"مقاله پژوهشی"

تاثیر پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر کیفیت تخم‌ها

ناصر آق[1*] عبدالجبار ایرانی[1]

۱. پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۰

چکیده

قزل‌آلای رنگین‌کمان 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؛ به‌همین دلیل در این پژوهش تاثیر افزودن پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت تخم‌ها موردبررسی قرارگرفت. مولدین ابتدا به‌مدت چهارماه با غذای تجاری تغذیه شدند. سپس از جیره‌های آزمایشی برای تغذیه ماهیان استفاده‌گردید. 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 تیمار۵ درصد با سایر تیمارها و با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$). ازنظر 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 زنجیره‌بلند با چند پیوند دوگانه سری n-۳ در تمامی تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P<0.05$). باتوجه به نتایج مثبت مربوط به تیمار ۵٪، افزودن پنج درصدی پودر آرتمیا به جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند کمک شایانی به افزایش کیفیت تخم در مراکز تکثیر این ماهی نماید.

کلمات کلیدی: آرتمیا، ترکیب اسیدهای چرب، کیفیت تخم

* عهده‌دار مکاتبات (✉). n.agh@urmia.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی است، به‌طوری‌که حدود ۲ درصد کل تولیدات آبزی‌پروری 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 رسیده‌است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶). باوجود افزایش کمی تولید تخم، بچه‌ماهی و ماهیان اندازه بازاری، در زمینه ارتقای کیفیت تخم‌ها و لاروهای این گونه، طی سال‌های گذشته توفیق چندانی حاصل نشده است. یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در پرروش 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 درنتیجه افزایش بازده یک کارگاه تکثیر ماهی قزل‌آلا به‌حساب می‌آید، به‌طوری‌که رشد و نمو گنادهای مولدین به‌شدت به کیفیت تغذیه آن‌ها به‌ویژه حدود ۳-۲ 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، نیازهایی غذایی مولدین به‌ویژه در ماهیان تجاری خوراکی کم‌تر موردبررسی قرارگرفته (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 این‌که 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 تاثیر 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*., 1984a,b,c; Watanabe *et al*., 1985a,b). 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- Ferna´ndez-Palacios *et al*., 1995). محتوی کارتنوئیدی جیره غذایی مولدین نیز در رشد و نمو طبیعی جنین و لارو ماهیان بسیار تاثیرگذاراست (Torrissen and Christiansen, 1995) و بین رنگ‌بندی تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان و بقای آن‌ها همبستگی مثبت گزارش شده‌است (Harris, 1984).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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؛ به‌گونه‌ای‌که 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 تخم‌گشایی می‌شود. جیره غذایی با پروتئین کم و انرژی زیاد در تولیدمثل ماهی شانک قرمز تاثیر منفی داشته‌است (Watanabe *et al*., 1984d).

آرتمیا در صنعت آبزی‌پروری برای گونه‌های مختلف ماهیان و سخت‌پوستان به‌صورت سیست کپسول‌زدایی شده، ناپلیوس، متاناپلیوس،آرتمیای جوان و بالغ زنده و همچنین به‌صورت زی‌توده خشک و منجمد مورداستفاده 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 مورداستفاده قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در کشورهای تولیدکننده اصلی میگو، به‌ویژه در برخی کشورهای آسیای جنوب شرقی، پرورش میگو در تمام مراحل تولید کاملاً به آرتمیا 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 ازجمله قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز بهره جست. به‌همین‌دلیل در این مطالعه،اثرات جایگزینی پودر ماهی با درصدهای مختلف پودر آرتمیا در جیره غذایی مولدین برکیفیت تخم‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و نگهداری مولدین

ماهیان مولد موردنیاز از یک کارگاه تکثیر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع دراستان آذربایجان غربی تهیه شد. تعداد ۲۵ ماهی مولد ماده و۱۰مولد نر سالم، با خصوصیات ظاهری مناسب، هم‌سن (۴ ساله) و تقریباً هم‌اندازه انتخاب شد. مولدین پس از انتقال به پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری 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 درنظر 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 ـ ۷/۶ میلی‌گرم در لیتر، درجه حرارت ۱۵/۳ ـ ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد وpH در دامنه ۷/۸ ـ ۷/۲ بود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

از آنجا که تحقیق حاضر در خارج از فصل تولیدمثل قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام گرفت، برای جلو انداختن دوره تخم‌ریزی مولدین از تکنیک تغییر رژیم نوری استفاده شد. ماهیان مولد در یک دوره شش ماهه، در شرایط نوری کنترل‌شده نگهداری شدند.

