بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2019.15083.1439

مطالعه پارامترهای ریخت‌شناسی و غلظت عناصر اتولیت در ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) در آب‌های دریای عمان

الهام اسماعیل‌زاده رودسری[۱]، پدرام حاتمی[۲] و *محمدرضا میرزایی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده علوم وفنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، [۳]استادیار مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۹

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی و مقایسه پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت و تعیین غلظت عناصر استرونتیوم کلسیم، پتاسیم و سدیم در برش‌های عرضی اتولیت در گونه حلوا سیاه از خرداد ۱۳۹۵ تا تیر ۱۳۹۶ در سواحل دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) صورت پذیرفت. خصوصیات زیست‌سنجی ماهی حلوا سیاه شامل طول کل و وزن ماهی و همچنین پارامترهای زیست‌سنجی اتولیت از جمله طول و وزن اتولیت مورد بررسی قرار گرفت. تعیین سن براساس وجود دوایر رشد سالانه (لایه‌های مات و شفاف) موجود بر روی مقاطع اتولیت صورت گرفت. بیشترین سن به‌دست آمده ٦ سال متعلق به ماهی حلوا سیاه با میانگین وزن ۲۸±۱۹۵۷ گرم و طول ۲/۳±٤۸۳/۳ سانتی‌متر بود. رابطه معنی‌داری بین طول کل و سن ماهی و همچنین وزن کل و سن ماهی مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین ارتباط معنی‌دار بین طول و وزن اتولیت، بین طول ماهی و طول اتولیت و بین طول اتولیت و وزن ماهی مشاهده شد. غلظت استرانسیم به‌طور کلی با فاصله از هسته (سن) افزایش یافت. سدیم و پتاسیم در بین سنین ٤ تا ٦ سالگی تفاوت‌های را بین مناطق تیره و روشن (زمستانی و تابستان) اتولیت نشان دادند، اما کلسیم و استرونتیوم تفاوت فصلی را نشان نمی‌دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که در گونه مورد مطالعه، دو پارامتر طول اتولیت و وزن اتولیت به عنوان شاخص‌های تعیین گونه به کمک اتولیت می‌تواند مورداستفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ابعاد اولیت، ورن اتولیت، *Parastromateus niger*، تعین سن، آنالیز عناصر

مقدمه

اتولیت‌ها در ماهیان عملکردی مشابه گوش داخلی را در انسان دارند و در حس تعادل نقش دارند (پاپر و همکاران، ۲۰۰۵). در بین سه جفت اتولیت ماهیان استخوانی، ساجیتا بزرگ‌ترین اتولیت در اکثر گونه‌ها می‌باشد و بیشترین تغییرات ریختی را در میان گونه‌ها دارد و اساسا در تعیین سن و اندازه، رده‌بندی، تفکیک ذخایر، مهاجرت و تحقیقات دیرینه شناسی استفاده می‌شود (کاردینال و همکاران، ۲۰۰٤). تعیین سن

*مسئول مکاتبه: mirzaei.mr@gmail.com

ماهیان با استفاده از اتولیت اطلاعات ارزشمندی در رابطه با ارزیابی و مدیریت ذخایر و صید ماهی در اختیار متخصصین شیلاتی و زیست‌شناسی قرار می‌دهد (سکور و همکاران، ۱۹۹۵). اساس کار تعیین سن، استفاده از تغییرات خطوط رشد سالانه که به‌صورت نوارهای متحدالمرکز بر روی اتولیت می‌باشد که به‌طور متناوب، به‌صورت حلقه‌های شفاف (در فصول رشد کم) و حلقه‌های مات (در فصول رشد زیاد) دیده می‌شوند. اتولیت ماهیان منطقه گرمسیری دارای زمینه شفاف است که حلقه‌های نازک هم مرکزی که مات به‌نظر می‌رسند در این زمینه مشاهده می‌گردند در صورتی‌که در ماهیان مناطق معتدل اتولیت دارای زمینه مات می‌باشد و حلقه‌های هم مرکز شفافی در زمینه مات قابل مشاهده است. تفکیک نواحی مات و شفاف در ماهیان منطقه دریای عمان مشکل تر از ماهیان مناطق معتدله است. به نظر می‌رسد نواحی تشکیل حلقه مات اتولیت‌ها با شرایط محیطی مانند: دما، رژیم غذایی و دوره‌های نوری در ارتباط باشد (تابرت و کابل، ۱۹۷۷).

