مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بوم‌پایش برخی گونه‌های ماهیان گل‌خورک سواحل جزرو مدی بندرعباس با بهره‌گیری از شاخص نوین بافت‌شناسی اپیدرم

فاطمه علاء الدینی[۱]، نرگس امراللهی بیوکی[۲و۱*]، سکینه مشجور[۳]

[۱] گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] گروه فناوری‌های نوین، پژوهشکده منطقه‌ای جنگل‌های حرا، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۳] مرکز تحقیقات علوم دارویی دریایی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۹/۱۲/۱۴
اصلاح: ۰۰/۰۱/۱۹
پذیرش: ۰۰/۰۱/۲۴

کلمات کلیدی:
اپیدرم
بافت‌شناسی
تغذیه
گل‌خورک
ماهیان هواتنفس

چکیده

جانداران آبزی به‌واسطه سازگاری‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی به استرس‌های محیطی پاسخ می‌دهند. ماهیان کفزی نظیر گل‌خورک اغلب به عنوان شاخص زیستی یا گونه‌های نگهبان زیست‌بوم‌های آبی جنگل‌های حرا و پهنه‌های گلی و جزرومدی معرفی می‌شوند. در پژوهش حاضر، طی نمونه‌برداری از سه منطقه ساحلی بندرعباس (خورآبی، خواجه‌عطاء و خور سورو) در فصل بهار، سه گونه ماهی گل‌خورک با نام‌های *Boleophthalmus dussumeri*, *Periophthalmous waltoni* و *Scartelaos tenuis* شناسایی شدند. مطالعات بافت‌شناسی در این ماهیان بنابر رویکرد رنگ‌آمیزی عمومی (روش هماتوکسیلین-ائوزین) و اختصاصی (پریودیک اسید شیف (PAS)- آلسین بلو (AB)) بر اپیدرم پوست متمرکز گردید. نتایج نشان داد که اپیدرم ضخیم از ویژگی‌های مشترک در هر سه گونه ماهی گل‌خورک بوده و عموماً ناشی از تورم سلول‌های میانی پوست، توسعه عروق مویرگی درون اپیتلیالی و برآمدگی‌های پوستی (به‌جز گونه *P. waltoni*) است. سلول‌های موکوسی تنها در دو گونه *B. dussumeri* و *S. tenuis* مشاهده شد. در گونه *P. waltoni* که ساکن نواحی فراجزرومدی است به جز باله‌ها، سراسر بدن پوشیده از فلس بوده ولی در گونه پائین جزرومدی *B. dussumeri*، فلس‌ها محدود به ناحیه بالاسر، پشتی، سینه‌ای و ساقه دمی بوده است و در سطح پوست گونه بین جزرومدی *S. tenuis*، هیچ‌گونه فلسی مشاهده نگردید. این نتایج نشان‌دهنده الگویی از اختصاصات گونه‌ای ماهیان گل‌خورک در تمایز زیستگاه‌های جزرومدی، مبتنی بر تظاهرات اپیدرمی فلس‌ها به عنوان یک شاخص بوم بافت‌شناسی است.

مقدمــه

زیست‌بوم خلیج فارس بنابر اختصاصات ویژه جغرافیایی و ارزش‌های بوم‌شناختی، یکی از نادرترین اکوسیستم‌های آبی در جهان است. در میان مناطق ساحلی خلیج فارس، پهنه‌های گلی در ناحیه بین جزر و مدی جنگل‌های حرا به عنوان مناطق حائل بین خشکی و دریا، از منظر موقعیت مکانی، بیواستراتژیک و تنوع زیستی بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Abdoli *et al.*, 2017). شرایط پراسترس و تأثیرپذیری از درجه حرارت هوا، خشکی، کدورت نسبتاً بالا، پایین بودن میزان اکسیژن در قیاس با آب‌های آزاد و بالا بودن نسبی میزان ورودی آلاینده‌ها از ویژگی‌های بارز این زیست‌بوم است (Waycott *et al.*, 2011). لذا تنها طیف

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: amrollahi@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

محدودی از جانداران قادر به سازگاری با این شرایط بسیار متغیر زیست‌محیطی می‌باشند. در این میان، گل خورک‌ها یا ماهیان هواتنفسی (خانواده گاوماهیان/ زیرخانواده Oxudercinae)، یک گروه شاخص از جانوران مقاوم ساکن در بسترهای نرم نوار ساحلی جزر و مدی زیست‌بوم حرا در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان به ویژه در اقیانوس هند و آرام می‌باشند (Polgar and Lim, 2011; Murdy, 1989).

