University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 6, No. 3, 2020, pages: 25-36

Histological study of alimentary canal in Binni (*Mesopotamichthys sharpeyi*) during the early developmental stages

Elnaz Kiarsi Alikhani[1], Soheil Eagderi[*1], Hadi poorbagher[1], Mohammad Amini[2]

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Department of Fisheries, Faculty of Environment and Natural Resources, Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Khuzistan, Iran

Received 02 June 2020 Accepted 31 September 2020

KEYWORDS

Histology

Ontogeny

Embryonic stage

Digestive system

Binni

Early stage

ABSTRACT

Study of fishes' alimentary canal ontogeny is important to understand their nutritional requirements during their early development and is a research priority for candidate species in aquaculture. Therefore, this work was conducted to study the early development of the Binni fish's (*Mesopotamichthys sharpeyi*) alimentary canal using histological method. A total of 200 larvae and fry were sampled from hatching up to 41 day post hatching (DPH), and then histological sections were prepared using paraffin method and staining with hematoxylin-eosin. Based on the results, mouth opening, exogenous feeding and the esophagus development covered with a cuboid epithelium were happened on 3 DPH, and the emergence of the gill arches on the 4 DPH. The complete absorption of the yolk sacs was lasted until the 4 DPH. The developmental characteristics of Binni fish during its early stages indicated the concurrence of biological structures with their needs. In addition, these ontogenic changes were similar to those of other cyprinid's digestive system.

*Corresponding author: soheil.eagderi@ut.ac.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۳۶-۲۵

"مقاله پژوهشی"

بافت‌شناسی لوله گوارش ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) در طی مراحل اولیه تکوین

الناز کیارسی علیخانی [۱]، سهیل ایگدری*[۱]، هادی پورباقر [۱]، محمد امینی [۲]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز

۲- گروه شیلات، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا، بهبهان، خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

شناخت تکوین دستگاه تغذیه ماهیان اهمیت بالایی در درک نیازهای غذایی آن‌ها در مراحل اولیه زندگی دارد و از جمله اولویت‌های تحقیقاتی در مورد گونه‌های جدید برای پرورش است. از این‌رو، این تحقیق به منظور مطالعه تکوین اولیه لوله گوارش ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) با استفاده از روش بافت‌شناسی اجرا شد. در مجموع، تعداد ۲۰۰ نوزاد و بچه‌ماهی از زمان تخم‌گشایی تا ۴۱ روز پس از آن نمونه‌برداری و به روش پارافینه و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین مقاطع بافتی از آن‌ها تهیه شد. بر اساس نتایج، در ماهی بنی باز شدن حفره دهانی، شروع تغذیه خارجی و توسعه مری با بافت پوششی مکعبی مطبق در روز سوم بعد از تخم‌گشایی و ظهور کمان‌های آبششی در روز چهارم پس از تخم‌گشایی صورت گرفت. جذب کامل کیسه زرده تا روز چهارم به‌طول انجامید. ویژگی‌های تکوین ماهی بنی در مراحل اولیه بیان‌گر همزمانی ساختارهای زیستی با نیازهای آنها بود. همچنین، روند این تغییرات به دستگاه گوارش دیگر کپورماهیان شباهت داشت.

کلمات کلیدی

بافت‌شناسی

فردزایی

مرحله جنینی

دستگاه گوارش

ماهی بنی

مراحل اولیه

نویسنده مسئول: soheil.eagderi@ut.ac.ir

مقدمه

تمایز فرآیندی سریع و پیچیده در انتوژنی ماهیان است که در آن، نوزادان تازه تخم‌گشایی شده دچار تغییر در شکل بدن، سوخت وساز، توانایی شنا و رفتار می‌شوند. به عبارت دیگر، در زمانی نسبتاً کوتاه به یک موجود جـوان تبدیل می‌شوند. در تکوین اولیه، بیش‌تر ساختارهای عملکردی ماهیان بعد از تخم‌گشایی توسعه پیدا نکرده‌اند. از این رو، پیش نوزادان بعد از تخم‌گشایی دچار مجموعه‌ای از تغییرات ریختی پیچیده می‌شوند (Gisbert et al. 2014). اطلاعات مربوط به تکوین ریختی و الگوهای رشد ماهیان در مدیریت آبزی‌پروری اهمیت زیادی دارد (Gisbert et al. 2002)، زیرا تغییرات عملکردی در مرحله نوزادی ماهیان عمدتاً به توسعه قابلیت شنا و دستگاه‌های حسی، تغذیه‌ای و تنفسی مرتبط است که باعث توسعه قابلیت ماهی برای اشغال دامنه وسیعی از زیستگاه‌ها شده و در نتیجه، بر بقا و پراکنش آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Gisbert, 1999). بنابراین، بررسی روند تغییرات شکل بدن و تکوین دستگاه گوارشی در طی مراحل اولیه رشد نوزاد، از ضـروریات آبـزی‌پـروری گونه‌های جدید است.

ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) از گونه‌های بومی کشور است و در ایران در رودخانه‌های کارون، کرخه، بهمنشیر، تالاب هورالعظیم و هور شادگان یافت می‌شود. این ماهی در قسمت پایین‌دست رودخانه‌ها زندگی می‌کند. زیستگاه اصلی ماهی بنی در استان خوزستان، منطقه هورالعظیم است. این گونه در اواسط اسفندماه برای تخم‌ریزی از هور به قسمت پایین‌دست رودخانه‌های منتهی به هور از جمله رود کرخه مهاجرت کرده و در مناطق کم عمق آن که دارای پوشش گیاهی است، تخم‌ریزی می کند و در اواخر فروردین ماه به هورالعظیم برمی‌گردد (شریفیان، ۱۳۹۴). این ماهی در مراحل اولیه زندگی خود، فیتوپلانکتون‌خوار است (شریفیان، ۱۳۹۳).

ماهی بنی به دلیل رشد نسبتاً مناسب و تحمل شرایط نامساعد محیطی و ارزش اقتصادی بالا دارای اهمیت زیاد است. تلاش‌های گسترده‌ای برای تکثیر و پرورش این گونه به انجام رسیده و موفقیت‌آمیز نیز بوده است (شریفیان، ۱۳۹۳). ماهی بنی در مناطق جنوبی کشور به‌خصوص در خوزستان از محبوبیت خاص برخوردار است و به عنوان یکی از منابع مهم تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز اهالی این مناطق محسوب می‌شود. بازارپسندی این ماهی از یک سو و استفاده از آلات صید مخرب از سوی دیگر بقای نسل این ماهی با ارزش اقتصادی را به مخاطره انداخته است. بنابراین، تکثیر و رهاسازی آن در برنامه بازسازی ذخایر توسط سازمان شیلات ایران در حال انجام است (مطلبی و شریف روحانی، ۱۳۹۰).

