

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در طول نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده

Hypophthalmichthys nobilis

مناهل جیحون^۱، مهران جواهري بابلی*

۱- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، صندوق پستی: ۱۹۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۲۴ آذر ۱۳۹۵

چکیده

در این پژوهش تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در طول نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده *Hypophthalmichthys nobilis* مورد بررسی قرار گرفت. نمونه برداری از مراحل تخم لقاح یافته، تخم چشم زده، لارو کیسه زرده دار، لارو کیسه زرده جذب کرده و قبل از ورود به استخر انجام شد. شناسایی اسیدهای چرب به وسیله دستگاه کروماتوگراف گازی انجام گرفت. نتایج نشان دادند که اسیدهای چرب اشباع (SFA) در طول دوره جنینی کاهش معنی داری یافت (<0.05). اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه (MUFA) در طول دوره جنینی و لاروی کاهش معنی داری نیافتد. نتایج نشان داد که اسیدهای چرب امگا ۳ و DHA در طول دوره جنینی و لاروی روند افزایشی و کاهشی را به ترتیب نشان دادند (<0.05). در کل نقش انرژی زایی اسیدهای چرب اشباع در دوره جنینی و نقش ساختاری اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه در دوران جنینی و لاروی نشان داده شد.

کلمات کلیدی: اسید چرب، ماهی کپور سر گنده، *Hypophthalmichthys nobilis*، مرحله جنینی، مرحله لاروی.

* عهده دار مکاتبات (✉). mehranjavaheri@gmail.com

ایکوزانوئیدها مورد توجه قرار می‌گیرند (Bell and DHA). دکوزا هگزانوئیک اسید (Tocher, 1989) برای تکامل سیستم عصبی ضروری است (Sargent et al., 1995).

درنتیجه با توجه به اهمیت بحث تکثیر مصنوعی و لزوم اتخاذ تدابیر و راهکارهای عملی در جهت افزایش بقاء و ماندگاری ماهی کپور سر گنده در دوران لاروی و همین طور با توجه به نقش اسیدهای چرب در رشد و نمو، بقاء و کیفیت تخم و لارو، شناخت روند تغییرات اسیدهای چرب در طول نمو جنینی و دوران لاروی ماهی کپور سر گنده به منظور آگاهی از ترکیب غذای دستی لارو به هنگام مراحل تغذیه فعال و همچنین مولدهای پرورشی امری لازم و ضروری است.

انتوژنی پروفیل اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف ماهی مانند؛ کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Farhoudi et al., 2012)، کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Mehdi Zarei et al., 2013) موردمطالعه قرار گرفته است.

هدف از این مطالعه تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در طول نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) است.

مواد و روش‌ها

برای تعیین تغییرات پروفیل اسید چرب طی دوران جنینی و لاروی کپور سر گنده (*Hypophthalmichthys nobilis*)، نمونه‌برداری از نیمه اردیبهشت تا اوخر خردادماه ۱۳۹۳ صورت گرفت. وزن مولدهای ۹ تا ۱۰ کیلوگرم و مولدهای نر ۸ تا ۹ کیلوگرم بود. بعد از تزریق هورمون و بررسی مولدهای از لحاظ آمادگی برای تخم‌کشی، از مولدهای اسپرم و تخم گرفته شد. اولین

مقدمه

کپور سر گنده از ماهی‌های آب شیرین و یکی از کپورهای آسیایی است. به دلیل کیفیت بسیار مرغوب گوشت، رشد بسیار سریع، امکان تکثیر مصنوعی و قابلیت گله پذیری، در کلیه استخراجها و منابع آبی پرورشی جهان گسترده شده است. ماهی کپور سر گنده دارای ارزش اقتصادی هست و میزان تولید کپور سر گنده در سال ۲۰۱۱ ۲،۷۰۵،۴۳۲ تن بود که رتبه هفتم در میان آبزیان پرورشی را دارا بوده است (FAO, 2013).

چربی‌ها و اجزاء تشکیل دهنده اسیدهای چرب همراه با پروتئین‌ها اجزای مهم زیستی ماهی هستند و آن‌ها نقش مهمی در منابع متابولیکی انرژی برای رشد شامل تکثیر و حرکت به انضمام مهاجرت را دارند. در صد لفاح و تفریخ و بازماندگی اولیه لارو، وابسته به ترکیب اسیدهای چرب، به ویژه افزایش در سطوح اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره امگا ۳ و امگا ۶ و نسبت DHA:EPA تخم ماهی هست (Bruce et al., 1999).

سطح چربی موجود در زرده تخم ماهی استراتژی زندگی جنین و لارو را تعیین می‌نماید و نیز امکان ارزیابی توان سازگاری لارو در برابر تغییر شرایط محیطی و نیز کیفیت تخم را فراهم می‌سازد (Tocher, 2003). ترکیب چربی در طول نمو تخم نشان‌دهنده نیازهای انرژیک لارو در طی انتقال به تغذیه خارجی است (Haliloglu et al., 2002).