اتولیت‌ها از کریستال‌های کربنات کلسیمی درست شده‌اند که در ماتریکس پروتئینی اتولیت قرار گرفته‌اند و عمده‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها Al, Cl, S, Na, K, Mn, Ti, Cr, Cu می‌باشد (بران و سورین، ۱۹۹۹). امروزه از شکل اتولیت هم به‌عنوان یک نشانگر طبیعی برای مطالعه جمعیت ماهیان صحبت می‌شود، چرا که شکل اتولیت یک ویژگی خاصی در گونه ها محسوب می‌شود. ولی باید توجه داشت که استفاده از شکل اتولیت نیز همانند سایر روش‌های تشخیص جمعیت‌ها اختلافات محیطی و ژنتیکی را مشخص نمی‌کند.

ماهی حلوا سیاه *Parastromateus niger* (بلاچ، ۱۹۷۵) گونه بنتو پلاژیک بوده و در محدوده کف بستر تا نزدیک سطح بالا می‌آید از مهمترین گونه‌های تجاری، با ارزش غذایی بالا بوده که در طول نوار ساحلی دریای عمان (آب‌های سواحل چابهار) اغلب در صیدگاه‌های عمده از شرق به غرب توسط صیادان محلی با روش‌های گوناگون صید و درصد بالایی از صید کفزیان را در استان سیستان و بلوچستان به خود اختصاص داده است. با توجه به مطالب فوق و اهمیت اقتصادی این گونه و عدم اطلاعات کافی از وضعیت بهره‌برداری آن بررسی برخی از پارامترهای رشد و سن آن ضروری به‌نظر می‌رسد.

مطالعات بر روی اتولیت از نظر مورفولوژی و ارتباط آن با خصوصیات ظاهری و مورفومتریک ماهیان، به‌خصوص خانواده گیش ماهیان در ایران به ندرت مشاهده می‌شود. در تحقیقی بر روی شکل اتولیت خانواده‌های مختلف ماهیان در خلیج فارس، تفاوت در شکل ظاهری و اندازه اتولیت‌ها مشخص شد و یکی از این ماهیان حلوا سیاه از خانواده گیش ماهیان بوده است که تفاوت‌های ظاهری اتولیت آن با سایر خانواده‌ها بحث گردید (صادق‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین کاربرد مورفومتری و خصوصیات مورفولوژی اتولیت در جداسازی گونه‌های خانواده گیش ماهیان در خلیج فارس و دریای عمان در سال ۲۰۱۰ توسط منصور کیایی انجام گرفت. مطالعه عناصر تشکیل دهنده اتولیت سابقه چندانی در ایران ندارد و تنها استفاده از تراکم عناصر کمیاب در اتولیت ماهی کلمه جهت مطالعات جمعیتی توسط پراکنده و رضوانی در سال ۲۰۰۵ مورد بررسی قرار گرفته است.