از منظر تنوع‌زیستی، خانواده گاوماهیان در آب‌های شور، لب‌شور و شیرین مشتمل بر ۱۹۵۰ گونه در ۲۱۰ جنس است (Nelson, 2006) که در این میان، ۲۵ گونه از آن‌ها دوزیست و آبی‌خاکی‌اند و جذب پوستی اکسیژن، نسبت قابل‌توجهی از نیازهای تنفسی آنان را تأمین می‌نماید و با نام عمومی گل‌خورک شناخته می‌شوند (Murdy, 1989). این ماهیان معمولاً در آب‌های کم‌عمق زندگی می‌کنند، ولی بعضاً قادرند، تا چندین روز نیز در خارج از آب به حیات خود ادامه دهند (Waycott *et al*., 2011; Park *et al*., 2000). در نوار شمالی خلیج فارس در آب‌های ایران (سواحل گلی و جزرومدی بندرعباس)، سه گونه گل‌خورک با نام‌های *Periophthalmous waltoni*، *Boleophthalmus dussumeri* و *Scartelaos tenuis* در سه زیستگاه متفاوت بالا، پایین و بین جزر و مدی شناسایی شده‌اند (Graham, 1977). تاکنون برخی جنبه‌های زیست‌شناسی و پویایی جمعیت این گل‌خورک‌های سواحل جنوبی ایران مورد بررسی قرار گرفته است (Abdoli *et al*., 2017; Afshar *et al*., 2016, 2014 a,b; Salarpouri *et al*., 2013; Kooseg *et al*., 2013; Mohammadpour *et al*., 2009). ولی تاکنون مطالعات بوم پایشی در این ماهیان بنتیک با تأکید بر شاخص‌های بافت‌شناسی ساختارهای اپیدرمی پوست در گونه‌های بومی گل خورک جنگل‌های حرا و پهنه‌های گلی و جزرومدی سواحل بندرعباس گزارش نشده است.

نظر به اینکه در ماهیان هواتنفسی که عموماً ساکن مناطقی با درصد اکسیژن محلول در آب پایین هستند، کمبود اکسیژن در محیط‌های آبی عامل انتخابی مهم در تکامل مهره‌داران هواتنفسی بوده است. این ماهیان برای انتقال گازها از سیستم ترکیبی (آب و هوا) استفاده می‌کنند و در اندام‌های این ماهیان انتشار دی‌اکسیدکربن اهمیت ویژه‌ای ندارد. لذا در این ماهیان حفره دهانی و حلق تغییر شکل یافته و تنفس پوستی به ویژه در شرایط خارج از آب از اهمیت شایان توجه برخوردار است (Park *et al*., 2000; Sayer and Davenport, 1991; Feder and Burggren, 1985). از این رو، در این ماهیان پوست اندامی با عملکرد چندگانه بوده که در شرایط طبیعی محیط به عنوان یک سد محدودکننده برای تطابق با نیازهای فیزیولوژیک بدن عمل نموده (Pyghan and Mahjor, 2006) و از جاندار در مقابل عوامل استرس‌زا، محرک‌های محیطی مداخله‌گر با بقا و عوامل بیماری‌زا و انگل نیز محافظت می‌نماید (Harabawy and Mekkawy, 2011). علاوه بر این نقش حفاظتی پوست در ماهیان دوتنفسی به وسیله ترشح موکوس از سلول‌های بافت پوششی تقویت می‌شود (Campinho, 2007). در این راستا، گل‌خورک ماهیان بنا بر نیازهای بوم‌شناختی هرگونه، تنوع ریخت‌شناسی و عملکردی وسیعی را در جزئیات، ترکیب و ساختار پوست خود در طول فرآیند تکامل به نمایش گزارده‌اند (Campinho, 2007; Park *et al*., 2003). در ماهیان دو تنفسی نیز همانند تمام مهره‌داران، واحد ساختاری پایه اپیدرم ماهی، سلول‌های پوششی (اپیتلیال) است که ضخامت آن در بین گونه‌های مختلف ماهیان و حتی در میان یک گونه متفاوت بوده و با سن، فصل، مرحله جنسی، محل قرارگیری آن بر روی بدن و شرایط زیست‌محیطی مرتبط است (Supriyati *et al*., 2019; Sedigh Marvdasti and Posti, 2008; Park *et al*., 2004). افزون بر این، در اپیدرم این ماهیان تعدادی اندام‌های ضمیمه مثل گیرنده‌های حساس، فلس، غدد موکوسی، برآمدگی‌های پوستی[1] و غدد سمی نیز وجود دارند که اختصاصات گونه‌ای این اندام را در گل خورک‌ها بسته به نوع زیستگاه، متمایز می‌سازد (Zhang *et al*., 2003a,b, 2000). باتوجه به کمبود اطلاعات موجود در ارتباط با اختصاصات گونه‌ای و بوم‌پایش ساختارهای اپیدرمی پوست ماهیان گل خورک بومی خلیج فارس طی فرآیندهای بوم‌سازشی، در پژوهش حاضر مطالعه بافت‌شناسی اپیدرم سه گونه گل‌خورک *P.waltoni*، *B. dussumeri* و *S. tenuis* شاخص خوریات ساحلی جزرومدی بندرعباس (نظیر، خورآبی، خواجه‌عطاء و خور سورو) هدف‌گیری و بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

