

"مقاله پژوهشی"

تأثیر پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر کیفیت تخم‌ها

ناصر آق^{۱*} عبدالجبار ایرانی^۱

۱. پژوهشکده آرتمیا و آبی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۰

چکیده

قزل آلائی رنگین کمان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی ایران است، ولی در سال‌های اخیر باوجود افزایش تولید، مراکز تکثیر این گونه، از لحاظ کیفیت تخم و لارو با مشکلات فراوانی مواجه بوده‌اند؛ به همین دلیل در این پژوهش تأثیر افزودن پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین قزل آلائی رنگین کمان بر کیفیت تخم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مولدین ابتدا به مدت چهارماه با غذای تجاری تغذیه شدند. سپس از جیره‌های آزمایشی برای تغذیه ماهیان استفاده گردید. پودر آرتمیا با نسبت‌های ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین پودر ماهی شد. نتایج نشان داد که مقادیر هم‌آوری مطلق و نسبی در تیمار ۵ درصد با سایر تیمارها و با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). از نظر تعداد تخمک در گرم، قطر تخمک، پروتئین کل و چربی کل تخم، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). درصد چشم‌زدگی، درصد تفریخ و مقادیر اسیدهای چرب زنجیره بلند با چند پیوند دوگانه سری ۳-۲ در تمامی تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$). با توجه به نتایج مثبت مربوط به تیمار ۵٪، افزودن پنج درصدی پودر آرتمیا به جیره غذایی مولدین قزل آلائی رنگین کمان می‌تواند کمک شایانی به افزایش کیفیت تخم در مراکز تکثیر این ماهی نماید.

کلمات کلیدی: آرتمیا، ترکیب اسیدهای چرب، کیفیت تخم

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی است، به‌طوری‌که حدود ۲ درصد کل تولیدات آبی‌پروری دنیا را تشکیل می‌دهد (FAO, 2018). طی سال‌های گذشته میزان تولید قزل‌آلا در ایران سال به سال در حال افزایش بوده است، به‌طوری‌که تولید آن از ۱۳۱ هزار تن در سال ۱۳۹۱ به بالای ۱۶۵ هزار تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶). باوجود افزایش کمی تولید تخم، بچه‌ماهی و ماهیان اندازه‌بازاری، در زمینه ارتقای کیفیت تخم‌ها و لاروهای این گونه، طی سال‌های گذشته توفیق چندانی حاصل نشده است. یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در پرورش ماهی میزان تلفات بالا طی مراحل اولیه تکاملی است که ناشی از عواملی مانند اندازه کوچک، توانایی محدود شنا و آسیب‌پذیری به تغییرات محیطی است (مرادیان و همکاران، ۱۳۹۸). مدیریت تغذیه مولدین از عوامل مهم و مؤثر در کیفیت تخم‌ها و لاروها و در نتیجه افزایش بازده یک کارگاه تکثیر ماهی قزل‌آلا به حساب می‌آید، به‌طوری‌که رشد و نمو گنادهای مولدین به شدت به کیفیت تغذیه آن‌ها به‌ویژه حدود ۲-۳ ماه قبل از تخم‌ریزی وابسته است. همچنین مولدینی که با غذای مناسب و با کیفیت بالا تغذیه می‌شوند، تخم‌های حاصل از آن‌ها کیفیت بهتری دارند و لاروها از بازماندگی بالایی برخوردار می‌شوند. باوجود اهمیت زیادی که این موضوع دارد، نیازهای غذایی مولدین به‌ویژه در ماهیان تجاری خوراکی کم‌تر موردبررسی قرار گرفته (Izquierdo et al., 2001) که یکی از دلایل اصلی آن ضرورت وجود تجهیزات ویژه برای پرورش مولدین و بالا بودن هزینه نگهداری آن‌ها بوده است. به‌هرحال،

آنچه که مسلم است این که در ماهیان نیز همانند انسان و سایر جانوران، نیازهای غذایی مولدین نسبت به بچه‌ماهیان و ماهیان جوان که نرخ رشد بالایی دارند متفاوت است و بسیاری از مشکلات مربوط به تخم‌های لقاح‌یافته و لاروهای تازه تفریخ‌شده ماهیان ارتباط مستقیمی با رژیم غذایی مولدین دارد (Izquierdo et al., 2001). چراکه طی فرآیند رشدونمو تخمدان‌ها و رسیدگی جنسی مولدین، مواد مغذی موردنیاز برای تکامل جنین و رشدونمو لاروها، در داخل تخمک‌ها ذخیره‌سازی می‌شوند. این امر به‌ویژه در قزل‌آلای رنگین‌کمان که دارای تخم‌های بزرگ و دوره انکوباسیون طولانی است، اهمیت بیشتری دارد و محتویات مواد مغذی تخم‌ها تأثیر زیادی در کیفیت و سلامتی لاروها دارد (Fontagné-Dicharry et al., 2017; Palace and Werner, 2006).

مواد مغذی متعددی از قبیل پروتئین‌ها، چربی‌ها، اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و رنگ‌دانه‌ها برای رشد و نمو طبیعی جنین و بهبود نرخ تفریخ تخم‌ها ضروری هستند (Cleveland et al., 2019; Fontagné-Dicharry et al., 2010; Lazzarotto et al., 2016; Watanabe et al., 1985a,b; Watanabe et al., 1984a,b,c). همچنین با افزایش مقادیر اسیدهای چرب فوق غیر اشباع (HUFA) در جیره غذایی مولدین و افزایش نسبی آن در تخم‌ها، درصد تخم‌های طبیعی افزایش می‌یابد (Fernandez- Fernández-Palacios et al., 1995). محتوی کارتنوئیدی جیره غذایی مولدین نیز در رشد و نمو طبیعی جنین و لارو ماهیان بسیار تأثیرگذار است (Torrissen and Christiansen, 1995) و بین رنگ‌بندی تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان و بقای آن‌ها همبستگی مثبت گزارش شده است (Harris, 1984).

