

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی سیاه‌ماهی گونه *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) جمع‌آوری شده از حوضه آبریز کرمان

فاطمه محمدی^۱، مجید عسکری حسنی^{۲*}، آزاد تیموری^۳، سید مسعود مجدزاده^۲

تاریخ دریافت: آذر ۹۵

تاریخ پذیرش: اسفند ۹۵

چکیده

در این پژوهش گوناگونی‌های درون‌گونه‌ای در ریخت‌شناسی استخوان دم‌لامه (یوروهیال) و سنگریزه شنوایی (اتولیت) در گونه سیاه‌ماهی سعدی *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) از حوضه آبریز کرمان مورد مطالعه قرار گرفت. به این ترتیب که تعداد ۴۸ نمونه ماهی از چهار جمعیت (زرند، کوهبنان، بردسیر و کهنوج) از حوضه آبریز کرمان صید و در الکل ۷۵٪ تثبیت شد. سپس استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی آن‌ها استخراج شد و ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های استخوان دم‌لامه این گونه به این ترتیب بود: ناحیه قدامی فاقد زائده، سطح شکمی مثلثی‌شکل و ناحیه عقبی شکاف‌دار و پهلوهای شکمی پهن بود. سنگریزه شنوایی آستریسکوس از نوع Gyro بود، بخش داخلی آن مقعر و بخش خارجی محدب بود، سطح شکمی صاف و دنداندار و روستروم و *Pseudorostrum* اغلب نامشخص بود. نتایج ریخت‌سنجی نشان داد که طول و عرض استخوان دم‌لامه نسبت به فاصله بین دو چشم و فاصله پشت چشم بیشترین نقش را در تمایز جمعیت‌ها داشت و در مورد سنگریزه شنوایی، نسبت طول میانی سنگریزه شنوایی به طول استاندارد ماهی و طول سر نقش بیشتری داشت. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که گوناگونی‌های ریختی استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی در ماهیان آب شیرین نه تنها در تفکیک گونه‌ها، بلکه در نشان دادن تمایز جمعیت‌ها به ویژه جمعیت‌های آلپاتریک اهمیت دارد. با در نظر گرفتن الگوی تنوع ریختی این ساختارها بین جمعیت‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جمعیت‌های زرند تمایز بیشتری نسبت به سایر جمعیت‌ها داشتند و این تفاوت احتمالاً ناشی از جدایی جغرافیایی این جمعیت نسبت به سایر جمعیت‌ها است.

واژگان کلیدی: تاکسونومی، ساختارهای سخت، کیپورماهیان، حوضه کرمان.

۱- کارشناس ارشد بیوسیستماتیک جانوری، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

* نویسنده مسئول: mahesni@gmail.com

مقدمه

با توجه به وجود شباهت‌های ظاهری در بعضی از ماهیان، به نظر می‌رسد استفاده از سایر ویژگی‌ها و ساختارها همانند ویژگی‌های مولکولی و همچنین ساختارهای آناتومیکی و سخت مانند استخوان دم‌لامه (یوروهیال، Urohyal) و سنگریزه شنوایی (اتولیت، Otolith)، ابزارهای مناسبی برای شناسایی گونه‌ها و حتی جمعیت‌ها در اختیار پژوهشگران و ماهی‌شناسان قرار دهد (Teimori et al., 2012a,b).

استخوان دم‌لامه، استخوانی در بخش شکمی ناحیه سر و در بخش مرکزی استخوان ماندیبولار ماهیان است که از جلو به استخوان لامی-شکمی، از ناحیه جلویی به اولین بازی برانشیال و از عقب به وسیله ماهیچه‌ها به کمر بند سینه‌ای متصل شده است. استخوان دم‌لامه از استخوانی شدن یک رباط میانی تشکیل می‌شود و ناحیه گلوگاه بین برانش‌های گلوی ماهی را محافظت می‌کند. این استخوان در باز و بسته شدن دهان و نحوه تغذیه ماهیان اهمیت دارد. از لحاظ ریخت‌شناسی این استخوان دارای تیغه پشتی و همچنین اجزای افقی و عمودی است (Kusaka, 1974; Chollet-Villalpando et al., 2014).

کپورماهیان یا ماهیان قنات با داشتن حدود ۳۶۷ جنس و حدود ۳۰۰۶ گونه بزرگترین خانواده ماهیان آب شیرین و احتمالاً به استثنای گاوماهیان یا Gobiidae، بزرگترین خانواده از مهره‌داران است (Nelson et al., 2016). جنس *Capoeta Valenciennes*, 1842 در حوضه‌های آبی ایران دارای هشت گونه است که این گونه‌ها شامل *C. fusca* Nikolskii, 1897، *C. buhsei* Kessler, 1877، *C. capoeta*, *C. trutta* Heckel, 1843، *C. mandica* Bianco, Guldenstadt, 1773، *C. aculeata* & Banarescu, 1982، *C. saadii* Heckel, Valenciennes, 1844 و *C. coadi* Alwan, Zareian & Esmaeili, 2016 هستند (Esmaeili, 2001; Alwan, 2011; Alwan et al., 2016).

به علت پراکنش وسیع گونه‌های سیاه‌ماهی در ایران، گوناگونی‌های زیادی در صفات ظاهری به ویژه رنگ و صفات شمارشی و ریخت‌سنجی آن‌ها دیده می‌شود. به همین دلیل، جایگاه تاکسونومیک‌ی تعدادی از گونه‌ها، زیرگونه‌ها و جمعیت‌های آن‌ها به صورت حل نشده باقی مانده است (Alwan, 2011; Alwan et al., 2016).

تفاوت‌های ریخت‌شناسی استخوان دم‌لامه برای شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان نیز استفاده می‌شود. به همین خاطر این ساختار به عنوان ابزاری مناسب در مطالعات رده‌بندی و تاکسونومی ماهیان محسوب می‌شود (Chollet-Villalpando et al., 2014; Jawad et al., 2016). علاوه بر این، گوش داخلی ماهیان دارای سه حفره (اوتریکول، ساکول، لاژنا) است که درون آن‌ها سنگریزه‌های شنوایی یا اتولیت‌ها قرار می‌گیرند (Farrell et al., 2011). در ماهیان سه سنگریزه شنوایی به نام‌های ساژیتا، آستریسکوس و لاپیلوس دیده می‌شود که در بیشتر ماهیان استخوانی ساژیتا بزرگترین و لاپیلوس کوچکترین سنگریزه شنوایی است. در حالی که، در ماهیان اتوفیزی (Characiformes, Gymnotiformes, Siluriformes و Cypriniformes) آستریسکوس بزرگترین سنگریزه شنوایی است. آستریسکوس و ساژیتا در مقایسه با لاپیلوس بزرگتر هستند و بیشترین تغییرات شکلی را دارند (Berra and Aday, 2004). هر سنگریزه شنوایی دارای شکل و ویژگی‌های خاصی است که ویژه همان گونه است (Ponton, 2006; Reichenbacher et al., 2009, 2007). با توجه به این که برخی از ویژگی‌های ریختی سنگریزه شنوایی مانند شکل روستروم و آنتی‌روستروم و شکل شیار سولکوس تحت کنترل فاکتورهای ژنتیکی هستند، بنابراین از گوناگونی موجود در آن‌ها برای تخمین روابط تکاملی و تبارزایی ماهیان استفاده می‌شود (Annabi et al., 2013; Teimori et al., 2012a,b,c, 2014).

