

تأثیر القای تریپلویدی بر تخم‌گذاری، بازماندگی، شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

صمد بهرامی باباحیدری^۱، سعید کیوان شکوه^{۲*}، سالار درافشان^۳، سید علی جوهری^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر

۲- دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر

۳- استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۴- استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج

دریافت: ۹۴/۰۶/۳۱ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۸

*نویسنده مسئول مقاله: keyvan56@yahoo.com

چکیده:

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر القای تریپلویدی در قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بازماندگی، رشد، ویژگی‌های لاشه و همچنین ترکیب اسیدهای چرب عضله بود. برای این کار از ۸ مولد ماده با میانگین وزن 160.0 ± 24.6 گرم و ۶ مولد نر با میانگین وزن 139.3 ± 18.6 گرم که از نظر سنی ۴ ساله بودند، استفاده شد. شوک دمایی ۱۰ دقیقه پس از لقاح و به مدت ۱۰ دقیقه و با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد اعمال شد. نتایج نشان داد درصد القای تریپلویدی 87.10 ± 1.0 درصد بود که با اندازه‌گیری گلبول‌های قرمز مشخص شد. نرخ بازماندگی از مرحله لقاح تا چشم‌زدگی در گروه دیپلوئید 92.12 ± 1.09 درصد و در گروه تریپلوئید 86.31 ± 1.21 درصد بود و به‌طور معناداری کاهش یافت ($p < 0.05$). بازماندگی در مرحله چشم‌زدگی تا تخم‌گذاری در گروه دیپلوئید 98.10 ± 0.45 درصد و در گروه تریپلوئید 94.04 ± 1.33 درصد بود که به‌طور معناداری کاهش یافت ($p < 0.05$). از نظر شاخص‌های رشد نظیر وزن اولیه، وزن نهایی، افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی در انتهای دوره آزمایش یعنی ۳۸ روز پس از شروع تغذیه فعال، گروه دیپلوئید به‌طور معناداری بهتر از گروه تریپلوئید بود ($p < 0.05$). ترکیب بیوشیمیایی لاشه از نظر میزان پروتئین، چربی و خاکستر بین دو گروه تفاوتی نداشت، ولی میزان رطوبت در گروه تریپلوئید افزایش معناداری ($p < 0.05$) نشان داد. علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان داد که در اثر القای تریپلویدی میزان اسیدهای چرب اشباع افزایش یافته و میزان اسیدهای چرب غیراشباع کاهش می‌یابد.

کلید واژگان: قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، تریپلوئیدی، بازماندگی، ترکیب اسید

چرب

مقدمه

تریپلوئید نمی‌توانند گامتوژنز کاملی داشته باشند و در نتیجه این نوع ماهیان عموماً عقیم هستند (Smith and Benfey, 2001). سرکوب تکامل و رسیدگی گنادها در بیشتر ماهیان تریپلوئید باعث می‌شود انرژی متابولیک و منابع غذایی که در حالت عادی برای توسعه صفات جنسی و تولید مثل مصرف می‌شود، صرف رشد سریع‌تر بدن گردد (Strunjak et al., 2003). القای تریپلوئیدی به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. یکی از این روش‌های قابل استفاده برای تولید ماهیان تریپلوئید به‌کارگیری شوک‌های دمایی و فشار است. استفاده از شوک‌های دمایی روشی ساده برای تولید ماهیان تریپلوئید است که در این روش سه عامل مهم بر موفقیت تولید ماهیان تریپلوئید تأثیرگذار است که عبارتند از انتخاب زمان مناسب پس از لقاح برای اعمال شوک، طول مدت زمان اعمال شوک و شدت شوک یا همان میزان تغییر دمای آب (Pandian and Koteeswaran, 1998).

القای تریپلوئیدی علاوه بر عقیم‌سازی می‌تواند بر اعمال فیزیولوژیک و در برخی از گونه‌ها بر ویژگی‌های کالبدشناسی تأثیرهای زیادی داشته باشد (Piferrer et al., 2009). تاکنون مطالعات زیادی به‌منظور تولید ماهیان تریپلوئید با استفاده از روش‌های مختلف و همچنین مقایسه آنها با ماهیان دیپلوئید از دیدگاه‌های مختلف انجام شده است. از جمله این مطالعات در خارج از ایران می‌توان به تأثیر القای تریپلوئیدی بر ضریب تبدیل غذایی و شاخص‌های مربوط به تغذیه، رشد و بازماندگی ماهی در مراحل مختلف زندگی، شاخص‌های خونی، پاسخ به استرس‌های مختلف نظیر تراکم و کمبود اکسیژن و تحریک‌پذیری حواس ماهی و رسیدگی جنسی اشاره کرد

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مهم‌ترین گونه پرورشی ماهیان سردآبی در ایران است که تکثیر و پرورش آن بخش مهمی از صنعت آبی‌پروری کشورمان را به خود اختصاص داده است و تنها گونه از میان ماهیان سردآبی است که در مقیاس تجاری تولید می‌شود (Akbari et al., 2009). در ایران سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون تخم و در حدود ۱۴۰ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مراکز تکثیر و پرورش تولید می‌شود (FAO, 2014). دستکاری‌های کروموزومی گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی اعم از دریایی و آب شیرین امروزه در سراسر دنیا به‌عنوان روشی مفید و اقتصادی در بهبود ویژگی‌های ژنتیکی آبزیان بسیار رایج است (Omoto et al., 2005). اهمیت مطالعات مربوط به ژنتیک و دستکاری کروموزومی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران به دلیل اینکه تنها گونه در بین ماهیان سردآبی است که پرورش داده می‌شود، دوچندان است. به‌دلیل مشکلاتی نظیر کاهش ضریب تبدیل غذایی، کاهش کیفیت لاشه، افزایش حساسیت به بیماری، کاهش اشتها و در نتیجه افزایش تلفات که در اثر بلوغ جنسی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع پرورش ماهی ایجاد می‌شود، در ایران نیز تلاش‌هایی به‌منظور توسعه پرورش انواع تریپلوئید این گونه انجام شده است (Dorafshan, 2007).

القای تریپلوئیدی امروزه به‌عنوان روشی سودمند در پرورش آزاد ماهیان مطرح است. ماهیان تریپلوئید دارای یک سری کروموزوم اضافه در سلول‌های سوماتیک خود هستند که باعث می‌شود کروموزوم‌ها در طی تقسیم میوز به‌صورت صحیح جفت نشوند. سلول‌های جنسی ماهیان

به‌منظور جلوگیری از آلودگی با خون و مدفوع انجام شد و از روش خشک برای لقاح استفاده گردید (Moccia and Munkittrick, 1986). تخم‌های لقاح یافته تحت دو حالت زیر به سینی‌های تراف انتقال پیدا کردند.