مطالعات متعددی در مورد زیست‌شناسی و تکثیر و پرورش ماهی بنی در ایران انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به پرورش توأم ماهی بنی با شیربت و اردک (محمد صالحی و همکاران، ۱۳۹۴)، پرورش تـوأم ماهی بنی و کپورماهیان چینی و مقایسه اقتصادی آن با روش پرورش مرسوم (بساک کاهکش و همکاران، ۱۳۹۸)، برخی خصوصیات زیستی ماهی بنی در تالاب شادگان (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۳)، زیست-فناوری تکثیر مصنوعی و پرورش نـوزاد بـنی (حمیدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵)، تأثـیر هورمون‌های مصنوعی در تکثیر ماهی بنی (بساک کاهکش، ۱۳۸۲)، تعیین تراکم ماهی بنی در کارگاه پرورش چند گونه‌ای (بساک کاهکش، ۱۳۸۴) و بررسی الگوی رشد آلومتری و تغییرات ریختی ماهی بنی (کیارسی علیخانی و همکاران، ۱۳۹۸) اشاره کرد. با توجه به قدمت تکثیر و پرورش این گونه در ایران، تاکنون مطالعه در مورد تکوین دستگاه گوارش آن در مراحل اولیه تکوین انجام نشده است. شناخت شکل‌گیری ساختار تغذیه‌ای ماهیان به خصوص دستگاه گوارش، به درک بهتر نیازهای تغذیه‌ای آن‌ها کمک می‌کند. همچنین، تحلیل تغییرات تکوینی دستگاه گوارش در طی مراحل ابتدایی زندگی ماهی برای طراحی راهبرد تغذیه‌ای و فرمول‌بندی غذایی ضروری به‌نظر می‌رسد (Verreth and Segner, 1995). از این‌رو، با توجه به اهمیت شناخت مراحل تکوین نوزادی این گونه با ارزش، این تحقیق با هدف بررسی تکوین بافتی دستگاه گوارش ماهی بنی در طی مراحل اولیه تکوین به اجرا درآمد. نتایج این مطالعه در بهبود شرایط پرورشی و درک بهتر نیازهای تغذیه‌ای این گونه در حال بازسازی کاربرد خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

شرایط و روش نمونه‌برداری

در کارگاه ماهیان بومی سوسنگرد (مرکز تکثیر مصنوعی

ماهیان بومی در ایران)، تعداد ۱۰ قطعه ماهی ماده بنی با میانگین وزنی ۱۶۰۰ گرم بعد از تزریق هیپوفیز به صورت مصنوعی تکثیر شدند. از ماهیان مولد ماده پس از تخم‌کشی و انجام لقاح، تخم‌های متورم و آب کشیده به انکوباتورهای ویس ۱۰-۸ لیتری به میزان ۷۰۰-۵۰۰ میلی‌لیتر منتقل شدند (Zohar and Mylonas, 2001). دوره تخم‌گشایی ۴-۳ روز طول کشید و نوزادان پس از تخم‌گشایی به یک مخزن جمع‌آوری ۲۰۰ لیتری منتقل شدند. در روز دوم پس از تخم‌گشایی همزمان با شروع تغذیه خارجی، نوزادان به استخرهای پرورش نوزادگاهی منتقل شدند. این استخرها قبلاً به منظور تولید غذای طبیعی کوددهی شده بودند. دمای آب، pH و اکسیژن محلول و شفافیت استخرها در طول دوره پرورش به‌ترتیب ۱/۶ ± ۲۴ درجه سانتی‌گراد، ۰/۴ ± ۷/۸ و ۱ ± ۶/۱ قسمت در هزار و ۳۵-۲۵ سانتی‌متر بود. شوری آب استخرها نیز ۱/۱-۰/۳ ppt بود. همزمان با معرفی نوزادان به استخر از روز پنجم توسط غذای مصنوعی پودری ماهی سفید خزری تا پایان دوره تغذیه شدند.