مطالعاتی روی ریخت‌شناسی استخوان دم‌لامه ماهیان مختلف از جمله برخی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۹) و همچنین برخی ماهیان خلیج فارس و دریای عمان (Jawad et al., 2016) انجام شده است. همچنین مطالعاتی روی سنگریزه شنوایی از جمله ماهی کفال طلایی (بامشاد و همکاران، ۱۳۹۵)، کفال ماهیان خلیج فارس (Salehi et al., 2016) و ماهی گورخری دم‌پرچی (Teimori et al., 2012b,c, 2014) صورت گرفته است که نشان داده‌اند که استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی در رده‌بندی و شناسایی ماهیان موثر هستند.

با توجه به جدایی جغرافیایی جمعیت‌های مورد مطالعه و از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای بر روی ساختارهای استخوان دم‌لامه و سنگریزه

تفاوت‌های ریختی استخوان دم‌لامه برای شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان نیز استفاده می‌شود. به همین خاطر این ساختار به عنوان ابزاری مناسب در مطالعات رده‌بندی و تاکسونومی ماهیان محسوب می‌شود (Chollet-Villalpando et al., 2014; Jawad et al., 2016).

علاوه بر این، گوش داخلی ماهیان دارای سه حفره (اوتریکول، ساکول، لاژنا) است که درون آن‌ها سنگریزه‌های شنوایی یا اتولیت‌ها قرار می‌گیرند (Farrell et al., 2011). در ماهیان سه سنگریزه شنوایی به نام‌های ساژیتا، آستریسکوس و لاپیلوس دیده می‌شود که در بیشتر ماهیان استخوانی ساژیتا بزرگترین و لاپیلوس کوچکترین سنگریزه شنوایی است. در حالی که، در ماهیان اتوفیزی (Characiformes, Gymnotiformes, Siluriformes و Cypriniformes) آستریسکوس بزرگترین سنگریزه شنوایی است. آستریسکوس و ساژیتا در مقایسه با لاپیلوس بزرگتر هستند و بیشترین تغییرات شکلی را دارند (Berra and Aday, 2004). هر سنگریزه شنوایی دارای شکل و ویژگی‌های خاصی است که ویژه همان گونه است (Ponton, 2006; Reichenbacher et al., 2009, 2007).

شنوایی در جمعیت‌های سیاه‌ماهی حوضه آبریز کرمان صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف توصیف ویژگی‌های ریختی این ساختارها در سیاه‌ماهی سعدی *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) و نیز ارزیابی این دو ساختار سخت در شناسایی جمعیت‌های انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی جمعیت‌ها، چهار جمعیت از گونه سیاه‌ماهی *Capoeta saadii* موجود در قنات‌های شهرستان‌های زرنند، کوهبنان، بردسیر و کهنوج در استان کرمان مورد مطالعه قرار

گرفتند. پس از تعیین ایستگاه‌ها، موقعیت جغرافیایی نمونه‌برداری با استفاده از GPS ثبت شد. نمونه‌ها از خردادماه سال ۱۳۹۳ تا خردادماه سال ۱۳۹۴ با استفاده از تور دستی بزرگ، جمع‌آوری، در الکل ۷۵٪ تثبیت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. جزئیات نمونه‌برداری در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به وضعیت زیستگاه‌ها و با در نظر گرفتن حفاظت نمونه‌ها، تعداد محدودی از ماهیان نمونه‌برداری شدند. نمونه‌ها پس از زیست‌سنجی توسط کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، شماره‌گذاری و در موزه جانورشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان نگهداری شدند.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی جمعیت‌ها و تعداد نمونه‌های مطالعه شده در هر جمعیت

جمعیت	تعداد نمونه	موقعیت جغرافیایی	میانگین طول استاندارد (میلی‌متر)
زرنند	۱۰	۵۶۱۲۸۲۴N ۳۱۰۳۸۱۹E	۱۴۶/۳±۵۷/۴۳
بردسیر	۱۴	۵۶۵۱۳۳۶N ۳۰۰۰۳۹۸E	۷۱/۲±۳۵/۵۸
کوهبنان	۱۲	۵۶۱۷۳۲۱N ۳۱۲۳۴۴۲E	۵۶/۶±۴۱/۴۹
کهنوج	۱۰	۵۷۴۱۳۲۲N ۲۷۵۳۵۸۴E	۴۹/۳±۱۸/۵۰

استخراج استخوان دم‌لامه

ابتدا سر ماهی از جلوی باله سینه‌ای جدا و به مدت ۳-۵ دقیقه در آب جوش قرار داده شد. این مدت زمان وابسته به اندازه ماهی متفاوت است. سپس، عضلات سر ماهی با استفاده از پنس و سوزن جدا و استخوان دم‌لامه خارج شد. استخوان‌های دم‌لامه جدا شده، به کمک مسواک ظریف تمیز و به صورت خشک در موزه جانورشناسی بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان (ZM-SBUK) نگهداری شدند. برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی، با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Dino-Lite، چین) از سه نمای پشتی، جانبی و شکمی استخوان‌ها عکس‌برداری شد.

استخراج سنگریزه شنوایی

جمجمه از ناحیه پشتی به وسیله تیغ باز شد. سپس سنگریزه شنوایی سمت چپ و راست خارج و با اتانول ۹۰ درصد و یک مسواک کوچک در زیر استریومیکروسکوپ تمیز شد و برای عکس‌برداری به صورت خشک نگهداری شد (Assis, 2003). عکس‌برداری از

سطح پروکسیمال سنگریزه شنوایی با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال Dino-Lite انجام شد.

مطالعه گوناگونی استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی بدون در نظر گرفتن جنسیت ماهیان انجام گرفت.

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه

صفات کلی که در این مطالعه برای توصیف ریختی استخوان دم‌لامه استفاده شد شامل شکل کلی استخوان دم‌لامه، شکل ناحیه قدامی، وجود شیار در ناحیه قدامی و شکل آن، شکل تیغه پشتی، شکل ناحیه شکمی و توصیف پهلوه‌های شکمی.

برای ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه، طول کل به همراه عرض و ارتفاع آن با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و با استفاده از چندین ویژگی ریختی بدن ماهی (به ویژه ناحیه سر) استانداردسازی شد و در نهایت تعداد ۲۷ ویژگی ریخت‌سنجی تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۲: ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی استخوان دم‌لامه (نسبت صفت استخوان دم‌لامه به صفت استاندارد ۱۰۰×) و توصیف آن‌ها

ردیف	توصیف صفات نسبی استخوان دم‌لامه	علامت اختصاری	ردیف	توصیف صفات نسبی استخوان دم‌لامه	علامت اختصاری
۱	نسبت طول استخوان دم‌لامه به ارتفاع استخوان دم‌لامه	L.UH	۱۵	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به ارتفاع سرماهی	H.HD
۲	نسبت طول استخوان دم‌لامه به پهنای استخوان دم‌لامه	L.UW	۱۶	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به بیشترین ارتفاع ماهی	H.MaxBD
۳	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به پهنای استخوان دم‌لامه	H.UW	۱۷	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به فاصله جلوی چشم ماهی	H.ProD
۴	نسبت طول استخوان دم‌لامه به طول کل ماهی	L.TL	۱۸	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به فاصله پشت چشم ماهی	H.PosD
۵	نسبت طول استخوان دم‌لامه به طول استاندارد ماهی	L.SL	۱۹	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به فاصله بین دو چشم ماهی	H.InoD
۶	نسبت طول استخوان دم‌لامه به طول سر ماهی	L.HL	۲۰	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به طول استاندارد	W.SL
۷	نسبت طول استخوان دم‌لامه به ارتفاع سرماهی	L.HD	۲۱	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به طول سر	W.HL
۸	نسبت طول استخوان دم‌لامه به بیشترین ارتفاع ماهی	L.MaxBD	۲۲	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به ارتفاع سر	W.HD
۹	نسبت طول استخوان دم‌لامه به فاصله جلوی چشم	L.ProD	۲۳	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به بیشترین ارتفاع بدن	W.Maxb
۱۰	نسبت طول استخوان دم‌لامه به فاصله پشت چشم ماهی	L.PosD	۲۴	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به کمترین ارتفاع بدن	W.Minb
۱۱	نسبت طول استخوان دم‌لامه به فاصله بین دو چشم	L.InoD	۲۵	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به فاصله جلو چشم	W.Prod
۱۲	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به طول کل ماهی	H.TL	۲۶	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به فاصله پشت چشم	W.Posd
۱۳	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به طول استاندارد ماهی	H.SL	۲۷	نسبت عرض استخوان دم‌لامه به فاصله بین دو چشم	W.In.or.d
۱۴	نسبت ارتفاع استخوان دم‌لامه به طول سر ماهی	H.HL			

