

## جنبه‌های مختلف تکثیر و الگوی رشد لاروی کپورماهیان زینتی با تأکید بر

### ماهی طلایی معمولی و دم پروانه‌ای (*Carassius auratus*)

امیر عظیمی<sup>۱</sup>، سید حامد موسوی ثابت<sup>۲\*</sup>، حمید فغانی لنگرودی<sup>۱</sup>، سهیل ایگدری<sup>۳</sup>، امیررضا عابد  
علم‌دوست<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه تکثیر و پرورش آبزیان، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

<sup>۲</sup>گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

<sup>۳</sup>گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷

#### چکیده

ماهی قرمز (*Carassius auratus*) متعلق به خانواده کپورماهیان و راسته کپورماهی شکلان یکی از محبوب‌ترین گونه‌های ماهی زینتی در جهان بوده که مورد تقاضای روز افزون بازار جهانی است. این گونه یک ماهی ایده‌آل برای مطالعه عملکرد تولیدمثل است و به‌عنوان مدل زیستی برای سایر کپورماهیان در نظر گرفته می‌شود. در سال‌های اخیر نژادهای متعدد این گونه با رنگ‌های مختلف و الگوهای متنوع باله به بازار عرضه شده است، علاوه بر گلدفیش معمولی و دم پروانه‌ای، برخی از محبوب‌ترین وریت‌های آن شامل Oranda، Comet، Fantail، Black Moor و Shubunkin، Ryukin می‌باشد. به‌طور کلی فیزیولوژی تولیدمثل ماهی با عوامل متعددی در ارتباط است. از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر کیفیت تولیدمثل این گونه، می‌توان به کیفیت آب و تغذیه مولدین اشاره کرد. با توجه به جایگاه اقتصادی گونه گلدفیش و اهمیت موفقیت در تکثیر و تأمین لارو این ماهی، این مطالعه به بررسی جنبه‌های مختلف تولیدمثلی آن پرداخته است.

**کلید واژگان:** *Carassius auratus*، ماهی زینتی، کپورماهیان، اکواریوم، ماهی طلایی

## مقدمه

در سال‌های اخیر، علاقه فزاینده به ماهیان آکواریومی به دلیل نیاز حداقلی ماهیان به توجه و فضا در مقایسه با سایر حیوانات خانگی، منجر به گسترش تجارت آن شده است (Mondal et al., 2018). ماهیان آکواریومی علاوه بر جنبه زینتی، به عنوان طعمه برای ماهیان شکارچی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، که این مسئله بر اهمیت آن‌ها به عنوان گونه‌های تجاری سودمند می‌افزاید. ماهیان زینتی با رشد سالانه بیش از ۱۰ درصد، یکی از سریع‌ترین بخش‌های در حال رشد در شیلات در دنیا است. به طور کلی تجارت جهانی ماهیان زینتی حدود ۹ میلیارد دلار است که ۸۵ درصد آن متعلق به گونه‌های آب شیرین و بقیه آن را گونه‌های دریایی تشکیل می‌دهد (Mondal et al., 2018). حدود ۳۰۰ نوع ماهی زینتی آب شیرین در بازار وجود دارد که با نام‌های تجاری مختلف به فروش می‌رسند (Nico et al., 2018).

ماهی طلائی، حوض یا گلدفیش *Carassius auratus* متعلق به خانواده کپورماهیان، یکی از مهم‌ترین گونه‌های ماهی زینتی شناخته شده در جهان بوده و سالانه بخش زیادی از تکثیر و پرورش این گروه از ماهیان را به خود اختصاص می‌دهد (Tizkar et al., 2013). این گونه که قدمت آن به چین باستان برمی‌گردد از لحاظ زیستی و تغذیه‌ای شبیه کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) است و به دلیل اندازه متوسطی که دارد، یک گونه ایده‌آل برای تحقیقات آزمایشگاهی در مباحث تولیدمثل (Stacey et al., 2001)، ژنتیک (Yuen et al., 1997)، غدد درون‌ریز (Kobayashi et al., 2002)، سم‌شناسی (Szczerbik et al., 2006) و ایمونولوژی (Wang et al., 2006) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تولیدمثل در ماهیان توسط محور HPG (هیپوتالاموس، هیپوفیز، گناد) کنترل می‌شود، بدین صورت که هیپوتالاموس، هورمون آزادکننده گنادوتروپین که بر هیپوفیز پیشین اثر گذاشته را آزاد می‌کند و موجب ترشح گنادوتروپین‌ها می‌شود. این هورمون‌ها با اثرگذاری بر غدد جنسی گامت‌زایی و تولید هورمون‌های جنسی را موجب می‌شوند. تمام مهره‌داران، از جمله ماهیان، گنادوتروپین‌ها (GH)، هورمون لوتئینی (LH) و هورمون محرک فولیکول (FSH) را از غده هیپوفیز ترشح می‌کنند که تنظیم‌کننده

اصلی تولیدمثل و رشد گناد هستند. در ماهی، مراحل اولیه گامتوزن، مانند اسپرماتوزن و ویتلوزن، توسط FSH تنظیم می‌شود، در حالی که فرآیند بلوغ نهایی، مانند تخمک‌گذاری، بلوغ تخمک و تولید اسپرم، تابع LH می‌باشد (Kobayashi et al., 2006; Yaron et al., 2003). استفاده از هورمون‌ها برای غلبه بر مشکلات تولیدمثل ماهیان از اوایل دهه ۱۹۳۰ آغاز شد، زمانی که برای اولین بار عصاره هیپوفیز در آرژانتین تولید شد. این هورمون به یک ماهی زنده‌زا برای زایمان زودرس تزریق شد. پس از آن در سال ۱۹۳۴، برزیلی‌ها موفق به استفاده از عصاره هیپوفیز برای تکثیر مصنوعی شدند. بعدها این روش در آمریکا و در روسیه نیز دنبال شد. در هند اولین تلاش برای تکثیر مصنوعی در سال ۱۹۳۷ بر روی گونه *Cirrhinus mrigala* انجام شد (Mondal et al., 2018) و در سال ۱۹۵۵ برای کپورماهیان کوچک (*Pseudeutropius* و *Esomus danricus*) نیز به کار برده شد (Paul and Chanda, 2014). ماهی قرمز با تجویز گنادوتروپین جفتی انسانی توسط Reddy و همکاران (۱۹۹۰) تکثیر یافت. با شروع استفاده از هورمون‌ها در آبی‌پروری، این روش در ایران نیز به صورت تحقیقاتی و کاربردی در کارگاه‌های تکثیر مورد استفاده قرار گرفت (فریدپاک، ۱۳۶۱). ماهی گلدفیش از نظر اقتصادی با ارزش بوده و مورد تقاضای روز افزون بازار جهانی است، بنابراین موفقیت در امر تکثیر و تأمین لارو این ماهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Sandford, 2003). به علاوه این گونه به دلیل در دسترس بودن و امکان به دست آوردن تعداد زیاد تخم از مولدین، یک ماهی ایده‌آل برای مطالعه عملکرد تولیدمثل می‌باشد (Sorensen et al., 2018). با توجه به اهمیت این گونه، در این مطالعه به جنبه‌های مختلف تکثیر ماهی گلدفیش پرداخته شده است. از آنجا که *Carassius auratus* به عنوان مدل زیستی برای سایر کپورماهیان در نظر گرفته می‌شود (Simmons et al., 2017, Mangiamele et al., 2017)، مطالب ارائه شده در این مقاله برای سایر کپورماهیان زینتی نیز مفید و قابل تعمیم خواهد بود.

