

مورفوهیستولوژی گنادر ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)

فریبا فرزادفر^۱، بهروز حیدری^{۲*}، زمرد غفوری رحیم آبادی^۳

۱- کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، پست الکترونیکی: faribafarzaradfar@yahoo.com

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، پست الکترونیکی: bheidari@guilan.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، پست الکترونیکی: zomorrodghafoori@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۶

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۵

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۲، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی و مطالعه‌ی ساختمان بیضه و الگوی چرخه‌ی تولید مثلی جنس نر ماهی سفید دریای خزر، نمونه‌برداری ماهانه از مهر ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ از منطقه‌ی جفروند انزلی انجام شد. پس از مشاهدات ماکروسکوپی و عکس‌برداری از موقعیت اندام جنسی، اندام مربوطه از نمونه‌ها جدا شده و در محلول فیکساتور بوئن تثبیت گردید. پس از انجام مراحل مختلف بافت‌شناسی، مقاطع ۵ میکرونی از نمونه‌ها تهیه شد و بعد از رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین، این نمونه‌ها به وسیله‌ی میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین عکس‌برداری مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج، ۴ مرحله در تکامل بیضه مشاهده شد که این مراحل عبارتند از مرحله‌ی بلوغ اولیه، بیضه‌ها بسیار نازک و شامل اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت اولیه بودند. در مرحله‌ی بلوغ ثانویه اسپرماتوسیت‌های اولیه و ثانویه بیشترین سلول‌های این مرحله را به خود اختصاص دادند. در مرحله‌ی بالغ، سلول‌های مربوط به تمامی مراحل اسپرماتوزن مشاهده گردید. در مرحله‌ی رسیده، لوبول‌ها بیشترین حجم حفره شکمی را اشغال کرده و سرشار از اسپرماتید و اسپرماتوزوآهای حامل ژنوم بودند. در مجموع الگوی رشد بیضه ماهی سفید سیستم لوبولار بوده و در برهه زمانی مشخص از مهر تا اردیبهشت مراحل تشکیل اسپرم به سرانجام می‌رسد و اسپرم ریزی صورت می‌گیرد.

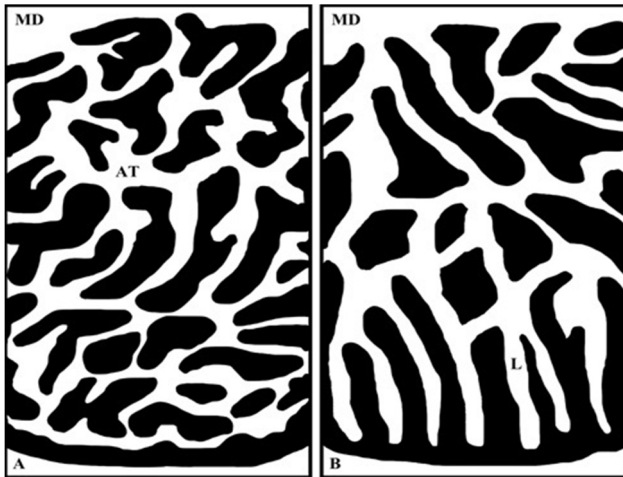
کلمات کلیدی: ماهی سفید، دریای خزر، بیضه، اسپرم، بافت‌شناسی.

۱. مقدمه

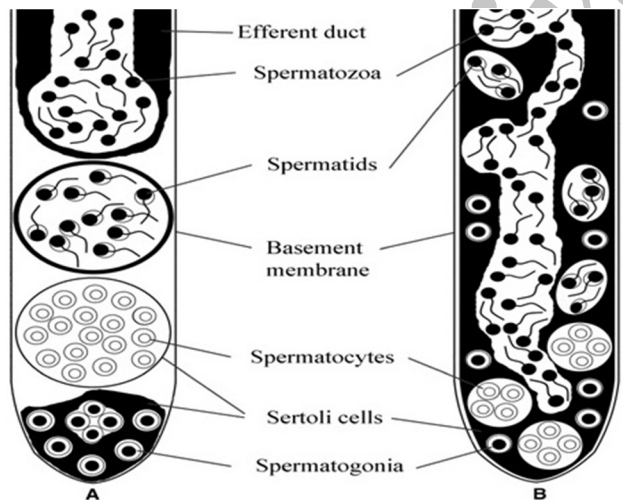
ماهی سفید از ماهیان استخوانی متعلق به خانواده‌ی Cyprinidae، جنس *Rutilus* با نام علمی *Rutilus frisii kutum* از ماهیان بومی دریای خزر است (رضوی صیاد، ۱۳۷۴) که دارای ارزش اقتصادی و بوم‌شناختی فراوانی است (خارا و همکاران، ۱۳۸۹).

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه‌ی جهان، زیستگاه منحصر به فرد و عمده‌ی ماهی سفید است (امینیان فتیده و همکاران، ۱۳۸۷).