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی سنگریزه شنوایی
برای مطالعه ریخت‌شناسی از سنگریزه‌ها

شنوایی عکس‌برداری شد و ویژگی‌های آن
طبق روش ارائه شده توسط Assis (۲۰۰۳)

توصیف شد. به منظور مطالعه ریخت‌سنجی،
پس از عکس‌برداری، با استفاده از نرم‌افزار

Dino-Lite و بر اساس روش ارائه شده توسط
Reichenbacher و همکاران (۲۰۰۷) هشت

صفت ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شد. با
استاندارد کردن صفات ریختی خام، تعداد ۱۰

صفت ریخت‌سنجی نسبی مطابق جدول ۳
محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. برای

استانداردسازی داده‌های خام از ابطنه ۱ استفاده
شد (Lahnsteiner and Jagsch, 2005).

رابطه ۱:

$$OS = (O/S) \times 100$$

OS: صفت استاندارد شده سنگریزه شنوایی؛ O:
صفت سنگریزه شنوایی؛ S: صفت استاندارد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای مطالعه مقایسه‌ای بین جمعیتی
ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی از آزمون تحلیل
واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و
یا آزمون کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis)
استفاده شد.

جدول ۳: ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی سنگریزه شنوایی و توصیف آن‌ها

علامت اختصاری	توصیف صفت نسبی	ردیف	علامت اختصاری	توصیف صفت نسبی	ردیف
RRL	نسبت طول روستروم به طول میانی سنگریزه شنوایی	۶	ML.FSL	نسبت طول میانی سنگریزه شنوایی به طول استاندارد ماهی	۱
RAL	نسبت طول آنتی‌روستروم به طول میانی سنگریزه شنوایی	۷	ML.FHL	نسبت طول میانی سنگریزه شنوایی به طول سر ماهی	۲
RRH	نسبت ارتفاع روستروم به ارتفاع سنگریزه شنوایی	۸	ML.FHD	نسبت طول میانی سنگریزه شنوایی به ارتفاع سر ماهی	۳
RAH	نسبت ارتفاع آنتی‌روستروم به ارتفاع سنگریزه شنوایی	۹	RML	نسبت طول میانی به طول پشتی سنگریزه شنوایی	۴
L.H	شاخص طول سنگریزه شنوایی نسبت به ارتفاع سنگریزه شنوایی	۱۰	RDL	نسبت طول پشتی به طول شکمی سنگریزه شنوایی	۵

جانبی دارای زائده‌های کوچک، سطح شکمی تقریباً مثلثی شکل و انتهای آن نسبتاً دوشاخه و ارتفاع تیغه پشتی هم‌اندازه عرض پهلوهای شکمی بود. تیغه پشتی دارای شیب ملایم و منشا آن با فاصله کمی از ناحیه عقبی قرار داشت (شکل ۱).

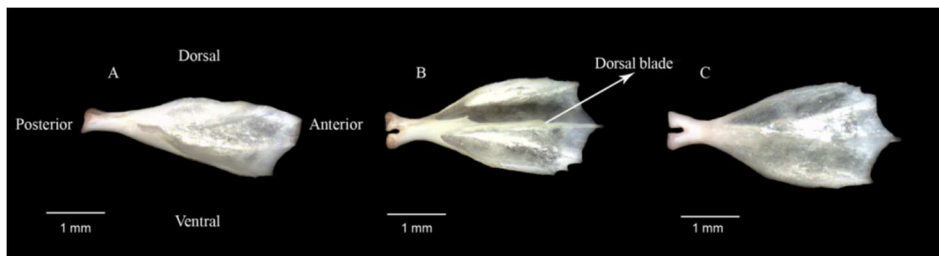
تغییرات درون گونه‌ای در استخوان دم‌لامه
گوناگونی‌های قابل توجهی در نمای شکمی استخوان دم‌لامه بین جمعیت‌های مختلف وجود داشت، به طوری که نمای شکمی در جمعیت زرد مثلثی شکل، در جمعیت بردسیر ناموزون و در جمعیت‌های کوهبنان و کهنوج مثلثی شکلی بود. ساختار پهلوهای شکمی استخوان دم‌لامه نیز در جمعیت زرد دنداندار و کوچک بود و دندانها در راستای طول استخوان دم‌لامه قرار گرفته بودند.

به این ترتیب که در صورت برقراری فرض یکسانی واریانس گروه‌ها (P-Value of Test of Homogeneity of Variances $\geq \alpha=0.05$) از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و در غیر این صورت از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. همچنین، برای مشخص شدن سطح معنی‌داری صفات بین جمعیت‌ها پس‌آزمون دانکن ($P < 0.05$) و یا Tamhane's T2 (برای مقایسه بین دو جمعیت) استفاده شد. تمام آنالیزهای آماری در نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد.

نتایج

ریخت‌شناسی استخوان دم‌لامه

ناحیه قدامی در دو طرف تیغه میانی فاقد زائده و ناحیه عقبی شکاف‌دار، تیغه پشتی در انتهای جلویی کمی جلوتر از پهلوهای شکمی، پهلوهای شکمی نسبتاً پهن و در دو انتهای



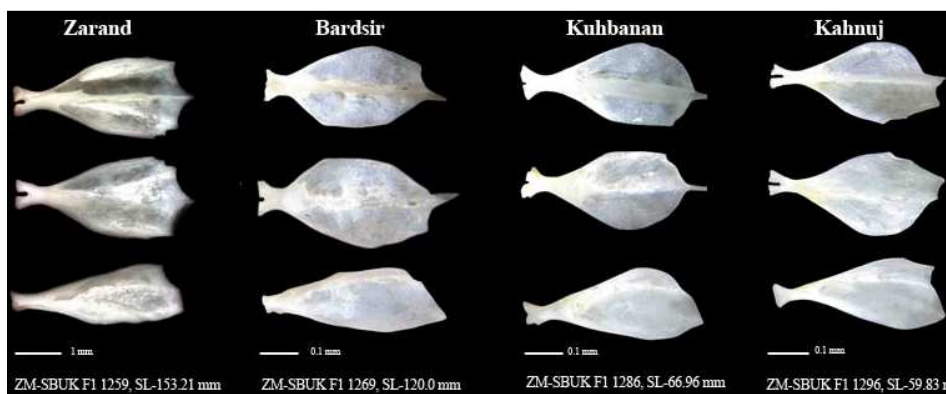
شکل ۱: شکل کلی استخوان دم‌لامه در گونه *Capoeta saadii*. A: نمای جانبی؛ B: نمای پشتی؛ C: نمای شکمی.