**ریخت‌شناسی و پراکنش:** وضعیت آرایه‌شناسی گونه گلدفیش در جدول ۱ آورده شده است. این ماهی در شرایط مطلوب تا ۳۲ سال عمر می‌کند. بیشترین اندازه طول کل برای این گونه ۵۰۸ میلی‌متر ثبت شده است و برخی منابع

جدول ۱- جایگاه آرایه‌شناسی ماهی طلائی *C. auratus* (صیدگر و همکاران، ۱۳۹۴)

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Actinopterygii                    | کلاس باله شعاعی داران |
| Cypriniformes                     | راسته کپورماهی شکلان  |
| Cyprinidae                        | خانواده کپورماهیان    |
| <i>Carassius</i>                  | جنس کاراس             |
| <i>C. auratus</i> (Linnaeus 1758) | گونه ماهی قرمز        |

Mouludi-Saleh et al., Eagderi et al., 2022؛ ۱۳۹۷؛ محدود به پراکنش این ماهی در اروپا در حال گسترش است و به‌عنوان گونه غالب در آب‌های راکد با جریان آهسته شناخته شده است، بنابراین این گونه برای جوامع ماهیان بومی به‌عنوان گونه خطرناک شناخته می‌شود (Crivelli, 1995).

**زیست‌شناسی و تولیدمثل:** ماهی قرمز یک گونه سردآبی و ساکن آب شیرین است، در محیط‌های گرمسیری به‌راحتی زندگی می‌کند و قادر است تغییرات گسترده دمای آب را تحمل کند. ماهی گلدفیش به‌طور طبیعی در سال دوم به بلوغ می‌رسد. در مناطق نیمه‌گرمسیری تولیدمثل آن‌ها به‌طور طبیعی دو بار در سال، در ماه‌های فوریه-مارس و سپتامبر-اکتبر است (Mondal et al., 2018). در فصل تخم‌ریزی مولدین نر و ماده براساس مجموعه ویژگی‌هایی از یکدیگر قابل تفکیک می‌باشند که در جدول ۲ ارائه شده است. رفتار تولیدمثلی این ماهی بدین‌گونه است که در شروع فصل تخم‌ریزی مولدین نر و ماده به‌صورت جفت حرکت کرده، نرها در زیر ناحیه خلفی ماده قرار می‌گیرند و مولدین ماده را دنبال می‌کنند. این دنبال کردن ممکن است از چند ساعت تا چندین روز ادامه یابد. زمان تخم‌ریزی این گونه در مناطق کم عمق در میان گیاهان بوده و از لحاظ زمانی قبل از سپیده دم می‌باشد. تخمکی که توسط مولد ماده رها می‌شود توسط اسپرم‌های مولد نر بارور می‌شود. تخم‌های این گونه معمولاً دارای قابلیت چسبندگی بوده و به گیاهان آبی می‌چسبند (Thomas, 2003).

به‌طور کلی ماهیان پرورشی به سه روش طبیعی، مصنوعی و نیمه‌مصنوعی قابل تکثیر می‌باشند. ماهیان آب شیرین در اسارت می‌توانند به‌صورت خود به خود، بدون تحریک هورمونی یا با تحریک هورمونی تولیدمثل کنند (Yaron et al., 2009). تولیدمثل کپورماهیان وحشی مانند (Targon'ska et al., *Aspius aspius* (L.))

اندازه طول استاندارد این گونه را تا ۴۱۰ میلی‌متر گزارش داده‌اند (رادخواه و ایگدری، ۱۳۹۷). ماهی طلائی در ابتدا دارای رنگ نقره‌ای یا خاکستری بوده، یک جهش ژنتیکی، رنگ نارنجی مایل به زرد را در این گونه ایجاد کرد. رنگ نمونه‌های وحشی آن قهوه‌ای، سبزی‌تونی، خاکستری و طلائی با رگه‌های مشکی است، درحالی‌که نمونه‌هایی که برای پرورش استفاده می‌شوند دارای رنگ قرمز مایل به زرد، قرمز مایل به صورتی یا نقره‌ای است (رادخواه و ایگدری، ۱۳۹۷). در سال‌های اخیر به‌دلیل پیشرفت در پرورش انتخابی و هیبریداسیون، ارقام متعدد با رنگ‌های مختلف و الگوهای متنوع باله و شکل از این گونه به بازار عرضه شده است. برخی از محبوب‌ترین وریده‌های این گونه شامل Fantail، Comet، Oranda، Ryukin، Shubunkin و Black Moor می‌باشد. از جمله ویژگی‌های ظاهری این گونه می‌توان به بدن قطور، ساقه دم ضخیم و کوتاه، موقعیت دهانی انتهایی و مورب و فک بالا بدون سیبلیک اشاره کرد. ماهی قرمز از لحاظ ویژگی‌های شمارشی دارای ۳ تا ۴ شعاع باله پشتی، ۱۴ تا ۲۰ شعاع نرم باله پشتی، ۲ تا ۳ شعاع باله مخرجی، ۴ تا ۷ شعاع نرم باله مخرجی، ۱۷ شعاع نرم باله سینه‌ای، ۹-۸ شعاع نرم باله شکمی و ۲۹-۲۶ فلس روی خط جانبی و ۳۰ مهره در ستون مهره است (رادخواه و ایگدری، ۱۳۹۷).

زیستگاه ماهی طلائی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، حوضچه‌ها و آبگیرهای راکد با جریان آهسته آب می‌باشد (Coad, 2016). ماهی طلائی در اکثر حوضه‌های آبی ایران از نواحی اترک، گرگان، قره‌سو، تجن، بابل، هزار، سرداب، ارس، تنکابن و سفیدرود گزارش شده است. همچنین گزارش‌هایی از تالاب انزلی، بوجاق، خلیج گرگان، آماگل، آلاگل، قره-چای، سد لیتان، دریاچه زیوار، رودخانه زاینده‌رود، حوضه خلیج، حوضه دشت لوت، حوضه تیگره و حوضه دریاچه ارومیه وجود دارد که نمایانگر پراکنش این گونه در اکثر حوضه‌های ایران است (عبدلی، ۱۳۷۸، رادخواه و ایگدری،

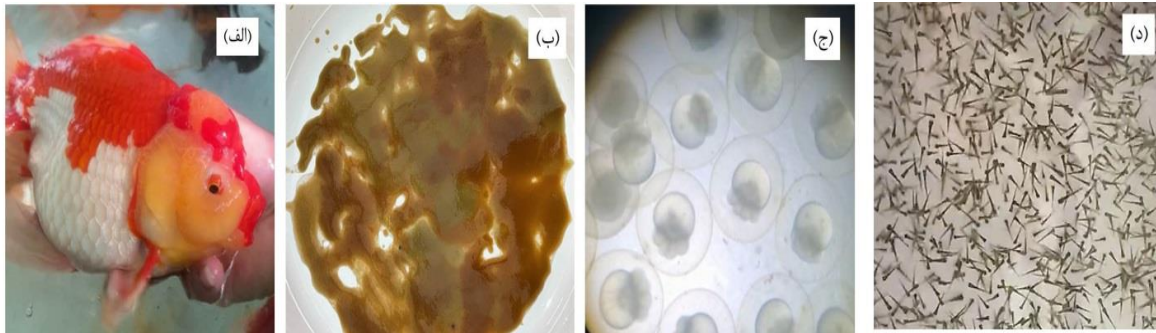
جدول ۲- ویژگی‌های مولد نر و ماده ماهی طلائی (Thomas, 2003)

| مولد ماده                                    | مولد نر   | صفت                     |
|--|---|-------------------------|
| فاقد برآمدگی در فصل تولیدمثل                 | بر روی سر، سرپوش آبششی، باله‌های سینه‌ای و سایر باله‌ها قابل مشاهده است | برآمدگی (Tubercles)     |
| بزرگ، چاق بدون برآمدگی و به‌طور کلی دایره‌ای | کوچک‌تر، باریک‌تر و سفت و ممکن است برجستگی داشته باشد                   | شکم                     |
| محدب و بزرگ و بیرون زده                      | طویل‌تر، مقعر و منفذ کوچک‌تر  | دهانه تناسلی            |
| لبه نازک‌تر و باله سینه‌ای گردتر             | لبه ضخیم‌تر و تیزتر   | اولین شعاع باله سینه‌ای |
| ضخیم‌تر                                      | باریک‌تر  | شعاع اصلی باله منخرجی   |
| چاق‌تر، کوتاه‌تر و از بالا نامتقارن          | باریک‌تر، بلندتر و از بالا متقارن                                       | شکل کلی بدن             |
| -  | دنبال کردن مولدین ماده  | رفتار                   |