حالت اول (گروه دیپلوئید): طبق شرایط معمول تکثیر قزل‌آلای رنگین‌کمان، پس از آبیگری، تعداد ۴۹۰۰ تخم به سینی‌های تراف انتقال داده شدند.

حالت دوم (تریپلوئید): در این آزمایش به‌منظور تولید ماهیان تریپلوئید تعداد ۴۹۰۰ تخم مانند گروه شاهد لقاح داده شد. ۱۰ دقیقه پس از لقاح (زمان اعمال شوک) تخم‌های لقاح یافته که در حال آبیگری بودند با استفاده از آبکش پلاستیکی به محفظه عایق دما که حاوی آب کارگاه به میزان ۲۰ لیتر و با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد (شدت شوک) بود، انتقال داده شدند و به مدت ۱۰ دقیقه (مدت زمان اعمال شوک) درون یک محفظه عایق دما (یونولیت) نگهداری و سپس به درون سینی تراف منتقل شدند (Pandian and Koteeswaran, 1998).

انکوباسیون: تخم‌های لقاح یافته تا مرحله چشم‌زدگی در سینی‌های چشمه‌ریز که روی آنها پوشیده شده بود، در سالن انکوباسیون نگهداری شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های تکثیر: درصد چشم‌زدگی، تخم‌گشایی، و شنای فعال در هر یک از دو گروه مورد مطالعه بررسی شد. تخم‌ها پس از ۱۸۳ درجه روز چشم زدند و پس از ۳۱۰ درجه روز تخم‌گشایی در آنها صورت گرفت و پس از تخم‌گشایی لاروها شمارش شدند.

پرورش لارو: پس از اینکه لاروها تقریباً ۷۰ درصد کیسه زرده خود را جذب کردند، غذادهی با توجه به توده زنده و درجه حرارت آب شروع شد. دوره پرورش ۳۸ روز به طول انجامید و لاروها ۱۲ بار در روز و معادل ۷

(Tiwary et al., 2004). در ایران نیز مطالعات زیادی روی قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید انجام شده است که از جمله این مطالعات می‌توان به بررسی رشد (Sourinezhad and Sourinezhad et al., 2011)، رسیدگی جنسی (Sourinezhad et al., 2009)، کیفیت گوشت (Sourinezhad et al., 2010) و شاخص‌های خونی (Sourinezhad et al., 2007; Dorafshan et al., 2010; Johari et al., 2008) اشاره کرد.

در پژوهش حاضر سعی شده است که علاوه بر تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید به‌صورت مستقیم و به‌وسیله شوک دمایی و مقایسه بازماندگی در مراحل مختلف، اثر القای تریپلوئیدی بر شاخص‌های کیفی لاشه ماهیان و همچنین ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در دو گروه دیپلوئید و تریپلوئید بررسی شود.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش: این پژوهش در کارگاه تکثیر ماهی چال واقع در استان لرستان، شهرستان الیگودرز در پاییز سال ۱۳۹۳ انجام شد. دمای آب کارگاه طی دوره آزمایش ۱۱-۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد، pH ۷/۸-۷/۶، اکسیژن محلول ۸/۵-۸/۲ میلی‌گرم در لیتر و میزان هدایت الکتریکی آب ۶۱۰-۵۸۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود.

تهیه مولد و استحصال تخم و اسپرم: برای این کار از ۸ مولد ماده با میانگین وزن 1600 ± 246 گرم و طول کل $51/87 \pm 1/8$ سانتی‌متر و ۶ مولد نر با میانگین وزن 1393 ± 186 گرم و طول کل $50/50 \pm 2/58$ سانتی‌متر که از نظر سنی ۴ ساله بودند، استفاده شد. تخم‌گیری از مولدین ماده با استفاده از روش معمول در کارگاه و با بی‌هوش کردن مولدین در عصاره گل میخک (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و به روش دستی انجام شد (Dorafshan, 2007). اسپرم‌گیری از مولدین نر با سرنگ ۱۰۰ سی‌سی

اجزا	درصد	اجزا	درصد
پودر ماهی	۴۲	دکسترین	۱۲
کازئین	۷	روغن ماهی	۷
ژلاتین	۱/۵	روغن سویا	۳
نشاسته	۱۱	مخمر	۷
سلولز	۶	ویتامین	۱/۵
مواد معدنی	۱/۵	آنتی‌اکسیدان	۰/۰۴
ویتامین C	۰/۲	ویتامین E	۰/۲

درصد وزن بدن تغذیه شدند. غذای مورد استفاده ساخت کارخانه بیومار فرانسه بود (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱ اجزای تشکیل دهنده جیره مورد استفاده در طول دوره آزمایش.

جدول ۲ ترکیب شیمیایی جیره مورد استفاده در طول دوره آزمایش بر حسب درصد.

رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)	فیبر (درصد)	انرژی (کیلو ژول بر صد گرم)
۷	۵۲	۱۵	۶	۴	۶۶۰

برای محاسبه درصد القای تریپلوییدی از فرمول زیر استفاده شد (Dorafshan, 2007).

$100 \times (\text{تعداد کل ماهیان} / \text{تعداد ماهیان تریپلویید}) =$
تریپلوییدی (درصد)

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و تغذیه: در پایان دوره آزمایش با استفاده از فرمول‌های زیر شاخص‌های رشد و تغذیه اندازه‌گیری شد (Soosean et al., 2010).

میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن ثانویه (گرم) =
اختلاف وزن (گرم)

دوره پرورش / ((وزن اولیه) - Ln (وزن نهایی) Ln) =
 $100 \times$ ضریب رشد ویژه (درصد در روز)

$\text{طول (سانتی متر)} / (100 \times \text{وزن نهایی (گرم)}) =$ ضریب چاقی (گرم بر سانتی متر مکعب)

وزن تر (گرم) / غذای خشک داده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذا

$\text{طول (سانتی متر)} / (100 \times \text{وزن نهایی (گرم)}) =$ میانگین رشد روزانه (گرم)

(تعداد اولیه ماهی / (تعداد ماهی تلف شده) - تعداد اولیه ماهی) $100 \times$ = درصد زنده مانی