بدون کشیدگی واضحی بود. از نمای شکمی، پهلوه‌ها در جمعیت‌های مختلف متفاوت بودند، بیشترین جلوآمدگی مربوط به استخوان دم‌لامه در جمعیت بردسیر و کمترین آن مربوط به جمعیت کهنوج بود.

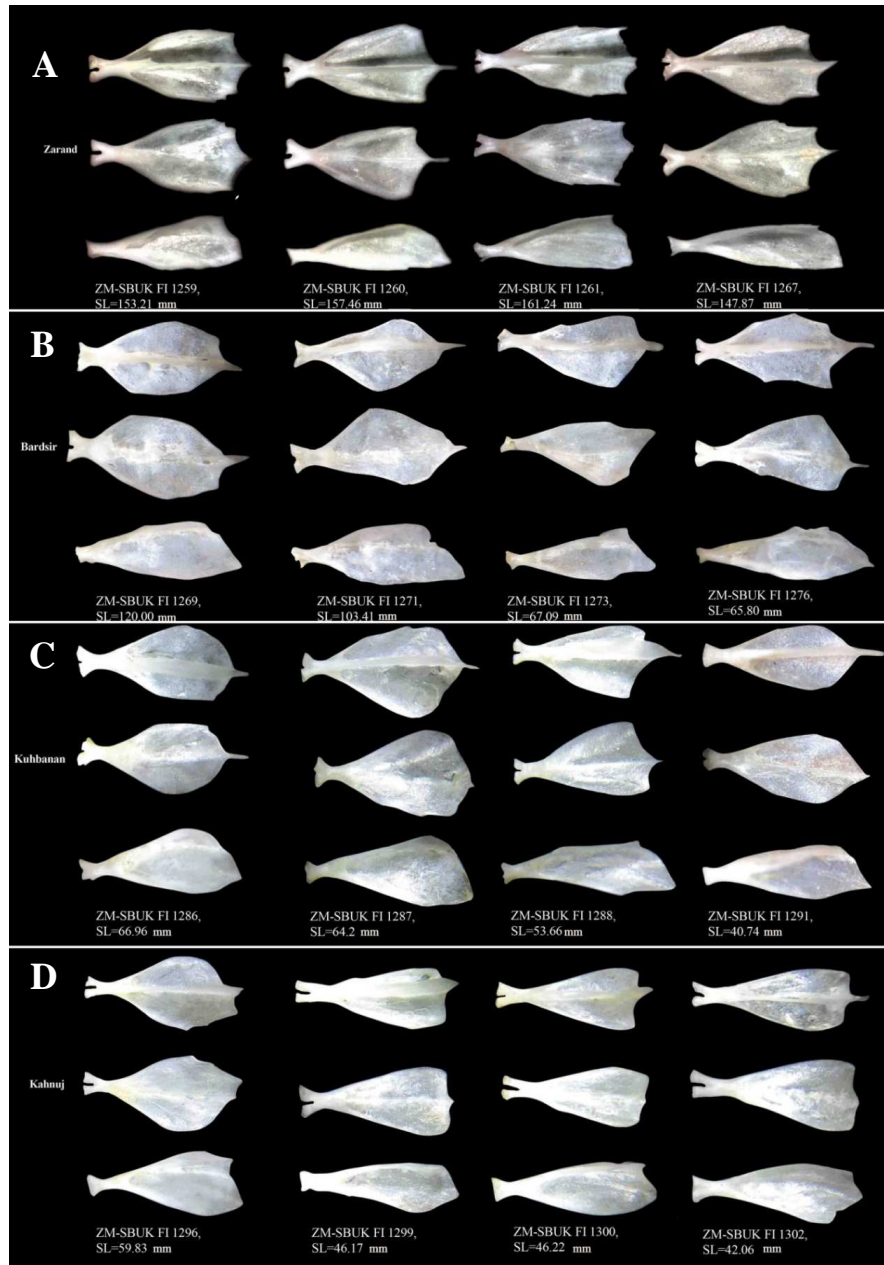
تغییرات درون جمعیتی در استخوان دم‌لامه

مقایسه درون جمعیتی استخوان دم‌لامه نشان داد که سطح شکمی و پشتی جز در انتهای جلویی پهلوه‌ها، بین افراد هر جمعیت تفاوتی نداشت. در ناحیه عقبی تغییراتی در شکل قسمت شکاف‌دار دیده شد. ناحیه جلویی بسته به شکل پهلوه‌ها، در نمونه‌های هر جمعیت متفاوت بود و تیغه پشتی تفاوت چندانی را در نمونه‌های هر جمعیت نشان نداد (شکل ۳).

در ماهیان بردسیر، استخوان دم‌لامه پهلوه‌های شکمی داشت که در انتهای جلویی نامتقارن بود. کمترین عرض پهلوه‌های شکمی مربوط به ایستگاه کهنوج و بیشترین آن مربوط به ایستگاه زرنند بود. از نمای سطح پشتی، جمعیت‌های مختلف تفاوت‌هایی نشان دادند، به طوری که در جمعیت زرنند پهلوه‌ها تقریباً کشیده و نسبتاً صاف بود، در حالی که در سایر جمعیت‌ها قوس اندکی در پهلوه‌ها مشاهده شد و شیب انحنای پهلوه‌ها به سمت نوک تیغه نیز متفاوت بود (شکل ۲). در ناحیه جلویی، کشیدگی تیغه پشتی نیز تفاوت داشت، به طوری که در جمعیت بردسیر تیغه پشتی بیشترین کشیدگی را داشت و تقریباً سوزنی شکل بود و در جمعیت زرنند تیغه پشتی تقریباً



شکل ۲: تصاویری از سه نمای پشتی، شکمی و جانبی (از بالا به پایین) استخوان دم‌لامه در چهار جمعیت از گونه *Capoeta saadii*



شکل ۴: تصاویری از سه نمای پشتی، شکمی و جانبی استخوان دم‌لامه در جمعیت‌های مختلف از گونه *Capoeta saadii* در استان کرمان. (A) زرند. (B) بردسیر. (C) کوهبنان. (D) کهنوج. برای هر کدام از

جمعیت‌ها، تصاویر ردیف اول مربوط به نمای پشتی، ردیف دوم مربوط به نمای شکمی و ردیف سوم مربوط به نمای جانبی است.

ریخت‌شناسی سنگریزه شنوایی

آستریسکوس در این گونه از نوع Gyro بود که دارای یک Lobus Major توسعه یافته و فاقد Lobus Minor بود. داخل بخش مرکزی در یک نیم‌دایره، Fossa Acustica وجود داشت که کمی انحنا داشت و پیرامون آن Crista Medial بود (شکل ۴). یک پسودواکسیسورا (Pseudoexcisura) و یک آنتی‌روستروم کاذب یا ناقص (Pseudoantirostrum) در موقعیت قدامی وجود داشت که کم و بیش مشخص می‌شدند. بخش داخلی سنگریزه شنوایی مقعر و بخش خارجی آن محدب بود. به استثنای قسمت قدامی، سایر قسمت‌ها دندان‌هایی داشتند که بیشترین و عمیق‌ترین آن‌ها در قسمت خلفی وجود داشت (شکل ۴).