ماهیان وجود دارد که به دو دسته سریع و کند قابل تقسیم می‌باشد (Crim, 1985). روش تزریق که از جمله روش‌های سریع محسوب می‌گردد به دو صورت قابل انجام است. تزریق داخل صفاقی که محل تزریق حفره بدن زیر باله شکمی یا سینه‌ای است و تزریق عضلانی که معمولاً در بخش پشتی بدن زیر باله پشتی قابل انجام است (حسین‌زاده صحافی و همکاران، ۱۳۹۸). برای گلدفیش معمولاً از روش تزریق عضلانی استفاده می‌شود. قبل از تزریق برای پیشگیری از عفونت، مولدین در محلول پرمنگنات پتاسیم (KMnO<sub>4</sub>) غوطه‌ور می‌شوند (Targonska and Kucharczyk, 2011). تزریق برای مولدین نر و ماده به‌صورت همزمان بوده و به‌طور میانگین پس از ۱۴ تا ۱۵ ساعت تخم‌کشی از ماده و اسپرم‌گیری از نر قابل انجام است. تخم‌کشی به‌صورت دستی و با فشار دادن دو طرف پهلو مولد ماده انجام می‌شود. در این روش به‌ازای هر مولد ماده از دو مولد نر اسپرم‌گیری صورت می‌گیرد. مخلوط کردن اسپرم‌ها و تخمک‌ها جهت جلوگیری از آسیب به آنها با استفاده از یک پر انجام می‌شود. برای رفع چسبندگی تخم‌ها از محلول کاربامید (حاوی ۴۰ درصد نمک و ۳۰ درصد اوره) استفاده می‌شود، بدین صورت که تخم‌ها به‌مدت ۲ ساعت با این محلول شستشو شده و چندین بار محلول کاربامید را آبکشی کرده و محلول جدید به آن اضافه می‌گردد و این کار تا زمانی رفع کامل چسبندگی ادامه می‌یابد. برای جلوگیری از قارچ زدگی تخم‌ها معمولاً از محلول‌های ضد قارچ مانند متیلن بلو استفاده می‌شود. در این مرحله درصد لقاح محاسبه می‌گردد. در مرحله بعد پس از آبکشی تخم‌ها با آب انکوباتور، تخم‌ها وارد انکوباتور شده و به‌طور میانگین پس از ۲ روز

Krejszeff et al., ) *Leuciscus idus* (L.) (2010)  
 Krejszeff et al., ) *Leuciscus cephalus* (L.) (2009)  
 Zarski et al., ) *Leuciscus leuciscus* (L.) (2008)  
 Kucharczyk et al., ) *Abramis brama* (L.) (2009)  
 Szabo et al., ) *Chondrostoma nasus* (2005) و  
 (2002) معمولاً به تحریک هورمونی نیاز دارد، و بدون آن، القای بلوغ نهایی گامت یا تخمک‌گذاری به ویژه در ماده‌ها گاهی غیرممکن است (Brzaska 2005; Targon ska et al., 2010). تحریک هورمونی در کپورماهیان اهلی و در برخی دیگر از ماهی‌ها مانند سوف (perch) یا بوربوت (Burbot)، درصد تخمک‌گذاری، همزمانی تخم‌ریزی و میزان تخم‌های تولید شده توسط ماده را افزایش می‌دهد (Krejszeff et al., 2009; Zarski et al., 2010). گونه گلدفیش نیز می‌تواند به‌طور خود به خود در شرایط مناسب تولیدمثل کند، اما گاهی این امکان را ندارد که فرآیند تخم‌ریزی را به‌درستی با سایر مولدین تطبیق دهد. از طرف دیگر یکی از مهمترین دغدغه‌ها در تکثیر کپورماهیان، دسترسی به گامت‌های با کیفیت است که پرورش‌دهنده‌گان را ترغیب به القا تخم‌ریزی با استفاده از هورمون می‌کند.

برای تکثیر گونه گلدفیش در کارگاه‌ها، ماهیان دارای ۸ تا ۱۵ ماه با محدوده وزن ۴۰ تا ۱۰۰ گرم می‌توانند به‌عنوان مولد مورد استفاده قرار گیرند (Mohanta et al., 2008). در تکثیر مصنوعی (شکل ۱) این گونه، مولدین نر و ماده در مخازن جداگانه‌ای نگهداری می‌شوند و القای تخمک‌گذاری با استفاده از هورمون‌تراپی بدین صورت است که قبل از شروع تکثیر، برای تعیین دوز هورمون مورد استفاده، وزن مولدین اندازه‌گیری می‌شود. روش‌های مختلف هورمون‌تراپی در



شکل ۱- مراحل تکثیر مصنوعی ماهی گلدفیش؛ مولد ماده آماده تخم‌کشی پس از هورمون‌تراپی (الف)، تخم‌های گرفته شده از مولد ماده (ب)، تخم‌ها لقاح یافته در حال تکوین در مرحله ۴ سلولی (ج) و لاروهای ماهی گلدفیش پس از تفریح (د).

تخم‌ریزی خارج می‌شوند (ایمانپور و کمالی، ۱۳۸۴). رنگ تخم‌های بارور شده شفاف و تخم‌های بارور نشده کدر می‌باشد. به‌طور معمول پس از پایان تخم‌گذاری، برای جلوگیری از سرایت آلودگی به تخم‌های بارور شده تخم‌های بارور نشده در اسرع وقت حذف می‌شوند. با توجه به مطالعات صورت گرفته تخم‌های بارور شده در فاصله زمانی ۱۸ ساعت تا ۴ روز بسته به دمای آب، تفریح می‌شوند (Mohanta et al., 2008; Targon and Kucharczyk, 2011).

از جمله هورمون‌هایی که برای القا رسیدگی جنسی ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل هموزنات هیپوفیز کپور (CPH)، گنادوتروپین کوریونی انسانی (HCG)، LHRH یا فرآورده‌های حاوی آنالوگ‌های گنادولبرین (GnRH) است. میزان تزریق گنادوتروپین کوریونی انسان به ماهیان مولد نر نصف تا یک چهارم مولد ماده است (Zohar and Constantinos, 2001). براساس مطالعه‌ای که توسط ایمانپور و کمالی (۱۳۸۴) انجام شد مناسب‌ترین دوز تزریق HCG جهت تکثیر مصنوعی ماهی قرمز برای نر و ماده به ترتیب ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ IU/Kg می‌باشد. استفاده هورمون HCG به‌صورت تزریق در عضله و زیر باله پشتی و ۱۲ ساعت قبل از لقاح قابل انجام است (Sarkar and Upadhyay, 2011). گنادوتروپین در کپورماهیان همراه با مهارکننده‌های دوپامین، مانند دومپریدون یا متوکلوپرامید تجویز می‌شود (صلواتیان و همکاران، ۱۴۰۱). از آنجا که دوپامین اثر مهارکننده‌ای بر آزادسازی GnRH در ماهی طلائی دارد، برای کنترل و جلوگیری از اثر بازدارندگی آن از متوکلوپرامید به‌عنوان آنتی‌دوپامین استفاده می‌شود (دادرس و همکاران، ۱۳۸۸). انواع مختلفی از آنتاگونیست‌های دوپامین مانند سولیپراید و

تخم‌ها تفریح شده و لارو ماهی از انکوباتور خارج و به آکواریوم‌های مخصوص لارو منتقل می‌شوند. پس از جذب کیسه زرده لارو، تغذیه آنها با استفاده از غذای زنده مانند ناپلی آرتمیا صورت می‌گیرد. در روش مصنوعی از هر کدام از مولدین به دفعات برای تخم‌گیری می‌توان استفاده کرد (Targon and Kucharczyk, 2011).