به‌دلیل عدم وجود منابع علمی کافی در خصوص مشخصات مورفولوژیک اتولیت و همچنین عدم سابقه مطالعه جهت عناصر تشکیل دهنده اتولیت، تحقیق حاضر با هدف تعیین پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت و تعیین رابطه طول و وزن اتولیت باطول و وزن ماهی و همچنین استفاده از

ترکیب عناصر برای تشخیص جمعیتی ذخایر آبزیان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در آب‌های دریای عمان در محدوده سواحل استان سیستان و بلوچستان از مناطق چابهار، رمین و پزم انجام پذیرفت. تعداد ٤٥٨ عدد ماهی حلوا سیاه طی دو مرحله نمونه‌برداری از خرداد ۱۳۹۵ تا تیر ١٣٩٦ صید و جمع‌آوری گردید. طول کل توسط تخته بیومتری با دقت ۱ میلی‌متر و وزن ماهی‌های با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. اتولیت از زیر سر ماهی خارج شده و پس از شستن و تمیزکردن اتولیت‌ها را با دستمال خشک کرده و اتولیت‌های راست و چپ را جدا نمودیم و آن‌ها را در ظروف پلاستیکی مخصوص حاوی مشخصات ماهی قرار دادیم. پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت‌های ساژیتای راست و چپ شامل: وزن اتولیت "OW" باترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، طول اتولیت "OL" اندازه‌گیری گردید. مدل رگرسیون خطی برای بررسی رابطه طول و وزن کل ماهی و طول و وزن اتولیت در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفت.

در این تحقیق از اتولیت جهت تعیین سن ماهیان با استفاده از شمارش حلقه‌های سالانه رشد صورت گرفت. بدین منظور اتولیت به‌صورت طبیعی یا رنگ شده زیرلوپ آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. برای رنگ‌آمیزی یک قطره جوهر معمولی در ۵ سی سی آب رقیق شده و اتولیت به‌مدت ۱ دقیقه در آن قرار داده شد، سپس با آب شسته شد تا رنگ اضافی از بین برود. به‌منظور تأیید تعیین سن از هرگروه سنی یک اتولیت به‌صورت تصادفی انتخاب و با تهیه مقطع میکروسکوپی با استفاده از روش هانت (۱۹۹۲) حلقه‌های رشد سالانه شمارش گردید. برای این منظور اتولیت‌ها را در ماده سخت شونده و شفافی به نام هیپوکسی رزین فیکس و قالب‌بندی کرده و از قسمت مرکزی آن به‌وسیله دستگاه برش بافت سخت، برش‌هایی با ضخامت ۰/٤ میلی‌متر تهیه گردید. تعداد ۳۲۳ نمونه دارای دوایر رشد واضحی جهت تعیین سن بودند. توزیع فراوانی نسبی مقاطع اتولیت‌ها دارای حاشیه مات و شفاف نشان داد که هر حلقه رشد مات و شفاف یک بار در سال تشکیل می‌گردد. با تهیه مقطع میکروسکوپی حلقه‌های رشد سالانه شمارش گردید.

جهت اندازه‌گیری عناصر موجود در اتولیت (استرونتیوم، پتاسیم، کلسیم و سدیم) از روش گیلاندرز (۲۰۰۵)، استفاده گردید. در این روش پس از شستشوی و خشک شدن، اتولیت‌ها در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد برای ۲ روز قرارداده شد. سپس تمام اتولیت در داخل رزین قرار داده شد. برش عرضی به ضخامت ۰/۵ میلی‌متر ضخامت از هر اتولیت جدا شده و به خوبی صیقل داده شد. پس از مشاهده دوایر متحدالمرکز روشن و تیره که بیانگر رشد یالانه می‌باشد. نوع و میزان غلظت عناصر در مرکز هر یک از مناطق تیره و روشن به‌وسیله سیستم طیف‌سنجی تفکیک طول موج یا Wavelength dispersive X-ray spectroscopy شناسایی گردید.