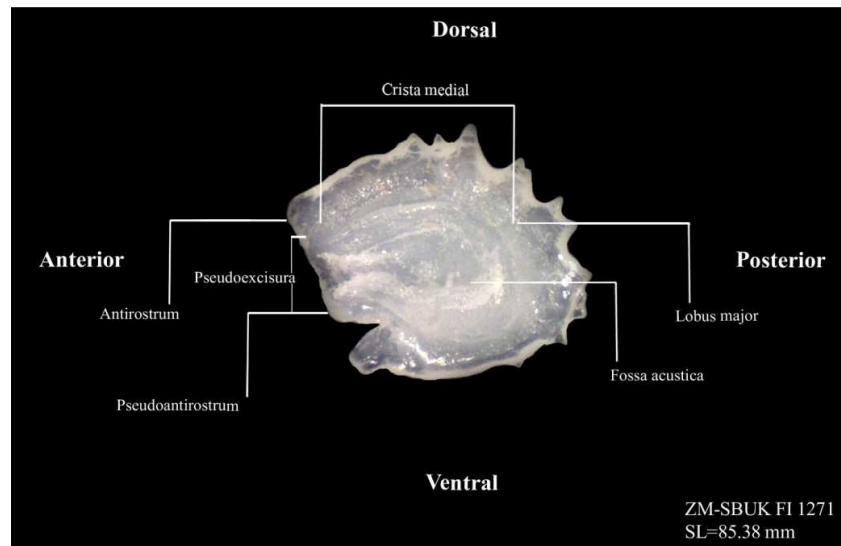
تغییرات ریختی درون گونه‌ای در آستریسکوس تصاویر آستریسکوس سمت راست این گونه در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. شکل کلی سنگریزه شنوایی در جمعیت‌های کوهبنان، بردسیر و کهنوج تقریباً دایره‌ای شکل و در نمونه‌های زرد کمی کشیده بود.

سنگریزه شنوایی در نمونه‌های زرد زوائد دندان‌مانند و مشخص داشت (شکل ۶). شکل ناحیه اکسیسورا در بخش جلویی سنگریزه شنوایی در جمعیت‌های مختلف، متفاوت بود و آنتی‌روستروم کاذب یا ناقص سنگریزه شنوایی در ایستگاه‌های بردسیر، کوهبنان و کهنوج با تفاوت اندکی تقریباً صاف، بدون دندان و در ایستگاه زرد شیب‌دار بود. آنتی‌روستروم در همه ایستگاه‌ها فرورفتگی یا شکاف داشت (این شکاف در افراد کوهبنان ضعیف‌تر بود). برآمدگی ناحیه پسودواکسیسورا در ایستگاه زرد نسبت به سایر ایستگاه‌ها کوچک‌تر، ناحیه شکمی در ایستگاه‌های زرد و کوهبنان گرد و در ایستگاه‌های بردسیر و کهنوج تقریباً صاف و گوشه‌دار، ناحیه پشتی در جمعیت‌های زرد و بردسیر دندان‌دار بود. تعداد و عمق دندان‌های سنگریزه شنوایی ماهیان در زرد از سایر ایستگاه‌ها بیشتر و در جمعیت کهنوج کمتر بود.

تغییرات ریختی درون جمعیتی در ساختار آستریسکوس

تصاویر آستریسکوس سمت راست در جمعیت‌های مختلف مورد مطالعه در شکل ۶

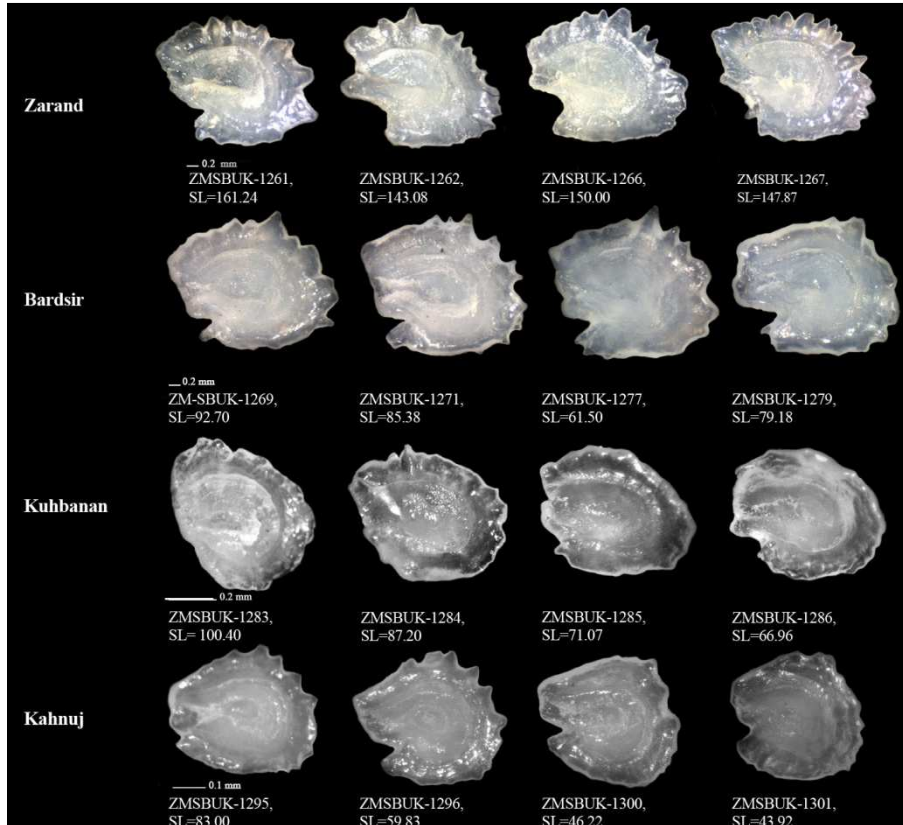
نشان داده شده است. مقایسه درون جمعیتی آستریسکوس نشان داد که تغییرات زیادی در شکل کلی، ناحیه شکمی، پشتی و عقبی در نمونه‌های هر جمعیت دیده نشد. با این حال، تفاوت اندکی در ناحیه جلویی وجود داشت. بیشترین تفاوت‌های ریختی درون جمعیتی در جمعیت‌های زرد و بردسیر مربوط به آنتی‌روستروم، و در جمعیت‌های کوهبنان و کهنوج مربوط به آنتی‌روستروم کاذب یا ناقص و آنتی‌روستروم بود.



شکل ۴: آستریسکوس سمت راست در گونه *Capoeta saadii*



شکل ۵: آستریسکوس سمت راست از جمعیت‌های مختلف گونه *Capoeta saadii*



شکل ۶: شکل کلی آستریسکوس در جمعیت‌های مختلف مطالعه شده در استان کرمان

مقایسه بین جمعیتی ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی استخوان دملامه برای بررسی این هدف، در صورت برقراری فرض یکسانی واریانس گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و در غیر این صورت از آزمون کروسکال-والیس، استفاده شد. با توجه به برقراری این شرط برای اکثر صفات ریخت‌سنجی استخوان دملامه مربوط به گونه *Capoeta saadii* غیر از صفات L.HL، L.H، L.Minb، L.Posd، H.Minb و H.In.or.d از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد (جدول ۴) و برای بررسی تفاوت شش صفت دیگر که شرط یکسانی واریانس را نداشتند از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. با توجه به سطح معناداری آزمون تحلیل واریانس ($P < 0.05$) با بیش از ۹۵٪ اطمینان، می‌توان

مقایسه بین جمعیتی ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی استخوان دملامه برای بررسی این هدف، در صورت برقراری فرض یکسانی واریانس گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و در غیر این صورت از آزمون کروسکال-والیس، استفاده شد. با توجه به برقراری این شرط برای اکثر صفات ریخت‌سنجی استخوان دملامه مربوط به گونه