در روش نیمه مصنوعی مولدین نر و ماده پس از تزریق هورمون در یک مخزن قرار داده می‌شوند. زمان و تعداد دفعات تزریق برای هر یک از مولدین نر و ماده متفاوت است، برای مولدین ماده معمولاً تزریق هورمون یک روز قبل از تخم‌گیری و در یک نوبت انجام می‌شود، در صورتی که برای مولدین نر مقدار محاسبه شده هورمون در دو مرحله و با فاصله ۱۲ ساعت قابل انجام است. مولدین به‌صورت طبیعی با تعقیب و گریز و فشاری که مولد نر به پهلوی مولد ماده وارد می‌کند تخم‌ریزی بدون دخالت پرورش‌دهنده صورت می‌گیرد. پس از رهاسازی تخمک‌ها، مولد نر اسپرم‌ها را رهاسازی کرده و لقاح درون آب صورت می‌گیرد. در این روش نسبت مولدین ماده به نر بهتر است ۵ به ۷ باشد (Targon and Kucharczyk, 2011).

از آنجا که ماهی مولد گلدفیش عادت به خوردن تخم‌های خود دارد، هنگام تکثیر این گونه در کارگاه‌های پرورش ماهی، معمولاً تخم‌ها جمع‌آوری و به آکواریوم دیگر دور از دسترس مولدین انتقال داده می‌شوند. براساس مطالعات انجام شده هر مولد ماده سالم و بالغ قادر است حدود ۲۵۰۰-۳۰۰۰ تخم تولید کند (Targon and Kucharczyk, 2011). براساس برخی مطالعات، تعداد تخم‌های موجود در شکم مولدین از ۱۰۰۰۰۰ عدد می‌باشد و فقط تخمک‌هایی که به مخرج نزدیک‌تر هستند در زمان

این پاسخ را مهار می‌کند (Sarkar and Arora, 2001). مطالعات متعددی بر روی کپورماهیان نر و ماده نقش دوره نوری را به‌عنوان عامل محیطی موثر بر رشد گنادهای نشان داد (Maitra *et al.*, 2005). به‌طور مثال در مطالعه‌ای که توسط Sarkar و Upadhyay (۲۰۱۱) انجام شد، اثر دو دوره نوری متفاوت شامل: تیمار اول  $D10/L14$  و  $D19/L19$  و تیمار دوم  $D14/L10$  و  $D19/L5$  را بر روی گلدفیش-های پرورشی مورد بررسی قرار داد. براساس نتایج، تیمار نوری اول یعنی افزایش طول روز موجب افزایش شاخص GSI و تحریک تخم‌ریزی ماده‌ها در زمان کوتاه‌تر و به تعداد بیشتر نسبت به تیمار دوم و تیمارهایی با دوره نوری طبیعی شد (Sarkar and Upadhyay, 2011). به‌طور کلی دو فاکتور دما و دوره نور را می‌توان مسئول تکمیل گنادهای ماهی گلدفیش دانست. دوره نوری طولانی با رژیم‌های دمای گرم رشد بیضه‌ها و تخمدان‌ها را تحریک می‌کند. بنابراین، برای بلوغ نهایی غدد جنسی در این گونه یک دوره نوری طولانی در ترکیب با دمای بالا ضروری است (Sarkar and Upadhyay, 2011). محدوده دمایی متفاوتی برای تکثیر ماهی قرمز گزارش شده است. دمای مناسب برای رشد و پرورش این گونه بین  $23/6-15/5$  درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. برای تولیدمثل دمای ایده‌آل کمی بالاتر در محدوده  $23-20$  درجه سانتی‌گراد (Mohanta *et al.*, 2008) و گاهی تا  $25$  درجه سانتی‌گراد (Mondal *et al.*, 2018, Mohanta *et al.*, 2008) است. در برخی مطالعات دیگر محدوده دما رشد برای این گونه  $28-30$  درجه سانتی‌گراد و دمای بهینه برای تکثیر آن  $28$  درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Targon and Kucharczyk, 2011).

علاوه بر دما و نور، حفظ کیفیت آب برای پرورش موفق ماهیان زینتی از اهمیت بالایی برخوردار است. مهمترین پارامترهای کیفیت آب که باید در زمان تخم‌ریزی مورد توجه قرار گیرند شامل pH، اکسیژن محلول، دما، آمونیاک، سختی و قلیابیت (Mohanta *et al.*, 2008) است. اکسیژن محلول نه تنها برای تنفس ماهی بلکه برای حفظ کیفیت آب ضروری است چراکه بسیاری از واکنش‌های اکسایش-کاهش را کنترل می‌کند. هوادهی علاوه بر تأمین اکسیژن به دفع آمونیاک از آب و توزیع یکنواخت دما کمک می‌کند. به‌طور کلی بهتر است سطح اکسیژن محلول محیط پرورش

متوکلوپرامید ترشح GTH II را تحریک کرده و باعث ایجاد اوولاسیون در ماهیانی مانند گلدفیش، کپور و تیلاپیا می‌شود (دادرس و همکاران، ۱۳۸۸). مناسب‌ترین دوز برای تزریق MET+HCG در ماهی گلدفیش مقدار  $2000 \text{ IU/Kg} + 5 \text{ mg/Kg}$  با درصد جواب‌دهی ۸۰ درصد در ماهی گلدفیش می‌باشد. گاهی از هورمون‌های مصنوعی مانند WOVA-FH که ترکیبی از FSH و LH است در پرورش ماهی طلایی استفاده می‌شود. مقدار مناسب WOVA-FH به‌ازای هر  $25$  گرم مولدین بالغ  $0/1$  میلی‌گرم بوده که براساس مطالعات انجام شده موجب افزایش درصد تفریح ( $60\%$ ) و درصد زنده‌مانی ( $72\%$ ) در ماهیان القا شده می‌شود (Gnanamuthu and Balasubramanian, 2018). هورمون Ovotide (با ترکیب  $20 \text{ mcg Gonadorelin A}$  و  $10 \text{ mg Domperidone BP}$  و  $1/5$  درصد) نیز به‌ترتیب به‌مقدار  $0/5$  و  $0/2 \text{ ml/kg}$  وزن بدن برای مولدین ماده و نر برای القای تخم‌ریزی مفید می‌باشد (Targon and Kucharczyk, 2011) و موجب افزایش تعداد تخم‌های رها شده و نرخ تفریح بالا در ماهی قرمز می‌شود (Targon and Kucharczyk, 2011). پروستاگلاندین‌ها (PGs) نیز در تخمک‌گذاری، رفتار جنسی نر و ماده، ترشح گنادوتروپین دخیل هستند، بنابراین به‌طور قابل توجهی بر فیزیولوژی تولیدمثل ماهی تأثیر می‌گذارند (Jagtap, 2011). مطالعات نشان داده که پروستاگلاندین‌های کلپروستنتول (Cloprostetanol) و تیاپروست (Tiaprost) در تولیدمثل القایی در ماهی قرمز مؤثر می‌باشند (Jagtap, 2011).

**عوامل محیطی مؤثر بر تکثیر ماهی گلدفیش:** رشد و بلوغ ماهیان تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، تغذیه‌ای و پارامترهای محیطی است. درجه حرارت، طول دوره نوری و تراکم از جمله فاکتورهای محیطی مهم و تأثیرگذار بر رشد و تولیدمثل ماهیان به‌شمار می‌روند (Imsland *et al.*, 1995). در ماهیانی که به‌صورت فصلی تولیدمثل می‌کنند فواصل تخم‌ریزی با تغییرات در نشانه‌های محیطی مانند دوره نوری مرتبط است (Koger *et al.*, 1999). اگرچه نشانه‌هایی مانند تغییرات در عرضه غذا و دما نیز می‌توانند بر زمان‌بندی یک رویداد فصلی تأثیر بگذارند (Kumar, 1986). در مهره‌داران، طول روز طولانی باعث رشد تخمدان می‌شود، در حالی که طول روز کوتاه، تحریک