[1] Papillary protrusions called "dermal bulges"

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

منطقه مورد مطالعه

به منظور انجام این تحقیق سه منطقه ساحلی جزرومدی در شهرستان بندرعباس در استان هرمزگان انتخاب شد. نمونه‌برداری تصادفی از گل‌خورک‌ها در خرداد ماه سال ۱۳۹۴ در زمان بیشینه جزر انجام پذیرفت. فاکتورهای زیست‌محیطی نظیر دما، شوری و pH در هر ایستگاه نمونه برداری توسط دستگاه مولتی‌متر دیجیتال (مدل A۹۲۰۵) ثبت گردید (جدول ۱). در هر ایستگاه از هر گونه گل‌خورک ۱۵ عدد نمونه (میانگین طول استاندارد: ۱۲/۲۲±۰/۹۵ cm و میانگین وزن استاندارد (g): ۱۱/۵۸±۰/۹۱) به صورت دستی و با اعمال کمترین استرس صید شد (گل‌خورک‌ها در حد امکان هم اندازه انتخاب شدند تا در شرایط سنی تقریباً یکسانی باشند). در مطالعه حاضر، انتخاب ایستگاه‌ها با توجه به مرزبندی‌ها و تقسیمات سیستماتیک سواحل صورت پذیرفت؛ به‌نحوی‌که ایستگاه اول معروف به خور آبی (۲۷°۱۱′ ۲۸/۲۹″ N، ۵۶° ۲۴′ ۹/۶۴″E)، دارای بستری گلی با پوششی از درختچه‌های حرا بود. این منطقه به دلیل فاصله داشتن از منطقه ساحلی شهری، محیطی با استرس و آلودگی کم بود. ایستگاه دوم در منطقه خواجه‌عطا (۲۷°۱۰′ ۴۶/۸۵″ N، ۵۶°۱۷′ ۴۸/۷۳″E) واقع شده بود که به صورت حوضچه‌ای- باتلاقی بوده و روزانه تحت تأثیر جریان جزرو مدی پر و خالی می‌گردید. ایستگاه سوم نیز خور سورو (۲۷°۹′ ۲۷/۵۵″ N، ۵۶° ۱۳′ ۱۳/۹۹″E) و دور از منطقه مسکونی انتخاب گردید که دارای بستری گلی بوده و در کناره‌های خور دارای درختچه‌های حرا بود. پس از انتقال نمونه‌ها به صورت زنده درون ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه آبزیان، گل‌خورک‌ها پس از بی‌هوش شدن (توسط عصاره گل میخک) مورد زیست‌سنجی قرار گرفتند. طول ماهیان به وسیله خط کش و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱گرم اندازه‌گیری و ثبت گردید.

مطالعات بافت‌شناسی

پس از صید ماهیان و زیست‌سنجی، مقاطع بافتی تهیه شده از پوست این ماهیان، برای انجام عملیات بافت‌شناسی درون محلول بوئن به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. سپس مراحل آماده‌سازی بافتی انجام شد تا بافت‌ها برای مقطع‌گیری و رنگ‌آمیزی آماده شوند (Basir *et al*., 2012). برای مطالعه اپیدرم، قسمت‌هایی از اپیدرم همراه با لایه نازکی از عضله در۶ نقطه از بدن ماهیان گل‌خورک (بالاسر، اوپرکول، چانه، ناحیه پشتی جانبی نزدیک به باله پشتی، ناحیه سینه‌ای و ساقه دمی)، باله‌ها (باله پشتی، باله سینه‌ای و باله دمی) و صفحه مکنده جدا شدند. برای عمل کلسیم زدایی[2] فلس (به روش Technovit 7100; Heraeus Kulzer, Germany)، بافت‌ها به مدت ۳-۴ روز درون محلول ۵ درصد از TCA[3] قرار گرفتند. برای آماده‌سازی بافتی از دستگاه اتوتکنیکون مدل KP-110 (ایران) استفاده شد. برش‌گیری با استفاده از دستگاه میکروتوم (Leitez 1512, Germany) صورت گرفت و برش‌هایی با اندازه ۵ میکرومتر از بافت‌ها تهیه گردید و به روش عمومی هماتوکسیلین- ائوزین (H&E) (Bancrof and Gamble, 2008)[4]و اختصاصی (پریودیک اسید شیف (PAS)- آلسین بلو[5](AB)) رنگ‌آمیزی شدند (Crookham and Dapson, 1991; Bancroft and Stevens, 1984). سپس لام‌های تهیه شده برای مطالعات بافت‌شناسی توسط میکروسکوپ نوری (Olympus CX21, Japan) مورد ارزیابی قرار گرفتند و با استفاده از سیستم عکس‌برداری متصل به میکروسکوپ واجد لنز دیجیتال Dinolit مدل AM423X، تصاویر بافتی تهیه شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در نهایت کلیه داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم افزار Excel ثبت و داده‌ها توسط نرم افزار SPSS 16 با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و پس آزمون دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت و وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های مختلف در سطح اطمینان ۹۵٪ سنجیده شد.