اسیدهای چرب غیراشباع به عنوان ترکیبات ساختاری در روند اندام‌سازی (بافت مغز، شبکیه، ماهیچه و...) و پیش ماده‌های مولکولی‌های با فعالیت فیزیولوژیکی هم چون پروسه‌تاگلاندین‌ها و

استری کردن چربی استخراج شده

به منظور استری کردن چربی از روش (Metcalfe and Schmitz, 1961) استفاده شد. چربی استخراج شده از نمونه ها با افزودن ۳ میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی (۲ مولار) صابونی می شوند و بعد با افزودن ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک متانولی (۲ مولار) به متیل استر تبدیل می گردید (Desvillettes *et al.*, 1994). متیل استر اسیدهای چربی در یک میلی لیتر هپتان نرمال استخراج و جهت آنالیز پروفیل اسیدهای چرب یک میکرو لیتر از فاز هپتان نرمال را به دستگاه کروماتو گرافی گازی تزریق شدند. جهت شناسایی تک تک اسیدهای چرب از مخلوط استاندارد اسیدهای چرب ساخت شرکت سیگما با مقایسه زمان های بازداری استفاده گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گاز کروماتو گراف (GC-6890 Agilent) مجهز به ستون کاپیلاری از نوع SGE BPX70 (120m×0.25mm × 0/25 flame ID) و آشکارساز نوع (FID) استفاده گردید. دمای آشکارساز ionization detector و محل تزریق به ترتیب بر روی ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. ۱ میکرو لیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرو لیتری به دستگاه گاز کروماتو گرافی تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. بعد از مدت ۱۰ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲ درجه سانتی گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه رسانده شد. به مدت ۷۵ دقیقه دما در این درجه باقی ماند. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹.۹٪) به عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹٪) به عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه زمان

نمونه که تخم های تازه لقادیر بافته بودند پس از توزین به میزان ۵ گرم به درون ظروف پلاستیکی درب دار استریل منتقل می شوند. نمونه دوم از تخم ها ۲۴ ساعت بعد از انجام عمل لقادیر از تخم های چشم زده و از درون انکوباتورهای زوک برداشته می شوند. نمونه سوم ۷۲ ساعت بعد از لقادیر از لاروهای دارای کیسه زرده برداشته می شوند. نمونه برداری چهارم در این مرحله از آزمایش از لاروهای کیسه زرده جذب کرده است. نمونه آخر در این مرحله از آزمایش از لاروهای تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود به استخراج شده است. پس از انجام نمونه گیری، نمونه های برداشته شده در درجه حرارت -۹۰ درجه سانتی گراد نگهداری و منجمد شدند. برای ارسال نمونه ها به آزمایشگاه از فلاسک نیتروژن استفاده شد.

استخراج چربی از نمونه ها

جهت استخراج چربی از روش (Folch *et al.*, 1957) استفاده شد. مقدار ۱ گرم نمونه را بعد از همزن نمودن به لوله آزمایش درب پیچ دار انتقال داده، جهت تسریع بخشیدن به عمل استخراج بعد از بستن در لوله ها، آن ها را به شدت به هم زده و در داخل اولتراسوند به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده بعد مخلوط را سانتریفیوژ نموده و حلال حاوی چربی را به داخل لوله آزمایشی که وزن آن قبل اندازه گیری شده و مرحله فوق را دو مرتبه دیگر انجام داده و سپس توسط گاز نیتروژن کلروفرم و متانول را تبخیر کرده و وزن لوله حاوی چربی را اندازه گیری و از اختلاف آن ها درصد چربی محاسبه گردید.

اسید اولئیک ۹-۱۸:۱n روند کاهشی را در نمو جنینی و لاروی داشت به طوری که از ۱۸/۸۷ درصد از کل اسیدهای چرب در مرحله تخم لقاح یافته به ۱۶/۳۱ درصد از کل اسیدهای چرب در مرحله قبل از ورود به استخر رسید ($P<0.05$).

اسید چرب لینولئیک ۶-۱۸:۲n روند کاهشی را در طول نمو جنینی ماهی کپور سر گنده داشت ($P<0.05$). میزان این اسید چرب در تخم لقاح یافته و تخم چشم زده به ترتیب ۳/۶۴ و ۳/۱۹ درصد از کل اسیدهای چرب بود. با ورود به نخستین مرحله لاروی یعنی لارو دارای کیسه زرده افزایش در میزان این اسید چرب اتفاق می‌افتد به طوری که میزان آن به ۳/۴۴ درصد از کل اسیدهای چرب رسید. در لارو کیسه زرده جذب کرده میزان این اسید چرب به ۲/۸۶ درصد از کل اسیدهای چرب کاهش یافت. میزان آن در مرحله قبل از ورود لارو به استخر به طور معنی‌داری افزایش یافت و به ۴/۹۲ درصد از کل اسیدهای چرب رسید ($P<0.05$).

روند تغییرات اسید چرب لینولئیک ۳-۱۸:۳n در طول مراحل نمو جنینی یعنی از مرحله تخم لقاح یافته ۱/۸۹ درصد از کل اسیدهای چرب تا تخم چشم زده ۱/۷۲ درصد از کل اسیدهای چرب روند کاهشی یافت ($P<0.05$ ، با ورود به مرحله لارو کیسه زرده دار افزایش در میزان این اسید چرب اتفاق می‌افتد به طوری که میزان آن به ۲/۰۶ درصد از کل اسیدهای چرب رسید و در لارو کیسه جذب کرده روند آن کاهشی بود و به ۱/۳۲ درصد از کل اسیدهای چرب رسید. میزان این اسید چرب در مرحله قبل از ورود به استخر به ۲/۶۴ درصد از کل اسیدهای چرب افزایش معنی‌داری یافت. ($P<0.05$).