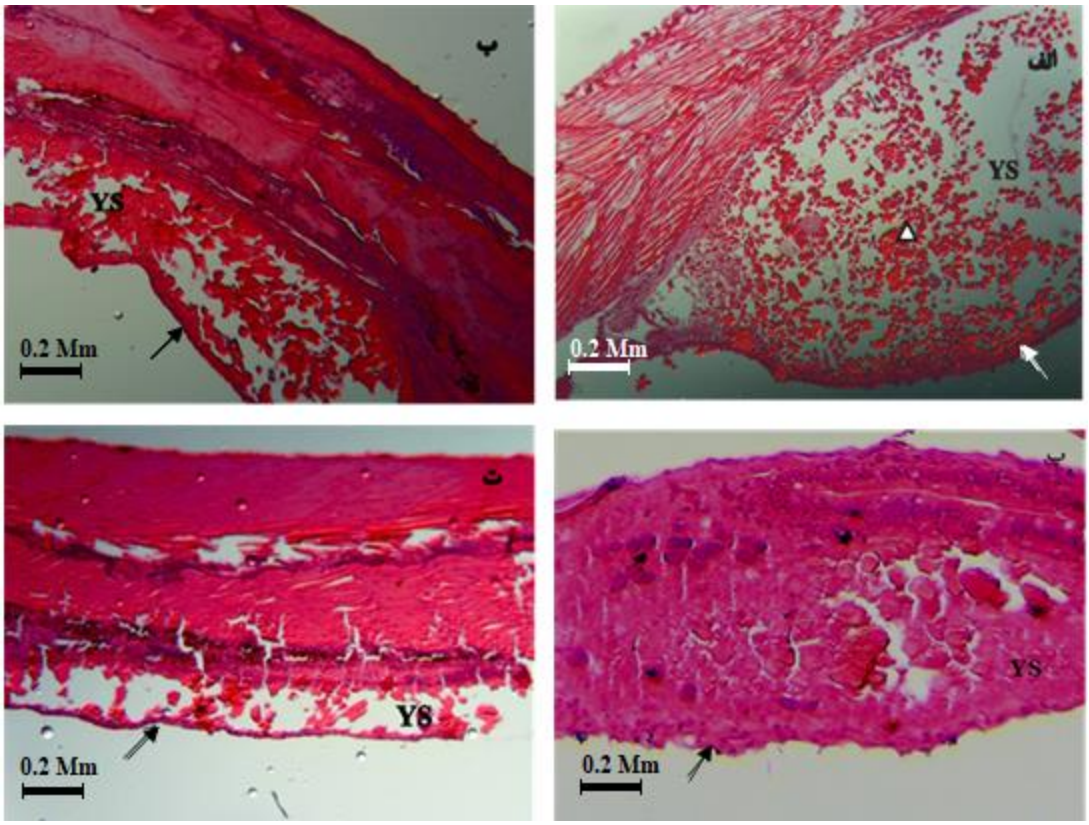
مطالعات بافت‌شناسی

از نوزادان در روزهای اول تا ۱۳ پس از تخم‌گشایی به صورت روزانه و سپس در روزهای ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۳، ۲۸، ۳۳ و ۴۱ به تعداد ۱۰ قطعه در هر بار نمونه‌برداری شد و در مجموع تعداد ۲۰۰ نمونه نوزادی و بچه ماهی در کل دوره جمع‌آوری شد (کیارسی علیخانی و همکاران، ۱۳۹۸). نمونه‌گیری‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی بود. نمونه‌ها از استخر پرورش نوزادگاهی با استفاده از ساچوک گرفته شدند. نوزادان بلافاصله پس از نمونه‌برداری در عصاره گل میخک بیهوش و سپس، در محلول فرمالین بافری ۴٪ تثبیت شدند. نمونه‌ها بعد از ۲۴ ساعت به منظور اجتناب از سفتی بافت به الکل ۷۲٪ درصد منتقل شدند. نمونه‌های تثبیت شده در ردیف الکلی ۸۰، ۸۰، ۹۶ و ۹۶٪ برای آب‌زدایی و پارافین مایع به منظور نفوذ پارافین به درون بافت در دستگاه عمل آوری بافت (تیشوپروسسور، شرکت دید سبز) فرآوری و سپس در پارافین قالب‌گیری شدند. از بافت‌ها توسط دستگاه میکروتوم، برش‌هایی با ضخامت ۵ تا ۶ میکرون تهیه و توسط رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند (پوستی، ۱۳۶۸). برای بررسی بافت دستگاه گوارش از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین دیجیتال Dino در بزرگنمایی‌های متفاوت استفاده و عکس‌برداری انجام شد.

نتایج

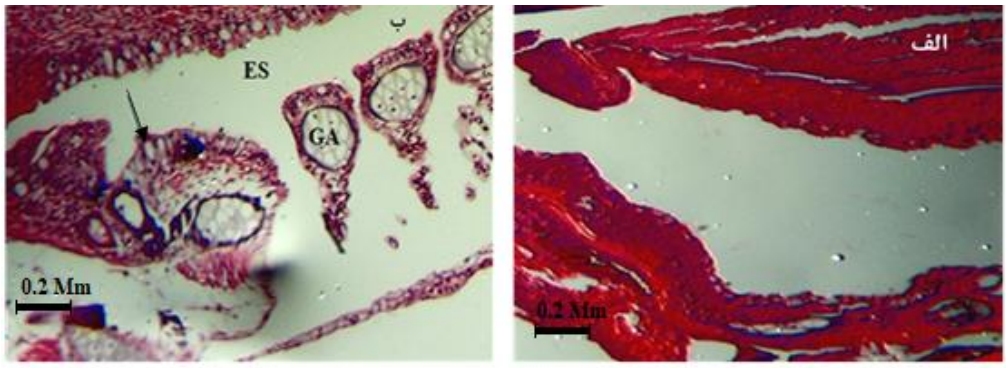
بر اساس مشاهده بافت‌های تهیه شده از دستگاه گوارش، روند تغییرات و تکوین کیسه زرده، حفره دهانی، مری، روده، کبد و کمان‌های آبششی (به عنوان دستگاه پالایش فیتوپلانکتون در دوره نوزاد) توصیف شدند.

کیسه زرده: کیسه زرده در روز صفر در بیشترین مقدار خود بود و شکلی بیضوی داشت. در روز ۱ بعد از تخم‌گشایی، عمده کیسه زرده جذب شده، و شکل آن از حالت برجسته و برآمده به حالت خطی تغییر کرده بود. در روز ۲ پس از تخم‌گشایی، کیسه زرده به صورت باریک دیده می‌شد و در روز ۳ بعد از تخم‌گشایی قسمت اندکی از آن باقی مانده بود. در این روز تغذیه فعال شروع و غذادهی به صورت دستی انجام شد. در روز ۴ بعد از تخم‌گشایی، کیسه زرده کاملاً جذب شده بود (شکل ۱).