2001). موفقیت در آبی‌پروری در درجه اول به انتخاب یک خوراک مناسب بستگی دارد، چراکه باروری ماهی کاملاً به تغذیه آن وابسته است. براساس مطالعات انجام شده بهبود تغذیه در مولدین کیفیت گامت‌ها را بهبود می‌بخشد (Izquierdo *et al.*, 2001). اثر رنگدانه‌هایی مانند کاروتنوئید بر بهبود بلوغ جنسی در قزل‌آلا (Swingle, 1961) و میگو (Quinitio *et al.*, 1990; Harrison, 1995; Dall, 1997) و خرچنگ ماده (Linan-Cabello *et al.*, 2004) تأیید شده است. همچنین ثابت شده است که سطوح بالای آستاگزانتین (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌تواند عملکرد تولیدمثلی مولدین ماهی قرمز را بهبود بخشد (Tizkar, 2013) و تحرک، اسمولالیت، غلظت اسپرم و در نتیجه میزان لقاح را نیز افزایش دهد (Tizkar *et al.*, 2015). به‌طور کلی مکمل‌های غذایی با سطوح بالاتر آستاگزانتین و بتاکاروتن شاخص گنادوسوماتیک را در ماهی قرمز مولدین بالا می‌برد (Tizkar *et al.*, 2016) بنابراین استفاده از این رنگدانه‌ها در جیره مولدین ماهی قرمز توصیه می‌شود. در مقابل استفاده از کنجاله سویا در رژیم غذایی ماهی گلدفیش ممکن است باعث اختلال در بیوسنتز هورمون‌های جنسی و اختلالات تولیدمثل در آن‌ها و در نهایت باعث کاهش لقاح و همچنین کاهش میزان تفریح تخم‌ها شود (Bagheri *et al.*, 2013).

گیاه کاکائو (*Theobroma cacao*) یک آنتی‌اکسیدانی قوی بوده (Al-Khalafah *et al.*, 2020) و عصاره غنی شده آن با پلی‌فنل‌ها، بیان ژن‌های مختلف مرتبط با استرس اکسیداتیو را تنظیم می‌کند. این ماده قادر است جنین ماهی را از استرس اکسیداتیو القایی محافظت کند. عصاره کاکائو باعث تحریک فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در جنین و بافت ماهی بالغ می‌شود که نشان‌دهنده مکانیسم مشترک محافظت در طول رشد و بلوغ جنینی است. به‌علاوه، تغذیه با عصاره کاکائو طول عمر ماهی را افزایش می‌دهد (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2018)، جریان خون را بهبود بخشد و کلسترول را کاهش دهد. مکمل غذایی CBM حاوی عصاره کاکائو باعث افزایش سطح FSH، سطح سرمی تستوسترون و استرادیول در مولدین نر می‌شود (Al-Khalafah *et al.*, 2020). مکانیسمی که توسط آن کنجاله دانه کاکائو بر هورمون‌های تولیدمثلی تأثیر می‌گذارد ناشناخته است، اما ممکن است به محتوای اسید اسکوربیک

ماهیان پرورشی با هوادهی در سطح اشباع حفظ شود. باتوجه به گزارش‌های موجود، سطح مطلوب اکسیژن محلول برای پرورش این گونه بیش از ۵ تا ۶ ppm می‌باشد (Mohanta *et al.*, 2008). میزان اسیدیته (pH) با اندازه‌گیری غلظت یون هیدروژن در آب مشخص می‌شود. هر دو شرایط اسیدی و بازی آب بر متابولیسم و فرآیند فیزیولوژیکی ماهی تأثیر می‌گذارد. pH همچنین تأثیر قابل توجهی بر سمیت ناشی از آمونیاک و هیدروژن سولفید دارد. برای اهداف پرورشی، pH مناسب آب بین ۷/۵ تا ۸/۰ می‌باشد (Mohanta *et al.*, 2008). سختی آب در اثر نمک‌های محلول کلسیم و منیزیم، بی‌کربنات‌ها، کلریدها، سولفات‌ها و غیره ایجاد می‌شود که غلظت آنها با قلیائیت و pH مرتبط است و مقدار مناسب کل آن در آکواریوم بیشتر از ۴۰ ppm گزارش شده است (Mohanta *et al.*, 2008). این غلظت سختی کل به محافظت ماهی در برابر اثرات مضر نوسانات pH و یون‌های فلزی کمک می‌کند. ماهی طلائی به آمونیاک بسیار حساس بوده و محدوده بهینه آن در آکواریوم‌ها ۰/۰۵-۰/۰۲ ppm گزارش شده است. درحالی‌که غلظت نیتريت باید کمتر از ۰/۰۱ ppm باشد. سمیت نیتريت برای ماهی کمتر از آمونیاک یا نیتريت است و غلظت ترجیحی آن کمتر از ۲۰ ppm در محیط پرورش گلدفیش گزارش شده است (Mohanta *et al.*, 2008).

**اثر رژیم غذایی بر تولیدمثل:** همان‌طور که اشاره شد فیزیولوژی تولیدمثل ماهی با عوامل محیطی و تغذیه در ارتباط است (Reza *et al.*, 2013). یکی از مهم‌ترین‌های فاکتورهای اثرگذار بر کیفیت تخمک علاوه بر شرایط فیزیوشیمیایی آب، شرایط غذایی مولدین می‌باشد (ایمانپور و زادمجید، ۱۳۸۸). وضعیت تغذیه مولدین به‌طور قابل توجهی می‌تواند بلوغ تخمدان و عملکرد تولیدمثلی را تحت تأثیر قرار دهد (عادلایان و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طور کلی مولدین گلدفیش سه بار در روز غذای می‌شوند، در دو وعده صبح و شب، غذاهای زنده مانند کرم توبیفیکس (*tubifex*) و کرم خونی و در ظهر، تغذیه با غذاهای تجاری پیشنهاد شده است. میزان تغذیه برای این گونه ۱۰ درصد وزن بدن در روز می‌باشد (Mohanta *et al.*, 2008). ترکیبات جیره مولدین شامل چربی، پروتئین، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و کاراتنوئیدها تأثیر به‌سزایی بر مراحل مختلف تولیدمثل مانند هم‌آوری، لقاح و تفریح لارو دارد (Izaquierdo *et al.*, 2008).

شود و بدین ترتیب کیفیت تخمک را بهبود بخشد. افزودن مولتی آنزیم‌ها به جیره غذایی همچنین موجب افزایش تحرک اسپرم ماهی گلدفیش می‌شود. از آنجا که تحرک اسپرم رابطه مستقیم و مثبت با میزان لقاح دارد بنابراین افزایش آن درصد لقاح را افزایش می‌دهد (عادلیان و همکاران، ۱۳۹۸). علت آن را می‌توان به وجود آنزیم کربوهیدراز نسبت داد، این آنزیم با افزایش جذب کربوهیدرات‌ها، انرژی در دسترس اسپرم و در نهایت تحرک آن را افزایش می‌دهد (عادلیان و همکاران، ۱۳۹۸). براساس مطالعه عادلیان و همکاران (۱۳۹۸) سطح آنزیمی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی (حاوی سلولاز، آمیلاز، بتاگلوکاناز، همی سلولاز، پروتئاز، زایلاناز، آلکالین پروتئاز و لیپاز) بهترین عملکرد تولیدمثلی را ایجاد می‌کند.