کمی از سلول‌های ژرمینال اولیه با نام اسپرماتوگونیا، تعداد زیادی از اسپرماتوزوای حامل ژنوم را پدید می‌آورند، که معمولاً شامل مراحل اسپرماتوگونیا، اسپرماتوسیت اولیه، اسپرماتوسیت ثانویه، اسپرماتید و اسپرماتوزوای است (Schulz et al., 2010). اسپرماتوزن در ماهیان تحت تاثیر دمای آب است و معمولاً الگوی چرخه‌ی تولیدمثلی آن کوتاه‌تر از پستانداران سپری می‌شود (Schulz et al., 2010).



شکل ۱: انواع متفاوت بیضه بر اساس تقسیم‌بندی ساختار کلی - ساختار توبولار (A) در ماهیان رده‌های پایین (ابتدایی) و ساختار لوبولار (B) بیضه در ماهیان رده‌های بالاتر قابل مشاهده است. MD، مجرای اصلی بیضه - AT، سامانه توبولاری به هم جوش خورده - L، لوبول.



شکل ۲: دو نوع ساختار دقیق بیضه بر اساس ساختار لوبولار که در ماهیان تلتوست مشاهده می‌شود. ساختار بیضه محصور شده (A) قابل مشاهده در Beloniformes و Atheriniformes که کیست‌ها از انتهای دیستال توبول شکل می‌گیرند، اما در تماس با مجرای و ابران پیش از اسپرم زایی هستند. (B) در بیضه‌های محصور نشده که در راسته‌هایی همچون Cypriniformes، Salmoniformes و Perciformes دیده می‌شود اسپرماتوگونیا در طول لوبول قرار گرفته است. کیست‌های حاوی اسپرم بالغ در مجاورت لومن لوبولی قرار می‌گیرد. طی اسپرم زایی، کیست و لومن لوبولی پیوسته می‌شوند.

بیضه در ماهیان استخوانی به صورت یک جفت اندام جانبی و یا فقط به صورت یک عدد، در وسط ناحیه‌ی پشتی زیر کیسه‌ی شنا قرار دارد (Genten et al., 2009). بیضه در ماهیان می‌تواند به دو صورت یکی بر اساس ساختار آناتومیکی کلی (Gross structure) و دیگری بر اساس پراکنش درون توبولی یا لوبولی اسپرماتوگونیا یعنی ساختار دقیق (Fine structure) تقسیم‌بندی شود (Diettrich et al., 2009). بر اساس تقسیم‌بندی ساختار کلی، بیضه به دو ساختار توبولار و لوبولار طبقه‌بندی می‌شود. در ساختار توبولار، توبول‌ها در محیط بیضه پیچ خورده و به طور متوالی یک سامانه توبولار به هم جوش خورده را شکل می‌دهند، این چنین ساختار در ماهیان ابتدایی‌تر همچون acipenciform (پاروماهیان)، coelacanthiform (لاتیمریا)، salmoniform (قزل‌آلای رنگین کمان)، clupeiform (هرینگ)، esociform (اردک ماهی) و cyprinidiform (گورخر ماهی) دیده می‌شود (شکل A1). در بیضه‌ی لوبولار، لوبول‌ها (قطعه‌های کوچک بیضه) در پیرامون بیضه خاتمه یافته و به یک مجرای اصلی هدایت می‌شوند. این ساختار در ماهیان Perciformes، Beloniformes، Atheriniformes، Cypriniformes و نیز در ماهیان رده‌های بالاتر تکاملی، قابل مشاهده است (شکل B1) (Diettrich et al., 2009). اگرچه تولید اسپرم در سرتاسر لوبول انجام می‌شود، اما با این حال در بعضی گونه‌ها همانند گویی *Poecilia reticulata*، کیلی فیش *Nothobranchius rachovii* و شمشیرماهی *Xiphophorus helleri* اسپرماتوزنیزس به نواحی انتهایی کیسه‌ها محدود می‌شود (بیضه‌های لوبولار محصور شده) که در دورترین فاصله از مجرای و ابران قرار می‌گیرد (شکل A2). از سوی دیگر در بسیاری از تلتوست‌ها بیضه‌های لوبولار یک لومن مرکزی (مخزن اسپرم) را نشان می‌دهند که کیست‌ها در طول لوبول‌ها تکوین می‌یابند و تا زمان اسپرماتوزنیزس باقی می‌مانند (بیضه‌های محصور نشده) (شکل B2) (Diettrich et al., 2009). اسپرماتوزوای بالغ سرانجام به حفره مرکزی رها می‌شوند. همچنین از نظر ساختمانی، بیضه علاوه بر بخش توبولار و لوبولار، از بافت بین توبولی و بین لوبولی نیز تشکیل شده است. بخش لوبولار یا توبولار شامل سلول‌های غیر جنسی سرتولی و سلول‌های زایا بوده و بخش بین سلولی شامل سلول‌های بینابینی لایدیگ، رگ‌های خونی و لنف است (رجحان، ۱۳۷۸).