وابسته است (Sorgeloos, et al., 2001)، اما با توجه به ارزش غذایی بالایی که آرتمیا دارد، می‌توان از آن در جیره غذایی سایر آبزیان پرورشی از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز بهره جست. به همین دلیل در این مطالعه، اثرات جایگزینی پودر ماهی با درصد‌های مختلف پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین بر کیفیت تخم‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و نگهداری مولدین

ماهیان مولد مورد نیاز از یک کارگاه تکثیر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع در استان آذربایجان غربی تهیه شد. تعداد ۲۵ ماهی مولد ماده و ۱۰ مولد نر سالم، با خصوصیات ظاهری مناسب، هم‌سن (۴ ساله) و تقریباً هم‌اندازه انتخاب شد. مولدین پس از انتقال به پژوهشگاه آرتمیا و آبی‌پروری دانشگاه ارومیه، در داخل پنج مخزن فایبرگلاس ۱۰۰۰ لیتری در قالب چهار تیمار و یک گروه شاهد به‌طور تصادفی توزیع شدند. بنابراین هر تیمار شامل یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری حاوی پنج عدد مولد ماده بود که هرکدام از آن‌ها به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. به‌منظور تحریک رسیدگی جنسی، در هر مخزن دو عدد مولد نر نیز قرار گرفت. سرعت جریان آب در هر مخزن ۱۰ لیتر در دقیقه بود و برای فراهم کردن غلظت مناسب اکسیژن محلول در هر مخزن هوادهی برقرار شد. طی دوره تحقیق، مقادیر اکسیژن محلول ۸/۷ - ۷/۶ میلی‌گرم در لیتر، درجه حرارت ۱۵/۳ - ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد و pH در دامنه ۷/۸ - ۷/۲ بود.

افزودن پودر ماهی مرکب و کریل خام (Watanabe et al., 1991a) و همچنین فسفولیپیدها در جیره غذایی مولدین شانک قرمز (*Pagrus major*) نیز باعث بهبود کیفیت تخم‌ها شده است (Watanabe et al., 1991b). میزان اسیدهای چرب زنجیر بلند در جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان تاثیر به‌سزایی در بهبود کیفی تخم‌ها و لاروهای تولیدشده دارد؛ به‌گونه‌ای که تحقیقات Webster و Lim (۲۰۰۲) نشان داده‌است که استفاده از جیره‌های غذایی با مقادیر پایین اسیدهای چرب ضروری، باعث کاهش میزان تولید تخم، درصد تخم‌های چشم‌زده و همچنین کاهش تخم‌گذاری می‌شود. جیره غذایی با پروتئین کم و انرژی زیاد در تولید مثل ماهی شانک قرمز تاثیر منفی داشته‌است (Watanabe et al., 1984d).

آرتمیا در صنعت آبی‌پروری برای گونه‌های مختلف ماهیان و سخت‌پوستان به‌صورت سیستم کپسول‌زدایی شده، ناپلیوس، متاناپلیوس، آرتمیای جوان و بالغ زنده و همچنین به‌صورت زی‌توده خشک و منجمد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lavens and Sorgeloos, 1996). آرتمیای بالغ حدود ۵۰۰ بار سنگین‌تر از ناپلی تازه تفریخ شده است. میزان چربی آن از ۲۰ درصد در ناپلیوس تازه تفریخ شده به ۱۰ درصد در آرتمیای بالغ کاهش می‌آید، اما میزان پروتئین از ۴۲ درصد به حدود ۶۰ درصد افزایش می‌یابد (Bengtson, et al., 1991). آرتمیای جوان و بالغ به‌صورت خشک و منجمد، بیشتر در پرورش میگو و سایر سخت‌پوستان مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در کشورهای تولیدکننده اصلی میگو، به‌ویژه در برخی کشورهای آسیای جنوب شرقی، پرورش میگو در تمام مراحل تولید کاملاً به آرتمیا

از آنجا که تحقیق حاضر در خارج از فصل تولیدمثل قزل آلائی رنگین کمان انجام گرفت، برای جلوگیری از تخم ریزی مولدین از تکنیک تغییر رژیم نوری استفاده شد. ماهیان مولد در یک دوره شش ماهه، در شرایط نوری کنترل شده نگهداری شدند. به گونه ای که در سه ماهه نخست، رژیم روز بلند (۱۸ ساعت روشنایی/ ۶ ساعت تاریکی) و در سه ماهه دوم، رژیم نوری روز کوتاه (۶ ساعت روشنایی/ ۱۸ ساعت تاریکی) برقرار شد (Bromage *et al.*, 2001).

وزن بدن تغذیه شدند. از ماه پنجم به بعد جیره های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند. به طوری که پودر آرتیمیا به مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین پودر ماهی شد (جدول ۱). غذای ساخته شده، به صورت پلت های ۱-۱/۵ سانتی متری درآمد و در یخچال نگهداری شد. بررسی انجام شده بعد از ساخت غذا نشان داد که خوراک آزمایشی از نظر غوطه وری، سرعت سقوط و مدت زمان دوام در داخل آب در حد مطلوب بودند.