گفت میانگین این صفات ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه در ماهی *C. saadii* یعنی $L.Minb$, $L.HL$, $L.H$ از طرفی صفات $L.Prod$, $L.HD$, $L.Maxb$, $L.SL$, $H.HD$, $H.HL$, $H.SL$, $L.In.or.d$, $H.HD$, $H.HL$, $H.SL$, $H.Prod$, $H.Maxb$, $W.SL$, $H.Posd$, $H.Prod$, $H.Maxb$, $W.Minb$, $W.Maxb$, $W.HD$, $W.HL$, $W.Prod$, $W.Posd$ و $W.In.or.d$ بر حسب جمعیت متفاوت بود. سپس برای این که مشخص شود این صفات در بین کدام جمعیت‌ها با هم تفاوت معنادار دارند، از پس‌آزمون دانکن استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

از طرفی صفات $L.Minb$, $L.HL$, $L.H$ و $H.Minb$ و $H.In.or.d$ که شرط یکسانی واریانس گروه‌ها برای آن‌ها برقرار نبود برای بررسی مقایسه درون جمعیتی از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. نتایج نشان داد که صفات $L.Minb$, $L.HL$, $L.H$ و $H.Minb$ و $H.In.or.d$ در استخوان دم‌لامه بر حسب جمعیت متفاوت بودند ($P \leq 0.01$)؛ جدول ۶). سپس برای این که مشخص شود این صفات در بین کدام جمعیت‌ها با هم تفاوت معنادار دارند، از پس‌آزمون Tamhane's T2 استفاده شد (جدول ۷).

جدول ۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه صفات ریخت‌سنجی پارامتریک استخوان دم‌لامه در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

F	صفت	F	صفت	F	صفت
۴/۸۳**	W.HL	۱۱/۰۵**	H.SL	۰/۵۱	L.W
۵/۳۳**	W.HD	۴/۵۹**	H.HL	۰/۲۰	H.W
۶/۲۱**	W.Maxb	۴/۵۲**	H.HD	۲۳/۳۲**	L.SL
۱۰/۲۸**	W.Minb	۳/۵۴*	H.Maxb	۷/۱۵**	L.Maxb
۳۰/۹۲**	W.Prod	۲۵/۴۶**	H.Prod	۷/۴۶**	L.HD
۱۱/۷۶**	W.Posd	۸/۹۳**	H.Posd	۵۰/۳۷**	L.Prod
۱۶/۲۹**	W.In.or.d	۱۳/۸۲**	W.SL	۲۹/۰۹**	L.In.or.d

*: $P \leq 0.05$

** : $P \leq 0.01$

جدول ۵: نتایج پس‌آزمون دانکن بر پایه صفات ریخت‌سنجی نسبی پارامتریک استخوان دملامه در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

جمعیت‌های مختلف گونه <i>C. saadii</i>				تعداد	صفت
کهنوج	کوهبنان	بردسیر	زرند		
۸/۴۷	۷/۹۲	۷/۳۰	۵/۹۳*	۳۸	L.SL
۳۳/۷۵	۳۶/۸۰	۳۴/۳۴	۲۹/۳۰*	۳۸	L.Maxb
۴۶/۲۱	۴۶/۱۹	۴۲/۶۳	۳۶/۷۳*	۳۸	L.HD
۱۰۱/۶۱*	۸۲/۸۹	۸۶/۷۷	۶۱/۱۴*	۳۸	L.Prod
۸۸/۸۴*	۸۶/۷۷	۸۲/۸۹	۵۵/۶۵*	۳۸	L.In.or.d
۲/۶۷	۲/۴۵	۲/۲۶	۱/۷۶*	۳۸	H.SL
۱۱/۰۶	۹/۳۴	۹/۰۷	۷/۶۰	۳۸	H.HL
۱۴/۴۵	۱۴/۲۷	۱۳/۲۷	۱۰/۹۲*	۳۸	H.HD
۱۰/۶۲	۱۱/۴۱	۱۰/۶۵	۸/۷۰*	۳۸	H.Maxb
۲۰/۲۹	۱۶/۸۵	۱۸/۰۲	۱۳/۵۲*	۳۸	H.Posd
۳/۶۵	۳/۵۱	۳/۱۸	۲/۴۸*	۳۸	W.SL
۱۵/۱۱	۱۳/۰۱	۱۳/۱۹	۱۰/۶۹*	۳۸	W.HL
۱۹/۹۰	۲۰/۴۵	۱۸/۷۰	۱۵/۳۱*	۳۸	W.HD
۱۴/۵	۱۶/۲۶	۱۵/۰۳	۱۲/۲۳*	۳۸	W.Maxb
۴۱/۳۳	۳۸/۰۳	۳۵/۳۴	۲۷/۸۶*	۳۸	W.Minb
۴۳/۷۰*	۳۷/۷۵	۳۶/۶۸	۲۵/۵۱*	۳۸	W.Prod
۲۷/۶۷	۲۴/۰۷	۲۵/۴۸	۱۸/۹۸*	۳۸	W.Posd
۳۸/۳۶*	۳۳/۹۳	۳۱/۰۶	۲۳/۲۴*	۳۸	W.In.or.d

: در هر ردیف مقادیری که با علامت «» مشخص شده‌اند با سایر مقادیر دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۶: نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه صفات ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

صفت	χ^2	صفت	χ^2
L.H	۱/۹۷	L.Posd	۲۲/۳۴**
L.HL	۲۴/۵۵**	H.Minb	۲۰/۱۶**
L.Minb	۲۳/۲۳**	H.In.or.d	۲۱/۳۲**

P_≤۰/۰۵: *
P_≤۰/۰۱: **

جدول ۷: نتایج پس‌آزمون Tamhane's T2 بر پایه صفات ریخت‌سنجی غیرپارامتریک استخوان دم‌لامه در جمعیت‌های *Capoeta saadii* بر حسب جمعیت.

صفت	جمعیت‌ها	تفاوت میانگین‌ها
L.HL	زرد و بردسیر	۴/۶۴*
	زرد و کوهبنان	۳/۷۸*
L.Minb	زرد و بردسیر	۱۴/۰۳*
	زرد و کوهبنان	۱۸/۷۰*
L.Posd	زرد و کهنوج	۲۹/۴۸*
	زرد و بردسیر	۱۲/۷۷*
H.Minb	زرد و کوهبنان	۹/۰۰*
	زرد و کهنوج	۱۹/۰۹*
H.In.or.d	زرد و بردسیر	۵/۲۲
	زرد و کوهبنان	۶/۴۶*
H.In.or.d	زرد و کهنوج	۱۰/۴۸*
	زرد و بردسیر	۵/۵۸
H.In.or.d	زرد و کوهبنان	۷/۱۹*
	زرد و کهنوج	۱۱/۴۲*

: صفاتی که در جدایی جمعیت زرد نسبت به هر سه جمعیت دیگر تفاوت معنی‌دار دارند با علامت «» مشخص شده‌اند.

مقایسه بین جمعیتی ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی سنگریزه شنوایی
 برای بررسی تفاوت صفات LH، RML، RRH، RRL، ML.FHL و ML.FHD در سنگریزه شنوایی سیاه ماهی سعدی بر حسب جمعیت از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد (جدول ۸). با توجه به سطح معناداری آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه می‌توان گفت میانگین صفات ریخت‌سنجی سنگریزه شنوایی یعنی RML، ML.FHL و ML.FHD بر حسب جمعیت متفاوت بود. سپس برای این که مشخص شود صفات مذکور در بین کدام جمعیت‌ها با هم تفاوت معنادار داشتند، از پس‌آزمون دانکن استفاده شد (جدول ۹).