سنجش پلوییدی: برای محاسبه درصد القای تریپلوییدی ابعاد هسته و سلول گلبول‌های قرمز ماهی‌ها اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا ساقه دمی ماهیان قطع و یک قطره خون بر روی لام چکانده شد و به وسیله لام دیگر گسترانده شد و سپس در معرض هوا خشک قرار گرفت. گسترش تولید شده پس از خشک شدن به وسیله متانول تثبیت گردید (Strunjak et al., 2003) گسترش‌های تثبیت شده با گیمسای ۱۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه رنگ‌آمیزی شدند. ۲۰ گلبول قرمز از هر گسترش خونی به وسیله میکروسکوپ نوری و با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ بررسی شد. بررسی و محاسبه مساحت و حجم هسته و سلول گلبول‌های قرمز با استفاده از روابط زیر صورت گرفت (Benfey et al., 1984):

$$S = a \times b \times \frac{\pi}{4}$$

$$V = \left[\frac{a}{2}\right] \times \left[\frac{b}{2}\right]^2 \times \pi \times \frac{4}{3}$$

a: محور بزرگ هسته و سلول

b: محور کوچک هسته و سلول

S: مساحت هسته و سلول

V: حجم هسته و سلول

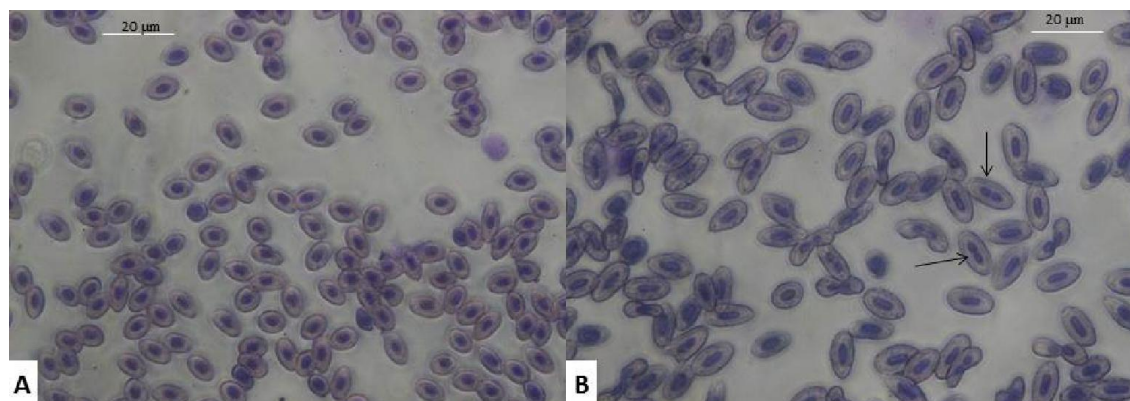
آنالیز بیوشیمیایی لاشه: در پایان دوره آزمایش یعنی ۴۵ روز پس از تخم‌گشایی آنالیز بیوشیمیایی لاشه با سه تکرار برای هر تراف (هر تراف در این آزمایش یک تکرار بود و برای هر تکرار لاشه ۳۰ ماهی با هم مخلوط شد) که در مجموع ۹ تکرار برای هر گروه بود، طبق روش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری این عوامل براساس درصد وزن خشک انجام شد (AOAC, 2002).

برای اندازه‌گیری رطوبت لاشه از آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. سنجش خاکستر لاشه با استفاده از سوزاندن ۱ گرم نمونه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت انجام شد. سنجش مقدار پروتئین، از طریق هضم نمونه‌ها در دستگاه (Digest Automat K438, Buchi) و تعیین مقدار نیتروژن کل نمونه به روش کلدال و سپس ضرب آن در عدد ثابت ۶/۲۵ انجام شد. چربی لاشه با استفاده از روش سوکسله و حل کردن چربی‌ها در اتر محاسبه شد. میزان فیبر از طریق هضم اسیدی و قلیایی و سپس سوزاندن نمونه‌های خشک شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت محاسبه شد. عصاره فاقد ازت از طریق روش محاسباتی تفریق مجموع میزان پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر از ۱۰۰ محاسبه گردید. کربوهیدرات لاشه نیز از طریق حاصل مجموع فیبر و عصاره فاقد ازت (NFE) به دست آمد.

اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب: اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب با سه تکرار برای هر تیمار انجام شد. برای این کار چربی از نمونه کل بدن براساس روش Floch و همکاران (۱۹۵۷) استخراج گردید. برای استری کردن چربی‌ها از روش Firestone و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. برای بررسی و شناسایی تک تک اسیدهای چرب موجود در نمونه عضله ماهی از دستگاه گازکروماتوگراف (GC) مدل Varian, Houten: CP3800 Walnut Creek ساخت کشور هلند و ستون کاپیلاری از نوع BPX و آشکارساز یونش شعله‌ای استفاده شد. آنالیز آماری: هر تراف به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و نتایج به‌صورت میانگین \pm خطای استاندارد گزارش گردید. در این مطالعه تمام محاسبات آماری در دو نرم‌افزار SPSS نگارش ۱۹ و Microsoft Office Excel 2010 انجام شد. از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف به منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. برای بررسی عوامل در بین دو تیمار از آزمون T- test مستقل استفاده شد (Barton, 2002).

نتایج

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده روی گلبول‌های قرمز خون (شکل ۱) در ماهیان گروه تیمار، درصد القای تریپلوییدی $1 \pm 87/10$ درصد بود. حجم و مساحت هسته و سلول گلبول‌های قرمز (جدول ۳) در گروه تیمار به‌طور معناداری از گروه شاهد بیشتر بود ($p < 0/01$).



شکل ۱ گلبول‌های قرمز (A) در ماهیان دیپلوئید و (B) قزل‌آلای رنگین‌کمان.

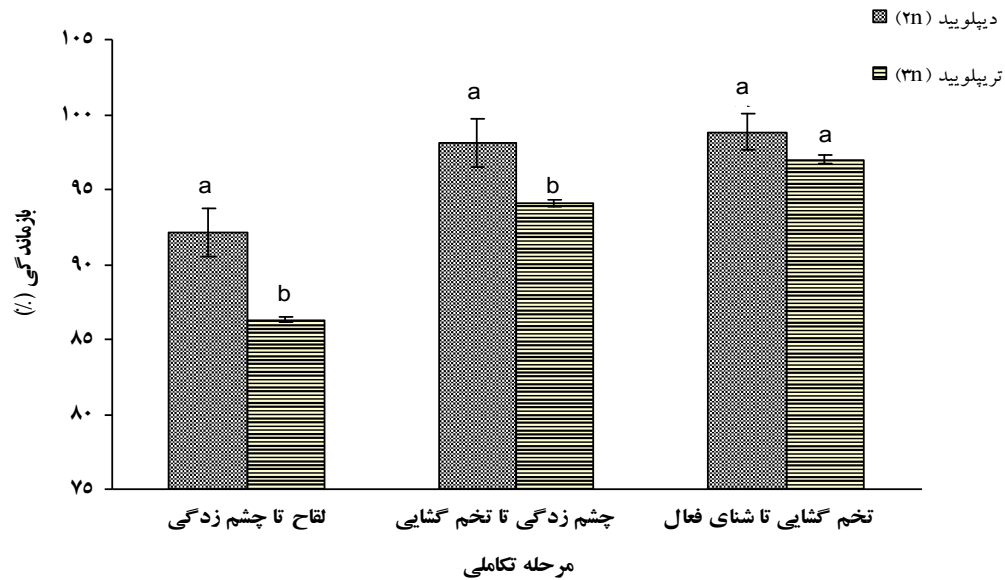
جدول ۳ ابعاد گلبول‌های قرمز در ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان (میانگین \pm خطای استاندارد).