فرایند تشکیل اسپرم در لوبول‌ها یا توبول‌های بیضه، اسپرماتوزن نامیده می‌شود. اسپرماتوزن فرایند پیشرفته‌ای است که طی آن تعداد

جنسی نر جدا شده و برای انجام بقیه‌ی مراحل آزمایش در محلول بوئن تثبیت گردید.

۲-۲. مورفوهیستولوژی

مشاهدات مورفولوژیک (وضعیت قرارگیری، رنگ و شکل) اندام جنسی نر در هر مرحله از نمونه‌برداری پس از تشریح نمونه‌ها، ثبت و عکس‌برداری گردید. سپس از قسمت‌های ابتدایی، میانی و انتهایی اندام جنسی نر چپ ماهیان نمونه برداری صورت گرفت. بعد از تثبیت نمونه‌های بافتی در محلول بوئن، مطابق روش Heidari و همکاران (۲۰۰۹)، آنگیری و شفاف سازی، با عبور از الکل و گزیلول، انجام شده و در پارافین قالب‌گیری شدند.

سپس از بافت‌های قالب گیری شده مقاطع بافتی 5 میکرونی توسط دستگاه میکروتوم (Litz Wetzlar) تهیه و به روش هماتوکسیلین- ائوزین معمولی رنگ آمیزی شدند. سپس با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین عکس‌برداری (TS View) و نرم افزار مربوطه مورد مطالعه قرار گرفتند.

۲-۳. آنالیز آماری

در هر مرحله تعداد ۱۵ سلول از اندام جنسی نر پس از عکس‌برداری، توسط نرم افزار TS View در محیط ویندوز اندازه‌گیری و میانگین گیری صورت گرفت. تمام داده‌ها به صورت $SE \pm$ ارائه شده است.

۳. نتایج

بررسی و مشاهدات ماکروسکوپی رشد بیضه به همراه قطر سلوهای جنسی در طی مراحل مختلف رسیدگی جنسی از مهر ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این پژوهش با مطالعه‌ی میکروسکوپی و ماکروسکوپی مقاطع بافتی تهیه شده‌ی بیضه، مراحل مختلف رسیدگی جنسی، رشد و نمو بیضه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مشاهده شده از آن به شرح زیر است:

در ارتباط با بررسی روند مراحل رسیدگی جنسی در ماهیان می‌توان به مطالعه EL-Halfawy و همکاران (2007) بر بررسی تغییرات بافتی گنادها و زیست‌شناسی تولیدمثل در *Liza ramada* که ۶ مرحله از رشد بیضه را گزارش نمودند اشاره کرد. همچنین خدادادی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه‌ی شاخص‌های مورفوسیتولوژیک بیضه‌ی ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) که از خانواده‌ی کپور ماهیان و از جنس سس ماهی است ۸ مرحله را طی بررسی‌های انجام شده بیان نمودند.

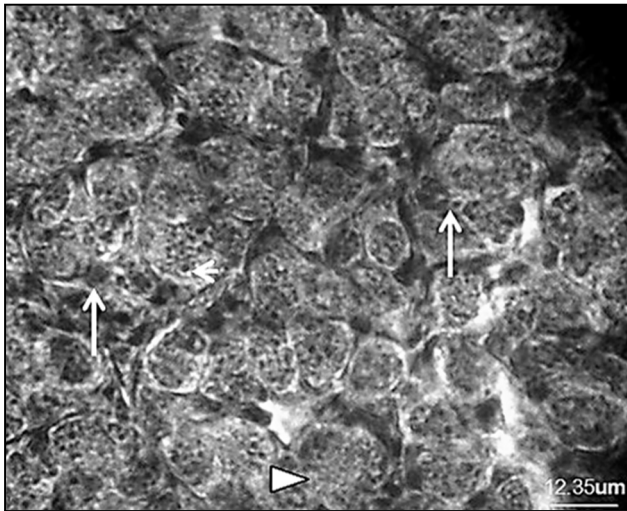
Zaki و همکاران (۱۹۹۴) با بررسی تغییرات فصلی بافت بیضه‌ی ماهی *Mugil seheli* شش مرحله برای رشد بیضه را مشخص نمودند.