تهیه جیره های آزمایشی و غذادهی

مولدین در چهار ماه ابتدای دوره، با غذای تجاری BFT (غذای ویژه مولدین قزل آلا) به مقدار ۱/۵ درصد

جدول ۱: نوع و مقدار اجزای غذایی استفاده شده برای ساخت جیره های آزمایشی (%)

اقلام غذایی	تیمار ۱ (۵٪)	تیمار ۲ (۱۰٪)	تیمار ۳ (۲۰٪)	تیمار ۴ (۳۰٪)	شاهد
پودر ماهی	۴۸/۶۹	۴۶/۱۳	۴۱/۰۱	۳۵/۸۸	۵۱/۲۵
پودر آرتیمیا	۲/۵۶	۵/۱۲	۱۰/۲۴	۱۵/۳۷	-
مکمل ویتامین و مواد معدنی	۵	۵	۵	۵	۵
سویا	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
آرد گندم	۹/۹۵	۹/۹۵	۹/۹۵	۹/۹۵	۹/۹۵
نشاسته	۲	۲	۲	۲	۲
بایندر	۲	۲	۲	۲	۲
مخمر	۱	۱	۱	۱	۱
آنتی اکسیدان	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
کولین	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
متیونین	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
لیزین	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
روغن ماهی و روغن سویا	۵/۴	۵/۴	۵/۴	۵/۴	۵/۴

تکثیر، لقاح و نگهداری تخم‌ها

مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان بعد از ماه پنجم دوره نوری، به‌صورت هفتگی از نظر رسیدگی جنسی موردبررسی قرار گرفتند. با شروع رسیدگی جنسی، همه ماهیان نر به یک مخزن هزار لیتری مجزا منتقل و برای لقاح تخم‌های هر ماده از اسپرم چند ماهی نر به‌طور تصادفی استفاده شد. ماهیان رسیده، به‌وسیله پودر گل میخک با دز ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بیهوش و با استفاده از یک حوله تمیز خشک شدند (عبدالحی، ۱۳۹۵). سپس تخمک‌های مولدین ماده از طریق فشار دادن به ناحیه شکمی از طرف ناحیه سر به طرف منفذ تناسلی خارج و مستقیماً به داخل تشت تمیز و خشک ریخته شدند. کل تخمک‌های حاصل از هر مولد توزین و حدود ۲۰ گرم جهت آنالیز ترکیب شیمیایی و برآورد تعداد تخمک‌ها نمونه‌گیری شد. لقاح تخم‌ها به روش خشک انجام شد (عبدالحی، ۱۳۹۵).

تخم‌های لقاح‌یافته، بعد از جذب کامل آب و سفت شدن به انکوباتورهای تراف چهار جعبه‌ای منتقل شدند. جریان آب ۱۰ لیتر در دقیقه برای هر تراف برقرار شد و تا ۱۲ ساعت بعد از انتقال تخم‌ها به داخل انکوباتور، تخم‌های لقاح‌نیافته و مرده که به رنگ سفید درمی‌آیند، برداشته شد. برای تعیین درصد لقاح، تعداد ۱۰۰ تخم از هر جعبه انکوباتور برداشته و در زیر لوپ موردبررسی قرار گرفت. حدود ۳۶ ساعت بعد از چشم‌زدن تخم‌ها، با وارد کردن شوک هیپوکسی کوتاه‌مدت (خارج کردن کوتاه مدت سبد حاوی تخم‌ها از تراف)، تخم‌های مرده و تخم‌های لقاح‌نیافته جمع‌آوری شدند. لاروهای حاصل از

تخم‌گشایی تا شروع تغذیه فعال، در داخل تراف نگهداری و سپس به مخزن‌های پرورشی منتقل شدند.

آنالیز شیمیایی تخم‌ها

آنالیز پروتئین و چربی تخم‌های حاصل از تیمارهای مختلف توسط دستگاه کج‌لدال اتوماتیک و سوکسله طبق روش استاندارد و آنالیز ترکیب و درصد اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی طبق روش Sorgeloos و Coutteau (۱۹۹۵) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای سازماندهی داده‌ها از برنامه Excel 2016 و برای آنالیزهای آماری از برنامه SPSS 22 استفاده شد. برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، برای بررسی برابری واریانس‌ها از آزمون لون و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ($P < 0.05$) استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، تست تعقیبی دانکن برای تفکیک گروه‌ها به کار رفت.

نتایج

در اواسط ماه ششم دوره نوری، تمامی ماهیان نر آماده اسپرم‌دهی بودند، درحالی‌که رسیدگی جنسی ماهیان ماده در اواسط ماه هفتم آغاز شد. به‌طورکلی از ۲۵ ماهی مولد ماده موردآزمایش، تعداد ۲۴ ماهی در شرایط رژیم نوری مصنوعی و در خارج از فصل تولیدمثل، رسیده شدند.

از نظر میانگین طول کل (بین $50 \pm 4/1$ و $53 \pm 2/8$ سانتی‌متر) و وزن کل بدن مولدین (بین $1/7 \pm 0/34$ و $2/1 \pm 0/5$ کیلوگرم) در تیمارهای آزمایشی، اختلاف

آماري وجود نداشت ($P>0/05$). وزن كل تخمك‌هاي توليدشده (317 ± 50 گرم) و وزن تخمك‌هاي توليدشده به‌ازاي هر كيلوگرم وزن بدن ماهي (156 ± 36 گرم) در تيمار ۱ به‌طور معني‌داري بيشتر از ساير تيمارها و گروه شاهد بود ($P<0/05$)، درصورتی‌که ساير تيمارها باهم و نسبت به گروه شاهد اختلاف معني‌داري نشان ندادند. بيشترين مقدار هم‌آوري مطلق (4915 ± 1482 عدد) و هم‌آوري نسبي (2378 ± 393 عدد در هر كيلوگرم وزن ماهي) نيز مربوط به ماهيان تيمار ۱ بود که با ساير تيمارها و گروه شاهد اختلاف معني‌داري نشان داد (جدول ۲). از لحاظ تعداد تخمک در گرم و قطر تخمک که به‌ترتيب بين $15/3 \pm 2/5$ - $12/5 \pm 2/1$ عدد و بين $4/85 \pm 0/35$ - $4/65 \pm 0/2$ ميلي‌متر متغير بود، در گروه‌هاي مختلف، اختلاف معني‌داري مشاهده نشد ($P>0/05$).