نسبت (T/D)	تریپلوئید (T)	دیپلوئید (D)	شاخص (واحد)
۱/۶۳	۱۵۸/۱۲ \pm ۱/۳۶ ^b	۹۶/۷۱ \pm ۱/۲۷ ^a	مساحت سلول (μm^2)
۱/۵۰	۱۱۳۲/۲۴ \pm ۱۷/۲۰ ^b	۷۵۴/۴۵ \pm ۱۵/۶۰ ^a	حجم سلول (μm^3)
۱/۴۲	۲۱/۵۸ \pm ۰/۶۶ ^b	۱۵/۱۱ \pm ۰/۳۷ ^a	مساحت هسته (μm^2)
۱/۹۴	۷۱/۳۵ \pm ۱/۷۲ ^b	۳۴/۶۵ \pm ۱/۱۱ ^a	حجم هسته (μm^3)

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($p > 0.05$).

تخم‌گشایی داشته باشد ($p < 0.05$). میزان بازماندگی در گروه دیپلوئید در دو مرحله ذکر شده بیشتر از گروه تریپلوئید بود. بازماندگی بین دو گروه در زمان تخم‌گشایی تا شنای فعال اختلاف معنادار نداشت ($p > 0.05$).

تجزیه آماری و میانگین‌های مربوط به میزان ماندگاری در مراحل لقاح تا چشم‌زدگی، تخم‌گشایی و شنای آزاد لاروی در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که القای تریپلوئیدی به وسیله شوک دمایی می‌تواند اثرهای معناداری بر بازماندگی از لقاح تا چشم‌زدگی و از چشم‌زدگی تا



شکل ۲ درصد بازماندگی در زمان‌های مختلف در گروه‌های دیپلوئید و تریپلوئید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان.

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($p > 0.05$).

نظر افزایش وزن اختلاف معنادار وجود داشت ($p < 0.05$). همچنین بین سایر شاخص‌های رشد و تغذیه نیز بین دو گروه آزمایشی اختلاف معنادار ثبت شد ($p < 0.05$). از نظر میزان بازماندگی بین دو گروه دیپلوئید و تریپلوئید اختلاف معنادار وجود نداشت ($p > 0.05$).

نتایج حاصل از زیست‌سنجی و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان در طول دوره آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است. در پایان دوره آزمایش، بیشترین وزن نهایی ($2/27 \pm 0/05$ گرم) در گروه دیپلوئید به دست آمد که با گروه تریپلوئید اختلاف معنادار داشت ($p < 0/05$). همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است، بین گروه‌های دیپلوئید و تریپلوئید از

جدول ۴ شاخص‌های رشد و تغذیه در انتهای دوره ۳۸ روزه پرورش ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان دیپلوئید و تریپلوئید (میانگین \pm خطای استاندارد).

شاخص	دیپلوئید	تریپلوئید
وزن اولیه (گرم)	$0/09 \pm 0/01^a$	$0/08 \pm 0/01^b$
وزن نهایی (گرم)	$2/3 \pm 0/05^a$	$2/07 \pm 0/03^b$
افزایش وزن (گرم)	$2/21 \pm 0/06^a$	$1/99 \pm 0/03^b$
ضریب تبدیل غذا	$0/86 \pm 0/07^a$	$0/97 \pm 0/11^b$
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	$8/25 \pm 0/12^a$	$8/01 \pm 0/17^b$
میانگین رشد روزانه (گرم در روز)	$0/05 \pm 0/00^a$	$0/04 \pm 0/00^b$
ضریب چاقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	$1/14 \pm 0/06^a$	$1/47 \pm 0/05^b$

۹۳/۱۴±۰/۱۹ ^a	۹۴/۱۲±۰/۱۱ ^a	بازماندگی (درصد)
-------------------------	-------------------------	------------------

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ردیف نشان دهنده نبود اختلاف معنادار است ($p > 0.05$).

نتایج مربوط به آنالیز ترکیب بیوشیمیایی لاشه در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به جدول مشاهده می شود که بین دو گروه از نظر درصد رطوبت اختلاف نداشت ($p > 0.05$). معناداری وجود دارد ($p < 0.05$), اما در سایر شاخص های مربوط به آنالیز لاشه ماهیان بین دو گروه اختلافی وجود نداشت ($p > 0.05$).

جدول ۵ آنالیز تقریبی لاشه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان دیپلوئید و تریپلوئید در پایان دوره ۳۸ روزه پرورش (میانگین ± خطای استاندارد).

شاخص (درصد)	دیپلوئید	تریپلوئید
رطوبت	۸۰/۶۶±۰/۱۱ ^a	۸۳/۴۱±۰/۱۲ ^b
پروتئین	۶۴/۲۳±۰/۲۸ ^a	۶۵/۷۷±۰/۶۷ ^a
چربی	۱۴/۵۶±۰/۸۱ ^a	۱۳/۹۱±۰/۴۴ ^a
فیبر	۱/۳۱±۰/۰۳ ^a	۱/۱۱±۰/۰۱ ^a
عصاره فاقد ازت	۵/۶۶±۰/۱۱ ^a	۴/۹۶±۰/۱۹ ^a
کربوهیدرات	۶/۹۷±۰/۱۳ ^a	۶/۰۷±۰/۱۹ ^a
خاکستر	۷/۴۴±۰/۱۱ ^a	۷/۱۴±۰/۵۵ ^a

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنادار است ($p > 0.05$).