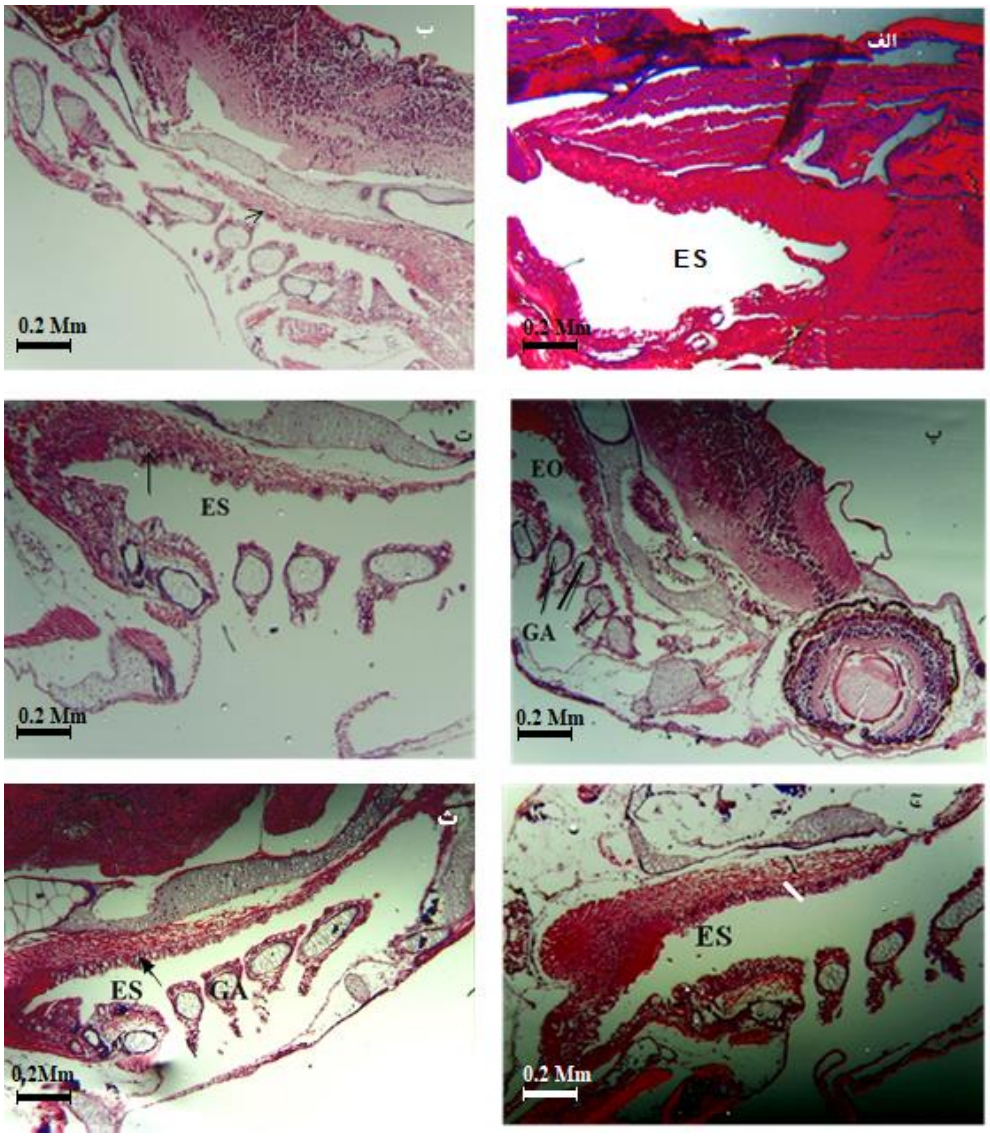
شکل ۱ کیسه زرده نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H & E, X100). الف- کیسه زرده در روز صفر پس از تخم‌گشایی (0 DPH): کیسه زرده (YS)، سر پیکان سفید: درون کیسه زرده، پیکان: دیواره کیسه زرده؛ ب- کیسه زرده در 1 DPH؛ پ- کیسه زرده در 2 DPH؛ ت- کیسه زرده در 3 DPH.

حفره دهانی: در روز صفر، دهان و مخرج بسته بود. در روز سوم بعد از تخم‌گشایی دهان باز شد. یک لایه بافت پوششی سنگفرشی مطبق درون حفره دهانی را می‌پوشاند. اولین یاخته‌های جامی شکل (Goblet cell) درون حفره دهانی در روز ۴ بعد از تخم‌گشایی مشاهده، و در روز ۵ بعد از تخم‌گشایی بر تعداد آن‌ها افزوده شد (شکل ۲).



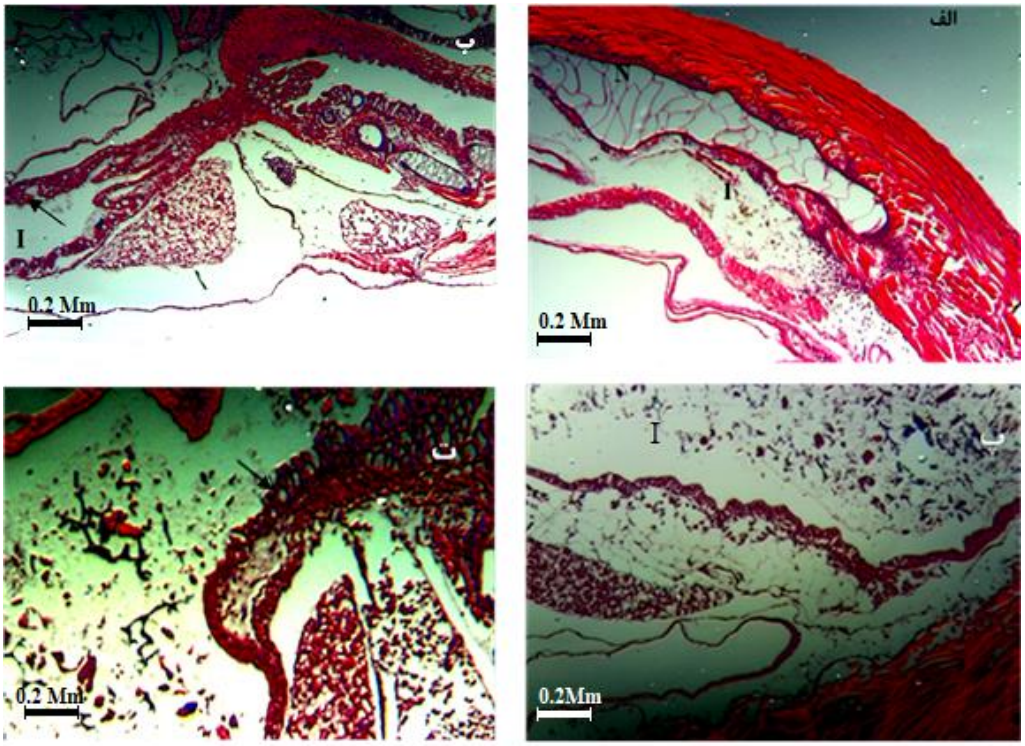
شکل ۲ حفره دهانی نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H & E, X100). الف- حفره دهان در 3 DPH؛ ب- یاخته جامی در حفره دهان 5 DPH (ES: مری، GA: کمان آبششی).

مری: در روز ۳ بعداز تخم‌گشایی همراه با باز شدن دهان، مری نیز به صورت لوله باریک قابل مشاهده بود که بافت مکعبی مطبق آن را پوشانده بود و ماهیچه‌های صاف داشت. در درازای مری، یاخته‌های موکوسی در روز ۳ بعد از تخم‌گشایی دیده شدند. در روز ۶ بر تعداد یاخته‌های موکوسی مری افزوده شده و در روزهای ۱۱ و ۱۲ این یاخته‌ها به خوبی توسعه یافته بودند. در روز ۱۶ چین طولی (Longitudinal fold) مری به وضوح در مخاط موکوسی، در بالای بخش زیر-مخاط قابل مشاهده بود و یک لایه سروزی (Serous membrane) در این روز توسعه یافته بود. از روز ۱۶ تا ۲۳ تغییر خاصی در ساختار بافتی مری مشاهده نشد (شکل ۳).