تنها مطالعه موجود در مورد جنس نر ماهی سفید دریای خزر به امینیان فتیده و همکاران (۱۳۸۷) بر می‌گردد که بیشتر در مورد زیست‌شناسی تولیدمثل از جمله همآوری مطلق و نسبی به همراه نسبت جنسی نمونه‌ها پرداخته و اشاره اندکی در مورد بافت شناسی داشته است. لذا با توجه به اینکه ذخایر متنوع ماهیان در دریاها و اقیانوس‌ها به‌طور عمده مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند و در این میان ماهیانی که دارای ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالایی هستند از جمله ماهی سفید، مورد توجه خاصی واقع شده‌اند و از آن جایی که به دلیل از بین رفتن بسیاری از مسیرهای مهاجرت طبیعی ماهی سفید (به دلیل دخالت انسان)، این زیرگونه تنها از طریق طبیعی نمی‌تواند بازسازی گردد، لذا تکثیر مصنوعی موفق آن نیازی ضروری است، به‌طوری‌که لازمه‌ی آن شناخت زیستی تولیدمثل است و نیز به دلیل اینکه تاکنون مطالعه‌ی جامعی پیرامون بررسی مراحل مختلف رسیدگی جنسی جنس نر ماهی سفید صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف بررسی ساختمانی بیضه و شناسایی مراحل مختلف تکامل جنسی گناد نر انجام شد.

۲. روش آماده‌سازی

۱-۲. نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از جنس نر ماهی سفید دریای خزر به صورت ماهانه از مهر ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ از منطقه‌ی جفروود انزلی ($37^{\circ} 27'N$, $49^{\circ} 33'E$) انجام شد. در مجموع ۲۵ ماهی از دریای خزر جمع‌آوری شد و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، اندام



شکل ۴: بیضه‌ی ماهی در مرحله‌ی بلوغ اولیه و حاوی اسپرماتوگونیای فراوان (فلش باریک) و اسپرماتوسیت اولیه (نوک فلش) (عدسی X=40).

۳-۲. مرحله بلوغ ثانویه^۲

در این مرحله که در نمونه‌برداری ماه‌های آذر و دی مشاهده گردید، بیضه‌ها کمی بزرگتر از مرحله‌ی قبل و به رنگ متمایل به سفید است (شکل ۵). در این مرحله از تعداد اسپرماتوگونی‌ها کاسته شده و بر تعداد اسپرماتوسیت‌های اولیه افزوده می‌شود و اسپرماتوسیت‌های ثانویه از تقسیم میوز اسپرماتوسیت‌های اولیه در این مرحله نیز به وجود می‌آیند. اسپرماتوسیت‌های ثانویه کوچک‌تر از اسپرماتوسیت اولیه و حاوی هسته با تراکم کروماتین کمتر است (شکل ۶). در این مرحله اسپرماتوسیت اولیه و ثانویه پر تعدادترین سلول‌ها هستند. در این مرحله میانگین قطر سلول‌های اسپرماتوسیت اولیه 3.12 ± 0.32 میکرون اندازه‌گیری شد (جدول ۱).



شکل ۵: ساختار ماکروسکوپی بیضه ماهی سفید خزر در مرحله‌ی بلوغ ثانویه رسیدگی جنسی

جدول ۱: مراحل رشد بیضه‌ی ماهی سفید خزر و قطر سلول‌های جنسی

میانگین قطر سلول‌ها (μm)	مورفولوژی و مشخصات بیضه	مرحله‌ی رسیدگی جنسی
اسپرماتوگونی: 4.27 ± 0.64	بیضه‌ها بسیار نازک و شبیه اندام جنسی ماده هستند. رنگ بیضه‌ها در این مرحله تقریباً شیری رنگ است. این مرحله در ماه مهر مشاهده گردید.	Early Maturing (بلوغ اولیه)
اسپرماتوسیت اولیه: 3.12 ± 0.32	در این مرحله بیضه‌ها کمی بزرگتر از مرحله‌ی قبل هستند و با سطحی صاف و به رنگ متمایل به سفید قابل مشاهده‌اند. این مرحله در ماه‌های آذر و دی مشاهده گردید.	Late Maturing (بلوغ ثانویه)
اسپرماتوسیت ثانویه: 2.49 ± 0.18	در این مرحله بیضه پهن‌تر شده با سطحی ناصاف و قابل تشخیص از اندام جنسی ماده است و فضای بیشتری را در داخل بدن به خود اختصاص داده است. این مرحله در ماه دی تا اسفند مشاهده گردید.	Matured (بالغ)
اسپرماتید: 1.43 ± 0.13	بیضه‌ها در این مرحله به بزرگ‌ترین حد خود رسیده‌اند و اسپرم با یک فشار آرام بر محوطه‌ی شکمی خارج می‌شوند. بیضه‌ها کاملاً سفید رنگ و به صورت لوبوله (قطعه قطعه) هستند. این مرحله در نمونه‌های ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت مشاهده شد.	Ripe (رسیده)
اسپرماتوزوآ: 1.30 ± 0.21		