آناليز بيوشيميائي تخمک‌ها نشان داد که مقادير پروتئين کل بين $69/6 \pm 3/1$ - $66 \pm 1/2$ درصد و مقادير چربي کل بين $16/58 \pm 0/7$ - $14/14 \pm 0/7$ درصد در گروه‌هاي مختلف متغير بود و اختلاف معني‌داري در ميان آن‌ها وجود نداشت ($P>0/05$). بيشترين درصد لقاح مربوط به تيمار ۱ ($99 \pm 0/6$ درصد) بود که به‌طور معني‌داري نسبت به گروه شاهد ($91 \pm 2/5$ درصد) اختلاف داشت ($P<0/05$) تخم‌ها در دماي حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ - ۱۱ روز بعد از لقاح به مرحله چشم‌زدگی رسيدند (جدول ۲). درصد چشم‌زدگی تيمار ۱ ($98 \pm 1/2$ درصد) به‌طور معني‌داري بيشتر از ساير تيمارها و گروه شاهد بود ($P<0/05$). ساير تيمارها اختلاف معني‌داري باهم نشان ندادند، اما همه تيمارها نسبت

به گروه شاهد ($82 \pm 2/2$ درصد) اختلاف معني‌داري داشتند. حدود ۲۱ - ۲۰ روز بعد از لقاح، تخم‌گشائي آغاز شد و طی ۳ - ۲ روز تمامی لاروها از تخم بيرون آمدند. بالاترين درصد تفريخ مربوط به تيمار ۱ ($96/5 \pm 2$ درصد) بود که نسبت به ساير تيمارها و گروه شاهد اختلاف معني‌داري نشان داد ($P<0/05$) و کمترین مقدار تفريخ در گروه شاهد ($67 \pm 4/3$ درصد) مشاهده شد که نسبت به همه تيمارهاي آزمائشي اختلاف معني‌داري نشان داد (جدول ۲).

بررسی و تجزيه و تحليل آماری ترکیب و درصد اسيدهاي چرب تخم‌ها (جدول ۳) نشان داد که کم‌ترین مقدار ($13/87 \pm 1/13$ درصد) اسيدهاي چرب اشباع (SFA^1) مربوط به تخم‌هاي تيمار ۱ بود ($P<0/05$)، درصورتی‌که ساير تيمارها (بين $16/61 \pm 2/71$ و $17/18 \pm 1/95$ درصد) باهم و با گروه شاهد ($2/35 \pm 17/67$ درصد) اختلاف معني‌داري نشان ندادند ($P>0/05$). مقادير اسيدهاي چرب غير اشباع با يک پيوند دوگانه ($MUFA^2$) در تمامی تيمارها (بين $35/63 \pm 4/55$ و $40/92 \pm 3/94$ درصد) به‌طور معني‌داري بيشتر از گروه شاهد ($25/19 \pm 3/67$ درصد) بود، اما ميان تيمارهاي آزمائشي اختلاف آماری مشاهده نشد ($P>0/05$).

ازنظر اسيدهاي چرب ۱۸ کربنه با دو پيوند دوگانه سری ۶-n ($C18:2N6$) اختلاف معني‌داري بين تيمارهاي مختلف و گروه شاهد وجود نداشت ($P>0/05$). ازنظر اسيدهاي چرب $C18:3n3$ و

¹Saturated fatty acid²Monounsaturated fatty acid

از نظر کل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه ($PUFA^5$) و همچنین کل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه سری ۶-n ($PUFA-n-6$)، بین تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری مشاهده نشد ($P>0/05$)، در صورتی که مقادیر کل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه سری ۳-n ($PUFA-n-3$)، در تمامی تیمارهای آزمایشی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد ($1/37 \pm 0/15$ درصد) بود و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۴ ($7/59 \pm 0/91$ درصد) بود (جدول ۳).

C20:2n6، تمامی تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P>0/05$) و بیشترین مقدار آن‌ها، مربوط به تخم‌های تیمار ۴ (به ترتیب $3/31 \pm 0/15$ و $5/39 \pm 0/41$ درصد) بود (جدول ۳).

مقدار اسید چرب آراشیدونیک اسید^۱ (C20:4n6) در تیمار ۱ ($4/64 \pm 0/55$ درصد) نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($P>0/05$)، در صورتی که سایر تیمارها نسبت به هم و نسبت به گروه شاهد اختلاف آماری نداشتند ($P>0/05$). از نظر مقادیر اسید چرب ایکوزاترینوئیک اسید^۲ (C20:3n3)، تمامی تیمارهای آزمایشی (بین $0/37 \pm 0/04$ و $0/77 \pm 0/10$ درصد) نسبت به گروه شاهد ($0/25 \pm 0/03$ درصد) اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P>0/05$). بیشترین مقدار ایکوزاپنتانوئیک اسید^۳ (EPA^۳) مربوط به تخم‌های تیمار ۱ بود ($1/65 \pm 0/14$ درصد) که نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P>0/05$). مقدار آن در گروه شاهد $0/17 \pm 0/02$ درصد بود که به طور معنی‌داری کمتر از تمام تیمارهای آزمایشی بود ($P>0/05$). مقادیر دکوزاهگزانوئیک اسید^۴ (DHA^۴) در همه گروه‌های آزمایشی کم بود (بین $0/41 \pm 0/04$ و $0/56 \pm 0/07$ درصد) و اختلاف آماری بین آن‌ها مشاهده نشد ($P>0/05$).