بازاری کروماتوگرام های نمونه مجھول با کروماتوگرام های به دست آمده از محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استر، اسیدهای چرب موجود در تخم و لارو ماهی کپور سر گنده شناسایی شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید. هر نمونه با سه نکرار مورد آزمون قرار گرفت و نتایج آن ثبت و گزارش ۲۰۱۰ SPSS ۱۸ و اکسل و آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح اطمینان ۹۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

نتایج بررسی تغییرات کمی اسیدهای چرب در مراحل ۵ گانه در جدول ۱ آمده است.

بررسی روند تغییرات اسید چرب اشباع پالمیتیک (۱۶:۰) نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار این اسید چرب از مرحله تخم لقاح یافته تا لارو کیسه زرده دار از ۲۹/۸۵ به ۲۶/۶۲ می‌باشد. سپس مقدار آن از مرحله لارو کیسه زرده دار تا قبل از ورود به استخر (به ترتیب از ۲۶/۶۲ به ۳۲/۱۹ درصد از کل اسیدهای چرب) افزایش معنی‌داری یافت ($P<0.05$).

همان‌گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، مجموع اسیدهای چرب اشباع از تخم لقاح یافته تا لارو کیسه زرده دار روند کاهشی معنی‌داری دارد، به طوری که میزان مجموع این اسیدهای چرب از تخم لقاح یافته تا کیسه زرده دار به ترتیب ۳۷/۱۳، ۳۸/۲۹، ۴۱/۳۷، ۴۸/۴۶، ۳۸/۴۹ درصد از کل اسیدهای چرب است. میزان مجموع این اسیدهای چرب از لارو کیسه زرده جذب کرده تا قبل از ورود لارو به استخر به ترتیب ۴۸/۴۶ درصد از کل اسیدهای چرب افزایش معنی‌داری یافت ($P<0.05$).

جدول ۱: تغییرات کمی اسیدهای چرب (درصد از کل اسید چرب) در طول نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گندم