نتایـج

[1] Decalcify
[2] Tricholoroacetic
[3] Haematoxylin & Eosin
[4] Periodic acid-Schiff (PAS)-Alcian Blue (AB)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

همانطورکه در جدول ۱ مشاهده گردید، تغییرات شرایط زیست‌محیطی در بین سه ایستگاه نمونه برداری خورآبی، خواجه‌عطاء و خور سورو از منظر دما در دامنه c° ۳۰-۳۲، شوری: ppt ۳۷/۵- ۳۸ و pH : ۶/۴- ۸ بوده است.

نتایج حاصل از مطالعات بافت‌شناسی اپیدرم *P. waltoni* در دو ایستگاه خورآبی و خواجه‌عطاء نشان‌دهنده اپیدرم ضخیم و سه لایه بوده است. سلول‌های سطحی به شکل مکعبی پهن با قطر متوسط ۳/۶-۷/۵ میکرومتر که در ۳-۲ ردیف قرار گرفته‌اند و ضخامت متوسط آن‌ها ۴/۵-۱۱/۱ میکرومتر است. سلول‌های بازال به صورت ستونی و بیضی شکل با قطر متوسط ۴/۵-۱۲ میکرومتر در یک ردیف بر روی غشاء پایه قرار گرفته‌اند که جداکننده اپیدرم از درم می‌باشند (شکل ۱و ۲). این نتایج در اپیدرم گونه *B. dussumeri* نیز حاکی از اپیدرم سه لایه با سلول‌های سطحی مکعبی پهن با قطر ۶/۴-۱۲/۳ میکرومتر بود که در ۵-۳ ردیف قرار گرفته‌اند و ضخامت آن‌ها ۶/۴-۲۰/۵ میکرومتر است. در این گونه از گل‌خورک سلول‌های بازال به شکل بیضی و ستونی با قطر ۴-۱۲/۱ میکرومتر در یک ردیف بر روی غشاء پایه قرار گرفته بودند که جداکننده اپیدرم از درم می‌باشند (شکل ۳). اپیدرم سه لایه در گونه *S. tenuis* نیز دارای سلول‌های سطحی مکعبی پهن با قطر ۳/۴-۷/۳ میکرومتر بود که در ۳-۲ ردیف قرار گرفته و ضخامت آن ۴/۷-۷/۹ میکرومتر ثبت شد. سلول‌های بازال جداکننده اپیدرم از درم به صورت ستونی و بیضی شکل با قطر ۲/۴-۶/۴ میکرومتر در یک ردیف بر روی غشاء پایه قرار گرفته‌اند (شکل ۴). در هر سه گونه سلول‌های میانی در بین لایه سطحی و غشاء پایه با اندازه‌های بزرگ و نامنظم اند که بزرگ‌ترین بخش از اپیدرم را در قسمت‌های مختلف تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۳).

به‌طورکلی بیشترین ضخامت اپیدرم بدن گل‌خورک *P. waltoni* مربوط به اوپرکول با میانگین ۶۹/۳ و ۶۸/۹ میکرومتر به ترتیب در ایستگاه‌های خورآبی و خواجه‌عطاء بوده و کمترین ضخامت اپیدرم در این گونه از گل‌خورک نیز در ساقه دمی با میانگین ۳۵/۲ و ۲۱/۸ میکرومتر به ترتیب در ایستگاه‌های فوق‌الذکر می‌باشد (شکل ۵- الف و ج). در همه قسمت‌های اپیدرم بدن *P. waltoni* به جز باله‌ها و صفحه مکنده فلس وجود دارد (شکل ۱و۲). در گونه *B. dussumeri* نیز بیشترین ضخامت اپیدرم در ناحیه بالاسر ماهی با میانگین قطر ۹۰/۴ میکرومتر مشاهده شده و ساقه دمی آن نیز با ۳۶/۴ میکرومتر دارای کمترین ضخامت بود (شکل ۵- ب). در اپیدرم *B. dussumeri* در نواحی بالاسر، پشتی، سینه‌ای و ساقه دمی فلس دیده می‌شود. بیشترین ضخامت اپیدرم گونه *S. tenuis* نیز در ناحیه بالاسر با میانگین ۷۱/۷ میکرومتر مشاهده شده و در ناحیه چانه نیز دارای کمترین ضخامت برابر با ۳۱/۲ میکرومتر بود (شکل ۵- د). برخلاف دیگر گونه‌ها، اپیدرم *S. tenuis* در همه قسمت‌های بدن فاقد فلس می‌باشد.