۳-۱. مرحله بلوغ اولیه^۱

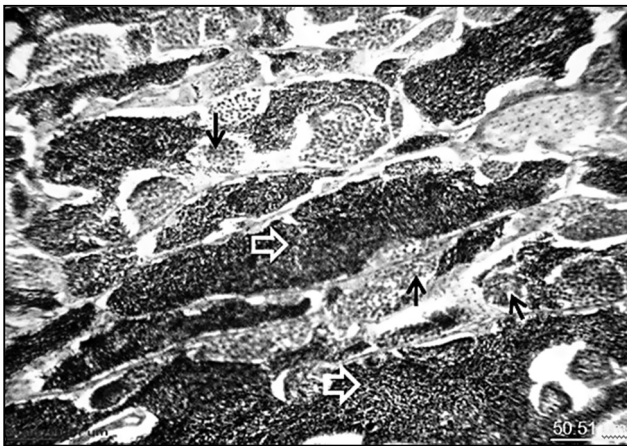
بیضه‌ها تقریباً شیری رنگ و بسیار نازک و شبیه اندام جنسی ماده است (شکل ۳). این مرحله که در نمونه‌برداری ماه مهر مشاهده شد، لوبول‌ها حاوی اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت‌های اولیه هستند (شکل ۴). اسپرماتوگونی شامل سیتوپلاسم شفاف و یک هسته‌ی مرکزی حاوی کروماتین متراکم است که بیشترین تعداد سلول در این مرحله را به خود اختصاص داد. اسپرماتوسیت‌های اولیه از تقسیم میوز اسپرماتوگونی‌ها تشکیل شده و شامل هسته‌ی مرکزی برجسته حاوی کروماتین‌های پیچ خورده‌ی رشته‌ای و کوچک‌تر از اسپرماتوگونی‌ها است (شکل ۴). سلول‌های اسپرماتوگونی با میانگین 4.27 ± 0.64 میکرون بیش‌ترین حجم بیضه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱).



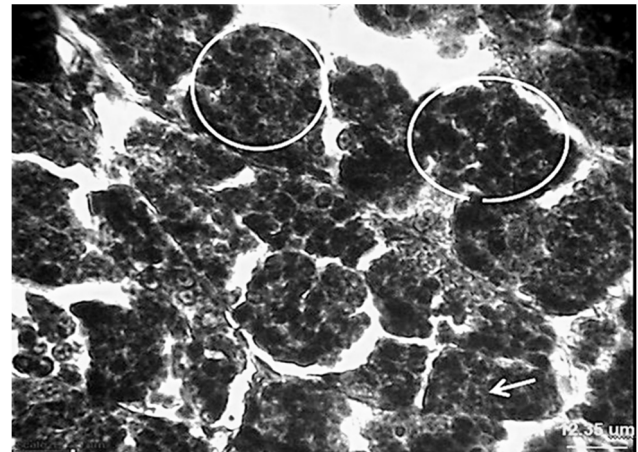
شکل ۳: ساختار ماکروسکوپی بیضه ماهی سفید خزر در مرحله‌ی بلوغ اولیه رسیدگی جنسی

² Late Maturing

¹ Early Maturing



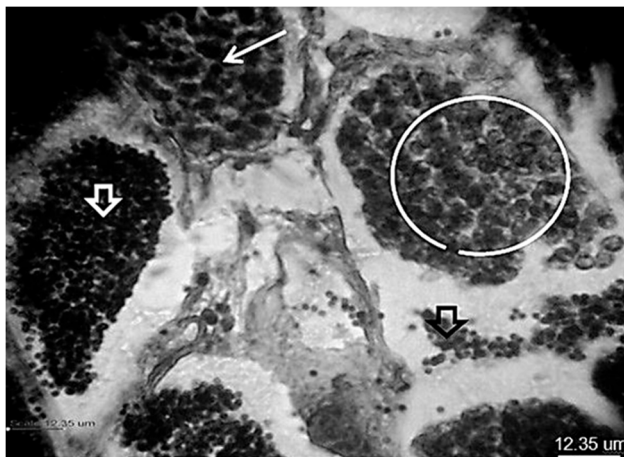
شکل ۸: بیضه‌ی ماهی در مرحله‌ی بالغ و سرشار از اسپرماتوسیت‌ها (فلش باریک) و اسپرماتید (فلش پهن)، (عدسی 10 X)



شکل ۶: بیضه‌ی ماهی در مرحله‌ی بلوغ ثانویه رسیدگی جنسی و سرشار از اسپرماتوسیت اولیه (دایره) و ثانویه (فلش باریک)، (عدسی 40 X)

۳-۳. مرحله بالغ^۱

بیضه‌ها در این مرحله پهن‌تر شده، در این مرحله لوبولی بودن بیضه یعنی قطعه‌قطعه بودن آن کاملاً مشخص است، و دارای سطحی ناصاف و قابل تشخیص از اندام جنسی ماده است (شکل ۷). در این مرحله که از دی تا اسفند ماه مشاهده شد، لوبول‌های بیضه بزرگتر شده و تقریباً تمامی مراحل اسپرماتوزیس در آن‌ها دیده می‌شود، اما بیشتر حاوی اسپرماتوسیت ثانویه و اسپرماتیدها است (شکل‌های ۸ و ۹). همزمان با رشد بیضه، اندازه‌ی سلول‌های جنسی کوچک‌تر شده و تعداد آنها بیشتر می‌شود به طوری که در این مرحله، سلول‌های اسپرماتید کمترین اندازه‌ی قطر سلول‌ها، با میانگین 1.43 ± 0.13 میکرون را نشان داد. میانگین قطر اسپرماتوسیت ثانویه 2.49 ± 0.18 بود (جدول ۱).