نام فارسی	اسید چرب	تخم لقاح یافته	تخم چشم زده	لارو کیسه زرده	لارو کیسه زرده قبل از ورود به استخر	دار	جذب کرده	استخرا	±
اسید میرستیک	C14:0	۲/۶۱±۰/۳۶ ^{b,c}	۱/۸۵±۰/۱۳ ^{ab}	۱/۹۳±۰/۴۳ ^{ab}	۱/۷۲±۰/۵۸ ^a	۲/۷۹±۰/۱۲ ^c			
اسید تراد سنوئیک	C14:1n-5	۰/۱۲±۰/۰۲ ^a	۰/۲۰±۰/۰۵ ^{ab}	۰/۲۳±۰/۰۳ ^b	۰/۱۷±۰/۰۴ ^{ab}	۰/۶۲±۰/۰۲ ^c			
اسید پالمیتیک	C16:0	۲۹/۸۵±۱/۵۱ ^b	۲۷/۲۶±۱/۱۱ ^a	۲۶/۶۲±۰/۹۶ ^a	۲۷/۷۹±۰/۸ ^{ab}	۳۲/۱۹±۰/۰۳ ^c			
اسید پالمیتوئیک	C16:1n-7	۷/۴۶±۰/۶ ^b	۶/۰۰۰۹±۰/۲۸ ^a	۷/۱۲±۰/۷۷ ^{ab}	۶/۰۶±۰/۸۰ ^a	۷/۰۶±۰/۰۳ ^a			
اسید استشاریک	C18:0	۷/۸۹±۰/۶ ^b	۸/۰۱±۰/۲۳ ^b	۶/۴۹±۰/۷۷ ^a	۷/۵۰±۰/۹۲ ^{ab}	۱۱/۳۲±۰/۱۷ ^c			
اسید اوکلیک	C18:1n-9	۱۸/۸۷±۱/۳۷ ^b	۱۶/۹۶±۰/۵۱ ^{ab}	۱۶/۹۶±۰/۱۶۵ ^{ab}	۱۶/۶۱±۰/۲۸ ^a	۱۶/۳۱±۰/۰۷ ^a			
اسید لینوئیک	C18:2n-6	۳/۶۴±۰/۳ ^a	۳/۱۹±۰/۱۴ ^a	۳/۴۴±۰/۰۵ ^a	۲/۸۶±۱/۱۰ ^a	۴/۹۲±۰/۰۳ ^b			
اسید لینولینیک	C18:3n-3	۱/۸۹±۰/۲۱ ^{ab}	۱/۷۲±۰/۰۵ ^{ab}	۲/۰۶±۰/۰۵ ^{ab}	۱/۳۲±۱/۱۰ ^a	۲/۶۴±۰/۰۵ ^b			
اسید آرشیدیک	C20:0	۰/۱۲±۰/۰۶ ^a	۰/۱۸±۰/۰۵ ^a	۰/۱۵±۰/۰۶ ^a	۰/۳۳±۰/۲۵ ^a	۰/۶۷±۰/۰۲ ^b			
اسید آلفا-لینولینیک	C18:3n-6	۰/۳۹±۰/۲۳ ^a	۰/۵۰±۰/۲۵ ^a	۰/۵۶±۰/۱۴ ^a	۰/۴۲±۰/۰۲ ^a	۰/۴۲±۰/۰۲ ^a			
اسید استشاریدونیک	C18:4n-3	۰/۵۲±۰/۱۱ ^a	۰/۵۹±۰/۰۳ ^a	۰/۷۰±۰/۰۶ ^a	۱/۶۲±۱/۱۹ ^a	۰/۷۶±۰/۰۱ ^a			
اسید بهنیک	C22:0	۰/۰۸±۰/۰۱ ^a	۰/۱۳±۰/۰۳ ^a	۰/۲۸±۰/۰۲ ^a	۰/۲۸±۰/۱۴ ^a	۰/۵۰±۰/۰۲ ^b			
اسید دی هومو-گاما-لینولینیک	C20:3n-6	۱/۴۳±۱/۷۸ ^a	۲/۶۷±۱/۸۸ ^{ab}	۰/۶۲±۰/۲۶ ^a	۳/۸۱±۰/۳۶ ^b	۳/۶۹±۰/۱۵ ^b			
اسید ایکوزا تری انوئیک	C20:3n-3	۲/۳۹±۱/۷۳ ^a	۱/۴۸±۱/۱۰ ^a	۲/۶۶±۲/۰۱ ^a	۰/۴۲±۰/۰۰۰۸ ^a	۰/۸۳±۰/۰۷ ^a			
اسید آرشیدونیک	C20:4n-6	۰/۳۴±۰/۱۸ ^a	۰/۲۲±۰/۲۳ ^a	۱/۴۱±۱/۷۹ ^a	۰/۱۰±۰/۰۱ ^a	۰/۲۶±۰/۰۲ ^a			
اسید ایکوزا پنتانوئیک	C20:5n-3	۴/۱۱±۰/۲۴ ^a	۴/۰۶±۰/۳۰ ^a	۵/۱۰±۰/۲۴ ^b	۴/۸۱±۰/۱۹ ^b	۵/۶۴±۰/۰۲ ^c			
اسید دکوزا پنتانوئیک	C22:5n-6	۱/۲۱±۰/۰۳ ^{ab}	۱/۱۶±۰/۰۵ ^{ab}	۱/۴۲±۰/۱۸ ^b	۱/۳۸±۰/۱۵ ^b	۰/۹۰±۰/۰۴ ^a			
اسید دکوزا پنتانوئیات	C22:5n-3	۰/۲۲±۰/۱۱ ^a	۰/۲۶±۰/۰۹ ^a	۰/۵۵±۰/۱۱ ^b	۰/۵۰±۰/۰۶ ^b	۰/۳۳±۰/۰۳ ^a			
اسید دکوزا همگر انوئیک	C22:6n-3	۱۱/۸۱±۲/۲۳ ^b	۱۰/۸۵±۴/۲۵ ^b	۱۴/۲۸±۱/۱۵ ^b	۱۳/۹۲±۰/۸۲ ^b	۵/۴۰±۰/۰۲ ^a			
اسید لیکوسریک	C24:0	۰/۸۰±۰/۴۳ ^a	۰/۸۸±۰/۲۳ ^{ab}	۱/۶۴±۰/۷۰ ^b	۰/۸۴±۰/۲۳ ^a	۰/۹۲±۰/۰۲ ^{ab}			
مجموع اسیدهای چرب اشباع	Saturation	۴۱/۳۷±۱/۲۲ ^b	۳۸/۲۹±۱/۴۰ ^a	۳۷/۱۳±۰/۷۸ ^a	۳۸/۴۹±۰/۹۲ ^a	۴۸/۴۶±۰/۰۲ ^c			
مجموع اسیدهای چرب تک	MUFA	۲۶/۴۶±۱/۸۹ ^b	۲۳/۲۰±۰/۷۸ ^a	۲۴/۲۹±۲/۱۵ ^{ab}	۲۲/۸۵±۰/۵۶ ^a	۲۳/۹۹±۰/۱۰ ^{ab}			
غیر اشباع									
مجموع اسیدهای چرب چند	PUFA	۲۸/۰۰±۲/۴۰ ^{ab}	۳۰/۰۶±۱/۹۳ ^{bc}	۳۴/۲۵±۱/۳۴ ^c	۳۱/۱۳±۰/۷۲ ^d	۲۵/۸۱±۰/۲۴ ^a			
غیر اشباع									
مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۳	n-3	۲۰/۹۷±۳/۶۶ ^{ab}	۲۲/۳۱±۱/۱۹ ^{ab}	۲۵/۳۷±۳/۶۴ ^b	۱۸/۷۵±۶/۴۰ ^{ab}	۱۵/۶۱±۰/۳۲ ^a			
مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۶	n-6	۷/۰۳±۱/۴۸ ^a	۷/۷۷±۱/۸۷ ^{ab}	۸/۷۸±۲/۳۴ ^{ab}	۸/۵۲±۰/۹۱ ^{ab}	۱۰/۱۹±۰/۱۰ ^b			
مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۳ به امگا ۶	n-3/n-6	۳/۱۲±۱/۰۲ ^a	۳/۰۲±۰/۹۰ ^a	۳/۰۴±۱/۰۶ ^a	۲/۱۶±۰/۰۵ ^a	۱/۵۳±۰/۰۴ ^a			
دکوزا همگر انوئیک به امگا ۶	DHA/EPA	۲/۸۶±۰/۴۵ ^b	۳/۴۹±۰/۳۶ ^c	۲/۷۹±۰/۲۶ ^b	۲/۸۹±۰/۱۶ ^b	۰/۹۵±۰/۰۱ ^a			
ایکوزا پنتانوئیک									