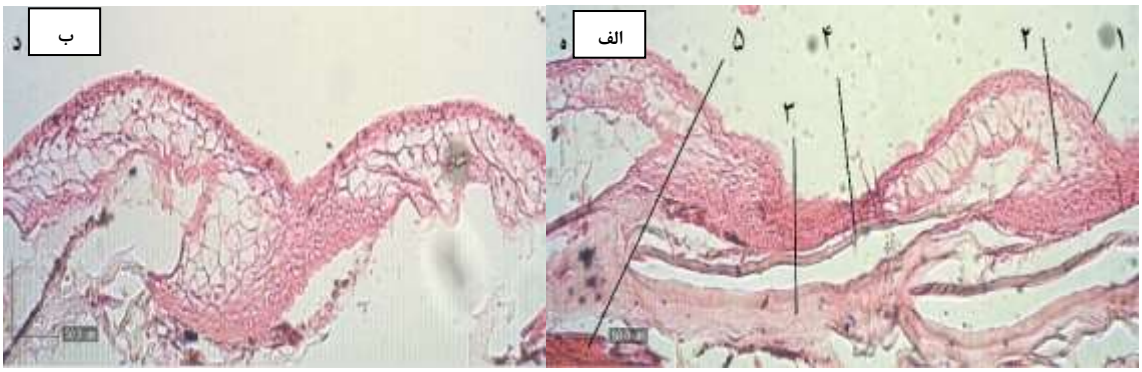
بیشترین تراکم عروق مویرگی در اپیدرم *P. waltoni* در اوپرکول با میانگین ۴/۶ و ۴/۵ به ترتیب ایستگاه‌های خورآبی و خواجه‌عطاء و کمترین تراکم در ساقه دمی با میانگین ۱/۷و ۱/۶ به ترتیب ایستگاه‌های ذکر شده، مشاهده گردید (شکل ۶- الف و ج). در اپیدرم *B. dussumeri*، بیشینه تراکم عروق مویرگی در ناحیه بالاسر با میانگین ۳/۷ و کمترین تراکم در ساقه دمی با میانگین ۱/۶ مشاهده گردید (شکل ۶-ب). نتایج حاصل از مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که علاوه بر سلول‌های سطحی، میانی و بازال، سلول‌های موکوسی نیز در اپیدرم *B. dussumeri* وجود داشتند (شکل ۳). سلول‌های موکوسی در رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین- ائوزین به صورت بی‌رنگ بودند، اما پس از رنگ‌آمیزی با پریودیک اسید شیف همراه با آلسین بلو PH= 2.5 به رنگ ارغوانی در آمدند (شکل ۳). تنها محتویات موکوسی حاوی گلیکوژن و گلیکوپروتئین دارای pH خنثی و قابل

جدول ۱. شرایط محیطی ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده (انحراف از معیار ± میانگین)

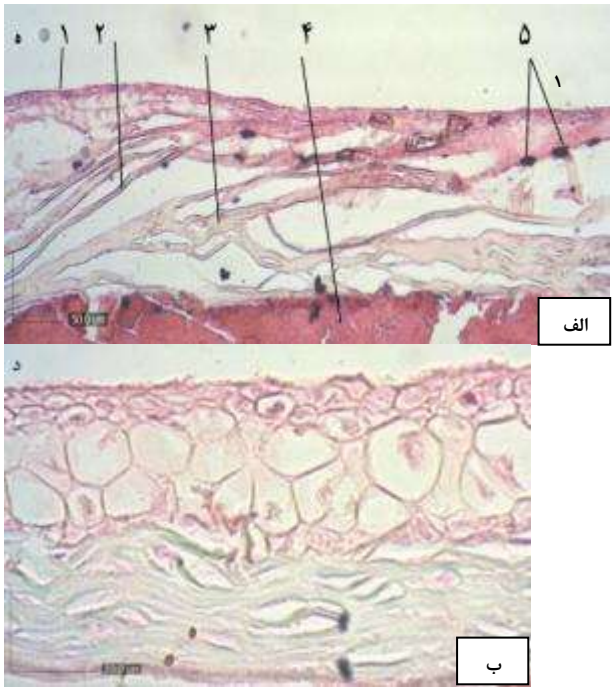
ایستگاه	دما (°C)	شوری (ppt)	pH
خور آبی	۳۱ ± ۱/۶	۳۸ ± ۲/۷	۷/۵ ± ۰/۹۸
خواجه عطاء	۳۰ ± ۰/۴	۳۷/۵ ± ۲/۸	۶/۴۴ ± /۰۱
خور سورو	۳۲/۰۷± ۱/۱۴	۳۸ ± ۰/۰۳	۸/۲۵ ± ۰/۰۷