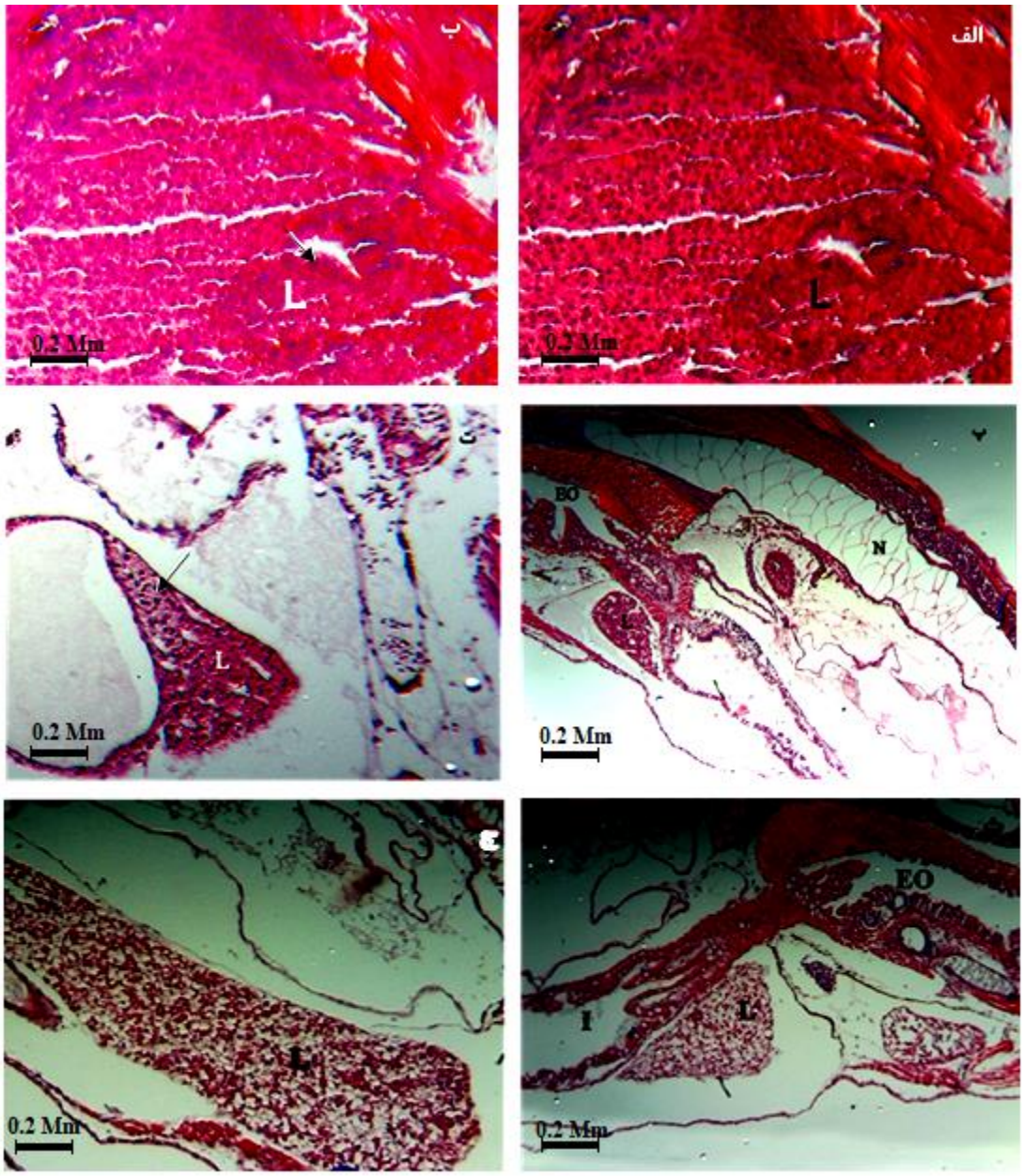
شکل ۳ مری نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H&E, X100). الف- مری در 3 DPH (ES: مری)؛ ب- یاخته مسواکی جلوی مری در 5 DPH که با پیکان نشان داده شده است؛ پ- مری در 6 DPH (EO: مری، GA: کمان آبششی)؛ ت- مری در 11 DPH (پیکان سیاه: یاخته موکوسی مری، ES: مری)؛ ث- یاخته موکوسی مری در 12 DPH (پیکان سیاه: یاخته موکوسی مری، ES: مری، GA: کمان آبششی)؛ ج- چین مری در 16 DPH (خط سفید: چین مری، ES: مری).

روده: در حدود روز ۴ بعد از تخم‌گشایی، روده به صورت لوله باریک ظاهر شد که قسمت ابتدایی آن برآمده و قسمت میانی و انتهایی آن باریک بود و هر سه قسمت توسط بافت استوانه‌ای مطبق پوشیده شده بودند. در همین روز یاخته‌های جامی و چین‌های مخاط روده نیز قابل رؤیت بودند. نوزاد از روز ۳ دارای تغذیه خارجی بود. ناحیه مسواکی (Brush border) نیز در روز ۵ به صورت بسیار ریز در قسمت جلویی روده دیده شد. ناحیه مسواکی در روز ۶ در ناحیه جلویی و میانی با وضوح بیش‌تری در یک ردیف قابل مشاهده بود و در روزهای بعد به‌تدریج در قسمت انتهایی نیز دیده شد. این ناحیه در روز ۱۲ به خوبی قابل مشاهده بود و تا روز ۳۳ بر تعدادشان افزوده شد (شکل ۴).



شکل ۴ روده نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H&E, X100). الف– روده در 4 DPH (I: روده، N: نوتوکورد)؛ ب- ناحیه مسواکی جلوی روده در 12 DPH (پیکان سیاه: ناحیه مسواکی جلوی روده، I: روده)؛ پ- ناحیه جلویی روده در 33 DPH (I: روده)؛ ت- ناحیه مسواکی در بخش جلویی روده در 33 DPH که با پیکان نشان داده شده است.