معنی داری یافت ($P < 0.05$). با ورود به مرحله لارو کیسه زرده دار میزان آین اسید چرب به ۱۴/۲۸ درصد افزایش معنی داری یافت. در دو مرحله بعدی یعنی لارو کیسه زرده جذب کرده میزان آین اسید چرب به ۱۳/۹۲ درصد و در مرحله قبل از ورود لارو به استخراج به ۵/۴۰ درصد از کل اسیدهای چرب کاهش معنی داری یافت ($P < 0.05$).

بررسی مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع MUFA بیانگر آن است که تخم لقاح یافته بالاترین مقدار اسید چرب تک غیراشباع با مقدار ۲۶/۴۶ درصد از کل اسیدهای چرب را در بین مراحل نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده *Hypophthalmichthys nobilis* دارد. میزان مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع روند کاهشی را در طول مراحل نمو جنینی دارند، به طوری که میزان مجموع این اسیدهای چرب از ۲۶/۴۶ درصد در تخم لقاح یافته به ۲۳/۲۰ درصد از کل اسیدهای چرب در تخم چشم زده رسید ($P < 0.05$). میزان تغییرات این اسید چرب روند کاهشی را در مرحله لاروی ماهی کپور سر گنده *Hypophthalmichthys nobilis* دارد به طوری که این میزان در مرحله لارو کیسه زرده دار ۲۴/۲۹ درصد در لارو کیسه زرده جذب کرده ۲۲/۸۵ درصد و در لارو تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود لارو به استخراج ۲۳/۹۹ درصد از کل اسیدهای چرب رسید.

بررسی تغییرات اسیدهای چرب چند زنجیره غیراشباع PUFA نشان می دهد که میزان مجموع این اسیدهای چرب از ۲۸/۰۰ درصد در تخم لقاح یافته به ۳۴/۲۵ درصد از کل اسیدهای چرب در لارو دارای کیسه زرده افزایش معنی داری یافت ($P < 0.05$). میزان این اسید چرب در مرحله لارو دارای کیسه زرده

روند کاهشی و افزایشی اسید آراشیدونیک ۲۰:۴n-۶ به این صورت است که میزان آن از ۰/۳۴ درصد در تخم لقاح یافته به ۰/۲۲ درصد از کل اسیدهای چرب در تخم چشم زده کاهش معنی داری یافت ($P < 0.05$). سپس این اسید چرب روند افزایش معنی داری را طی نمود و میزان آن به ۱/۴۱ درصد در لارو کیسه زرده دار رسید با ورود به مرحله لارو کیسه زرده جذب کرده میزان این اسید چرب به ۰/۱۰ درصد از کل اسیدهای چرب کاهش معنی داری یافت ($P < 0.05$). میزان این اسید چرب در مرحله قبل از ورود لارو به استخراج افزایش یافت و به میزان ۰/۲۶ درصد از کل اسیدهای چرب رسید.

بررسی مقادیر میانگین اسیدایکوزا پیتانوئیک ۳-۵ بیانگر آن است که این اسید چرب روند کاهشی معنی داری را در طول نمو جنینی ماهی کپور سر گنده *Hypophthalmichthys nobilis* دارد. به طوری که میزان این اسید چرب از ۴/۱۱ درصد در تخم لقاح یافته ($P < 0.05$). با ورود به نخستین مرحله لاروی (لارو دارای کیسه زرده) میزان EPA به ۵/۱۰ درصد افزایش معنی داری یافت ($P < 0.05$). در مرحله لارو کیسه زرده جذب کرده میزان این اسید چرب به ۴/۸۱ درصد از کل اسیدهای چرب کاهش معنی داری پیدا کرد. میزان آن در مرحله قبل از ورود به استخراج به ۵/۶۴ درصد افزایش یافت.

روند تغییرات رخداده در میزان اسید چرب دکوزاهگزانوئیک ۳-۶n بیانگر روند کاهشی این اسید چرب در مراحل نمو جنینی است. به طوری که میزان این اسید چرب از ۱۱/۸۱ درصد در تخم لقاح یافته به ۱۰/۸۵ درصد در تخم چشم زده کاهش

از اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۶ در تمامی مراحل آزمایش دارند.

بررسی نسبت اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۳ به اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۶ $n=3$ نشان می‌دهد که مقادیر این نسبت در مراحل پنجگان نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده به ترتیب $3/12$, $3/02$, $3/04$, $2/16$, $1/53$ درصد از کل اسیدهای چرب است که در تمامی مراحل تفاوت وجود دارد ($P<0.05$).

نسبت DHA/EPA در طول نمو جنینی دارای افزایش معنی‌داری است به‌طوری که میزان آن در تخم لقاح یافته $2/86$ درصد و در تخم چشم زده $3/49$ درصد است. با ورود به مرحله لارو کیسه زرده دار روند کاهشی دارد و به $2/79$ درصد رسید. مقدار این نسبت در لارو کیسه زرده جذب کرده افزایش می‌یابد و در لارو تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود لارو به استخر ادامه یافت و به $15/61$ درصد رسید.