به‌گونه‌ای که در سه ماهه نخست، رژیم روزبلند (۱۸ ساعت روشنایی/۶ ساعت تاریکی) و در سه ماهه دوم، رژیم نوری روزکوتاه (۶ ساعت روشنایی/۱۸ ساعت تاریکی) برقرارشد (Bromage *et al*., 2001).

تهیه جیره‌های آزمایشی و غذادهی

مولدین در چهار ماه ابتدای دوره، با غذای تجاری BFT (غذای ویژه مولدین قزل‌آلا) به مقدار ۱/۵ درصد وزن بدن تغذیه شدند. از ماه پنجم به‌بعد جیره‌های آزمایشی مورداستفاده قرارگرفتند. به‌طوری‌که پودرآرتمیا به مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین پودر ماهی شد (جدول ۱). غذای ساخته‌شده، به‌صورت پلت‌های ۱/۵ـ۱ سانتی‌متری درآمد و در یخچال نگهداری‌شد. بررسی انجام‌شده بعد از ساخت غذا نشان داد که خوراک آزمایشی ازنظر غوطه‌وری، سرعت سقوط و مدت زمان دوام در داخل آب درحد مطلوب بودند.

جدول ۱: نوع و مقدار اجزای غذایی استفاده‌شده برای ساخت جیره‌های آزمایشی (٪)

اقلام غذایی	تیمار۱ (۵٪)	تیمار۲ (۱۰٪)	تیمار۳ (۲۰٪)	تیمار۴ (۳۰٪)	شاهد
پودر ماهی	۴۸/۶۹	۴۶/۱۳	۴۱/۰۱	۳۵/۸۸	۵۱/۲۵
پودر آرتمیا	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
آنتی‌اکسیدان	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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

تکثیر، لقاح و نگه‌داری تخم‌ها

مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان بعد از ماه پنجم دوره نوری، به‌صورت هفتگی ازنظر رسیدگی جنسی موردبررسی قرارگرفتند. 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 میلی‌گرم 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 حدود۲۰ 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 قرارگرفت. 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 Coutteau و Sorgeloos (۱۹۹۵) انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل 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 ($P<۰/۰۵$) استفاده شد و درصورت وجود اختلاف معنی‌دار، تست تعقیبی دانکن برای تفکیک گروه‌ها به‌کار 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.

ازنظر میانگین طول کل (بین ۴/۱±۵۰ و ۲/۸±۵۳ سانتی‌متر) و وزن کل بدن مولدین (بین ۰/۳۴±۱/۷ و ۰/۵±۲/۱ کیلوگرم) در تیمارهای آزمایشی، اختلاف

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

آماری وجود نداشت (P>۰/۰۵). وزن کل تخمک‌های تولیدشده (۵۰±۳۱۷ گرم) و وزن تخمک‌های تولیدشده به‌ازای هرکیلوگرم وزن بدن ماهی (۳۶±۱۵۶ گرم) در تیمار ۱ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها و گروه شاهد بود (P<۰/۰۵)، درصورتی‌که سایر تیمارها باهم و نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. بیشترین مقدار هم‌آوری مطلق (۱۴۸۲±۴۹۱۵ عدد) و هم‌آوری نسبی (۳۹۳±۲۳۷۸ عدد در هر کیلوگرم وزن ماهی) نیز مربوط به ماهیان تیمار ۱ بود که با سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). از لحاظ تعداد تخمک در گرم و قطر تخمک که به‌ترتیب بین ۲/۵±۱۵/۳ - ۲/۱±۱۲/۵ عدد و بین ۰/۳۵±۴/۸۵ - ۰/۲±۴/۶۵ میلی‌متر متغیر بود، در گروه‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

آنالیز بیوشیمیایی تخمک‌ها نشان داد که مقادیر پروتئین کل بین ۳/۱±۶۹/۶ - ۱/۲±۶۶ درصد و مقادیر چربی کل بین ۰/۷±۱۶/۵۸ - ۰/۷±۱۴/۱۴ درصد در گروه‌های مختلف متغیر بود و اختلاف معنی‌داری در میان آن‌ها وجود نداشت (P>۰/۰۵). بیشترین درصد لقاح مربوط به تیمار ۱ (۰/۶±۹۹ درصد) بود که به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد (۲/۵±۹۱ درصد) اختلاف داشت (P<۰/۰۵) تخم‌ها در دمای حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ - ۱۱ روز بعد از لقاح به مرحله چشم‌زدگی رسیدند (جدول ۲). درصد چشم‌زدگی تیمار ۱ (۱/۲±۹۸ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها و گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری باهم نشان ندادند، اما همه تیمارها نسبت به گروه شاهد (۲/۲±۸۲ درصد) اختلاف معنی‌داری داشتند. حدود ۲۱ - ۲۰ روز بعد از لقاح، تخم‌گشایی آغاز شد و طی ۳ - ۲ روز تمامی لاروها از تخم بیرون آمدند. بالاترین درصد تفریخ مربوط به تیمار ۱ (۲±۹۶/۵ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار تفریخ در گروه شاهد (۴/۳±۶۷ درصد) مشاهده شد که نسبت به همه تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