جدول ۸: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه صفات ریخت‌سنجی پارامتریک سنگریزه شنوایی در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

صفت	F	صفت	F
LH	۱/۲۰	RRH	۲/۳۵
RML	۳/۵۱*	ML.FHL	۹/۰۷**
RRL	۲/۸۳	ML.FHD	۵/۱۴**

P ≤ ۰/۰۵ :*
P ≤ ۰/۰۱ :**

جدول ۹: نتایج پس‌آزمون دانکن بر پایه صفات ریخت‌سنجی نسبی پارامتریک سنگریزه شنوایی در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

ردیف	صفت	تعداد	جمعیت‌های مختلف گونه <i>Capoeta saadii</i>			
			زرنده	بردسیر	کوهبنان	کهنوج
۱	RML	۳۱	۸۹/۱۲	۸۸/۶۵	۹۴/۹۷	۸۶/۰۹
۲	ML.FHL	۳۱	۳/۷۳*	۴/۵۹	۴/۵۲	۴/۹۸
۳	ML.FHD	۳۱	۵/۶۳	۶/۳۵	۷/۰۶	۷/۱۲

: علامت «» نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین جمعیت‌ها است.

از طرفی صفاتی که شرط یکسانی واریانس گروه‌ها برای آن‌ها برقرار نبود، برای بررسی مقایسه درون جمعیتی از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. نتایج نشان داد که صفات RAL، RAH و ML.FSL بر حسب جمعیت متفاوت بودند ($P \leq 0/01$)، در حالی که صفت RDL بر حسب جمعیت تفاوت نداشت ($P > 0/05$). سپس برای این که مشخص شود این سه صفت در بین کدام جمعیت‌ها با هم تفاوت معنادار دارند، از پس‌آزمون Tamhane's T2 استفاده شد (جدول ۱۱).

جدول ۱۰: نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه صفات ریخت‌سنجی غیرپارامتریک سنگریزه

شنوایی در جمعیت‌های *Capoeta saadii*

صفت	χ^2
RDL	۰/۷۱
RAL	۱۵/۳۷**
RAH	۱۳/۹۵**
ML.FSL	۱۷/۰۸**

$P \leq 0/01$: **

جدول ۱۱: نتایج پس‌آزمون Tamhane's T2 بر پایه صفات ریخت‌سنجی غیرپارامتریک سنگریزه شنوایی

درماهی *Capoeta saadii* بر حسب جمعیت

صفت	جمعیت‌ها	تفاوت میانگین‌ها
RAL	بردسیر و کوهبنان	۱۱/۶۵*
	کهنوج و کوهبنان	۹/۷۶
RAH	بردسیر و کوهبنان	۲۴/۳۶*
	بردسیر و کهنوج	۱۳/۳۴
RML	زرد و بردسیر	-۰/۲۶
	زرد و کوهبنان	-۰/۳۸*
	زرد و کهنوج	-۰/۳۸

*: صفاتی که در جدایی جمعیت زرد نسبت به هر سه جمعیت دیگر تفاوت معنی‌دار

دارند با علامت «*» مشخص شده‌اند.

بحث

عمودی استخوان دم‌لامه در این گونه باریک، کشیده و دو شاخه و حاشیه خلفی صفحه عمودی دارای حاشیه صاف یا کمی محدب بود. صفات ریخت‌سنجی نسبی W.In.or.d و W.Prod, L.In.or.d, L.Prod بیش از سایر صفات، نقش مهمی را در تمایز جمعیت‌های *C. saadii* داشتند. نکته قابل توجه این است که هر چهار صفت ذکر شده، جمعیت‌های زرد و کهنوج را تفکیک کردند. به نظر می‌رسد که جدایی جغرافیایی در بین این دو جمعیت در بروز این گوناگونی‌ها نقش داشته باشد. همچنین اهمیت تاکسونومیکی و ریختی ارتباط طول و عرض استخوان دم‌لامه با فاصله پشت چشم و فاصله بین دو چشم مشخص شد. در این بررسی، جمعیت زرد در اغلب صفات از سایر جمعیت‌ها جدا شد. نتایج پژوهش حاضر منطبق بر مطالعات اسماعیلی و همکاران در سال ۱۳۸۹ است که در آن از استخوان دم‌لامه برای شناسایی گونه‌ها و تاکسونومی استفاده شد. علاوه بر این، نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که گوناگونی‌های ریختی استخوان دم‌لامه در ماهیان آب شیرین نه تنها در تفکیک گونه‌ها اهمیت دارد، بلکه در جداسازی جمعیت‌ها (گوناگونی‌های درون‌گونه‌ای) به ویژه جمعیت‌های آلپاتریک

ماهیان متنوع‌ترین گروه از مهره‌داران به شمار می‌آیند. این تنوع در شکل، اندازه، آناتومی، فیزیولوژی، اکولوژی، رفتار و سایر ویژگی‌های آن‌ها دیده می‌شود که در ارتباط با نحوه زندگی و شرایط محیط زیست آن‌ها است (Nelson et al., 2016).

در مطالعه حاضر، با مقایسه شکل استخوان دم‌لامه در جمعیت‌ها، تفاوت چشمگیری در نمای سطح شکمی دیده شد. تفاوت‌هایی نیز در ناحیه عقبی شکاف‌دار دیده شد. همانند نتایج مطالعه اسماعیلی و تیموری (۱۳۸۵)، استخوان دم‌لامه در ماهیان آب شیرین معمولاً کوتاه بوده (طول کمتری دارد)، سطح شکمی آن پهنای نسبتاً وسیعی دارد و ناحیه جلویی آن دارای زوائد کمتری است. در مطالعه Nikmehr و همکاران (۲۰۱۶) هیچ یک از عناصر قوس لامی که استخوان دم‌لامه جزئی از آن‌ها است، در بین گونه‌های *Barbus lacerta* و *B. cyri* متفاوت نبود، اما رضوی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با مطالعه استخوان‌شناسی سیاه‌ماهی توئینی حوضه دجله *Capoeta coadi* Valenciennes, 1842 تفاوت‌های متعددی را در فرم استخوان دم‌لامه یافتند. قسمت قدامی و حاشیه پشتی صفحه

می‌تواند مفید باشد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۹). به همین دلیل مطالعه دقیق استخوان دم‌لامه در ماهیان می‌تواند نقش مهمی در مطالعات تاکسونومیکی و فیلوژنتیکی این گروه از مهره‌داران داشته باشد.

توصیف سنگریزه شنوایی *C. saadii* در این پژوهش کاملاً منطبق بر نتایج Assis (۲۰۰۳) بود. به این ترتیب که سنگریزه شنوایی آستریسکوس فاقد Lobus Minor و روستروم و دارای Lobus Major کاملاً توسعه یافته بود و Crista Medial کاملاً Fossa

Acustica را احاطه کرده بود. مشابه این نتیجه را Bostanci و همکاران (۲۰۱۵) نیز روی چهار گونه از جنس *Alburnus* مشاهده کردند. در جمعیت‌های *C. saadii* هر دو صفت Medial HL و Medial SL، جمعیت زرد را از سه جمعیت دیگر جدا کرد. با در نظر گرفتن نحوه تنوع ریختی استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی بین جمعیت‌های گونه مورد مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جمعیت زرد تمایز بیشتری نسبت به سایر جمعیت‌ها دارد.