شکل ۹: مرحله‌ی بالغ رسیدگی جنسی که حاوی اسپرماتوسیت اولیه (دایره) و اسپرماتوسیت ثانویه (فلش باریک)، اسپرماتید و اسپرماتوزوآهای آزاد (فلش پهن) است، (عدسی 40 X)

۴-۳. مرحله رسیده^۲

در این مرحله بیضه به بزرگ‌ترین سایز خود رسیده، بیشترین حجم حفره‌ی شکمی را اشغال می‌کند و کاملاً سفید رنگ و قطعه‌قطعه است (شکل ۱۰). دیواره‌ی لوبول‌ها نازک شده و لوبول‌ها سرشار از اسپرماتوزوآ است (شکل ۱۱). در این مرحله سلول‌های بینابینی لایدیگ و رگ‌های خونی به خوبی قابل مشاهده است (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

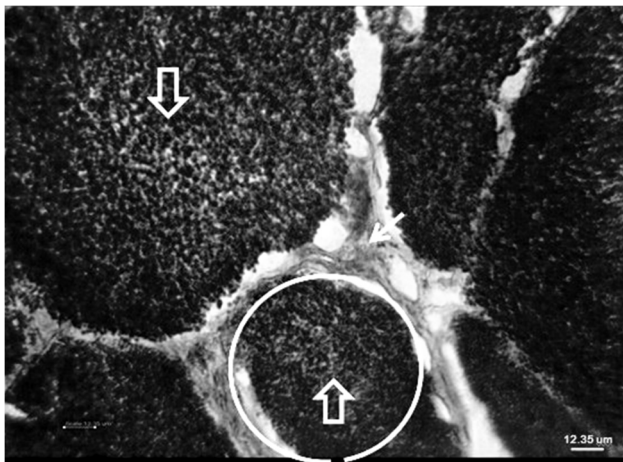
این مشاهدات در نمونه‌برداری ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت صورت گرفت. در این مرحله سلول‌های اسپرماتوزوآ با



شکل ۷: ساختار ماکروسکوپی بیضه‌ی ماهی سفید خزر در مرحله‌ی بالغ رسیدگی جنسی

^۲ Ripe

^۱ Matured

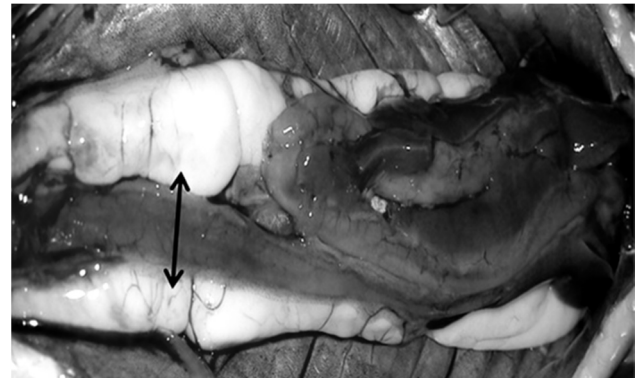


شکل ۱۳: سلول‌های لایدیگ و عروق خونی و لنفاوی (فلش باریک) در بین لوبول‌های (دایره) حاوی اسپرماتوزوآ (فلش پهن) در مرحله‌ی کاملاً رسیده‌ی بیضه، (عدسی X=40)