بحث

طی مطالعات انجام شده توسط محققین این مسئله ثابت شده که ترکیب چربی و اسیدهای چرب در طول رشد و نمو جنینی و لاروی دستخوش تغییراتی می‌گردد (Tocher *et al.*, 1985; Dabrowski *et al.*, 1991; Abi-Ayad *et al.*, 2004). سوخت‌وساز چربی طی نمو اولیه ماهی‌ها در گونه‌های مختلف با یکدیگر تفاوت دارد که علت آن تفاوت میزان و ترکیب چربی‌ها در زرده و رده چربی مورداستفاده برای سوخت‌وساز یا سنتز بافت و نقش‌های مختلف اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف است (Sargent, 1995; Vasquez

بالاترین مقدار را دارد. با ورود به مرحله لارو کیسه جذب کرده روند کاهشی یافت به‌طوری که میزان آن در این مرحله $31/13$ درصد و در لارو تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود لارو به استخر به $25/81$ درصد از کل اسیدهای چرب رسید.

میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۳ از $20/97$ درصد در تخم لقاح یافته به $25/37$ درصد افزایش معنی‌داری می‌یابد. این رقم بالاترین مقدار در تمامی مراحل آزمایش است. با ورود به مرحله لارو کیسه زرده جذب کرده میزان مجموع این اسیدهای چرب به $18/75$ درصد کاهش یافت و این روند کاهشی تا مرحله لارو تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود لارو به استخر ادامه یافت و به $15/61$ درصد رسید.

میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۶ در طول نمو جنینی و مرحله اولیه لاروی ماهی کپور سر گنده روند افزایشی داشتند. به‌طوری که میزان مجموع این اسیدهای چرب از $7/03$ درصد در تخم لقاح یافته به $8/78$ درصد از کل اسیدهای چرب در لارو کیسه زرده داردار رسید (جدول ۱). میزان این اسیدهای چرب در لارو کیسه زرده جذب کرده روند کاهشی داشت و به $8/52$ درصد رسید. میزان مجموع این اسیدهای چرب در لارو تغذیه شده با تخم مرغ سه روز قبل از ورود لارو به استخر روند افزایشی معنی‌داری یافت و به $10/19$ درصد از کل اسیدهای چرب رسید که بالاترین مقدار را در بین تمامی مراحل آزمایش داشت.

چنان‌که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره سری امگا ۳ مقادیر بالاتری

ماده مغذی در غذای مصرفی لارو زمان تغذیه با تخم مرغ بالاست. پژوهشگران این افزایش در ذخایر اسیدهای چرب اشبع را به سنتز *de Bioconversion* و *novo* نسبت می‌دهند که طی این فرآیند این دسته از Henderson اسیدهای چرب در بدن سنتز می‌شوند (Sargent, 1985 and Mehdi Zarei and Farhoudi 2012). این نتایج با نتایج مشابه به دست آمده در مراحل جنینی و لاروی در ماهی *Hypophthalmichthys molitrix* به وسیله (Zarei and Farhoudi 2013) مطابقت داشته است.

با وجود اینکه اسیدهای چرب غیراشبع با یک پیوند دوگانه در بیشتر گونه‌های ماهیان دریایی و آب شیرین منبع خوبی جهت تأمین انرژی جهت رشد، متامورفوza، متابولیسم پایه و غیره می‌باشند، در مطالعه حاضر این گروه از اسیدهای چرب در دوران جنینی و لاروی کاهش نیافتند. نتایج مشابه در دوران جنینی و لاروی ماهی کپور به وسیله (Farhoudi and Mehdi Zarei 2012) گزارش شد.

می‌توان نقش ساختاری را علاوه بر نقش انرژی‌زایی برای این دسته از اسیدهای چرب در نظر گرفت. Tucher و همکاران (1985) و Buda (1994) نقش ابقایی اسیدهای چرب تک غیراشبع را بیان نمودند. تغییرات اسید چرب تک غیراشبع در دوران لاروی فیتوفاگ هم گزارش نشد (Mehdi Zarei et al., 2013).

در تحقیق حاضر، مقدار اسید آراسیدونیک (4n-6) در ابتدای نمو جنینی ماهی کپور سر گنده روند کاهشی داشت. اسید آراسیدونیک به عنوان پیش ماده پروستاگلاندین‌ها، لوکوتربین‌ها ترومبوکسان‌ها در متابولیسم ایکوزانوئیدها مورد مصرف قرار می‌گیرد (Bell et al., 1994; Van der Kraak and

Mourente, 1996). چربی‌ها و اسیدهای چرب سازنده آن‌ها یکی از اصلی‌ترین اجزاء ترکیبات آلی بدن ماهی بوده و به عنوان منبع اصلی انرژی سوخت و سازی برای رشد، تولید مثل، حرکت و مهاجرت ایفا می‌کنند (Tocher, 2003). همچنین چربی‌ها نقش اساسی در ترکیب غشاء سلولی، پیش‌ساز پروستاگلاندین‌ها، ایکوزانوئید و پیش‌ساز هورمون‌های 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). درواقع غذا مهم‌ترین عامل محیطی است که ترکیب اسیدهای چرب را در ماهی تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر جیره بر ترکیب اسید چرب ماهی در مطالعات مختلف بررسی شده است (Plant et al., 2007).

