. peelii peelii*. Aquatic Living Resource. 12(3): 219-227.

- Henderson, R.J., Sargent, J.R., 1985: Fatty acid metabolism in fish. In: Nutrition and Feeding in Fish. pp. 349–364. Edited by C.B Cowey, A.M Mackie, and J.G Bell. Blackwell Sciences Ltd., Oxford.

- Higgs, D.A. and Dong F.M., 2000. Lipids and fatty acids. In R.R. Stickney (Ed.), The Encyclopedia of Aquaculture (pp. 1-20). New York: John Wiley and Sons, Inc.

- Inhamuns, A. J., & Franco, M. R. B., 2008. EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia. Food Chemistry. 107: 587–591.

- Kalyoncu, L., Kıssal, S., Aktumsek, A., 2009. Seasonal changes in the total fatty acid composition of *Vimba*, *Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840) in Egirdir Lake, Turkey. Food Chemistry. 116: 728–730.

- Kirpichnikov V.S., 1972. Methods and effectiveness of Rop-sha carp breeding . Immunication I. Breeding Aims, Orginal Forms and Cross System, Russian Journal of Genetics. 8(1): 65-72.

- Kohlman K., Murakaeva A., Kersten P., 2003. Genetic variation and structure of common carp populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mtDNA marker. Aquatic Living Resources. 16: 421-431.

- Ma, H., Cahu, C., Zambonino, J., Yu, H., Duan, Q., Le Gall, M.M., Mai, K., 2005: Activities of selected digestive enzymes during larval development of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). Aquaculture. 245(1-4): 239-248.

- 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.

- Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A., (1961). The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry. 33: 363-364.

- Millamena, O.M., 1996. Training course on fish nutrition. Part: Lipids and Fatty Acids. Page 1-19.

- Mourente, G. and D.R. Tocher, 1992. Effects of weaning onto a pelleted diet on docosahexaenoic acid (22:6n-3) levels in brain of developing turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Aquaculture. 105: 363–377.

- Naz, M., 2009: Ontogeny of Biochemical Phases of Fertilized Eggs and Yolk Sac Larvae of Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 9: 77-83.

- Perez-Casanova, J.C., Murray, H.M., Gallant, J.W., Ross, N.W., Douglas, S.E., Johnson, S.C., 2006. Development of the digestive capacity in larvae of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*). Aquaculture. 251: 377–401.

- Plante, S., Pernet, F., Hache', R., Ritchie, R., Ji, B., McIntosh, D., 2007. Ontogenetic variations in lipid class and fatty acid composition of haddock larvae *Melanogrammus aeglefinus* in relation to changes in diet and microbial environment. Aquaculture. 263: 107–121.

- Rainuzzo, J.R., 1993. Lipids in Early Stages of Marine Fish. Dr. Scient. Thesis, University of Trondheim, Norway.

- Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. Aquaculture. 155: 103– 115.

- Ronnestad, I., Koven, W.M., Tandler, A., Harel, M., Fyhn, H.J., 1994. Energy metabolism during development of eggs and larvae of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Marine Biology. 120: 187– 196.

- Roustaian, P., Kamarudin, M.S., Omar, H., Saad, C.R., Ahmad, M.H., 1999: Changes in fatty acid profile during larval development of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de man). Aquaculture Research. 30: 815-824.

- Sargent, J.R., 1995. Origin and functions of egg lipids: nutritional implications. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), Broodstock Management and Eggs and Larval Quality. Blackwell Science, London, pp. 353– 372.

- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. Journal of Applied Ichthyology. 11: 183– 198.

- Sargent, J.R., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 2002. The Lipids. In: Halver, J., Hardy, E. (Eds.), Fish Nutrition. Academic Press, Elsevier, San Diego, California, USA, pp. 181–257.
- Skallia, A., Robin, J.H., 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.
- Sorbera, L.A., Zannuy, S., Carrielo, M., 1998. A role for polyunsaturated fatty acids and prostaglandins in oocyte maturation in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). In: Vandry, H., Tonon, M.C., Roubos, E.W., Loof, A. (Eds.), Trends in Comparative Endocrinology and Neurobiology: From Molecular to Integrative Biology, Ann. N.Y. Academic Science. 839: 535– 537.
- Takeushi, T. and Watanabe, T. 1982. Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout. Bull. Japan Social Scientific Fish. 48: 1307–1316.
- Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Review. Fish Science. 11: 107–184.
- Tocher, D.R., G. Mourente and J.R. Sargent, 1992. Metabolism of [^{14}C] docosahexaenoate (22:6n-3), [^{14}C] eicosapentaenoate (20:5n-3) and [^{14}C] linolenate (18:3n-3) in brain cells from juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Lipids. 27: 494–499.
- Tocher, D.R., Sargent, J.R. 1990. Incorporation into phospholipid classes and metabolism via desaturation and elongation of various 14C-labelled (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids in trout astrocytes in primary culture. Journal of Neurochemistry. 54: 2118–2124.
- Watanabe, T., 1982: Lipid nutrition in fish. Comparative biochemistry and Physiology. 73B: 3-15.
- Zlatanos, S., & Laskaridis, K., 2007. Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish-sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicholus*) and picarel (*Spicara smaris*). Food Chemistry. 103: 725–728.

Changes in Fatty Acid Profile of Common Carp (*Cyprinus Carpio*) During Larval Development

A. Farhoudi[1], A. Abedian-kenari[1], R. M. Nazari[2] and C. Makhdomi[2]
[1] Natural Resources and Marin Science Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran
[2] Warm Water Fish Aquaculture Center of Shahid Rajaei, Sari, I.R. Iran
(Received: 10 March 2010, Accepted: 31 May 2011)

Abstract

This study investigated ontogeny of fatty acid profile in common carp larvae to determine nutritional requirements with a view to improving product quality from hatching to 33 days post hatching at the governmental warm water fish aquaculture center of Shahid Rajaee in Sari, Mazandaran, Iran. Larvae were collected randomly at 1, 3, 7, 11, 15, 19, 26 and 33 days post hatch. Larvae were fed with rotifer (*Brachionus calyciflorus*) from day 3 to day 7, and then with dry diet from day 8 onwards. Profiles of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids showed significant changes. From the beginning to the end of experiment, total saturated fatty acid decreased at the level of 2 % and monounsaturated and polyunsaturated increased by 7.46 % and 1.26 %, respectively. Fluctuations in the composition of fatty acids in various periods reflect preferential utilization of fatty acids for energy production. Marine carp larvae metabolized apparently dietary linolenic acid to eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid, and dietary linoleic acid to arachidonic acid.

Keywords: Common carp, *Cyprinus carpio*, Fatty acid, Lipid, Larval development, Polyunsaturated fatty acids

*Corresponding author: Tel: +98 122 6223499 ,Fax: +98 122 6253499 , E-mail: aabedian@modares.ac.ir