بررسی و تجزیه‌وتحلیل آماری ترکیب و درصد اسیدهای چرب تخم‌ها (جدول ۳) نشان داد که کم‌ترین مقدار (۱/۱۳±۱۳/۸۷ درصد) اسیدهای چرب اشباع (SFA[1])مربوط به تخم‌های تیمار ۱ بود (P<۰/۰۵)، درصورتی‌که سایر تیمارها (بین ۲/۷۱±۱۶/۶۱ و ۱/۹۵±۱۷/۱۸ درصد) باهم و با گروه شاهد (۲/۳۵ ± ۱۷/۶۷ درصد) اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵). مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA[2]) در تماهی تیمارها (بین ۴/۵۵±۳۵/۶۳ و ۳/۹۴±۴۰/۹۲ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد (۳/۶۷±۲۵/۱۹ درصد) بود، اما میان تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

ازنظر اسیدهای چرب ۱۸ کربنه با دو پیوند دوگانه سری ۶-n (C18:2N6) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و گروه شاهد وجود نداشت (P>۰/۰۵). ازنظر اسیدهای چرب C18:3n3 و

[1] Saturated fatty acid
[2] Monounsaturated fatty acid

C20:2n6، تمامی تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (P>۰/۰۵) و بیشترین مقدار آن‌ها، مربوط به تخم‌های تیمار ۴ (به‌ترتیب ۰/۱۵±۳/۳۱ و ۰/۴۱±۵/۳۹ درصد) بود (جدول ۳).

مقدار اسید چرب آراشیدونیک اسید[۱](C20:4n6) در تیمار ۱ (۰/۵۵±۴/۶۴ درصد) نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (P>۰/۰۵)، درصورتی‌که سایر تیمارها نسبت به هم و نسبت به گروه شاهد اختلاف آماری نداشتند (P>۰/۰۵). از نظر مقادیر اسیدچرب ایکوزاترینوئیک اسید[۲](C20:3n3)، تمامی تیمارهای آزمایشی (بین ۰/۰۴±۰/۳۷ و ۰/۱۰±۰/۷۷ درصد) نسبت به گروه شاهد (۰/۰۳±۰/۲۵ درصد) اختلاف معنی‌داری نشان دادند (P>۰/۰۵). بیشترین مقدار ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA[۳]) مربوط به تخم‌های تیمار ۱ بود (۰/۱۴ ± ۱/۶۵ درصد) که نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (P>۰/۰۵). مقدار آن در گروه شاهد ۰/۰۲ ± ۰/۱۷ درصد بود که به‌طورمعنی‌داری کمتر از تمام تیمارهای آزمایشی بود (P>۰/۰۵). مقادیردکوزاهگزانوئیک اسید (DHA[۴]) در همه گروه‌های آزمایشی کم بود (بین ۰/۰۴ ± ۰/۴۱ و ۰/۰۷ ±۰/۵۶ درصد) و اختلاف آماری بین آن‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

ازنظرکل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه (PUFA[۵]) و همچنین کل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه سری n-۶ (PUFA-n-6)، بین تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵)، درصورتی‌که مقادیر کل اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه سری n-۳ (PUFA-n3)، در تمامی تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد (۰/۱۵±۱/۳۷ درصد) بود و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۴ (۰/۹۱±۷/۵۹ درصد) بود (جدول ۳).

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

جدول ۲: خصوصیات زیستی مولدین و شاخص‌های کیفی تخم‌های تیمارهای مختلف*

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

*داده‌ها به صورت انحراف معیار±میانگین ارائه شده است.**وزن تخمک (گرم) به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن ماهی.***تعداد کل تخمک‌های تولیدشده توسط یک مولد.****تعداد تخمک‌های تولیدشده به ازای هرکیلوگرم وزن بدن ماهی. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در هر ردیف است (P<۰/۰۵).