کاهش میزان اسیدهای چرب اشبع (SFA) در دوران جنینی (تخم لقادیر تا لارو کیسه زرد دار) نشان‌دهنده مصرف این ماده مغذی جهت تأمین انرژی است. این نتایج مشابه با مطالعات Mehdi Zarei and Khosravi Bakhtiarvandi (2013) و همکاران (2013) و مغایر با Farhoudi و همکاران (2013) می‌باشد و افزایش آن در مرحله جذب کیسه زرد و قبل از ورود به استخر نشان‌دهنده عدم مصرف این ماده مغذی جهت تأمین انرژی است. میزان اسید چرب ۱۶٪ در اکثر گونه‌ها از فراوان‌ترین اسیدها بود و به دلیل این که جز اصلی فسفولیپیدها، عمدتاً فسفاتیدیل کولین و فسفاتیدیل اتانول آمین است در شکل گیری غشا در دوره جنینی اهمیت دارد. از طرفی، میزان این

1996). اسید چرب DHA از دوران جنینی تا لارو کیسه زرد جذب کرده ذخیره شده و به عنوان منبع انرژی مصرف نمی شود و کاربرد ابتدایی دارد. علیرغم اهمیت DHA به عنوان یک ترکیب ساختاری در بافت های عصبی و بینایی، این اسید چرب به طور کامل ذخیره نشده و برای تأمین انرژی نیز به کار می رود (Ronnestad *et al.*, 1994).

مقایسه بین ترکیب اسیدهای چرب در مراحل مختلف رشد و تکامل کپور سر گنده نشان داد میزان اسیدهای چرب مختلف طی مراحل رشد و تکامل تغییر نمود و این امر نشان دهنده تغییر احتجاجات لارو به اسیدهای چرب مختلف در دوره های مختلف زندگی بوده است. لاروها از اسیدهای چرب مختلف به عنوان منع انرژی استفاده نمودند. کاهش مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) به ویژه در مراحل جنینی به لاروی نقش این گروه را در انرژی زیستی مشخص نمود.

اسید چرب DHA از دوران جنینی تا لارو کیسه زرد جذب کرده ذخیره شده و به عنوان منبع انرژی مصرف نمی شود و کاربرد ابتدایی دارد. علیرغم اهمیت DHA به عنوان یک ترکیب ساختاری در بافت های عصبی و بینایی، این اسید چرب به طور کامل ذخیره نشده و برای تأمین انرژی در دوره تغذیه خارجی به کار رفته است.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از خدمات کلیه کسانی که مارا در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

Biddiscombe, 1999 فرآیند اشباع زدایی و طویل سازی اسیدهای چرب چند زنجیره غیر اشباع (۱۸:۲ و ۱۸:۳) تولید می شود (Pickova, 1999). این اسید چرب در ماهیان نقش مهمی را در نگهداری و عملکرد غشا سلوی ایفا می کند (Sargent, 1999). شاید بتوان کاهش معنی دار اسید آراشیدونیک از مرحله لارو دارای کیسه زرد به لارو کیسه زرد جذب کرده در ماهی کپور سر گده Hypophthalmichthys nobilis فیزیولوژیک آن ارتباط داد.

اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک (۲۰:۵n-3) در دوران جنینی یعنی از مرحله تخم لقاح یافته تا تخم چشم زده روند کاهشی داشته و با ورود به مرحله لارو کیسه زرد دار به طور معنی داری افزایش یافت. علت این افزایش در مرحله شروع شنای آزاد، مشارکت EPA در غشای سلوی کیسه شنا است. به همین دلیل بیوسنتر آن در این دوران افزایش می یابد (Awaiss *et al.*, 1996). مطالعات نشان داده کاهش EPA در trout طی تکامل لاروی می تواند به دلیل مصرف این اسید چرب برای تأمین انرژی نیز باشد (Tocher and Sargent, 1990). اسید چرب EPA در لیپیدهای ساختاری نقش بر جسته ای دارد و می تواند تولید ایکوزانوئیدهای به دست آمده از آراشیدونیک اسید را تعدیل کند (Sargent *et al.*, 1989). در تحقیق حاضر، میزان اسید چرب DHA در مراحل اولیه تکامل بیشتر از مراحل انتهایی است که نشان دهنده اهمیت آن در فعالیت های فیزیولوژیک در مراحل اولیه زندگی است. اسید چرب DHA ماهیان به عنوان یک جزء ساختاری در غشا سلوی و به ویژه در نمو مغز، شبکیه و سلول های عصبی نقش دارد (Zengin and Akpinar, 2006; Weigand,