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

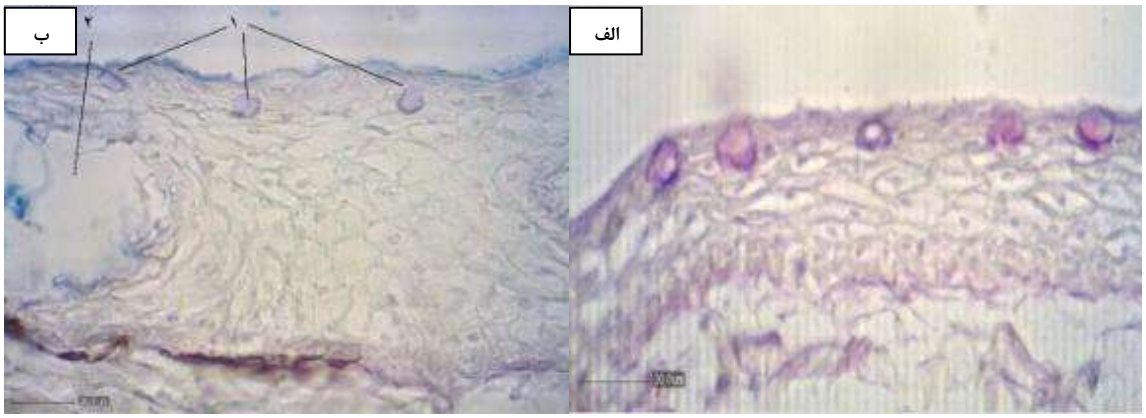
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]



شکل ۱. برش عرضی از اپیدرم ماهی گل‌خورک *P. waltoni* (منطقه نمونه‌گیری : خور آبی). الف) اپیدرم ناحیه پشتی ب) اپیدرم ناحیه سینه‌ای ۱) سلول‌های سطحی اپیدرم، ۲) برآمدگی پوستی، ۳) درم، ۴) فلس، ۵) عضله (H&E, X10).

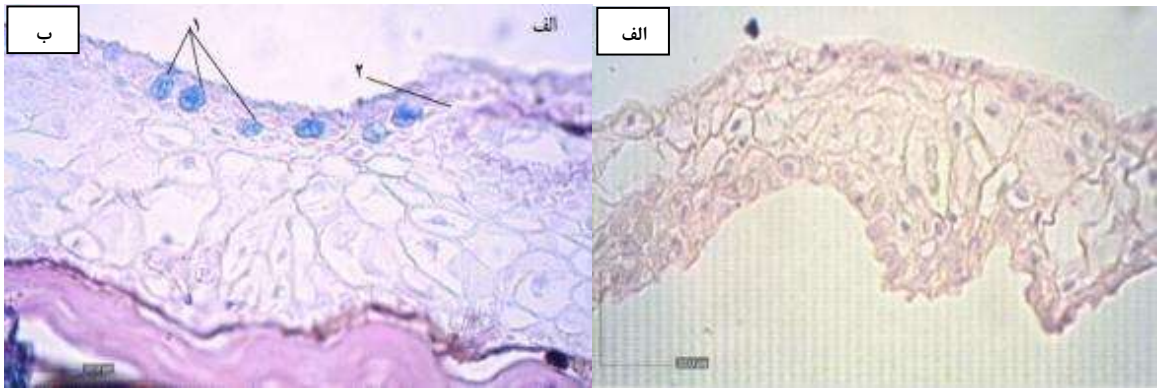


شکل ۲. برش عرضی از اپیدرم ماهی گل‌خورک *P. waltoni* (منطقه نمونه‌گیری: خور خواجه عطاء). الف) اپیدرم ناحیه پشتی ۱) سلول سطحی، ۲) فلس، ۳) درم، ۴) عضله، ۵) رنگ‌دانه ب) اپیدرم ناحیه سینه‌ای (H&E, X40)