^۱Arachidonic acid^۲Eicosatrienoic acid^۳Eicosapentaenoic acid^۴Docosahexaenoic acid^۵Polyunsaturated fatty acid

جدول ۲: خصوصیات زیستی مولدین و شاخص های کیفی تخم های تیمارهای مختلف*

شاهد	تیمار ۴ (۳۰٪)	تیمار ۳ (۲۰٪)	تیمار ۲ (۱۰٪)	تیمار ۱ (۵٪)	
طول کل بدن (سانتی متر)	۵۰±۴/۱ ^a	۵۳±۲/۸ ^a	۵۳±۲ ^a	۵۲/۴±۲/۳ ^a	۵۰±۴/۱ ^a
وزن کل بدن (کیلو گرم)	۲/۱±۰/۵ ^a	۲±۰/۱۴ ^a	۱/۹۸±۰/۲ ^a	۱/۷±۰/۳۴ ^a	۲±۰/۳۸ ^a
وزن کل تخمک (گرم)	۲۴۰±۸۴ ^a	۲۱۲±۱۳۰ ^a	۲۵۱/۷±۱۰۷ ^a	۱۹۰±۳۲ ^a	۳۱۷±۵۰ ^b
وزن تخمک بر وزن بدن	۱۱۲±۲۱ ^a	۱۰۹±۷۳ ^a	۱۲۵±۴۰ ^a	۱۱۴±۲۵ ^a	۱۵۶±۳۶ ^b
هم آوری مطلق	۳۵۰۸±۹۷۸ ^b	۲۶۸۴±۱۷۲۵ ^a	۳۱۶۹±۱۵۵۹ ^b	۲۳۹۸±۷۶۰ ^a	۴۹۱۵±۱۴۸۲ ^c
هم آوری نسبی	۱۶۳۹±۱۱۸ ^a	۱۳۷۵±۹۵۹ ^a	۱۵۷۵±۷۳۶ ^a	۱۴۶۳±۵۵۹ ^a	۲۳۷۸±۳۹۳ ^b
تعداد تخمک در گرم	۱۴/۸±۱/۷ ^a	۱۲/۵±۰/۴ ^a	۱۲/۷±۵/۶ ^a	۱۲/۵±۲/۱ ^a	۱۵/۳±۲/۵ ^a
قطر تخمک (میلی متر)	۴/۶۵±۰/۲ ^a	۴/۸±۰/۲ ^a	۴/۸۱±۰/۷ ^a	۴/۸۵±۰/۳۵ ^a	۴/۷۹±۰/۲۵ ^a
پروتئین (درصد)	۶۶±۱/۸ ^a	۶۵/۷±۲/۵ ^a	۶۹/۶±۳/۱ ^a	۶۹±۳/۵ ^a	۶۶±۱/۲ ^a
چربی (درصد)	۱۵±۰/۵ ^a	۱۵/۶۴±۱/۶ ^a	۱۴/۱۴±۰/۷ ^a	۱۵/۱۸±۰/۵ ^a	۱۶/۵۸±۰/۷ ^a
درصد لقاح	۹۱±۲/۵ ^a	۹۷±۲ ^{bc}	۹۶±۱/۵ ^{bc}	۹۴±۱/۳ ^{ab}	۹۹±۰/۶ ^c
درصد تخم های چشم زده	۸۲±۲/۲ ^a	۸۸±۲/۵ ^b	۸۶±۱/۷ ^b	۸۸±۲/۸ ^b	۹۸±۱/۲ ^c
درصد تفریخ	۶۷±۴/۳ ^a	۷۹/۵±۴/۹ ^b	۷۵/۵±۲/۶ ^b	۷۹±۳/۳ ^b	۹۶/۵±۲ ^c

* داده ها به صورت انحراف معیار± میانگین ارائه شده است. ** وزن تخمک (گرم) به ازاء هر کیلو گرم وزن بدن ماهی. *** تعداد کل تخمک های تولید شده توسط یک مولد. **** تعداد تخمک های تولید شده به ازای هر کیلو گرم وزن بدن ماهی. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی دار در هر ردیف است (P<۰/۰۵).

جدول ۳: ترکیب و درصد اسیدهای چرب تخم های حاصل از مولدین تغذیه شده با مقادیر مختلف پودر آرتمیا*

شاهد	تیمار ۴ (۳۰٪)	تیمار ۳ (۲۰٪)	تیمار ۲ (۱۰٪)	تیمار ۱ (۵٪)	اسید چرب
۱۷/۶۷±۲/۳۵ ^b	۱۶/۶۵±۲/۲۵ ^b	۱۶/۶۱±۲/۷۱ ^b	۱۷/۱۸±۱/۹۵ ^b	۱۳/۸۷±۱/۱۳ ^a	SFA
۲۵/۱۹±۳/۶۷ ^a	۳۵/۶۳±۴/۵۵ ^b	۳۸/۳۱±۵/۱۱ ^b	۴۰/۹۲±۳/۹۴ ^b	۳۷/۱۴±۴/۳۶ ^b	MUFA
۲۳/۶۱±۲/۹۱ ^a	۱۷/۹۳±۲/۹۸ ^a	۲۰/۹۵±۳/۴۵ ^a	۲۳/۲۱±۳/۴۷ ^a	۱۹/۵۳±۳/۵۱ ^a	C18:2n6
۰/۴۳±۰/۰۳ ^a	۳/۳۱±۰/۱۵ ^d	۲/۰۱±۰/۱۶ ^c	۰/۸۲±۰/۰۹ ^b	۱/۰۱±۰/۰۷ ^b	C18:3n3
۰/۰۰ ^a	۵/۳۹±۰/۴۱ ^d	۳/۳۵±۰/۲۹ ^c	۲/۶۱±۰/۲۱ ^b	۲/۶۲±۰/۲۵ ^b	C20:2n6
۲/۲۰±۰/۱۹ ^a	۱/۹۸±۰/۲۲ ^a	۲/۷۶±۰/۲۶ ^a	۲/۲۱±۰/۲۹ ^a	۴/۶۴±۰/۵۵ ^b	C20:4n6
۰/۲۵±۰/۰۳ ^a	۰/۴۱±۰/۱۱ ^b	۰/۳۷±۰/۰۴ ^b	۰/۴۷±۰/۰۲ ^b	۰/۷۷±۰/۱۰ ^c	C20:3n3
۰/۱۷±۰/۰۲ ^a	۱/۱۸±۰/۰۹ ^b	۱/۳۸±۰/۱۱ ^b	۱/۳۶±۰/۱۴ ^b	۱/۶۵±۰/۱۴ ^c	C20:5n3 (EPA)
۰/۵۲±۰/۰۴ ^a	۰/۵۶±۰/۰۷ ^a	۰/۴۱±۰/۰۴ ^a	۰/۵۳±۰/۰۸ ^a	۰/۵۴±۰/۰۷ ^a	C22:6n3 (DHA)
۲۷/۱۸±۲/۸۱ ^a	۳۲/۸۹±۲/۹۵ ^a	۳۱/۲۳±۳/۲۴ ^a	۳۱/۲۱±۳/۷۷ ^a	۳۰/۷۶±۴/۱۳ ^a	PUFA
۲۵/۸۱±۲/۷۵ ^a	۲۵/۳±۲/۱۶ ^a	۲۷/۰۶±۲/۸۶ ^a	۲۸/۰۳±۳/۵۹ ^a	۲۶/۷۹±۳/۸۲ ^a	PUFA-n6
۱/۳۷±۰/۱۵ ^a	۷/۵۹±۰/۹۱ ^c	۴/۱۷±۰/۶۷ ^b	۳/۱۸±۰/۳۴ ^b	۳/۹۷±۰/۷۵ ^b	PUFA-n3