منابع

10. Farhoudi, A., Abedian Kenari, A., Chamanara, V., Salehi Farsani, A., 2012. Ontogeny Changes in Fatty Acid and Amino Acid Profiles in Yellowfin Seabream (*Acanthopagrus latus*) Eggs and Larvae. World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(3), 290-296.
11. Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry, 226: 497-509.
12. Haliloglu, H.I., Aras, N.M., Yanik, T., Atamanalp, M., Kocaman, E.M., 2002. Investigation of changes in fatty acid composition at early development stages of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 27, 1105-1109.
13. Henderson, R.J., Sargent, J.R., 1985. Fatty acid metabolism in fish. In: nutrition and feeding in fish. Blackwell Sciences Ltd., Oxford, 349-364.
14. Higgs, D.A., Dong, F.M., 2000. Lipids and fatty acids. In: Stickney, R.R. (Ed.), The Encyclopedia of Aquaculture. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 476-496
15. Khosravi Bakhtiavandi, N., Abedian Kenari, A., Mohammad Nazari, R., Makhdoomi, C., 2013. Ontogenetic changes in lipids, fatty acid, and body composition during larval stages of Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 13:365-383
16. Mehdi Zarei, Sh., Javaheri Baboli, M., Askary Sary, A., 2013. Fatty acid composition of *Hypophthalmichthys molitrix* during embryogenesis and larval development. Life Science Journal, 10, 882-885
17. Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry, 33, 363-364.
18. Planta, S.F., Pernet, R., Hache, R., Ritchie, B.J., 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.
19. Pickova, J.A., Kiessling, A., Pettersson, P.C., 1999. Dutta. Fatty acid and carotenoid composition of eggs from two nonanadromous Atlantic salmon stocks of cultured and wild origin. Fish Physiology and Biochemistry, 21, 147-156.
20. Ronnestad, I., Koven, W.M., Tandler, A., Harel, M., Fyhn, H.J., 1994. Energy metabolism during development of eggs and
1. Abi-Ayad, S.M.E.A., Boutiba, Z., Mélard, C., Kestemont, P., 2004. Dynamics of total body fatty acids during early ontogeny of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 30, 129-136.
2. 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 diet. Aquaculture research, 27: 651-658.
3. Bell, M.V., Tocher, D.R., 1989. Molecular species composition of the major phospholipids in brain and retina from rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Biochemical Journal, 264, 909-915.
4. Bell, J.G., Tocher, D.R., Sargent, J.R., 1994. Effects of supplementation with 20:3(n-6), 20:4(n-6) and 20:5(n-3) on the production of prostaglandins E and F of the 1-, 2-, and 3-series in turbot (*Scophthalmus maximus*) brain astroglial cells in primary culture. Biochimica et biophysica acta, 1211, 335-342 .
5. Bruce, M., Oyen, F., Bell, J.G., Asturiano, J.F., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J., Bromage, N., 1999. Development of broodstock Fish Physiol Biochem 123 diets for the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acids to reproductive performance. Aquaculture, 177, 85-97.
6. Buda, C., Dey, I., Balogh, N., Horvath, L.I., Maderspach, K., Juhasz, M., Yeo, Y.K., Farkas, T., 1994. Structural order of membranes and composition of phospholipids in fish brain cells during thermal acclimatization. Proceedings of the National Academy of Sciences, 91, 8234-8238.
7. 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: Fish Nutrition in Practice (June 24-27, Biarritz; France). No. 61. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. Colloques, 531-539.
8. Desvileilles, C., Bourdier, G., Breton, J.C., 1994. Changes in lipid class and fatty acid composition during development in Pike (*Esox lucius*) eggs and larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 16.381-393.
9. FAO, 2013. Word review of fisheries and aquaculture, 2011. FAO fisheries and aquaculture Circular. No. 912, Rev. I. FAO, Rome, 159 P.

- various ¹⁴C-labelled (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids in trout astrocytes in primary culture. *Journal of Neurochemistry*, 54, 2118-2124.
27. Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11:107-184.
 28. Van Der Kraak, G., Biddiscombe, S., 1999. Polyunsaturated fatty acids modulate the properties of the sex steroid binding protein in goldfish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20, 69-74.
 29. Vazquez, R., Gonzalez, S., Rodriguez, A., Mourente, G., 1996. Biochemical composition and fatty acid content of fertilized eggs, yolk sac stage larvae and first feeding larvae of Senegal sole (*sole senegalensis*). *Aquaculture*, 119, 273- 286.
 30. Wiegand, M.D., 1996. Utilization of yolk fatty acids by goldfish (*Carassius auratus L.*) embryos and larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15, 21-27.
 31. Zengin, H., Akpinar, M.A., 2006. Fatty acids composition of *Oncorhynchus mykiss* during embryogenesis and other developmental. *Biologia*, 61(3), 305-311.
 32. larvae of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Marine Biology*, 120, 187-196.
 21. Sargent, J.R., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1989. The Lipid, In: Fish Nutrition, Halver, J.E. (Ed). Academic Press, New York, 154-18.
 22. Sargent, J.R., 1995. Origins and functions of lipids in fish eggs: nutritional implications. In: N.R. Bromage and R.J. Roberts (Eds.), Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 353-372.
 23. Sargent, J.R., Bell, J.G., McEvoy, L., Tocher, D.R., Estevez, A., 1999. Recent developments in the essential fatty acids nutrition of fish. *Aquaculture*, 177, 191-199.
 24. Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipid in Fish. In: HALVER, R. W., HARDY, R. W. (eds.) Fish Nutrition. San Diego, VA, USA: Academic Press, 181-257
 25. Tocher, D.R., Fraser, A.J., Sargent, J.R., Gamble, J.C., 1985. Lipid class composition during embryonic and early development in Atlantic herring (*Clupea harengus L.*). *Lipids*, 20, 84-89.
 26. Tocher, D.R., Sargent, J.R., 1990. Incorporation into phospholipid classes and metabolism via desaturation and elongation of