منابع

- اسماعیلی ح. و تیموری آ. ۱۳۸۵. ریخت‌شناسی استخوان دملامه و جایگاه آن در آرایه‌شناسی تعدادی از ماهیان آب شیرین ایران، مجله علمی شیلات ایران، ۱۵(۳): ۸-۱.
- اسماعیلی ح.، غلامی ز.، تیموری آ. و باغبانی س. ۱۳۸۹. ریخت‌شناسی استخوان دملامه و جایگاه آن در تاکسونومی تعدادی از ماهیان آب شیرین حوضه جنوبی دریای خزر. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۳(۳): ۱۴-۱.
- بامشاد م.، عسکری حسنی م.، تیموری آ. و مجدزاده س. م. ۱۳۹۵. ریخت‌شناسی encoded in the killifish *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontiformes). *Scientia Marina*, 77: 269–279.
- Assis C.A. 2003. The lagenar otoliths of teleosts: Their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. *Journal of Fish Biology*, 62: 1268–1295.
- Berra T.M. and Aday D.D. 2004. Otolith description and age-and-growth of *Kurtus gulliveri* from northern Australia. *Journal of Fish Biology*, 65: 354–362.
- Bostanci D., Polat N., Kurucu G., Yedier S., Kontas S. and Darcin M. 2016. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland.
- سنگریزه شنوایی ساژیتا در ماهی کفال طلایی *Liza aurata* (Risso, 1810) در زیستگاه‌های ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر. فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۴(۱): ۳۳-۴۸.
- رضوی پور پ.، ایگدری س. و پورباقر ه. ۱۳۹۳. مطالعه استخوان‌شناسی سیاه‌ماهی توئینی *Capoeta damascina Valenciennes*, (1842) حوضه دجله. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۲(۳): ۱۶-۱.
- Alwan N. 2011. Systematics, taxonomy, phylogeny and zoogeography of the *Capoeta damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae) inferred from comparative morphology and molecular markers. Ph.D. Thesis, Johann Wolfgang Goethe University, Germany. 286P.
- Alwan N., Esmacili H.R. and Krupp F. 2016. Molecular phylogeny and zoogeography of the *Capoeta damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae). *Plos One*, 11(6): 1–25 (e0156434).
- Annabi A., Said K. and Reichenbacher B. 2013. Inter-population differences in otolith morphology are genetically

- Journal of Applied Ichthyology, 31(6): 1013–1022.
- Chollet-Villalpando J.G., Cruz-Aguero J.D.L. and Garcia-Rodriguez F.J. 2014.** Comparison of urohyal bone morphology among gerreid fish (Perciformes: Gerreidae). Italian Journal of Zoology, 81(2): 246–255.
- Esmaili H.R. 2001.** Biology of an exotic fish, silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val., 1844) from Gobindsagar Reservoir, Himachal Pradesh, India. Ph.D. Thesis, Panjab University, India. 135P.
- Farrell A.P., Stevens E.D., Cech J.J. and Richards J.G. 2011.** Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. Academic Press, Elsevier, London. 2163P.
- Jawad L.A., Jahromi F.L.K., Teimori A., Mehraban H. and Esmaili H.R. 2016.** Comparative morphology of the urohyal bone of fishes collected from the Persian Gulf and Oman Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 97(6): 1317–1333.
- Kusaka T. 1974.** The Urohyal of Fishes. University of Tokyo Press, Tokyo, 320P.
- Lahnsteiner F. and Jagsch A. 2005.** Change in phenotype and genotype of Austrian *Salmo trutta* populations during the last century. Environmental Biology of Fish, 74(1): 51–65.
- Nelson J.S., Grande T.C. and Wilson M.V.H. 2016.** Fishes of the World. John Wiley and Sons, USA. 752P.
- Nikmehr N., Eagderi S. and Jalili P. 2016.** Osteological description of *Barbus lacerta* Heckel, 1843 (Cyprinidae) from Tigris basin of Iran. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(4): 473–477.
- Ponton D. 2006.** Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? Journal of Morphology, 267: 750–757.
- Reichenbacher B., Kamrani E., Esmaili H.R. and Teimori A. 2009.** The endangered cyprinodont *Aphanius ginaonis* (Holly, 1929) from southern Iran is a valid species: Evidence from otolith morphology. Environmental Biology of Fishes, 86: 507–521.
- Reichenbacher B., Sienknecht U., Kuchenhoff H. and Fenske N. 2007.** Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (*Aphanius prolebias*). Journal of Morphology, 268: 898–915.
- Salehi V., Askari-Hesni M., Teimori A. and Lashkari M.R. 2016.** The sagittal otolith morphology of four selected mugilid species from Iranian

waters of the Persian Gulf (Teleostei: Mugilidae). International Journal of Aquatic Biology, 4(5): 318–324.

Teimori A., Esmaili H.R., Erpenbeck D. and Reichenbacher B. 2014. A new and unique species of the genus *Aphanius* Nardo, 1827 (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran: A case of regressive evolution. Zoologischer Anzeiger, 253: 327–337.

Teimori A., Schulz-Mirbach T., Esmaili H.R. and Reichenbacher B. 2012a. Geographical differentiation of *Aphanius dispar* (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran. Journal of Zoological

Systematics and Evolutionary Research, 50: 251–337.

Teimori A., Esmaili H.R., Gholami Z., Zarei N. and Reichenbacher B. 2012b. *Aphanius arakensis*, a new species of tooth-carp (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from the endorheic Namak Lake basin in Iran. ZooKeys, 215: 55–76.

Teimori A., Abd Jalil Jawad L., Hamoud Al-Khasusi L., Mohamed Al-Mamry J. and Reichenbacher B. 2012c. Late Pleistocene to Holocene diversification and historical zoogeography of the common killifish (*Aphanius dispar*) inferred from otolith morphology. Scientia Marina, 76: 637–645.



The urohyal bone and asteriscus morphology in *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) collected from the Kerman Basin

Fateme Mohammadi¹, Majid Askari Hesni^{2*}, Azad Teimori³,
Seyed Massoud Madjdzadeh²

Received: December 2016

Accepted: March 2017

Abstract

In this study, the intraspecific variations in urohyal bone and otolith morphology were investigated in *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) from Kerman Basin. A total of 48 specimens from four populations (Zarand, Bardsir, Kouhbanan, and Kahnooj) were collected from Kerman province and preserved in 75% ethanol. The urohyal bones and otoliths were extracted by the standard methods, and their morphology described and morphometric characters were analyzed. The urohyal bones are characterized by the following features: the anterior part without appendage, the ventral surface triangular in shape and with slit in the posterior part of the urohyal bone, the ventral sides is almost wide. The asteriscus otoliths were gyro-type and often with no clear rostrum and pseudorostrum, the inner part concave and the outer part convex, the ventral rim is straight and serrated. The morphometric analyses indicated that the L/PosD, L/In.O.D, W/PosD and W/In.O.D have the most important role in differentiation of the studied populations. In the case of asteriscus, ML/FSL and ML/FHL are important in differentiation of the studied populations. Based on the results of the current study, it can be concluded that variations in morphology of the urohyal bone and asteriscus in cyprinids can be important not only in the species discrimination but also for estimation of the intraspecific differentiation (variations among populations) in allopatric populations. By considering the pattern of variation of the studied structures, the Zarand population is differentiated from the others, and this can probably be resulted by its geographic isolation.

Key words: *Taxonomy, Hard Structure, Cyprinidae, Kerman Basin.*

1- M.Sc. in Animal Biosystematics, Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2- Assistant Professor in Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3- Associate Professor in Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

*Corresponding Author: mahesni@gmail.com