#### الگوی رشد لاروهای حاصل از تکثیر: رشدشناسی یا

فردزایی به مطالعه تشکیل و نمو اندام‌های یک جاندار از زمان لقاح تخمک تا رشد کامل آن جاندار می‌پردازد. اگرچه این اصطلاح ممکن است برای مطالعه کل طول عمر یک جاندار هم بکار رود. دانشمندان با بررسی رشدشناسی داده‌های بیشتری درباره تاریخچه فرگشتی جانداران به دست می‌آورند. زیرا ویژگی‌های اجدادی، اغلب خود را در دوره نمو جاندار نمایان می‌کنند. تکوین اولیه در ماهیان به جهت اینکه ماهی در طی مراحل اولیه زندگی تغییرات ریختی و روندهای رشدی پیچیده‌ای را طی می‌کند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. این توسعه در طی مراحل اولیه تکوین، علاوه بر اینکه تحت تأثیر ژن است، از محیط نیز تأثیرپذیر است و در نتیجه سبب بروز فنوتیپ‌های مختلف با نسبت‌های رشد متفاوت به نام آلومتری می‌شود. آلومتری بیان می‌کند که چگونه یک ویژگی موجود، نسبت به سایر ویژگی‌ها و طول کل بدن تغییر می‌کند. از این رو آلومتری بیان‌کننده تغییرات اندازه یک ساختار نسبت به کل بدن بوده و می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات انتوتونیک در طی مراحل اولیه رشد و انعطاف‌پذیری ریختی در یک محیط خاص باشد. به‌همین دلیل، شناخت این روند یا روند تغییرات آلومتری رشد در طی مراحل اولیه رشد، به‌عنوان یک مقیاس برای بررسی و پذیرش آن، توسط سایر محققان به‌عنوان کیفیت مناسب ماهیان پرورشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که لارو ماهیان دارای شکلی متفاوت نسبت به افراد مسن‌تر خود هستند، این مدل بر این ایده استوار است که تفاوت‌های ریختی در نتیجه تفاوت در

عصاره دانه کاکائو نسبت داده شود. اسید اسکوربیک یک ماده مغذی مهم در عملکرد بافت تولیدمثل است به سنتز هورمون‌های استروئیدی کمک می‌کند (Cavalli et al., 2003). غلظت بالای اسید اسکوربیک با بافت غدد جنسی و مغز ماهیان استخوانی مرتبط است (Al-Khalafah et al., 2020). استفاده از این مکمل همچنین تأثیر مثبت بر عملکرد باروری مولدین ماده دارد، که ممکن است به ترکیب اسیدهای چرب شامل اسید اولئیک و اسید لینولئیک نسبت داده شود. بنابراین کنجاله دانه کاکائو را می‌توان به‌عنوان یک مکمل غذایی در رژیم غذایی ماهی قرمز برای بهبود عملکرد تولیدمثلی ماده و بافت‌شناسی گناد ماهی قرمز استفاده کرد. این مکمل همچنین هزینه نسبی خوراک ماهیان پرورشی را کاهش می‌دهد (Al-Khalafah et al., 2020).

افزودن پروبیوتیک *Bacillus subtilis* موجب بهبود وضعیت تولیدمثلی ماهیان آکواریومی می‌شود (Ghosh et al., 2007). تغذیه مولدین با پروبیوتیک‌ها می‌تواند سبب بازسازی و تقویت توازن میکروبی روده شده و با در دسترس قرار دادن مواد معدنی بر تولیدمثل ماهیان مؤثر باشد (Holzapfel et al., 1998). مطالعات نشان داده جیره‌های حاوی باکتری *Lactobacillus rhamnosus* در تغذیه گورخرماهی و killifish موجب افزایش اوولاسیون تخم و نرخ تفریح بالاتر و همچنین باعث افزایش مقادیر شاخص گنادوسوماتیک می‌شود (Gioacchini et al., 2011). پروبیوتیک‌ها یا تغییر فلور باکتریایی دستگاه گوارش بر شاخص‌های هم‌آوری و تولیدمثلی ماهیان اثرگذار است. مولتی آنزیم‌ها نیز با اثر بر جیره غذایی موجب بهبود کیفیت غذایی شده و شاخص گنادوسوماتیک و هم‌آوری را افزایش می‌دهد (عادلیان و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعات بسیاری در زمینه کاربرد آنزیم‌ها در جیره غذایی و اثرات آن بر تولیدمثل و رشد کپورماهیان انگشت قد (*Cyprinus carpio*) (Bogut et al., 1995)، تیلاپیا (*Oerochromis*) (Lin et al., 2007) و گربه‌ماهی افریقایی (*Clarias gariepinus*) (Yildirim and Turan, 2010) انجام شده است. به‌طور کلی آنزیم‌های پروتئاز، کربوهیدراز و لیپاز، انرژی در دسترس ماهی را افزایش داده و عملکرد تولیدمثلی آن را بهبود می‌بخشد. وجود لیپاز در رژیم غذایی باعث افزایش جذب چربی‌ها و در نتیجه افزایش لیپید موجود در تخمک

### نتیجه‌گیری کلی

ماهی طلایی یکی از محبوب‌ترین ماهی‌های زینتی در بین پرورش‌دهندگان ماهیان آکواریومی در سراسر جهان، به‌ویژه در کشورهای گرمسیری است. وریده‌های متنوعی از این گونه امروزه در بازار موجود است که از ذخایر والدینی که توسط پرورش‌دهندگان چینی، کره‌ای و ژاپنی ایجاد شده است، منشاء گرفته‌اند و نام‌های تجاری متفاوتی به آنها داده شده است. با توجه به تقاضای زیاد ماهی طلایی در بازارهای داخلی و بین‌المللی و پتانسیل‌های بالای پرورش آن در کشور، تکنولوژی پرورش آن نیاز به توجه و مطالعه بیشتر دارد. بررسی جنبه‌های مختلف تکثیر ماهی گلدفیش، که در این مقاله به چند مورد از آن اشاره شد، به توانمندسازی کارگاه‌های تولید لارو این گونه در کشور کمک شایانی خواهد کرد.

نرخ رشد بخش‌های مختلف می‌باشد که آلومتری خوانده می‌شود. آلومتری رشد در تابع توانی فوق به‌عنوان مدلی برای نمایش گرادیان رشد در یک موجود زنده بکار می‌رود و به‌عنوان پذیرفته‌شده‌ترین روش مطالعه الگوی رشد با استفاده از داده‌های فاصله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی الگوهای رشد آلومتری در لاروها و بچه‌ماهیان می‌توانند اهمیت و ترجیح تکوینی قسمت‌های مختلف بدن را به تصویر بکشند، زیرا فرض بر این است که گاه‌شناسی تغییرات آلومتری با گاه‌شناسی وقایع مهم در طی مراحل اولیه در ارتباط بوده و از طریق پاسخ آنتوژنتیک تکاملی به نیازهای اساسی بروز می‌کند.

### منابع

- ایمانپور م.ر.، کمالی ا. ۱۳۸۴. بررسی تکثیر مصنوعی و پرورش لاروهای ماهی قرمز *Carassius auratus gibelio* توسط HCG. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱۳(۲): ۱۱۳-۱۲۰.
- ایمانپور، م.ر.، دزادمجید، و.، ۱۳۸۸. مقدمه‌ای بر تکثیر ماهیان. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۹۰ صفحه.
- حسین‌زاده صحافی ه.، احمد نژاد م.، یلقی س. ۱۳۹۸. مروری بر هورمون‌های مورد استفاده در آبی پروری و انواع روش‌های تجویز هورمونی در ایران. *فصلنامه علوم آبی پروری پیشرفته*. ۳(۱): ۳۴-۱۷.
- دادرس، س.، زمینی ع.ع.، خارا ح.، فناعت پرست ا.، درویشی ص. ۱۳۸۸. مقایسه اثر تیمارهای هیپوفیزی با HCG و متوکلوپرامید در کارایی تکثیر مصنوعی ماهیان مولد سیم (*Abramis brama orientalis berg*, 1905). *مجله شیلات*. ۳(۳): ۶۴-۵۷.
- رادخواه ع.، ایگدری، س. ۱۳۹۷. معرفی ویژگی‌های زیستی ماهی قرمز (*Carassius auratus*, Linnaeus, 1785) در ایران و بررسی پتانسیل‌های تکثیر و پرورش آن، *آبزیان زینتی*. ۵(۲): ۱۱-۱.
- سیدگر، م.، حافظیه، م.، نکویی فرد ع. ۱۳۹۴. مقایسه تأثیر تغذیه به پریان میگو *Phallocryptus spinosa* و آرتیمیا *Artemia urimiana* بر مقدار رنگدانه‌های کاروتنوئیدی پوست ماهی گلدفیش *Carassius auratus*. *مجله علمی شیلات ایران*. ۳۴(۱): ۲۵-۱۳.
- صلواتیان، م.، کچلکی ط.، قربانی ص.ع.، امیری سندسی ا.، رضانی مامودانی م.ر. ۱۴۰۱. مروری بر فرایند تکثیر و پرورش ماهیان کوی (Koi fish) و جنبه‌های اقتصادی آن. *آبزیان زینتی*. ۹(۳): ۵۱-۳۷.
- عادلین، م.، ایمانپور، م.، تقی‌زاده، و.، مازندرانی، م. ۱۳۹۲. استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و تأثیر آن بر شاخص گنادوسوماتیک. دومین همایش ملی شیلات و آبزیان ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.
- عادلین م.، ایمانپور م.ر.، جعفری و. ۱۳۹۸. اثرات مولتی آنزیم کمبو درجیره غذایی بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و عملکرد تولیدمثل ماهی قرمز (*Carassius auratus gibelio*). *فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری*. ۱۱(۱): ۲۸۲-۲۷۳.
- عبدلی، ا. ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران، موزه طبیعت و حیات وحش ایران. تهران. ۳۷۸ صفحه.
- فریدپاک، ف. ۱۳۶۱. تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان گرم‌آبی - دستورالعمل اجرایی. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان، شرکت سهامی شیلات ایران، انتشارات روابط عمومی وزارت جهاد کشاورزی. ۲۱۳ ص.