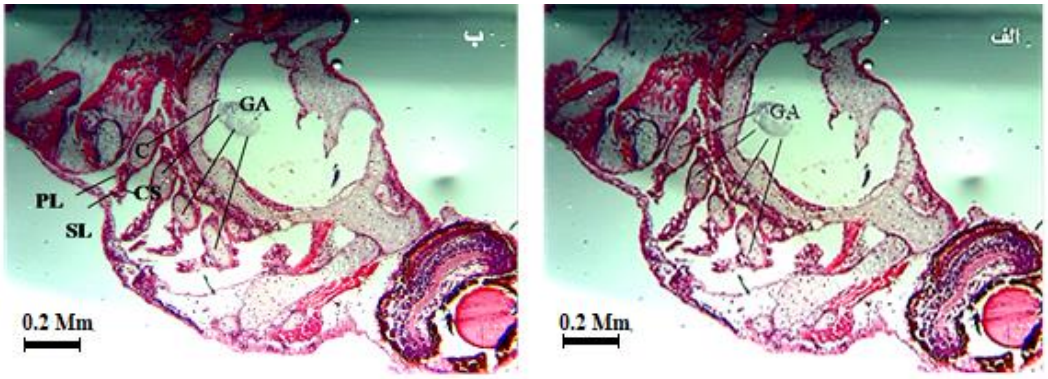
کبد: در روز ۳ بعد از تخم‌گشایی، یاخته‌های کبد به صورت یک بافت متمایز و فشرده قابل مشاهده بودند که مقدار سیتوپلاسم یاخته‌های کروی آن کم بود و در روزهای بعد بیشتر متمایز شدند تا این که در روز ۵ به خوبی مشخص شد. در روز ۸، تعداد یاخته‌های کبدی افزایش یافت و در روز ۱۲ توسعه بیش‌تری پیدا کردند. افزایش حجم کبد تا روز ۲۸ ادامه داشت. در این زمان پارانشیم کبد از نوع بافت همبندی-رشته‌ای بود و از یاخته‌های کبدی چندضلعی با هسته‌ی مرکزی تشکیل شده بودند (شکل ۵).



شکل ۵ کبد نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H&E, X100). الف- کبد در 3 DPH (L: کبد)؛ ب- یاخته کبدی در 3 DPH(پیکان سیاه: یاخته کبدی، L: کبد)؛ پ- کبد در 5 DPH (BO: محوطه آبششی-دهانی، L: کبد، N: نوتوکورد)؛ ت- توسعه یاخته‌های کبد در 8 DPH (پیکان سیاه: دهنده یاخته کبد، L: کبد)؛ ث- کبد در 12 DPH (EO: مری، I: روده، L: کبد)؛ ج- کبد در 28 DPH (L: کبد).

کمان‌های آبششی: در روز ۴ بعد از تخم‌گشایی، تعداد ۴ عدد کمان آبششی به خوبی قابل مشاهده بود که در هر کمان آبششی غضروف (Cartilage) و غشای حمایت کننده غضروف (Cartilaginous support) و تیغه اولیه (Primary lamllae) و تیغه ثانویه (Secondary lamellae) دیده می‌شدند. محوطه آبششی-دهانی (Buccopharyngeal cavity) نیز در این روز به خوبی شکل گرفت و قابل تمایز بود. یاخته‌های کلراید نیز در بین

رشته‌های آبششی دیده شدند (شکل ۶).



شکل ۶ کمان آبششی نوزاد ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) (H & E, X100). در کمان آبششی در 4 DPH. الف- کمان آبششی؛ ب- اجزای کمان آبششی (C: غضروف، CS: غشای حمایت کننده، GA: کمان آبششی، PL: تیغه اولیه، SL: تیغه ثانویه).

بحث

در بین مراحل مختلف رشد ماهی، دوره نوزادی یا مراحل اولیه تکوین به دلیل انطباق دوره جنینی (تغذیه از کیسه زرده) با دوره بعد از جنینی، یک مرحله مهم است و بیش‌ترین تلفات در این مرحله به وقوع می‌پیوندد (Padr´os et al. 2011; Jalali et al. 2020). توسعه نوزاد ماهی بسته به عوامل ژنتیکی و محیطی، دارای ماهیت تطابق‌پذیری ذاتی قوی است (Andrade et al. 2015). بنابراین، برای بهینه‌سازی روش‌های پرورش نوزادان، درک روند تکوین آن به‌خصوص شرایط تغذیه و اندام‌زایی (ارگانوژنز) اندام‌های گوارشی اهمیت بالایی دارد (Padr´os et al. 2011)، زیرا بررسی تکوین اندام‌های گوارشی برای درک مکانیسم تغذیه، تأثیر احتمالی رژیم‌های غذایی اولیه و هضم غذا در مرحله نوزادی ضروری است. اگرچه نوزاد ماهی ممکن است از لحاظ ریختی قادر به گرفتن مواد غذایی در اولین تغذیه باشد، اما دستگاه گوارش قبل از این که کاملاً کاربردی باشد، نیاز به یک ردیف از تغییرات دارد (Jalali et al. 2020). دستگاه گوارش ماهی‌ها از لوله و غدد گوارشی (غدد معده و روده، کبد و لوزالمعده) تشکیل شده است. لوله گوارش از دهان شروع و تا مخرج امتداد می‌یابد. ساختمان بافتی دیواره لوله گوارش ماهی‌ها همانند مهره‌داران عالی شامل ۴ لایه اصلی مخاط، زیر مخاط، ماهیچه و سروزا می‌باشد (پوستی و صدیق مروستی، ۱۳۷۸). به طور کلی ساختار دستگاه گوارش در گونه‌های مختلف ماهیان بر اساس نوع غذا، رفتارهای تغذیه‌ای و شکل بدن متفاوت است و یا در یک گونه بر حسب محل زندگی، فصل، سن و زمان تولیدمثل، تغییراتی در آن مشاهده می‌شود (بانان خجسته و همکاران، ۱۳۸۸).

دوره نوزادی ماهیان یک حالت گذر، با تغییرات ریختی، فیزیولوژیک و رفتاری در یک دوره کوتاه است (Pena and Dumas, 2009; Khemis et al. 2013). بنابراین، زمان‌بندی تکوین ساختارهای عملکردی در مرحله نوزادی اهمیت زیادی برای ادامه حیات آن دارد (Osse and Van den Boogaart, 2004). بر اساس نتایج، عمده ذخیره کیسه زرده ماهی بنی در روز ۳ بعد از تخم‌گشایی کاهش یافت که به معنی انتقال از مرحله تغذیه داخلی به خارجی (تغذیه مختلط) است و با باز شدن دهان در این روز همراه بود، هر چند که جذب کامل کیسه زرده در روز ۴ بعد از تخم‌گشایی اتفاق افتاد که به معنی تغذیه خارجی است. زرده شامل کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و پروتئین‌هاست و برای بقای جنین ضروری است (Kunz, 2004). کیسه زرده در خانواده کپورماهیان نسبت به آزاد ماهیان نسبت با اندازه بدن نوزاد تازه تخم‌گشایی شده کوچک است و در روزهای اول نوزادی به‌سرعت جذب می‌شود (Yaghoubi, 2014). بنابراین، تا

روز سوم پس از تخم‌گشایی، نیاز غذایی نوزاد از کیسه زرده است و در این زمان، با باز شدن و تغذیه از منابع خارجی صورت می‌گیرد. دما نیز بر جذب کیسه زرده مؤثر است به طوری که در ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspicus*) دمای پایین محیط سبب طولانی شدن جذب کیسه زرده شده بود (Yaghoubi, 2014).