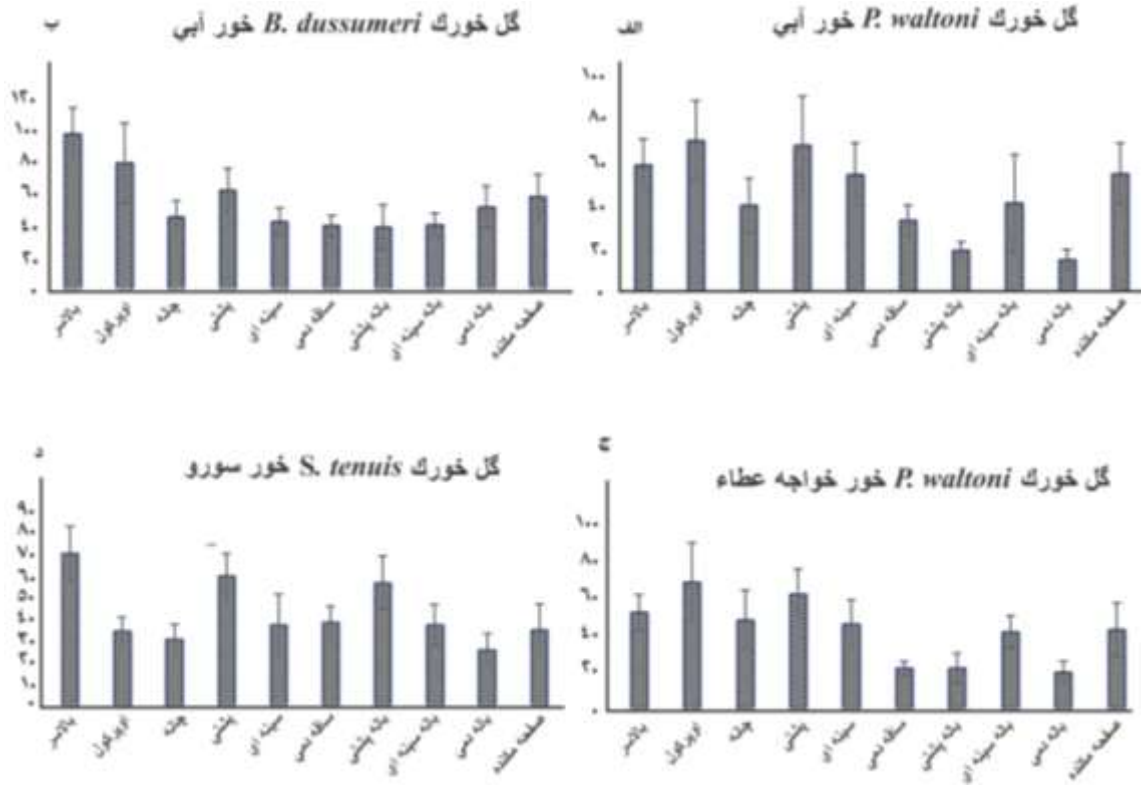


شکل ۳. برش عرضی از اپیدرم ماهی گل‌خورک *B. dussumeri* (منطقه نمونه‌گیری: خور آبی). اپیدرم ناحیه پشتی ۱) سلول موکوسی، ۲) برآمدگی پوستی، ب) اپیدرم ناحیه سینه‌ای (PAS & AB pH 2.5, X40).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]



شکل ۴. برش عرضی از اپیدرم ماهی گل‌خورک *S. tenuis* (منطقه نمونه‌گیری : خور سورو). الف) اپیدرم ناحیه پشتی *(PAS & AB pH 2.5, X40)*. ۱) سلول‌های موکوسی، ۲) برآمدگی پوستی *(PAS & AB pH 2.5, X40)* ب) اپیدرم ناحیه سینه‌ای *(H&E, X40)*.



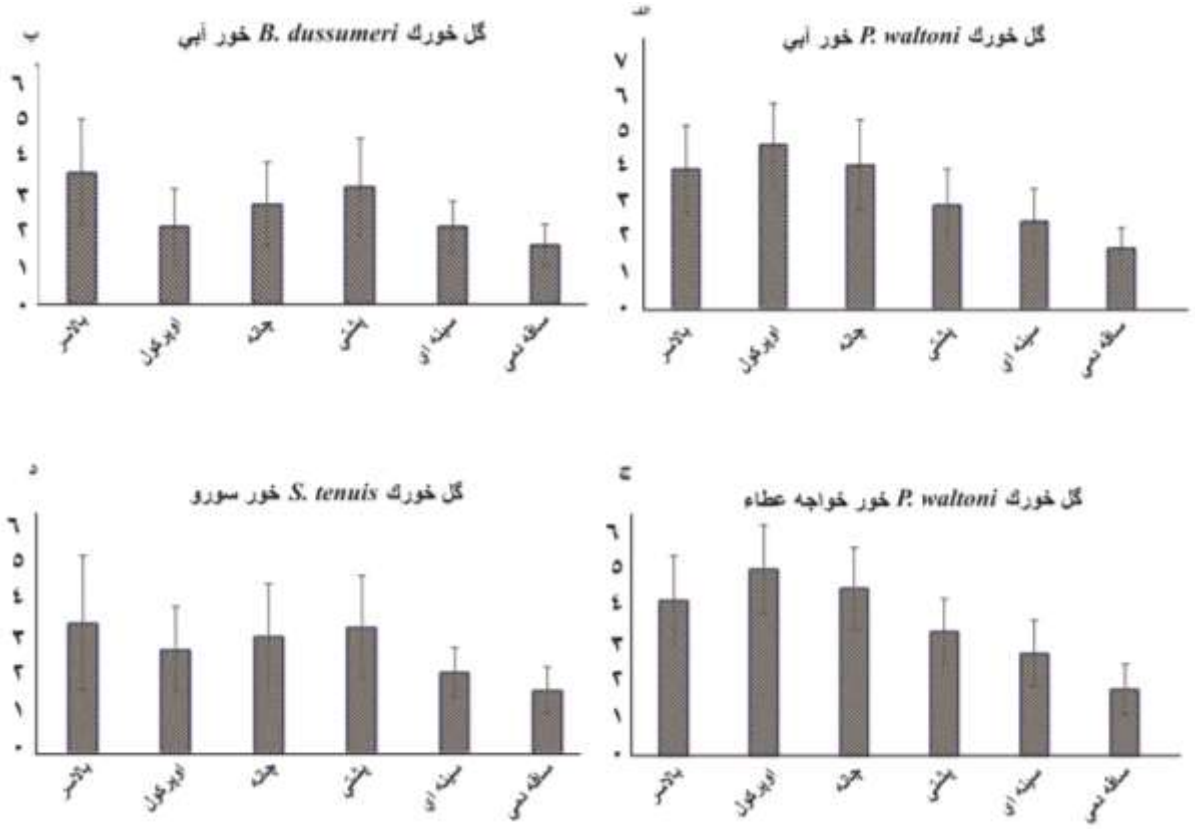
شکل ۵. ضخامت اپیدرم سه گونه گل‌خورک تحت مطالعه (*P.waltoni*، *B. dussumeri* و *S. tenuis*) در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (خورآبی، خواجه‌عطاء و خور سورو) در سواحل بندرعباس.