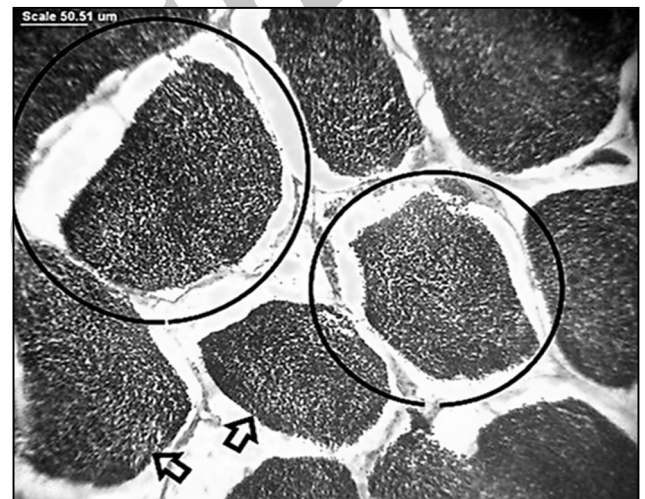
۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه ذخایر متنوع ماهیان در دریا و اقیانوس‌ها مورد بهره‌برداری قرار گرفته، حفظ نسل ماهیانی که دارای ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالایی هستند از اهمیت به‌سزایی برخوردار است که لازمه‌ی آن بررسی مراحل مختلف رسیدگی جنسی و شناخت زیستی تولیدمثلی آن‌ها است. الگوهای رشد بیضه در ماهیان استخوانی بسیار متنوع است، به‌طوری‌که در برخی از ماهیان از قبیل کپور دندان‌ی زنده‌زا فعالیت اسپرماتوزنز در طول سال ادامه دارد و در سایر ماهیان از قبیل آزاد ماهیان فعالیت اسپرماتوزنز تنها در دوره‌های مشخص قابل مشاهده است و دوره‌ی جدید تا اتمام دوره‌ی قبل شروع نخواهد شد (Billar, 1986). در مطالعه‌ی حاضر، رشد بیضه در ماهی سفید دریای خزر تقریباً از مهرماه شروع شده که تا اردیبهشت به حداکثر رشد خود رسیده و پس از اسپرم‌ریزی تا مهرماه سال بعد فرصت بازسازی اندام جنسی برای ماهی فراهم می‌شود به‌عبارت دیگر اسپرماتوزنز طی یک دوره‌ی زمانی مشخص آغاز و به پایان می‌رسد و در تمام طول سال اسپرم‌زایی ندارد. تقسیم‌بندی‌های متفاوتی بر حسب گونه‌ی ماهی برای رشد بیضه وجود دارد، به‌طوری‌که برای ماهی بیاح *Liza abu*، که توسط چله مال دزفول نژاد و همکارانش (۱۳۸۸) انجام گرفت، ۶ مرحله با نام‌های نابالغ^۱، باکره در حال بالغ

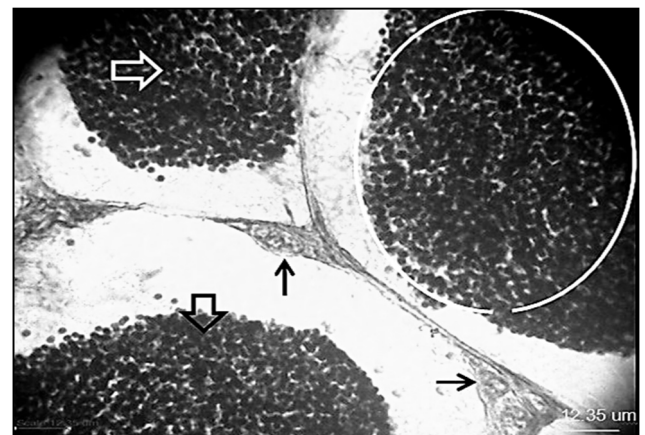
میانگین 1.30 ± 0.21 ، کوچک‌ترین سلول طی مراحل مختلف رسیدگی جنسی را نشان داد (جدول ۱).



شکل ۱۰: ساختار میکروسکوپی بیضه‌ی ماهی سفید خزر در مرحله‌ی کاملاً رسیده



شکل ۱۱: مرحله‌ی کاملاً رسیده و لوبول‌ها (دایره) سرشار از اسپرماتید و اسپرماتوزوآ (مشخص شده با فلش) هستند، (عدسی X=10)



شکل ۱۲: بیضه در مرحله‌ی رسیده- لوبول‌ها (دایره) حاوی اسپرماتوزوآ فراوان (فلش پهن) و سلول‌های بینابینی لایدیگ و رگ‌های خونی (فلش باریک)، (عدسی X=40)

1 Immature

شفیعی ثابت، س.، ۱۳۸۷. تعیین مراحل رسیدگی جنسی ماهی سفید نر دریای مازندران با کمک شاخص‌های زیستی. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، سال هشتم، شماره دوم، صفحات ۱۲۰-۱۰۷. چله مال دزفول نژاد، م.؛ جمیلی، ش.؛ و شریف پور، ع.، ۱۳۸۸. بررسی روند رسیدگی جنسی ماهی بیاح (*Liza abu*) در آب های استان خوزستان. مجله بیولوژی دریا، سال اول، شماره چهارم، صفحات ۸۴-۷۳.

خارا، ح.؛ به گزین، م.؛ یوسفیان، م.؛ رهبر، م.؛ احمد نژاد، م.؛ و بینایی، م.، ۱۳۸۹. اثر سن بر عملکرد و تولید مثلی مولدین نر ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) رودخانه‌ی تجن. مجله‌ی شیلات دانشگاه آزاد اسلامی، سال چهارم، شماره سوم، صفحات ۱۱۷-۱۰۹.