بر اساس نتایج، در ماهی بنی، شروع تغذیه خارجی حدوداً از روز ۴-۳ پس از تخم‌گشایی است و در این روز مری و روده عملکردی شده و تعداد یاخته‌های موکوسی لوله گوارش برای تسهیل عبور غذا، همانند ماهی کپور معمولی نیز در روز سوم افزایش یافته بودند (مشیدی، ۱۳۹۶). در این زمان مری از بافت مکعبی مطبق پوشیده شده و دارای ماهیچه‌های صاف بودند. در ماهی بنی، تعداد یاخته‌های موکوسی در طول مری از روز ۳ بعد از تخم‌گشایی افزوده شده و تا روز ۱۲-۱۱ به بعد در اندازه‌های بزرگتری نیز قابل مشاهده بودند. تغذیه ماهی بنی در دوره نوزادی از ریزجلبک‌ها و پلانکتون‌های جانوری گزارش شده است (شریفیان، ۱۳۹۳) و شکل‌گیری ساختار کمان‌های آبششی در روز چهارم، بیانگر همزمانی توسعه اندام‌های عملکردی مورد نیاز برای انتوژنی تغذیه‌ای این گونه است. در ماهی بنی جوان و بالغ، مواد گیاهی غذای اصلی این گونه را تشکیل داده و مواد غیرگیاهی مانند حشرات آبزی و بنتوزهای جانوری، غذای تصادفی یا اتفاقی محسوب می‌شوند (شریفیان و همکاران ۱۳۹۴). گونه بنی مانند ماهی کلمه فاقد معده است (Yaghoubi, 2014) و مری مستقیماً به روده متصل می‌شود. این امر، مشابه بسیاری از کپورماهیان، مانند ماهی کپور معمولی (مشیدی، ۱۳۹۶) و ماهی علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) است (ذاکری نسب و همکاران، ۱۳۹۶).

روده در ماهی بنی حدود روز ۴ بعد از تخم‌گشایی به صورت بخش باریکی ظاهر شد که توسط بافت استوانه‌ای مطبق پوشیده شده بود. یاخته‌های جامی نیز در همین روز در روده دیده شدند و چین‌های مخاط روده قابل رؤیت بودند. این ماهی مانند ماهی کلمه بنتوزخوار است که در مقایسه با آزادماهیان گوشتخوار، روده درازتر، و چین‌های روده‌ای کوتاه‌تری دارد (Yaghoubi, 2014). روده چون دارای یاخته‌های ترشحی فراوان است، هضم و جذب در آن کامل‌تر است.

کبد باعث تولید صفرا می‌شود که برای گوارش و جذب لیپیدها ضروری است. همچنین، کبد وظایف متعددی از جمله سوخت و ساز مواد چربی و قندی و ذخیره آن‌ها را به عهده دارد (پوستی و صدیق مروستی، ۱۳۷۸). کبد در ماهی بنی در روز ۳ بعد تخم‌گشایی به صورت یاخته‌های کبدی کروی شکل دیده شد. در روز ۸، تعداد این یاخته ها بیش‌تر شد و در روز ۱۲ توسعه پیدا کردند. بر اساس نتایج، توسعه اولیه کبد در ماهی بنی مشابه نوزاد ماهی کپور بود. در نوزاد اخیر نیز توسعه کبد در روز سوم بعد از تخم‌گشایی، همزمان با تمایز روده تمایز می‌یابد (مشیدی، ۱۳۹۶). کبد شاه کولی (*Alburnus chalcoides*)، ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) و ماهی حوض (*Carassius auratus*) دارای یاخته‌های کبدی با هسته‌های درشت و چندوجهی در مرکز یاخته (ذاکری نسب و همکاران، ۱۳۹۶)، مشابه ماهی بنی بودند.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی می توان بیان داشت که روند تکوین دستگاه گوارش ماهی بنی در مراحل اولیه بیانگر همزمانی ساختارهای زیستی با نیازهای آن‌ها بود. برای مثال، زمان-بندی انتقال از مرحله تغذیه داخلی به خارجی، با تکوین ساختارهای عملکردی از جمله باز شدن دهان، مری و روده شده و توسعه یاخته‌های مجرای گوارشی همراه بود. همچنین، روند این تغییرات به دستگاه گوارش دیگر کپورماهیان شباهت داشت.

منابع

احمدی، س.، خدادادی، م.، رومیانی، ل.، حکیمی‌فرد، ر. ۱۳۹۲. بررسی مراحل توسعه و تکوین جنینی ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*, Günther, 1874). مجله علمی شیلات ایران ۲۳: ۱۳-۱.

اسدی، ط.، قارزی، ا. ۱۳۹۳. مطالعه بافت‌شناسی و هیستوشیمی لوله گوارشی ماهی زرده (*Capoeta damascina*) در رودخانه سزار، استان لرستان. پژوهش‌های جانوری ۲۸: ۳۹۸-۳۸۹.

بانان خجسته، س.م.، ابراهیمی، س.، رمضانی، م.، حق‌نیا، ح. ۱۳۸۸. مطالعه هیستولوژی، هیستوشیمیایی مری و روده

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). زیست‌شناسی جانوری ۱: ۲۶-۱۷.

بساک کاهکش، ف.، صالحی ح.، امیری ف.، نیک‌پی، م. ۱۳۸۹. پرورش توام ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*, Günther, 1874) با کپورماهیان چینی و مقایسه اقتصادی ان با روش پرورش مرسوم. فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری (شیلات) ۴: ۸۴-۷۳.