جدول ۳: ترکیب و درصد اسیدهای چرب تخم‌های حاصل از مولدین تغذیه‌شده با مقادیر مختلف پودر آرتمیا*

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

* داده‌هابه‌صورت میانگین±انحراف معیار هستند. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در هر ردیف است (P<۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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 طوری‌که رشدونمو بهینه و بقای جنین و لارو آزادماهیان کاملا به آن وابسته است. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کاملا ثابت شده است که مواد مغذی ذخیره‌شده در تخمک تحت تاثیر جیره غذایی مولدین قرار می‌گیرد (Cleveland *et al.*, 2019; Fontagne-Dicharry *et al.*, 2017). زی‌توده تازه آرتمیا به‌عنوان منبع خوبی برای پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای چرب فوق غیر اشباع به‌حساب می‌آید، اما محتوی بالای آب (تقریباً ۹۰ درصد) و آنزیم‌های پروتولیتیک آن باعث فساد زودهنگام آرتمیا می‌شود (Anh *et al.*, 2015). به‌همین دلیل برای نگهداری بلندمدت زی‌توده آرتمیا، آن‌را خشک می‌کنند. مطالعات نشان داده است که زی‌توده خشک‌شده آرتمیا می‌تواند در جیره غذایی پست‌لارو میگو مورداستفاده 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، به‌طوری‌که مقدار تخمک تولیدشده، هم‌آوری، درصد لقاح، مقدار تخم‌های چشم‌زده و تفریخ‌شده تحت‌تاثیر تیمارهای آزمایشی قرارگرفت. تحقیقات مختلف نشان داده‌است که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، عملکرد تولیدمثلی تحت تاثیر شرایط تغذیه مولدین قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که رژیم غذایی بر میزان هم‌آوری، ترکیب شیمیایی تخم، و رشدونمو جنین تاثیر می‌گذارد (شهبازی ناصر آباد و همکاران، ۱۳۹۲). میزان هم‌آوری به‌معنی 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)، به‌همین دلیل در تحقیق حاضر از مولدین هم‌سن و تقریبا هم‌اندازه استفاده شد. بیشترین مقدار تخم تولیدی هر ماهی (۵۰±۳۱۷ گرم) و تخم تولیدی به‌ازای هرکیلوگرم وزن ماهی (۳۶±۱۵۶ 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 به‌ترتیب ۱۸۹/۵ گرم و ۱۱۸/۲ گرم بر کیلوگرم بوده است، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. مقدار تخم تولیدشده در مطالعه Fontagné-Dicharry و همکاران (۲۰۱۷) در مولدین ۲/۳۸-۱/۹۲ کیلوگرمی بین ۲۹۵-۱۸۹ گرم بوده است که نسبت به تیمار ۵ درصد تحقیق حاضر پائین‌تر بوده است. اما مقدار هم‌آوری مطلق گزارش‌شده توسط محققان بالا (بین ۱۲۸۸±۵۶۹۳ عدد) در مقایسه با مطالعه حاضر (۱۴۸۲±۴۹۱۵ عدد) بیشتر بوده که احتمالا به‌خاطر تفاوت در اندازه تخمک‌های بوده است؛ چراکه حداکثر قطر تخمک در مطالعه بالا ۰/۴±۴/۴ میلی‌متر و در مطالعه حاضر ۰/۲۵±۴/۷۹ میلی‌متر بود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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).

ازآنجاکه 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، احتمالا 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، ازنظر اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه اختلاف چندانی بین تیمارها وجود نداشت و ازنظر مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه سری ۳-n، تیمار ۳۰٪ از مقادیر بالاتری برخوردار بود، درصورتی‌که تخم‌های تیمار ۵٪ کیفیت بهتری داشتند. علت آن‌را 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 سرطلایی (*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 سرطلایی 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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 خصوصا ریاست وقت بخش که در انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشته اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. احمدنیا مطلق، ح.، توحیدیان‌فر، ی.، محمدی آشنانی، م.ح.، نفیسی بهابادی، م.، زارع خفری، م.، ۱۳۹۲. بررسی هماوری و کیفیت تخم در ارتباط با برخی پارامترهای زیستی در ماهی قزل‌آلای (*Oncorhynchus mykiss*) رنگین‌کمان. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵ (۲)، ۱۳۳-۱۲۷.

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 هماوری 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 وبرنامه‌ریزی 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 آبزی 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 آبزی 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 practicaldiets 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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. Torrissen, 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. Ferna´ndez-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., Ferna´ndez-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-

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]

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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.7.4]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.1]