طیف حاصل از سیستم WDS در طول موج‌های بالا، از کیفیت مناسبی برخوردار است و عمومی‌ترین کاربرد آن، شناسایی کمی عناصر است. این سیستم به دلیل قدرت تفکیک بالا، به مقادیر بسیار ناچیز عناصر حساس است. در این روش امواج پرتو X منتشرشده، بر اساس طول موج، دسته‌بندی و تفکیک می‌شوند و مورد بررسی قرار می‌گیرند. در هر یک از نمونه‌ها، شدت اشعه ایکس مربوط به هر عنصر در یک جریان پرتو خاص محاسبه می‌گردد. عدد به‌دست آمده با مقادیر استاندارد شناخته شده آن عنصر مورد مقایسه

می‌شود. کلیه مراحل در یک برنامه کامپیوتری انجام می‌شود که عدد محاسبه شده هر عنصر را با استانداردهای آن عنصر و همچنین جذب اتمی، عدداتمی مقایسه می‌کند و نتایج را به‌صورت تابعی از (درصد) وزن عناصر نشان می‌دهد.

کلیه محاسبات توسط برنامه آماری spss ١٦ انجام گردید. میانگین نمونه‌ها به کمک آزمون‌های آماری با یکدیگر مقایسه شد تا وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌دار تعیین گردد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک ANOVA و test-T برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده گردید و برای ثبت اطلاعات و دسته‌بندی داده‌ها و رسم نمودارها نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت.

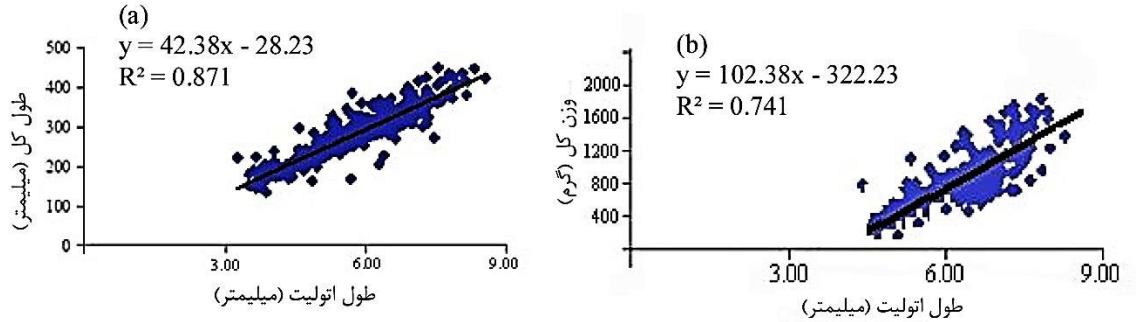
نتایج

در مجموع ٤٥٨ ماهی حلوا سیاه مورد بررسی قرار گرفتند که طول و وزن کل آن‌ها بین ۱۷۳ تا ٤٨٧ میلی‌متر و ۹۳ تا ۱۹٦۸ گرم و به‌ترتیب با میانگین ۲٥٦/۸۷ میلی‌متر و ٤۱۲/۳٤ گرم بود (جدول ۱). طول و وزن اتولیت مورد بررسی در این مطالعه بین ٥/۲۳ تا ۸/۱۰ میلی‌متر و ۰/۰۰٥۲ و ۰/۰۳۱۰ گرم و به‌ترتیب با میانگین ۷/۳۲ میلی‌متر و ۰/۰۰۷۱ گرم بود.

جدول ۱- پارامترهای زیست‌سنجی ماهی و اتولیت حلوا سیاه دریای عمان

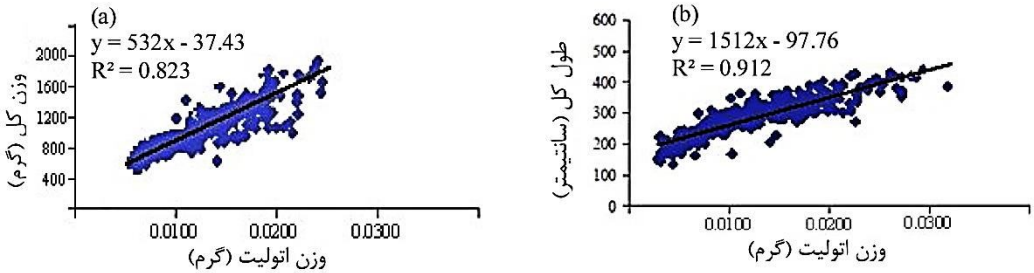
عنوان	طول کل (میلی‌متر)	وزن کل (گرم)	طول اتولیت (میلی‌متر)	وزن اتولیت (گرم)
حداقل	۱۷۳	۹۳	٥/۲۳	۰/۰۰٥۲
حداکثر	٤٨۷	۱۹٦۸	۸/۱۰	۰/۰۳۱۰
میانگین	۲٥٦/۸۷	٤۱۲/۳٤	۷/۳۲	۰/۰۰۷۱
انحراف معیار	۲/۳۲	٤/٤۳	۰/٥٦	۰/۰۰۱۲

تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی نشان‌دهنده رابطه قوی بین طول اتولیت OL، و وزن اتولیت OW با طول کل (TL) و وزن کل (TW) ماهی بود. شکل ۱ نشان‌دهنده رابطه طول اتولیت با وزن ماهی و طول اتولیت با طول ماهی حلوا سیاه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد رابطه معنی‌داری بین طول اتولیت با وزن و طول ماهی حلوا سیاه وجود دارد (P<۰/۰٥).



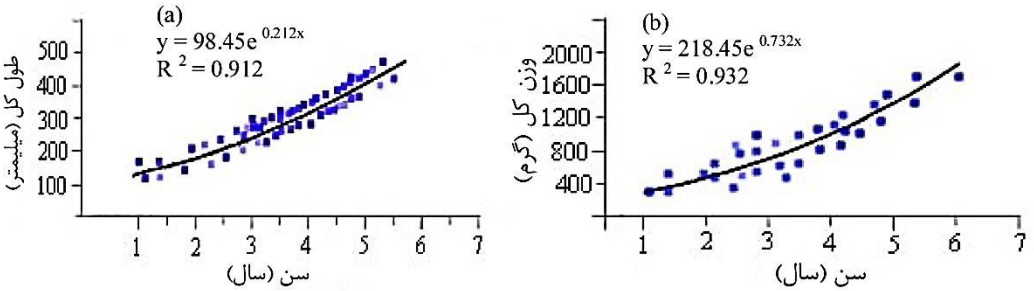
شکل ۱- رابطه طول اتولیت و طول کل ماهی (a) رابطه طول اتولیت و وزن کل ماهی (b) در ماهی حلوا سیاه

شکل ۲ نشان‌دهنده رابطه وزن اتولیت با وزن ماهی و وزن اتولیت با طول ماهی حلوا سیاه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد رابطه معنی‌داری بین وزن اتولیت با وزن و طول ماهی حلوا سیاه وجود دارد (P<۰/۰٥).



شکل ۲- رابطه وزن اتولیت و وزن کل ماهی (a) و رابطه وزن اتولیت و طول کل ماهی (b) در ماهی حلوا سیاه