بساک کاهکش، ف. ۱۳۸۲. تأثیر هورمون‌های PG، a+PG، HCG، LRH در تکثیر ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*). موسسه تحقیقات شیلات ایران، مرکز تحقیقات آبزی پروری جنوب کشور، ۵۹ ص.

بساک کاهکش، ف. ۱۳۸۴. تعیین تراکم ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) در سیستم پرورش چند گونه‌ای. موسسه تحقیقات شیلات ایران، مرکز تحقیقات آبزی‌پروری جنوب کشور، ۸۰ ص.

پوستی، ا. ۱۳۶۸. بافت‌شناسی مقایسه‌ای و هیستوتکنیک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۰۱ ص.

پوستی، ا.، صدیق مروستی، ع.ح. ۱۳۷۸. اطلس بافت‌شناسی ماهی: اشکال طبیعی و آسیب‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶۴ ص.

حمیدی‌نژاد، م.، حسین‌زاده، ه.، ولایت‌زاده، م. ۱۳۹۵. بیوتکنیک تکثیر مصنوعی و پرورش لارو ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*). علوم تکثیر و آبزی‌پروری ۳: ۴۶-۳۷.

خدادادی، م.، احمدی، س.، دزفولیان، ع. ۱۳۹۰. تغییرات ریخت‌شناسی لارو ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) در شرایط آزمایشگاهی. مجله علمی شیلات ایران ۲۰: ۱۷۸-۱۷۳.

ذاکری نسب، م.، جمیلی، ش.، توتونچی مشهور، س.، خوشنود، ز. ۱۳۹۶. بررسی بافت‌شناسی مجرا و ضمائم گوارشی ماهیان بالغ شاه کولی (*Alburnus chalcoides*)، ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) و ماهی حوض (*Carassius auratus auratus*). مجله علمی شیلات ایران ۲۷: ۱۴۹-۱۳۹.

شریفیان، م.، ۱۳۹۳. بررسی‌های شاخص‌های زیست‌شناسی ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) در محدوده گروه‌های طولی مختلف در منابع آبی استان خوزستان. محیط زیست جانوری ۷: ۸-۶.

شریفیان، م. ۱۳۹۴. تعیین زی‌فن گونه‌های ماهیان اقتصادی و مستعد تکثیر و پرورش در کشور. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۲۱۶ ص.

کیارسی علیخانی، ا.، ایگدری، س.، پورباقر، ه.، امینی، م. ۱۳۹۸. بررسی الگوی رشد آلومتری و روند تغییرات ریختی ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) طی مراحل اولیه تکوین. علوم آبزی‌پروری ۷: ۱۰۹-۱۰۳.

محمد صالحی، ا.، عسکری ساری، ا.، ولایت‌زاده، م. ۱۳۹۴. بررسی پرورش توام ماهی شیربت (*Barbus grypus*) و بنی (*Barbus sharpeyi*) با اردک. علوم و فنون دریایی ۱۰: ۴۶-۳۶.

مشیدی، ف.، ایگدری، س.، ایری، م. ۱۳۹۶. مطالعه بافت‌شناسی دستگاه گوارش کپور معمولی واریته سازان (*Cyprinus carpio* Var. *Sazan*) در طی مراحل اولیه تکوین. نشریه شیلات ۷۰: ۱۰۵-۹۵.

مطلبی، ع.ع.، شریف‌روحانی، م. ۱۳۹۰. نقشه راه توسعه آبزی‌پروری ماهیان گرمابی کشور. کانون هماهنگی دانش و صنعت آبزی‌پروری، ۱۱۵ ص.

هاشمی، س.ا.، قربانی، ر.، کیمرام، ف.، حسینی، س.ع.، اسکندری، غ.، هدایتی، س.ا.ا. ۱۳۹۳. برخی از خصوصیات زیستی ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) در تالاب شادگان. مجله علمی شیلات ایران ۲۳: ۱۲۹-۱۱۹.

Andrade, C.A.P., Soares, F., Ribeiro, L., Roo, J., Socorro, J.A., Dinis, M.T. 2015. Morphological, Histological, histochemical and behavioral aspects during early development of red porgy *Pagrus pagrus* L. Reared in Mesocosm. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 15: 137-148.

Gisbert, E., Williot, P., Castello-Orvay, F. 1999. Behavioral modifications in the early life stages of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt). Journal of

Applied Ichthyology 15: 237-242.
Gisbert, E., Merino, G., Muguet, J.B., Bush, D., Piedrahita, R.H., Conklin, D.E. 2002. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery-reared California halibut larvae. Journal of Fish Biology 61: 1217-1229.
Gisbert, E., Asgari, R., Rafiee, G., Agh, N., Eagderi, S., Eshaghzadeh, H., Alcaraz, C. 2014. Early development and allometric growth patterns of beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758). Journal of Applied Ichthyology 30: 1264-1272.
Jalali, S., Jamili, Sh., Sayyad Bourani, M., Ramezani Fard, E., Sepahdari, A. 2020. Ontogenic development of digestive accessory glands in larval and juvenile Vimba bream, *Vimba vimba* (Pallas, 1814). Iranian Journal of Fisheries Sciences 19: 99-110.
Khemis, I.B., Gisbert, E., Alcaraz, C., Zouiten, D., Besbes, R., Zouiten, A., Cahu, C. 2013. Allometric growth patterns and development in larvae and juveniles of thick-lipped grey mullet *Chelon labrosus* reared in mesocosm conditions. Aquaculture Research 44: 1872-1888.
Kunz, W. 2004. Developmental biology of teleost fishes. Netherlands, Springer, 636 p.
Padros, F., Villalta, M., Gisbert, E., Est´evez, A. 2011. Morphological and histological study of larval development of the Senegal sole *Solea senegalensis*: an integrative study. Journal of Fish Biology 79: 3-32.
Peña, R., Dumas, S. 2009. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand Bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). Scientia Marina 73: 183-189.
Verreth, J., Segner, H. 1995. The impact of development on larval nutrition. In: Lavens, P., Jasper, E., Roelants, I. (Eds.), Proceedings of Larvi' 95, Fish and Shellfish Larviculture Symposium, European. Aquaculture Society, Special publication, 24, Ghent, Belgium, 321-330.
Yaghoubi, M., Mojazi Amiri, B., Ali Nematollahi, M.A., Yelghi, S. 2014. Histological development of the alimentary channel of Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus*). Journal of Fisheries 67: 625-639.
Zohar, Y., Mylonas, C.C. 2001. Endocrine manipulation of spawning induction in cultured fishfrom hormone to gene. Aquaculture 197: 99-139.