نتایج مربوط به بررسی پروفایل اسیدهای چرب ماهیان بررسی شده در جدول ۶ آمده است. با توجه به نتایج مشاهده می شود که میزان اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید با یکدیگر اختلاف معناداری ندارند ($p < 0.05$). میزان اسید چرب اشباع میریستیک (C۱۴:۰)، پالمیتیک (C۱۶:۰) و پالمیتولئیک (C۱۶:۱) در گروه تریپلوئید افزایش یافته و با گروه دیپلوئید اختلاف معناداری دارد ($p < 0.05$). اسیدهای چرب ω6 نظیر آراشیدونیک اسید (C۲۰:۴n-۶) و لینولئیک اسید (n-۶) نتایج مربوط به بررسی پروفایل اسیدهای چرب ماهیان بررسی شده در جدول ۶ آمده است. با توجه به نتایج مشاهده می شود که میزان اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید با یکدیگر اختلاف معناداری ندارند ($p < 0.05$). میزان اسید چرب اشباع میریستیک (C۱۴:۰)، پالمیتیک (C۱۶:۰) و پالمیتولئیک (C۱۶:۱) در گروه تریپلوئید افزایش یافته و با گروه دیپلوئید اختلاف معناداری دارد ($p < 0.05$). اسیدهای چرب ω6 نظیر آراشیدونیک اسید (C۲۰:۴n-۶) و لینولئیک اسید (n-۶) از نظر میزان اسید چرب اکوزنویک (C۲۰:۱n-۹) نیز بین دو گروه اختلاف معنادار وجود داشت ($p < 0.05$) و میزان آن در گروه تریپلوئید افزایش یافت. میزان اسید چرب ایکوزاپنتانویک (C۲۰:۵n-۳) در گروه تریپلوئید کاهش یافت و این میزان کاهش با گروه دیپلوئید اختلاف معناداری را نشان داد ($p < 0.05$). سایر اطلاعات مربوط به اسیدهای چرب در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶ پروفایل اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید قزل آلائی رنگین کمان (میانگین ± خطای استاندارد).

اسید چرب (درصد)	دیپلوئید	تریپلوئید
C۱۴:۰	۳/۱۱±۰/۰۷ ^a	۴/۳۶±۰/۱۵ ^b
C۱۶:۰	۱۸/۴۴±۰/۵۷ ^a	۲۲/۳۴±۰/۶۲ ^b
C۱۶:۱	۷/۰۱±۰/۲۱ ^a	۸/۶۳±۰/۲۷ ^b

۰/۷۳±۰/۰۲ ^a	۰/۸۱±۰/۰۵ ^a	C۱۷:۰
۴/۶۷±۰/۲۴ ^a	۴/۸۵±۰/۱۶ ^a	C۱۸:۰
۱۹/۴۱±۰/۳۶ ^a	۱۹/۶۲±۰/۳۹ ^a	C۱۸:۱n-۹
۱۱/۱۵±۰/۴۴ ^a	۱۱/۴۴±۰/۴۰ ^a	C۱۸:۲n-۶
۲/۲۷±۰/۱۲ ^a	۱/۸۶±۰/۱۲ ^a	C۱۸:۳n-۳
۰/۵۹±۰/۰۰ ^b	۰/۴۸±۰/۰۱ ^a	C۱۸:۳n-۶
۱/۱۱±۰/۱۸ ^a	۱/۰۶±۰/۰۴ ^a	C۲۰:۰
۱/۹۸±۰/۱۶ ^b	۱/۳۴±۰/۱۳ ^a	C۲۰:۱n-۹
۰/۸۸±۰/۰۵ ^a	۰/۹۸±۰/۰۷ ^a	C۲۰:۳n-۶
۲/۲۵±۰/۱۰ ^a	۲/۷۳±۰/۲۱ ^a	C۲۰:۴n-۶
۳/۲۶±۰/۱۱ ^b	۴/۲۹±۰/۱۹ ^a	C۲۰:۵n-۳
۰/۹۵±۰/۰۷ ^a	۰/۸۹±۰/۰۷ ^a	C۲۲:۵n-۳
۱۴/۴۰±۰/۳۶ ^b	۱۷/۴۵±۰/۶۱ ^a	C۲۲:۱n-۳
۳۳/۲۳±۰/۳۴ ^b	۲۸/۲۸±۰/۷۱ ^a	Σ SFA
۳۰/۰۳±۰/۶۰ ^b	۲۷/۹۷±۰/۴۶ ^a	ΣMUFA
۳۵/۷۷±۰/۰۸ ^b	۴۰/۱۵±۰/۳۵ ^a	ΣPUFA
۲۰/۸۷±۰/۳۱ ^b	۲۵/۳۷±۰/۴۹ ^a	ΣHUFA
۲۰/۸۸±۰/۴۷ ^b	۲۴/۵۰±۰/۳۶ ^a	Σn-3PUFA
۱۸/۶۱±۰/۳۷ ^b	۲۲/۶۴±۰/۴۷ ^a	Σn-3HUFA
۲۰/۸۸±۰/۴۷ ^b	۲۴/۵۰±۰/۳۶ ^a	Σn-3
۱۴/۸۸±۰/۵۲ ^a	۱۵/۶۵±۰/۵۵ ^a	Σn-6
۱/۴۰±۰/۰۸ ^b	۱/۵۷±۰/۰۷ ^a	n-3/n-6

پیوند دوگانه، ΣHUFA: مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه.

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($p > 0.05$).

Dorafshan و همکاران (۲۰۱۰)، Johari و همکاران (۲۰۰۸) و Sourinezhad و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. القای تریپلوییدی می‌تواند حجم گلبول‌های قرمز را تا ۴۰ درصد افزایش دهد و معیار مناسبی برای جداسازی ماهیان تریپلوئید از دیپلوئید به‌شمار می‌آید که اغلب مورد استفاده پژوهشگران و صاحبان مزارع تکثیر قرار می‌گیرد (Benfey, 1999). در مطالعه حاضر نیز گلبول‌های قرمز ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید

ΣSFA: مجموع اسیدهای چرب اشباع، ΣMUFA:

مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه،

ΣPUFA: مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با بیش از یک

بحث

تریپلوئیدی در مراحل مختلف رشد و حیات اثرهای متفاوتی بر ماهیان دارد که از جمله می‌توان به تغییر ضریب تبدیل غذایی، قابلیت هضم، رشد، شاخص‌های خونی، فعالیت هوازی و رسیدگی جنسی اشاره کرد (Ihsen et al., 1990). در پژوهش حاضر اثر تریپلوئیدی بر اندازه گلبول‌های قرمز ماهی به‌وضوح قابل مشاهده است و این موضوع در مطالعات سایر پژوهشگران از جمله

ماهیان عموماً منجر به بروز تغییراتی در میزان بازماندگی می‌گردد. کاهش بازماندگی به‌ویژه در طی دوران انکوباسیون در ماهیان تریپلوئید در مقایسه با گروه دیپلوئید از سوی پژوهشگران مختلف در گونه‌های مختلف آزاد ماهیان نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان، آزاد ماهی اطلس (*Salmo salar*)، قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) و نیز سایر ماهیان نظیر کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و توربوت (*Scophthalmus maximus*) گزارش شده است (Tiwary et al., 2004).