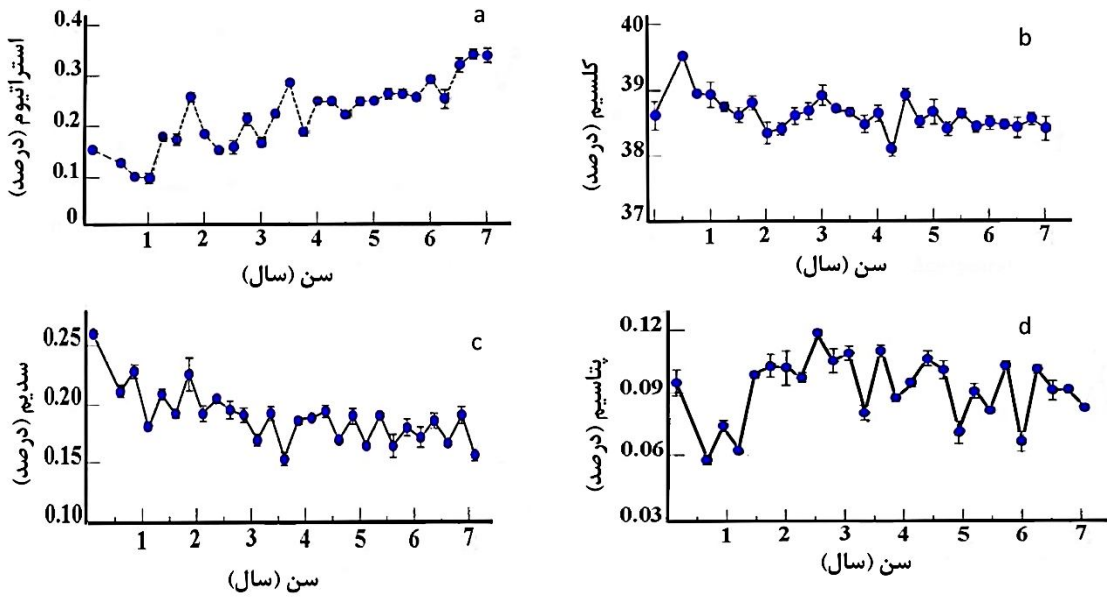
شکل ۳. نشان دهنده رابطه بین سن با طول کل و وزن کل ماهی حلوا سیاه را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد رابطه معنی‌داری بین سن و طول کل و وزن کل ماهی مشاهده می‌شود (P<۰/۰۵).



شکل ۳- رابطه سن و طول کل ماهی (a) و رابطه سن و وزن کل ماهی (b) در ماهی حلوا سیاه در آب‌های دریای عمان

بهترین همپوشانی بین طول کل و ابعاد اتولیت بین طول کل و وزن اتولیت مشاهده گردید (r^2= 0.912). همچنین رابطه بین وزن کل و ابعاد اتولیت بهترین همپوشانی بین وزن اتولیت و وزن کل ماهی را نشان داد شکل برای (r^2= 0.823). کمترین مقدار ضریب تعیین برای رابطه بین وزن کل (TW) و طول اتولیت (OL) مشاهده گردید (r^2= 0.741).

میزان پتاسیم و کلسیم در طول دوره زندگی ماهی تقریبا ثابت مشاهده گردید. میزان استرونتیوم با افزایش سن در همه گونه‌ها افزایش یافت. افزایش استرونتیوم در طول عمر ماهی و پایداری نسبی کلسیم باعث افزایش نسبت استرونتیوم به کلسیم گردید. این افزایش نسبت در تابستان (خطوط روشن) بیشتر از زمستان بود. غلظت سدیم و پتاسیم در سن ٤ تا ٧ سال در بین همه نمونه‌های ماهی نسبت به سایر عناصر و Sr/ Ca ثبات بیشتری نشان داد (شکل ٤).



شکل ٤- غلظت عناصر پتاسیم (a) سدیم (b) استرانتیوم (c) کلسیم (d) دراتولیت ماهی حلوا سیاه

بحث

تعیین سن با استفاده از اتولیت یکی از روش‌های متداول در زمینه مطالعات ماهی‌شناسی به شمار می‌رود. مطالعات متعددی در زمینه نوارهای سطح اتولیت، تعین سن و شناسایی نوارهای تیره و روشن بر روی اتولیت در مناطق مختلف انجام گرفته و به نتایج قابل قبولی رسیده‌اند (Milton et al., 1995, Campana, 2001). مطالعه حاضر سن ماهی حلوا را در سواحل جنوبی سیستان و بلوچستان بین ۱ تا ٦ سال نشان داد. ابعاد اتولیت چپ و راست تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و بنابراین می‌توان از ابعاد و وزن هر کدام از آن‌ها برای محاسبات استفاده نمود. در اغلب مطالعات انجام شده، معمولاً از اتولیت سمت راست برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف و از اتولیت سمت چپ برای رنگ‌آمیزی، سوزاندن، تهیه برش و... استفاده می‌شود (Cardinale et al., 2004).