- Al-Khalaifah H.S., Amer S.A., Al-Sadek D.M., Khalil A.A., Zaki E.M and El-Araby D.A. 2020.** Optimizing the Growth, Health, Reproductive Performance, and Gonadal Histology of Broodstock Fantail Goldfish (*Carassius auratus*, L.) by Dietary Cacao Bean Meal. *Animals* 10, 1808.
- Bagheri T., Imanpoor M.R., Jafari V., Bennetau-Pelissero C. 2013.** Reproductive impairment and endocrine disruption in goldfish by feeding diets containing soybean meal. *Animal Reproduction Science* 139, 136-144.
- Bogut I., Opačak, A., Stević I. 1995.** The Influence of Polyzymes Added to the Food on the Growth of Carp Fingerlings (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 129(1), 252-261.
- Brzuska E. 2005.** Artificial spawning of carp (*Cyprinus carpio* L.), differences between females of Polish strain 6 and Hungarian strain W treated with carp pituitary homogenate, Ovopel or Dagin. *Aquaculture Research* 36, 1015-1025.
- Crim L.W. 1985.** Methods for acute and chronic hormone administration in fish. In: C.-S. Lee and I.C. Liao (Editors), *Reproduction and Culture of Milkfish*. Oceanic Institute, Hawaii, and Tungking Marine Laboratory, Taiwan, pp. 1-13.
- Coad B.W. 2016.** Freshwater fishes of Iran. Available at: <http://www.briancoad.com> Accessed: May 2016.
- Crivelli A.J. 1995.** Are fish introductions a threat to endemic freshwater fishes in the northern Mediterranean region?. *Biological Conservation* 72, 311-319.
- Cavalli R.O., Batista F.M., Lavens P., Sorgeloos P., Nelis H.J., De Leenheer A.P. 2003.** Effect of dietary supplementation of vitamins C and E on maternal performance and larval quality of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 227, 131-146.
- Dall W. 1995.** Carotenoid versus retinoids (Vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semisulcatus*). *Marine Biology* 124, 209-213.
- Gnanamuthu G., Balasubramanian V. 2018.** Breeding of Gold Fish, *Carassius auratus* Using Wova-FH. *World Journal of Zoology* 13(1), 01-03.
- Ghosh S., Sinha A., Sahu C. 2007.** Effect of probiotic on reproductive performance in female livebearing ornamental fish. *Aquaculture Research* 38, 518-526.
- Gioacchini G., Lombardo F., Merrifield D.L., Silvi S., Cresci A., Avella M.A., Carnevali O. 2011.** Effects of Probiotics on Zebrafish Reproduction. *Journal of Aquaculture Research & Development* S1, 002.
- Harrison K.E. 1997.** Broodstock nutrition and maturation diets. In: *Crustacean Nutrition*, Vol. 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, pp. 390-408.
- Holzappel W.H., Haberer P., Snel J., Schillinger U., Huis in't Veld J. 1998.** Overview of gut flora and probiotics. *International Journal of Food Microbiology* 41, 85-101.
- Imsland A.K., Folkuord A., Stefansson S.O. 1995.** Growth oxygen consumption and activity of juvenile turbo + (*Scophthalmus maximus* L) reared under different temperature and photoperiod. *Netherlands Journal of Sea Research* 34(1-3), 149-159.
- Izquierdo M.S., Fernandez-Palacios H., Tacon A.G.J. 2001.** Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197, 25-42
- Jagtap H.S. 2011.** Comparative study on induction of spawning in goldfish (*Carassius auratus*) by prostaglandins & other inducing agents. *Indian Journal of Science and Technology* 4(8), 225-226.
- Kobayashi M., Sorensen P.W., Stacey N.E. 2002.** Hormonal and pheromonal control of spawning behavior in the goldfish. *Fish physiology and Biochemistry* 26, 71-84.
- Kobayashi M., Morita T., Ikeguchi K., Yoshizaki G., Suzuki T., Watabe S. 2006.** In vivo biological activity of recombinant goldfish gonadotropins produced by baculovirus in silkworm larvae. *Aquaculture* 256, 433-442.
- Krejszef S., Targon´ska K., Zarski D., Kucharczyk D. 2009.** Domestication affects spawning of the ide (*Leuciscus idus*) – preliminary study. *Aquaculture* 295, 145-147.
- Krejszef S., Kucharczyk D., Kupren K., Targon´ska K., Mamcarz A., Kujawa R., Kaczkowski Z., Ratajski S. 2008.** Reproduction of chub, *Leuciscus cephalus* L., under controlled conditions. *Aquaculture Research* 39, 907-912.
- Koger C.S., The, S.J., Hinton D.E. 1999.** Variation of light and temperature regimes and resulting effect on reproductive parameters. *Biology of Reproduction* 51, 1287-1294.