در مطالعه حاضر وزن لاروها در زمان تخم‌گشایی در گروه تریپلوئید به شکل معناداری از گروه دیپلوئید کمتر بود که علت آن را شاید بتوان این‌گونه عنوان کرد که ماهیان تریپلوئید به دلیل دارا بودن تعداد سلول‌های کمتر و همچنین هتروزیگوسیتی بیشتر از سرعت تکامل جنینی بیشتری برخوردارند. این افزایش سرعت در روند تکامل می‌تواند به‌طور نسبی طول دوره انکوباسیون را در قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید کاهش دهد که این امر منجر به کاهش وزن لاروها در زمان تخم‌گشایی می‌شود (Quilete et al., 1988). وزن نهایی ماهیان در گروه تریپلوئید به شکل معناداری از گروه دیپلوئید کمتر بود که علت آن ممکن است این باشد که آزاد ماهیان تریپلوئید به دلیل کاهش نسبی تعداد سلول‌ها و کاهش سطح هوشیاری نسبت به محرک‌های محیطی و نیز عدم تولید هورمون‌های استروئیدی آنابولیک از قابلیت رشد کمتری نسبت به انواع دیپلوئید در شرایط پیش از بلوغ برخوردارند (Dunham, 2001).

تاکنون مطالعات کمی درباره مقایسه کیفیت لاشه بین ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید انجام شده است. Sourinezhad و همکاران در سال ۲۰۱۰ عنوان کردند که در سال دوم پرورش میزان رطوبت، پروتئین، چربی و

به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به گلبول‌های قرمز ماهیان دیپلوئید حجیم‌تر بودند. مطالعات متعددی در زمینه تأثیر القای پلیوئیدی بر اندازه و تعداد سلول‌های خونی در ماهیان منتشر شده است (Piferrer et al., 2009) سلول‌های ماهیان تریپلوئید به دلیل دارا بودن مقدار DNA بیشتر، ابعاد بزرگ‌تری نسبت به سلول‌های ماهیان دیپلوئید دارند که این اندازه بسته به بافت و سن ماهی می‌تواند متغیر باشد (Panadian and koteesworan, 1998). همچنین اگرچه افزایش مساحت یا حجم گلبول‌ها در اثر تریپلوئیدی امری محتمل به نظر می‌رسد، اما این افزایش نامتقارن و افزایش بیشتر حجم نسبت به سطح می‌تواند منجر به بروز اختلالاتی در تبادل یونی و یا جذب مواد مغذی به‌وسیله سلول‌ها شود (Benfey, 1999). مطالعات فراوان نشان داده است بازماندگی اولیه گونه‌های تریپلوئید به دلیل اختلال در تکامل جنینی و تخم‌گشایی لاروها تا شروع شنای فعال نسبت به دیپلوئیدها کمتر است که احتمال می‌رود به دلیل استرس ناشی از اعمال شوک گرمایی باشد تا اثر ناشی از خود تریپلوئیدی. در تأیید این موضوع، مقایسه بازماندگی ماهیان تریپلوئید تولید شده از طریق لقاح تخمک ماهی تتراپلوئید و اسپرم ماهی دیپلوئید با ماهیان تریپلوئید تولید شده به روش مستقیم یا همان شوک گرمایی نشان می‌دهد که بازماندگی در مراحل مختلف در روش اول تفاوتی با گروه‌های دیپلوئید ندارد (Piferrer et al., 2009).

Cherfas و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که بازماندگی تریپلوئیدها در مقایسه با دیپلوئیدهای شوک دیده در مراحل اولیه رشد برابر و در مقایسه با دیپلوئیدهای معمولی (بدون اعمال شوک) کمتر است. این مشاهدات نشان می‌دهند که اعمال شوک مهم‌ترین عامل کاهش بازماندگی در مراحل اولیه تکامل جنینی ماهیان تریپلوئید تولید شده به روش مستقیم است. القای تریپلوئیدی در

می‌شوند و در اثر ایجاد تریپلوییدی درصد اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع و همچنین سوخت‌وساز آنها در ماهی دچار تغییر می‌شود. عواملی مانند سن، رسیدگی جنسی، نوع گونه ماهی و سطح پلویدی می‌توانند مقدار اسیدهای چرب را تحت تأثیر خود قرار دهند (Manor et al., 2014; Buchtova, 2004).

در ماهیان اسیدهای چرب اشباع به‌ویژه C16:0 به مقدار زیادی صرف تولید انرژی می‌شوند و در طول رشد به‌طور مداوم مورد استفاده گونه‌های پرورشی قرار می‌گیرند (Cai and Curtis, 1990). در مطالعه حاضر مقدار اسید چرب C16:0 در گروه تریپلویید افزایش یافته است. Manor و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که مقدار اسید چرب C16:0 در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تأثیر فرایند تریپلوییدی افزایش می‌یابد. Buchtova و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در لای ماهیان تریپلویید مقدار اسیدهای چرب اشباع به‌ویژه C16:0 افزایش پیدا می‌کند. محتوای اسید چرب عضله از دیدگاه مصرف‌کننده و تولیدکننده اهمیت دارد. کیفیت فیله و ارزش غذایی به اسیدهای چرب $\omega 3$ و $\omega 6$ آن بستگی دارد. افزایش نسبت $\omega 6$ به $\omega 3$ می‌تواند کیفیت فیله را کاهش دهد (Haugen et al., 2006).

لینولئیک اسید (C18:2n-6) به مقدار قابل توجهی در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود دارد و از نظر مقدار نیز در رتبه سوم قرار دارد. لینولئیک اسید نقش پیشرو در تولید دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و پنتانوئیک اسید (EPA) دارد (Tocher, 2003). DHA (n-3) و C22:6) و اسید چربی با ارزش برای بهبود رشد و سلامت قلب و عروق است (Haugen et al., 2006). در پژوهش حاضر، کاهش مقدار اسید چرب EPA (n-3) (C20:5) در

خاکستر در ماهیان تمام ماده تریپلویید قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به ماهیان دیپلویید متفاوت است. Sezaki و همکاران ۱۹۸۳ بیان کردند که بین ماهیان تریپلویید و دیپلویید ماهی طلائی (*Carassius auratus*) از نظر رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر تفاوت معناداری وجود نداشت. مطالعه ترکیب شیمیایی عضله قزل‌آلای رنگین‌کمان (Oliva-Teles and kaushik, 1990) و همچنین تیلایپای نیل (*Tilapia niloticus*) (Hussain et al., 1995) نشان از نبود تفاوت بین گروه تریپلویید و دیپلویید بود. Buchtova و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که در لای ماهی (*Tinca tinca*) تریپلویید میزان رطوبت لاشه زیاد می‌شود و علت آن را افزایش اندازه سلولی و به‌دنبال آن کاهش قوام بافت عضله دانستند. در مطالعه حاضر میزان رطوبت لاشه در ماهیان تریپلویید به شکل معناداری افزایش یافت و سایر شاخص‌ها تفاوت معناداری بین دو گروه نداشت. Sourinezhad و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش کردند که میزان رطوبت لاشه در ماهیان تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلویید در سال دوم پرورش نسبت به ماهیان دیپلویید کاهش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مغایرت دارد. شاید بتوان علت این امر را در اندازه متفاوت و یا جنسیت ماهیان مورد بررسی در این دو مطالعه دانست. اگرچه با توجه به مطالعات پیشین و همچنین این مطالعه، میزان چربی لاشه تحت تأثیر پلویدی قرار نمی‌گیرد، اما برخی مطالعات نشان داده است که ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند بسته به سطوح پلویدی تغییر یابد (Manor et al., 2014). Buchtova و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در *Tinca tinca* در گروه‌های دیپلویید و تریپلویید بسیار متفاوت است. متابولیسم اسیدهای چرب در ماهیان دیپلویید و تریپلویید به‌طور متفاوتی تنظیم