خدادادی، م.؛ دزفولیان، ع.؛ محمدی، غ.؛ و دستگیر، ت.، ۱۳۸۸. مطالعه‌ی برخی شاخص‌های مورفولوژیک بیضه ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) تالاب شادگان. پژوهش های علوم و فنون دریایی، سال چهارم، شماره دوم، صفحات ۴۶-۳۵.

رجحان، م.، ۱۳۷۸. اطلس رنگی بافت‌شناسی. دانشگاه تهران، انتشارات سماط، ۳۱۷ صفحه.

رضوی صیاد، ب.، ۱۳۷۴. ماهی سفید. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۱۶۵ صفحه.

Billar, R., 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost. Reproduction Nutrition Development, 26: 877-920.

Dietrich, D. R.; Krieger, H.O., 2009. Histological analysis of endocrine disruptive effects in small laboratory fish. John Wiley and Sons, 319 p.

EL-Halfawy, M.M.; Ramadan, A.M.; Mahmoud, W.F., 2007. Reproductive biology and histological studies of the grey mullet, *Liza ramada*, (Risso, 1826) in the lake timsah, Suez canal. Egyptian Journal of Aquatic Research, 33(1): 434-454.

Genten, F.; Terwinghe, E.; Danguy, A., 2009. Atlas of fish histology. Science Publisher, 215 p.

Heidari, B.; Shabanipour, N.; Savari, A.; Yavari, V.; Hosseini, N., 2009. The oocyte development of Kutum, *Rutilus frisii kutum*, K. with special emphasis on the zona radiata structure. Animal Reproduction, 6: 465-472.

شدن^۱، مرحله‌ی در حال تکوین^۲، تکوین یافته^۳، مرحله‌ی کاملاً رسیده^۴ و مرحله‌ی اسپرم ریخته^۵ گزارش شد. همچنین - EL Halfawy و همکاران (۲۰۰۷) برای رشد بیضه ماهی *Liza ramada* الگوی ۶ مرحله‌ای را با نام‌های باکره^۶، باکره در حال بالغ شدن^۷، در حال تکوین^۸، تکوین یافته^۹، تخم‌ریزی^{۱۰} و تخم‌ریزی کرده^{۱۱} را مشخص نمودند. خدادادی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه‌ی شاخص‌های مورفوسیتولوژیک بیضه‌ی ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) که از خانواده‌ی کپور ماهیان و از جنس سس ماهی می‌باشد ۸ مرحله را با نام‌های مرحله‌ی نابالغ^{۱۲}، نابالغ در حال بلوغ^{۱۳}، در حال تکوین^{۱۴}، تکوین یافته^{۱۵}، مرحله‌ی بالغ، مرحله‌ی قبل از خروج اسپرم^{۱۶}، اسپرم و تخلیه‌ی نسبی و مرحله‌ی تخلیه‌ی نهایی - تهی‌سازی (بازجذب^{۱۷}) را در نظر گرفتند. بر اساس مشاهدات میکروسکوپی و ماکروسکوپی صورت گرفته برای ماهی سفید دریای خزر در پژوهش حاضر ۴ مرحله رشد بیضه با نام‌های مرحله‌ی بلوغ اولیه^{۱۸}، مرحله‌ی بلوغ ثانویه^{۱۹}، بالغ^{۲۰} و مرحله‌ی رسیده^{۲۱}، برای اولین بار اعمال گردید. در مجموع، رشد بیضه و اسپرماتوزن ماهی سفید دریای خزر در یک بازه‌ی زمانی طولانی‌مدت یعنی حدود ۸ ماه به‌طول انجامیده و که از الگوی ماهیان معتدله پیروی کرده است. همچنین الگوی رشد بیضه‌ی ماهی سفید، سامانه لوبولار محصور نشده بوده که این سامانه در مراحل پیشرفت و رسیدگی جنسی کاملاً واضح بوده است.

منابع

امینیان فتیده، ب.؛ حسین‌زاده صحافی، ه.؛ شعبانی، ع.؛ یغمایی، ف.؛ و

- 1 Maturing virgin
- 2 Developing stage
- 3 Developed
- 4 Ripe
- 5 Spent
- 6 Virgin
- 7 Maturing virgin
- 8 Developing
- 9 Developed
- 10 Gravid
- 11 Spent
- 12 Immature
- 13 Immature developing
- 14 Developing
- 15 Developed
- 16 Prespermiation
- 17 Reabsorbtion stage
- 18 Early maturing
- 19 Late maturing
- 20 Matured
- 21 Ripe

Shorbagy, I.K ; EL-Boray, K.F., 1994. Seasonal histological changes in the testes of *Mugil seheli* in the Suez Bay. Bulletin of the National Natural Institute Oceanography and Fisheries, 20(1): 211-223.

Schulz, R.W.; Franca, L.; Lareyre, J.J.; Legac, F., 2010. Spermatogenesis in fish. General and Comparative Endocrinology, 165: 390-411.

Zaki, M.I.; Salem, S.B.; EL-Gharabawy, M.M.; EL-

Archive of SID