بین طول کل و اندازه هریک از اتولیت‌ها ارتباط معنی‌داری دیده می‌شود به‌طوری‌که در تمام گونه‌های آزمایش شده این ارتباط مشاهده می‌شود. در بین پارامترهای مورد بررسی، میزان همبستگی بین سن و طول ماهی بیش از همبستگی بین سن و وزن ماهی بود. در برخی ماهی‌ها ممکن است یکی از ابعاد اتولیت در برخی سنین به‌ویژه سن بالا تغییرات کمی داشته باشد و در نتیجه معیار مناسبی برای برآورد سن ماهی نباشد. در این ماهی طول اتولیت به خوبی با افزایش سن زیاد می‌شود و میتوان از آن برای تخمین سن استفاده نمود.

رابطه معنی‌داری بین طول کل و سن ماهی و همچنین بین وزن کل و سن ماهی حلوا سیاه مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد این امر بیانگر آن است که افزایش سن با افزایش طول کل و وزن ماهی همراه است و بیشترین طول و وزن به‌دست آمده نیز متعلق به ماهیان با سن بیشتر می‌باشد. بر این اساس میزان همبستگی وزن اتولیت با افزایش سن ماهی، بیشتر می‌شود. همچنین در مطالعات دیگر نیز همراه با افزایش سن، طول و وزن ماهی افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از مطالعات مشابه نیز موید نتایج این پژوهش است (Olsen et al., 1990).

رابطه معنی‌داری بین طول کل و وزن کل با سن ماهی حلوا سیاه مشاهده شد که نشان می‌دهد با

افزایش سن مقدار طول کل و وزن ماهی افزایش می‌یابد و بالاترین میزان طول و وزن مشاهده شده در این تحقیق نیز مربوط به ماهیان با سن بیشتر می‌باشد. همچنین رابطه معنی‌داری بین طول و وزن اتولیت با وزن و طول ماهی مشاهده شد. دلیل این امر را می‌توان این‌گونه بیان کرد ارتباط مستقیمی بین طول و وزن اتولیت با طول و وزن ماهی و همچنین میزان متابولیسم ماهی وجود دارد در نتیجه رشد اتولیت نشان‌دهنده رشد ماهی نیز می‌باشد. در تیجه باتوجه به هبستگی که بین اتولیت و اندازه ماهی به‌دست آمده است می‌توان با داشتن اندازه اتولیت، اندازه ماهی را به‌دست آورد. در هشت گونه ماهیان اقیانوس اطلس نیز این مسئله تأیید گردید (هانت، ۱۹۹۲).

نتایج این تحقیق برخی از ویژگی‌های طبیعی مهم در مورد تغییرات ترکیب عنصرهای موجود در اتولیت ماهی حلوا سیاه را نشان داد. به استثناء استرونتیوم که افزایش محسوسی را در سنین مختلف ماهی حلوا سیاه نشان داد اغلب عناصر تغییرات بسیار کمی در طول عمر این‌گونه از ماهی را نشان دادند. مشاهده غلظت و نسبت‌های مختلف استرونتیوم و کلسیم در خطوط تیره (زمستان) و روشن (تابستان) نشان‌دهنده تأثیر دما بر غلظت‌های مختلف این عناصر در ساختار اتولیت می‌باشد. از سوی دیگر، تغییرات غلظت سدیم و پتاسیم در خطوط تیره و روشن نشان دادند که تنها پس از ٤ سال زندگی ظاهر شدند. روند تغییر غلظت‌های سدیم، پتاسیم و درجه حرارت دریا نشان می‌دهد که این عناصر به عنوان شاخص‌های دمای آب و سایر پدیده‌های فصلی مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند.