گروه تریپلویید ممکن است به دلیل تبدیل آن به اسیدهای چرب غیراشباع باشد.

در این مطالعه اسیدهای چرب C16:0، C18:1n-9 و C18:2n-6 بالاترین مقدار را در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به خود اختصاص داده‌اند که چنین حالتی از سوی Monor و همکاران (۲۰۱۲) و Haliloglu و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که مقدار اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در اثر تریپلوییدی دچار تغییر می‌شوند، به طوری که مقدار اسیدهای چرب اشباع در گروه تریپلویید نسبت به گروه دیپلویید افزایش و مقدار اسیدهای چرب غیراشباع کاهش می‌یابد؛ این نتایج با یافته‌های Monor و همکاران ۲۰۱۲ و Buchtova و همکاران ۲۰۰۴ مطابقت دارد.

حدود ۴۰ درصد از اسیدهای چرب سلول‌های شبکیه چشم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را DHA تشکیل می‌دهد. حضور یا نبود DHA در سلول‌های شبکیه چشم با تغییر رفتار و کاهش بینایی ماهی در ارتباط است و رفتار تغذیه‌ای و حرکت‌های دسته‌جمعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Haliloglu et al., 2004). DHA در تکامل حواس و اعصاب به‌ویژه بینایی و بویایی ماهیان نقش بسزایی دارد. احتمالاً کاهش مقدار DHA در ماهیان تریپلویید منجر به اختلالاتی در تکامل سیستم عصبی و بینایی این ماهیان می‌شود و به دنبال این امر، توانایی این گروه برای دریافت غذا کاهش یافته و مقداری از غذا از دسترس ماهیان خارج شده و استفاده نمی‌شود و بنابراین ضریب تبدیل غذا در این گروه افزایش می‌یابد. Cai و Curtis (۱۹۹۰) بیان کردند که کاهش اسیدهای چرب گروه ω3 در عضله ماهیان کپور علف‌خوار تریپلویید می‌تواند منجر به کاهش رشد و کاهش بازدهی تبدیل غذا گردد.

در این مطالعه افزایش اسیدهای چرب اشباع در گروه تریپلویید نسبت به دیپلویید مشاهده شد. اسیدهای چرب اشباع به‌ویژه C16:0 برای تولید انرژی در طول رشد مصرف می‌شوند و کاهش مقدار آنها در عضله می‌تواند رشد را تحت تأثیر قرار دهد. بالا بودن مقدار اسیدهای چرب اشباع در گروه تریپلویید می‌تواند ناشی از توانایی کمتر این گروه در استفاده از این اسیدهای چرب به‌منظور تولید انرژی یا تبدیل شدن اسیدهای چرب غیراشباع نظیر EPA به اسیدهای چرب اشباع باشد (Manor et al., 2012). در نهایت می‌توان این‌گونه عنوان کرد که القای تریپلوییدی علاوه بر کاهش بازماندگی در مراحل اولیه تکامل ماهی، می‌تواند شاخص‌های رشد و تغذیه و همچنین ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را تحت تأثیر قرار دهد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری صمیمانه مسئولان مرکز تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان ماهی‌چال، جناب آقای مهندس خرسندی و مرکز تکثیر و پرورش آبزیان اصفهان، جناب آقای مهندس کشت‌کار سپاسگزاری می‌گردد. از دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به دلیل پشتیبانی مالی از این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Akbary, P., Seyed, A. H., Imanpour, M. R., Soudagar, M. and Makhdoumi, N. M. 2009. The effect of N-3HUFA and vitamin C-enriched *Artemia urmiana nauplii* on growth, survival in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(1): 42-53.

AOAC, 2002. Association of Official Analytical Chemists, in Official Methods of Analysis of AOAC

- FAO., 2014. Statistics,. FAO FishStatJ software (a tool for fishery statistics analysis). Release: 2.11.4. Global datasets release date: March 2015.
- Firestone., D. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, American Oil Chemists' Society, Vol. I-II, 5th edn. (Metodo), AOCS, Champaign.
- Folch, J., Lees, M. and 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.
- Haugen, T., Kiessling, A., Olsen, R. E., Rora, M. B., Slinde, E. and Nortvedt, R. 2006. Seasonal variations in muscle growth dynamics and selected quality attributes in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed dietary lipids containing soybean and/or herring oil under different rearing regimes. *Aquaculture*, 261:565-579.
- Haliloglu, H., Abdulkadir, A., Aras, N. and Muhammed, A. 2004. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*, 86: 55-59.
- Hussain, M. G., Rao, G. P. S., Humayun, N. M., Randall, C. F., Penman, D. J., Kime, D., Bromage, N. R., Myers, J. M. and McAndrew, B. J. 1995. Comparative performance of growth, biochemical composition and endocrine profiles in diploid and triploid tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 138: 87-95.
- Ihsen, P. E., McKay, L. R., McMillan, I. and Phillips, R. B. 1990. Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: cytogenetic and fisheries applications. *Transactions of the American Fisheries Society*, 119(4): 698-717.
- Johari, S.A., Kalbassi, M.R., Sourinezhad, I. and Wlasow, T. 2008. Observation of red blood cell alterations in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Scientiarum Polonorum-Piscaria*, 7(1-4): 49-52.
- Manor., M. L., Weber, G. M., Cleveland, B. M. and Kenney, P. B. 2014. Effects of feeding level and sexual maturation on fatty acid composition of energy stores in diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 418:17-25.
- Manor., M. L., Weber, G. M., Salem, M., Yao, J., Aussanasuwannakul, A. and Kenney, P. B. 2012. International. 16th. Edn, Cunniff, P.A., Ed. Arlington, AOAC International.
- Barton, B. A. 2002. Stress in fish: A diversity of responses with particular reference to change in circulating corticosteroids. *Integer and Comparative Biology*, 42: 217-225.
- Benfey, T. J. 1999. The physiology and behavior of triploid fishes. *Reviews in Fisheries Science*, 7(1): 39-67.
- Benfey, T. G. and Sutterlin A.M. 1984. The hematology of the triploid landlocked Atlantic salmon (*salmo salar*). *Journal of fish biology*, 24: 333-338.
- Buchtova, H., Vorlova, L., Svobodova, Z. and Flajshans, M. 2005. Chemical composition of flesh of diploid and triploid population of tench (*Tinca tinca*). *Czech Journal Animal Science*, 50(5): 213-219.
- Buchtova, H., Smutna, M., Vorlova, L., Svobodova, Z. and Flajshans, M. 2004. Fatty Acid Composition of Diploid and Triploid Populations of Tench (*Tinca tinca*). *Acta Veterinaria Brno*, 73: 235-245.
- Cai, Z. and Curtis, L. R. 1990. Effects of diet and temperature on food consumption, growth rate and tissue fatty-acid composition of triploid grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture*, 88(3): 313-327.
- Cherfas, N.B., Gomelsky, B., Ben-Dom, N., Peretz, Y. and Hulata, G. 1994. Assessment of triploid common carp (*Cyprinus carpio*) for culture. *Aquaculture*, 127:11-18.
- Dorafshan, S., Kalbassi, M.R., Soltan Karimi, S. and Rahimi, Kh. 2010. Study of Some Haematological Indices of Diploid and Triploid Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Yakhteh Medical Journal*, 11:442-447. (Abstract in English)
- Dorafshan, S. 2007. Chromosome set manipulation techniques on the Caspian salmon, *Salmo trutta caspius* and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* and comparison of F1 generation growth. Presented for the Ph.D. Tehran. Tarbiat Modares University. (Abstract in English)
- Dunham, R. A. 2001. Aquaculture and Fisheries Biotechnology, Genetic Approaches. CABI Publishing; pp. 22-53.