- Kumar V. 1986.** The Photoperiodic entrainment and induction of reproductive rhythms in male black headed buntings (*Scopthalmus maximus* L.) reared under different temperature and photoperiods. pp. 149-159.
- Kucharczyk D., Kujawa R., Mamcarz A., Targon´ska-Dietrich K., Wyzomirska E., Glogowski J., Babiak I., Szabo T., 2005.** Induced spawning in bream (*Abramis brama* L.) using pellets containing LHRH. *Czech Journal of Animal Science* 50(3), 89-95.
- Lin Sh., Kangsen M., Beiping T. 2007.** Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in Tilapia, *Oreochromis Niloticus*×*O. aureus*. *Aquaculture Research* 38(15), 1645-1653.
- Linan-Cabello M.A., Medina-Zendejas R., Sanchez-Barajas M., Herrera A.M. 2004.** Effects of carotenoids and retinol in oocyte maturation of crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Research* 35, 905-911.
- Mohanta K.N., Subramanian S., Komarpant Nand Nirmale A.V. 2008.** Breeding of Gold fish. Technical Bulletin No: 16, ICAR Research Complex for Goa (Indian Council of Agricultural Research), Ela, Old Goa- 403 402, Goa, India
- Mondal A., Singh P., Mondal M., Singh M., Tripathi G., Tripathi G.S. 2018.** Comparative study of gold fish (*Carassius auratus*) breeding via induced and natural breeding. *International Journal of Chemical Studies* 6(6), 1940-1944.
- Maitra S.K., Bhattacharya S., Dey R. 2005.** Importance of photoperiods in the regulation of ovarian activities in Indian carp *Catla catla* in an annual cycle. *Journal of Biological Rhythms* 20(2), 145-148.
- Mangiamele, L.A.; Gomez, J.R., Curtis, N.J. 2017.** Thompson, R.R. GPER/GPR30, a membrane estrogen receptor, is expressed in the brain and retina of a social fish (*Carassius auratus*) and colocalizes with isotocin. *Journal of Comparative Neurology* 525(2), 252-270.
- Nico L.G., Schofield P.J., Larson J., Makled T.H., Fusaro A. Carassius auratus** (Linnaeus, 1758): U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database Gainesville F.L. 2018. [https://nas.er.usgs.gov/queries/fact\\_sheet.aspx?SpeciesID=508](https://nas.er.usgs.gov/queries/fact_sheet.aspx?SpeciesID=508), Revision Date: 6/4/2018, Peer Review Date: 4/1/2016, Access Date: 12/6/2018
- Paul M., Chanda M. 2014.** Induced Breeding of Carps. <https://www.researchgate.net/publication/261994048>. University of Calcutta.
- Quinitio E.T., Hara A., Yamauchi K., Fuji A. 1990.** Isolation and haracterization of vitellin from the ovary of *Penaeus monodon*. *Invertebrate Reproduction & Development* 17, 221-227.
- Reza A., Rakhi S., Hossen M., Takahashi K., Hossain Z. 2013.** Enhancement of reproductive performances of Gangetic lea\_sh, *Nandus nandus* through up regulation of serum Ca<sup>2+</sup> concentration, improved morphological alteration of liver and ovary with dietary polyunsaturated fatty acids. *Fish Physiology and Biochemistry* 39, 779-791.
- Reddy P.S.R., Subramanian R., Baskar I.S., Shenoy A.S. 1990.** Elambarithy B. Induced breeding of goldfish, *Carassius auratus* with human chorionic gonadotropin. In: Special Publication Carp Seed Production Technology (P. Keshavanath and K. V. Radhakrishnan, eds.), College of Fisheries, Mangalore 2, 21-23.
- Simmons D., McCallum E., Balshine S., Chandramouli B., Cosgrove J., Sherry J. 2017.** Reduced anxiety is associated with the accumulation of six serotonin reuptake inhibitors in wastewater treatment effluent exposed goldfish *Carassius auratus*. *Scientific Reports* 7, 1-11.
- Stacey N., Fraser E.J., Sorensen P., van derKraak G. 2001.** Milt production in goldfish: regulation by multiple social stimuli. *Comp Biochem Physiol*, 130C, 467-476.
- Sarkar A., Upadhyay B. 2011.** Role of Photoperiod in Enhancement of Reproduction in Goldfish (*Carassius auratus*). *Asian Journal of Experimental Biological Sciences* 2(3), 544-547.
- Sarkar A., Arora M.P. 2001.** Role of Photoperiod on seasonal ovarian development of Red headed bunting *Emberiza bruniceps*. *Journal of Experimental Zoology* 4(1):9-20.
- Sorensen P.W., Appelt C., Stacey N.E., Goetz F.W., Brash A.R. 2018.** High levels of circulating prostaglandin F<sub>2α</sub> associated with ovulation stimulate female sexual receptivity and spawning behavior in the goldfish (*Carassius auratus*). *General and Comparative Endocrinology* 267, 128-136.
- Sánchez-Sánchez A.V., Leal-Tassias A., Rodriguez-Sanchez N., Piquer-Gil M., Martorell P., Genovés, S., Acosta C., Burks D., Ramon D., Mullor J.L. 2018.** Use of Medaka Fish as Vertebrate

- Model to Study the Effect of Cocoa Polyphenols in the Resistance to Oxidative Stress and Life Span Extension. *Rejuvenation Research* 21, 323-332.
- Swingle H.S. 1961.** Relationships of pH of pond waters to their suitability for fish culture. *Proceedings of Pacific Science Congress* 10, 72-75.
- Sandford G. 2003.** Aquarium owners manual. Dorling Kindersley. United Kingdom.
- Szczerbik P., Mikołajczyk T., Sokołowska-Mikołajczyk M., Socha M., Chyb J., Epler P. 2006.** Influence of long-term exposure to dietary cadmium on growth, maturation and reproduction of goldfish (subspecies: Prussian carp *Carassius auratus gibelio* B.). *Aquatic Toxicology* 77, 126-135.
- Szabo T., Medgyasszay C., Horváth L. 2002.** Ovulation induction in nase (*Chondrostoma nasus*, Cyprinidae) using pituitary extract or GnRH analogue combined with domperidone. *Aquaculture* 203, 389-395.
- Targonska K., Kucharczyk D. 2011.** The Application of hCG, CPH and Ovopel in Successful Artificial Reproduction of Goldfish (*Carassius auratus auratus*) Under Controlled Conditions. *Reproduction in Domestic Animals* 46, 651-655
- Targon´ska K., Kucharczyk D., Kujawa R., Mamcarz A., Zarski D. 2010.** Controlled reproduction of asp, *Aspius aspius* (L.) using luteinizing hormone releasing hormone (LHRH) analogues with dopamine inhibitors. *Aquaculture* 306, 407-410.
- Thomas PC. Book, 2003.** Breeding and Seed Production of Fin Fish and Shell Fish, Daya Publishing House, published on.
- Tizkar B. 2013.** The Effects of Dietary Supplementation of Astaxanthin and B-caroten on the Reproductive Performance and Egg Quality of Female Goldfish (*Carassius auratus*). *Caspian Journal of Environmental Sciences* 11, 217-231.
- Tizkar B., Kazemi R., Alipour A., Seidavi A., Naseralavi G., Ponce-Palafox J.T. 2015.** Effects of dietary supplementation with astaxanthin and  $\beta$ -carotene on the semen quality of goldfish (*Carassius auratus*). *Theriogenology* 84, 1111-1117.
- Tizkar B., Soudagar M., Bahmani M., Hosseini S.A., Chamani M., Seidavi A., Sühnel S., Ponce-Palafox J.T. 2016.** Effects of dietary astaxanthin and  $\beta$ -carotene on gonadosomatic and hepatosomatic indices, gonad and liver composition in goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) broodstocks. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44, 363-370.
- Wang R., Neuman R.F., Shen Q., Belosevic M. 2006.** Establishment and characterization of a macrophage cell line from the goldfish. *Aquatic Toxicology* 77, 126-135.
- Yildirim Y.B., Turan F. 2010.** Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in African Catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9(2), 327-331.
- Yaron Z., Gur G., Melamed P., Rosenfeld H., Elizur A., Levavi-Sivan B. 2003.** Regulation of fish gonadotropins. *International Review of Cytology* 225, 131-185.
- Yuen T.T.H., Mok P.Y., Chow B.K.C., 1997.** Molecular cloning of a cDNA encoding proglucagon from goldfish, *Carassius auratus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 17, 223-230.
- Zarski D., Kucharczyk D., Targon´ska K., Jamróz M., Krejszef S., Mamcarz A. 2009.** Application of Ovopel, Ovaprim and their combination in artificial reproduction of two rheophilic cyprinid fishes. *Polish Journal of Natural Sciences* 24(4), 235-244.
- Zarski D., Kucharczyk D., Sasinowski W., Targon´ska K., Mamcarz A. 2010.** The influence of temperature on successful reproduction of burbot *Lota lota* L. under the hatchery conditions. *Polish Journal of Natural Sciences* 25(1), 93-105.
- Zohar Y., Constantinou C.M. 2001.** Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 197, 99-136.

**Various aspects of reproduction and larval growth patterns in ornamental carps with emphasis on common and butterfly-tail goldfish (*Carassius auratus*)**

**Amir Azimi<sup>1</sup>, Hamed Mousavi Sabet<sup>2\*</sup>, Hamid Faghani-Langroudi<sup>1</sup>, Soheil Eagderi<sup>3</sup>, Amirreza Abed-Elmdoust<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Department of Fisheries, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

<sup>2</sup>Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.

<sup>3</sup>Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

\*Corresponding author: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

**Received: 26.Apr.2024**

**Accepted: 3.June.2024**

**Abstract**

Goldfish (*Carassius auratus*) (Cypriniformes, Cyprinidae) is one of the most popular ornamental fish species and is in high demand in the global market. It is an ideal model for studying reproductive performance particularly valuable for understanding the biology of other species. In addition to common and butterfly-tail goldfish, the goldfish market has introduced numerous strains with diverse colors and fin patterns, such as Fantail, Comet, Oranda, Ryukin, Shubunkin, and Black Moor. In general, the physiology of fish reproduction is influenced by various factors. The most important factors are water quality and breeder nutrition. Given the economic significance of the goldfish and the importance of successful reproduction and larval provision, this study explores multiple aspects of goldfish reproduction.

**Keywords:** *Carassius auratus*, Ornamental fish, Cyprinidae, Aquarium, Goldfish