* داده ها به صورت میانگین± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی دار در هر ردیف است (P<۰/۰۵).

بحث

در تحقیق حاضر، تاثیر جایگزینی پودر ماهی با درصدهای مختلف پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت تخم‌ها موردبررسی قرار گرفت. طی فرایند رشدونمو اندام‌های جنسی ماهیان، مواد مغذی موردنیاز برای تکامل جنین و رشدونمو لاروهای دارای کیسه زرده در داخل تخمک‌ها ذخیره‌سازی می‌شود، به طوری که رشدونمو بهینه و بقای جنین و لارو آزادماهیان کاملاً به آن وابسته است. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کاملاً ثابت شده است که مواد مغذی ذخیره‌شده در تخمک تحت تاثیر جیره غذایی مولدین قرار می‌گیرد (Cleveland *et al.*, 2017; Fontagne-Dicharry *et al.*, 2019). زی‌توده تازه آرتمیا به عنوان منبع خوبی برای پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای چرب فوق غیر اشباع به حساب می‌آید، اما محتوی بالای آب (تقریباً ۹۰ درصد) و آنزیم‌های پروتولیتیک آن باعث فساد زودهنگام آرتمیا می‌شود (Anh *et al.*, 2015). به همین دلیل برای نگهداری بلندمدت زی‌توده آرتمیا، آن را خشک می‌کنند. مطالعات نشان داده است که زی‌توده خشک‌شده آرتمیا می‌تواند در جیره غذایی پست‌لارو میگو مورد استفاده قرار گیرد (Anh *et al.*, 2009). همچنین استفاده از زی‌توده خشک‌شده آرتمیا در جیره غذایی مولدین میگو باعث افزایش غذاگیری و تحریک رسیدگی جنسی آن‌ها در مقیاس تجاری شده است (Wouters *et al.*, 2002). در تحقیق حاضر نیز اضافه کردن پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین باعث بهبود شاخص‌های تولیدمثلی قزل‌آلا شده است، به طوری که مقدار تخمک تولیدشده، هم‌آوری، درصد لقاح، مقدار تخم‌های چشم‌زده و تفریخ‌شده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی

قرارگرفت. تحقیقات مختلف نشان داده‌است که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، عملکرد تولیدمثلی تحت تاثیر شرایط تغذیه مولدین قرار می‌گیرد، به طوری که رژیم غذایی بر میزان هم‌آوری، ترکیب شیمیایی تخم، و رشدونمو جنین تاثیر می‌گذارد (شهبازی ناصر آباد و همکاران، ۱۳۹۲). میزان هم‌آوری به معنی مقدار کل تخم تولیدی، یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در موفقیت صنعت تکثیر و پرورش قزل‌آلا است. مطالعات نشان داده‌اند که میزان هم‌آوری با سن و وزن مولدین قزل‌آلا رابطه مستقیمی دارد (احمدنیا مطلق و همکاران، ۱۳۹۲)، به همین دلیل در تحقیق حاضر از مولدین هم‌سن و تقریباً هم‌اندازه استفاده شد. بیشترین مقدار تخم تولیدی هر ماهی (317 ± 50 گرم) و تخم تولیدی به‌ازای هر کیلوگرم وزن ماهی (156 ± 36 گرم) در تیمار ۵ درصد جایگزینی پودر آرتمیا مشاهده شد که نسبت به سایر گروه‌های مطالعه حاضر و نسبت به مقادیر گزارش‌شده توسط احمدنیا مطلق و همکاران (۱۳۹۲) که برای ماهیان چهار ساله به ترتیب $189/5$ گرم و $118/2$ گرم بر کیلوگرم بوده است، به طور معنی‌داری بیشتر بود. مقدار تخم تولیدشده در مطالعه Fontagné-Dicharry و همکاران (۲۰۱۷) در مولدین $1/92 - 2/38$ کیلوگرمی بین $189 - 295$ گرم بوده است که نسبت به تیمار ۵ درصد تحقیق حاضر پائین‌تر بوده است. اما مقدار هم‌آوری مطلق گزارش‌شده توسط محققان بالا (بین 5693 ± 1288 عدد) در مقایسه با مطالعه حاضر (4915 ± 1482 عدد) بیشتر بوده که احتمالاً به خاطر تفاوت در اندازه تخمک‌های بوده است؛ چراکه حداکثر قطر تخمک در مطالعه بالا $4/4 \pm 0/4$ میلی‌متر و در مطالعه حاضر $4/79 \pm 0/25$ میلی‌متر بود.