Fisheries Science, 11 (2): 107–184.

Sezaki, K., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1983. Comparison of chemical composition between diploids and triploids of “ginbuna” *Carassius auratus langsdorfi*. *Bulletin of the Japanese Society for the Science Fish*, 49: 97–101.

Smith, D. S. and Benfey, T. j. 2001. The reproductive physiology of three age classes of adult female diploid and triploid brook trout (*Salmo trutta*). *Fish physiology and biochemistry*, 25: 319–333.

Sourinezhad, I. and Kalbassi, M.R. 2011. Investigation of growth indices of all female and mixed sex diploid and triploid rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in the second year of culture. *Iranian Journal of Biology*, 24(4):517-527. (Abstract in English)

Sourinezhad, I., Kalbassi M.R. Rezaei, M. and Khodabandeh, S. 2010. Effect of Induced Triploidy on Improvement of Flesh Quality Indices in all-Female Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* in the Second Year of Culture. *Journal of Marine Science and Technology*, 9(1): 62-70. (In Persian)

Sourinezhad, I., Kalbassi M.R. and Soltan Karimi, S. 2007. Effects of Triploidy induction on some hematological parameters of all-female rainbow trout in winter. *Journal of Modern Genetics*, 2(2): 53-60. (Abstract in English)

Soosean, C., Marimuthu, K., Sudhakaran, S. and Xavier, R. 2010. Effects of mangosteen (*Garcinia mangostana*.) extracts as a feed additive on growth and haematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 14: 605–611.

Strunjak, I., Rakovak, R. and Topic, N. 2003. Micronucleus occurrence in diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinarni Medicina*, 48: 215-219.

Effect of sexual maturation and triploidy on chemical composition and fatty acid content of energy stores in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 364:312-321.

Moccia, R.D. and Munkittrick, K.R. 1986. Relationship between the fertilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs and the motility of spermatozoa. *Theriogenology*, 27:679-688.

Oliva-Teles, A. and Kaushik, S. J. 1990. Effect of temperature on utilization of endogenous energy reserves during embryonic development of diploid and triploid rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 84:373–382.

Omoto, N., Maebayashi, M., Adachi, S., Arai, K. and Yamauchi, K. 2005. Sex ratios of triploids and gynogenetic diploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*). *Aquaculture*, 245: 39-47.

Pandian, T. J. and Koteeswaran, R. 1998. Ploidy induction and sex control in fish. *Hydrobiologia*, 384: 167–243.

Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J. C., Flajšhans, M., Haffray, P. and Colombo, L. 2009. Polyploid fish and shellfish: production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 293(3):125-156.

Quillet, E., Chevassus, B. and Krieg, F. 1987. Characterization of auto- and allotriploid salmonids for rearing in seawater cages. In: Tiews, K. (Ed.), Selection, Hybridization, and Genetic Engineering in Aquaculture, vol. 3. Heenemann Verlags, Berlin, pp. 239–252.

Tiwary, B. K., Kirubakaran, R. and Ray, A. K. 2004. The biology of triploid fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14(4): 391-402.

Tocher, D., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in*



Effects of triploidization on hatching, survival, growth performance, proximate composition and fatty acids profiles in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Samad Bahrami Babaheydari¹, Saeed Keyvanshokoh^{2*}, Salar Dorafshan³, Seyed Ali Johari⁴

1- Ph.D Student, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

2- Associate professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

3- Assistant professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

4- Assistant professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Iran

Received: 22.09.2015 Accepted: 16.04.2016

*Corresponding author: keyvan56@yahoo.com

Abstract:

The aim of this study was to assess the effects of triploidy induction on survival, growth performance, body composition and fatty acid profiles in rainbow trout. Eight female (1600±246 g) and 6 male (1393±186 g) of four-year rainbow trout broodstock were selected and stripped. Heat shock treatment achieved 10 min after fertilization, for 10 min and in 28°C water bath. Based on red blood cell analysis, the overall triploidization success level was 87.1±1%. The survival rate from fertilization to eyed stage in triploid group (86.31 ± 1.21%) was significantly ($p < 0.05$) lower than that of diploid group (92.12 ± 1.59%). The survival rate from eyed stage to hatching in triploids (94.04 ± 1.33%) was significantly ($p < 0.05$) lower than that of diploids (98.10 ± 0.45%). Growth performance (initial and final weight, weight gain, specific growth rate and condition factor) was significantly higher in diploids as compared to triploids ($p < 0.05$) after 38 days of rearing. Proximate compositions of fish including protein, fat and ash were not affected by triploidization, but triploids showed higher moisture content compared to that of the diploids. Moreover, the results showed that the levels of saturated fatty acids increased and the levels of unsaturated fatty acids decreased as an effect of triploidy induction.

Key words: Rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*), Triploid, Survival, Fatty acids composition.