از آنجا که تغییرات دمایی در طول سواحل جنوبی کشور محدود می‌باشد، تغییر میزان غلظت عناصر موجود در اتولیت می‌تواند به عواملی همچون رسیدن به سن بلوغ، ایجاد تغییرات زیست محیطی مانند مونسون (باعث ایجاد اختلال در روند رسوب عناصر دراتولیت می‌شود) و تغییر زیستگاه باشد. همچنین افزایش سن در ماهی‌ها ازجمله عواملی می‌باشد که باعث تغییر ساختار شیمیایی عناصر در اتولیت می‌گردد. همچنین شواهدی مبنی‌بر این‌که تغییرات فیزیولوژیکی مربوط به تولیدمثل می‌توانند ترکیبات اتولیت را تحت تأثیر قرار دهد. در این هنگام سطوح استرونتیوم در اندولیمف اطراف اتولیت باعث تغییرات غلظت استرونتیوم در اتولیت می‌شود که به‌دلیل میزان استرونتیوم در پلاسما می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که اتولیت وضعیت محیط زندگی ماهی از نظر اکولوژیکی و آب و هوایی را نشان می‌دهد و می‌توان از آنها به عنوان شاخصی برای مشخص کردن محیط زندگی ماهیان دریای عمان و تأثیر عوامل آلاینده و انسانی بر روی آن‌ها می‌توان سود جست.

منابع

1. Brown, R., and Severin, K.P. 1999. Elemental distribution within polymorphic inconnu (Stenodus leucichthys) otoliths is affected by crystal structure. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 56: 1898-1903.
2. Campana, S. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of fish biology, 59: 197-242.
3. Cardinale, M., Doering-Arjes, P., Kastowsky, M., and Mosegaard, H. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (Gadus morhua) otoliths.

Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61: 158-167.
4. Gillanders, B.M. 2005. Using elemental chemistry of fish otoliths to determine connectivity between estuarine and coastal habitats. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 64: 47-57.
5. Hunt, J. 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci, 13: 63-75.
6. Hunt, J.J. 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 13: 63-75.
7. Mansourkiaei, A. 2010. Morphometric Application and Morphological Characteristics of Otoliths in identification Carangidae family in the Persian Gulf and Oman Sea, Master Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. 120p.
8. Milton, D., Short, S., O'neill, M., and Blaber, S. 1995. Ageing of three species of tropical snapper (Lutjanidae) from the Gulf of Carpentaria, Australia, using radiometry and otolith ring counts. Oceanographic Literature Review, 9: 759.
9. Newman, S.J., Cappo, M., and Williams, D.M. 2000. Age, growth, mortality rates and corresponding yield estimates using otoliths of the tropical red snappers, Lutjanus erythropterus, L. malabaricus and L. sebae, from the central Great Barrier Reef. Fisheries Research 48: 1-14.
10. Olsen, S., Olsen, J., and Frische, G. 1990. Does fish consumption during pregnancy increase fetal growth? A study of the size of the newborn, placental weight and gestational age in relation to fish consumption during pregnancy. International Journal of Epidemiology, 19: 971-977.
11. Parafkandeh Haghighi, F., and Rezvani, S. 2005. Discrimination of populations of Caspian Roach (Radius rutilus) using trace element content in otoliths, Iranian Scientific Fisheries Journal. 14: 19-36.
12. Popper, A.N., Ramcharitar, J., and Campana, S.E. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. Marine and freshwater Research, 56: 497-504.
13. Sadiq Zadeh, Z., Vosoughi, G., Valisnssab, T., and Fatemi, M.R. 2007, An review of the morphology of otolith in some pelagic fishes of the Persian Gulf, Veterinary Journal of Islamic Azad University, 1: 1-10.
14. Secor, D.H., Henderson-Arzapalo, A., and Piccoli, P. 1995. Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes? Journal of experimental marine Biology and Ecology, 192: 15-33.
15. Taubert, B.D., and Coble, D.W. 1977. Daily rings in otoliths of three species of Lepomis and Tilapia mossambica. Journal of the Fisheries Board of Canada, 34: 332-340.