مقادیر درصد لقاح (۹۹-۹۴ درصد)، درصد چشم‌زده (۹۸-۸۶ درصد) و درصد تفریخ (۹۶/۵-۷۵/۵ درصد) در تیمارهای آزمایشی تغذیه‌شده با پودر آرتمیا به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود. Fontagné-Dicharry و همکاران (۲۰۱۷) بیشترین مقدار شاخص‌های بالا را به ترتیب ۹۹، ۸۳ و ۸۰ درصد گزارش کرده‌اند که از نظر درصد چشم‌زدگی و تفریخ نسبت به بیشترین مقدار تحقیق حاضر پایین‌تر بوده است. در مطالعه مهدوی و همکاران (۱۳۹۲)، درصد تفریخ تخم‌های قزل‌آلای ایرانی ۹۵/۲ درصد برآورد شده است. در تحقیق پیشین مولفین، درصد چشم‌زده و تفریخ در مولدین قزل‌آلای تغذیه‌شده با خوراک تجاری، به‌ترتیب ۷۹/۷۵ و ۷۰/۳۱ درصد بود، که در مقایسه با گروه شاهد مطالعه حاضر اختلاف چندانی نداشت، اما نسبت به تیمارهای تغذیه‌شده با پودر آرتمیا کمتر بوده است (Irani and Agh, 2020).

از آنجاکه محتوی پروتئین کل، چربی کل، مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه، مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه سری ۶-n در تخم‌های تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، اختلاف‌های مشاهده‌شده در شاخص‌های تولیدمثلی، احتمالاً ناشی از تفاوت در مقادیر اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه و اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه سری ۳-n بوده است؛ چراکه این دو گروه اسیدهای چرب در تمامی تیمارهای آزمایشی بیشتر از گروه شاهد بود. اما تفاوت‌های مشاهده‌شده در میان تیمارهای آزمایشی (غیر از شاهد) را نمی‌توان به گروه‌های اسیدچرب فوق نسبت داد؛ به‌دلیل این‌که، از نظر اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه اختلاف چندانی بین تیمارها وجود نداشت

و از نظر مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه سری ۳-n، تیمار ۳۰٪ از مقادیر بالاتری برخوردار بود، در صورتی‌که تخم‌های تیمار ۵٪ کیفیت بهتری داشتند. علت آن را می‌توان به مقادیر اسیدهای چرب آراشیدونیک اسید (C20:4n6)، ایکوزاترینوئیک اسید (C20:3n3) و ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5n3) نسبت داد؛ چراکه مقادیر آن‌ها در تیمار ۵٪ بیشتر از سایر تیمارها بوده است.

مطالعات نشان داده است که در شانک سرطلائی (*Sparus aurata*) ترکیب اسیدهای چرب تخم‌ها به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تاثیر محتوی اسیدهای چرب جیره غذایی مولدین قرار می‌گیرد و به تبع آن، شاخص‌های کیفی تخم‌ها نیز تاثیر می‌پذیرد (Harel, et al., 1992). مطالعه دیگر نشان داده است که ترکیب اسیدهای چرب تخم شانک سرطلائی به محتوی اسیدهای چرب غیر اشباع زنجیره‌بلند سری ۳-n وابسته است؛ به‌طوری‌که افزایش مقادیر اسیدهای چرب C18:3n3، C18:4n3 و C20:5n3 باعث افزایش کیفیت تخم‌ها شده است (Fernandez-Palacios et al., 1995). تحقیقات Webster و Lim (۲۰۰۲) نشان داده است که ایکوزاپنتانوئیک اسید نقش ویژه‌ای در افزایش میزان تولید تخم، درصد چشم‌زدگی و تخم‌گشایی دارد. بنابراین نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های محققین فوق منطبق است و اهمیت اسیدهای چرب غیر اشباع زنجیره بلند در افزایش کیفیت تخم‌ها را موردتائید قرار داد.

بهبود جیره غذایی مولدین یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای افزایش کیفیت تخم‌ها به‌حساب می‌آید. باتوجه به نتایج مثبت مربوط به تیمار ۵٪ که باعث ارتقای معنی‌داری در کیفیت تخم‌ها شده است، افزودن

پنج درصدی پودر آرتمیا به جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند کمک شایانی به افزایش کیفیت و رفع مشکلات مربوط به ضعیف بودن تخم در مراکز تکثیر این ماهی نماید.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران سایت تکثیر و بازسازی ذخایر خصوصاً ریاست وقت بخش که در انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. احمدنیا مطلق، ح.، توحیدیان‌فر، ی.، محمدی آشنانی، م.ح.، نفیسی بهابادی، م.، زارع خفری، م.، ۱۳۹۲. بررسی همآوری و کیفیت تخم در ارتباط با برخی پارامترهای زیستی در ماهی *Oncorhynchus mykiss* قزل‌آلای رنگین‌کمان. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵ (۲)، ۱۲۷-۱۳۳.
۲. سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۵-۱۳۹۱، تصویرگر گیلان، ۶۴ ص.
۳. شهبازی ناصرآبادی، س.، اکبرصفت، ل.، جدیدفرد، ع.، ۱۳۹۲. تأثیر کمیت و کیفیت تغذیه در میزان همآوری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. دومین همایش ملی توسعه و پرورش ماهیان سردآبی، ۱۰ و ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۲، شهرکرد.
۴. عبدالحی، ح.ع.، ۱۳۹۵. بهبود ژنتیکی مولدین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و برنامه‌ریزی زیرساخت‌های ژنتیک و اصلاح نژاد. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۶۰ ص.

۵. مرادیان، س.ح.، تقی زاده، و.، حسین زاده صحافی، ه.، ایمانپور، م.، کلنگی میاندره، ح.، ۱۳۹۸. اثر دماهای مختلف انکوباسیون بر تکامل، رشد، بازماندگی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک طی دوره جنینی و لاروی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه توسعه آبرزی پروری، ۱۳ (۱)، ۱۲۱-۱۳۹.

۶. مهدوی، س.م.، مجازی امیری، ب.، صیاد بورانی، م.، ۱۳۹۲. مقایسه درصد تفریخ، بازماندگی و رشد لاروهای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) حاصله از تخمهای چشم زده وارداتی و داخلی. نشریه توسعه آبرزی پروری، ۷ (۱)، ۹۴-۸۷.

7. Anh, N.T.N., Hien, T.T.T., Wille, M., Hoa, N.V., Sorgeloos, P., 2009. Effect of fishmeal replacement with *Artemia* biomass as protein source in practical diets for the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture Research, 40, 669-680.
8. Anh, N.T.N., Nhi, N.T., Hoa, N.V., 2015. Effect of different drying methods on total lipid and fatty acid profiles of dried *Artemia franciscana* biomass. Can Tho University Journal of Science, 1, 1-9.
9. Bengtson, D.A., Leger, P., Sorgeloos, P., 1991. Use of *Artemia* as a food source in aquaculture. In: *Artemia Biology*, CRC press. Boca Ratan, Florida Pp 255-285.
10. Bromage, N., Porter, M., Randall, C., 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. Aquaculture, 197, 63-98.
11. Cleveland, B.M., Leeds, T.D., Picklo, M.J., Brentsen, c., Frost, J., Biga, P.R., 2019. Supplementing Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock diets with choline and methionine improves growth in offspring. Journal of world aquaculture society, 1-16. DOI: 10.1111/jwas.12634.

- feeding diets? A whole-body transcriptomic study of Rainbow trout alevins. *British Journal of Nutrition*, 115, 2079–2092.
22. Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P., 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200, 147–159.
23. Torrisen, O.J., Christiansen, R., 1995. Requirements for carotenoids in fish diets. *Journal of Applied Ichthyology*, 11, 225–230.
24. Watanabe, T., Arakawa, T., Kitajima, C., Fujita, S., 1984a. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(3), 495–501.
25. Watanabe, T., Ohhashi, S., Itoh, A., Kitajima, C., Fujita, S., 1984b. Effect of nutritional composition of diets on chemical components of red sea bream broodstock and eggs produced. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(3), 503–515.
26. Watanabe, T., Itoh, A., Murakami, A., Tsukashima, Y., 1984c. Effect of nutritional quality of diets given to broodstocks on the verge of spawning on reproduction of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(6), 1023–1028.
27. Watanabe, T., Takeuchi, T., Saito, M., Nishimura, K., 1984d. Effect of low protein–high calorie or essential fatty acid deficiency diet on reproduction of Rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(7), 1207–1215.
28. Watanabe, T., Itoh, A., Satoh, S., Kitajima, C., Fujita, S., 1985a. Effect of dietary protein levels on chemical components of eggs produced by red sea bream broodstock. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(9), 1501–1509.
29. Watanabe, T., Koizumi, T., Suzuki, H., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T., Tsukashima, Y., 1985b. Improvement of quality of red sea bream eggs by feeding broodstock on a diet containing cuttlefish meal or raw krill shortly before spawning. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(9), 1511–1521.
30. Watanabe, T., Lee, M., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., 12. Coutteau, P., Sorgeloos, P., 1995. Intercalibration exercise on the qualitative and quantitative analysis of fatty acids in *Artemia* and marine samples used in mariculture. International Council for the exploration of the sea, Copenhagen, Denmark.
13. FAO statistic annual., 2018. (<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>).
14. Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., Vergara, J., 1995. Effect of *n*-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132, 325–337.
15. Fontagné-Dicharry, S., Alami-Durante, H., Aragão, C., Kaushik, S.J., Geurden, I., 2017. Parental and early-feeding effects of dietary methionine in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 469, 16–27.
16. Harel, M., Tandler, A., Kissil, G.W., 1992. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream *S. aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality. *Isr. Journal of Aquaculture Bamidgeh*, 44(4), 127 (Only abstract).
17. Harris, L.E., 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. *Aquaculture*, 43, 179–183.
18. Irani, A., Agh, N., 2020. Rainbow trout larvae production in an airlift-based recirculating system. *Aquaculture* 518, 734831. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734831>.
19. Izquierdo, M.S., Fernández-Palacios, H., Tacon, A.G.J., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197, 25–42.
20. Lavens, P., Sorgeloos, P., 1996. The manual on production and use of live food in aquaculture. FAO Fisheries Department publications, FAO, Rome.
21. Lazzarotto, V., Corraze, G., Larroquet, L., Mazurais, D., Médale, F., 2016. Does broodstock nutritional history affect the response of progeny to different first-

- Yoshida, N., Kitada, T., Arakawa, T., 1991a. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(4), 681–694.
31. Watanabe, T., Fujimura, T., Lee, M.J., Fukusho, K., Satoh, S., Takeuchi, T., 1991b, Effect of polar and nonpolar lipids from krill on quality of eggs of red seabream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(4), 695–698.
32. Webster, C.D., Lim, C.E.m., 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, 448p.
33. Wouters, R., Zambrano, B., Espin, M., Calderon, J., Lavens, P., Sorgeloos, P., 2002. Experimental broodstock diets as partial fresh food substitutes in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition, 8, 249-256.