اکسیداسیون در رنگ‌آمیزی مذکور با معرف شیف واکنش داد و رنگ ارغوانی به خود گرفت و با آلسین بلو واکنش نداد. در اپیدرم *B. dussumeri* بیشترین سلول موکوسی در اپیدرم سینه‌ای با میانگین ۴/۲ و کمترین تعداد در اپیدرم پشتی با میانگین ۱/۹ مشاهده گردید (شکل ۷- الف). بیشینه تراکم عروق مویرگی در اپیدرم گونه *S. tenuis* در ناحیه بالاسر با میانگین ۳/۴ و کمترین تراکم در ساقه دمی با میانگین ۱/۶ مشاهده گردید (شکل ۶- د). مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که علاوه بر سلول‌های سطحی، میانی و بازال، سلول‌های موکوسی نیز در اپیدرم *S. tenuis* حضور دارند. سلول‌های موکوسی در این گونه پس از رنگ‌آمیزی با پریودیک اسید شیف همراه با آلسین بلو pH= 2.5 به رنگ آبی در آمدند (شکل ۴). از آن جایی که در

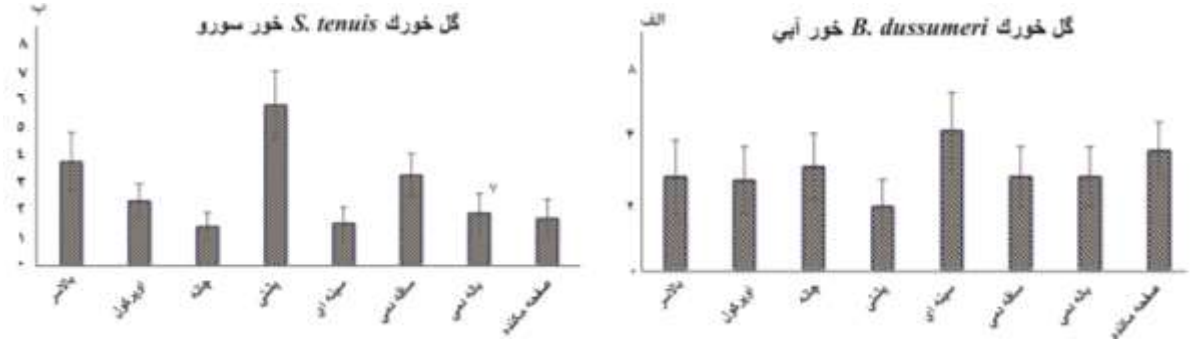
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

رنگ‌آمیزی آلسین بلو با pH= 2.5 محتویات موکوسی حاوی گلیکوژن و گلیکوپروتئین با pH اسیدی و دارای گروه‌های سولفات و غیرسولفاته و کربوکسیله رنگ آبی می‌گیرند، سلول‌های موکوسی در اپیدرم از نوع اسیدی است. این سلول‌ها در لایه‌های سطحی اپیدرم پراکنده بوده و از نظر ریخت‌شناسی به شکل‌های کروی و بیضوی دیده شدند. بیشترین تعداد سلول موکوسی با میانگین ۵/۸ در ناحیه پشتی بدن و کمترین تعداد با میانگین ۱/۵ در ناحیه سینه‌ای گل‌خورک *S. tenuis* مشاهده گردید (شکل ۷- ب).



شکل ۶. عروق مویرگی اپیدرم سه گونه گل‌خورک تحت مطالعه (*P.waltoni*، *B. dussumeri* و *S. tenuis*) در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (خورآبی، خواجه‌عطاء و خور سورو) در سواحل بندرعباس.



شکل ۷. سلول موکوسی اپیدرم دو گونه گل‌خورک تحت مطالعه (*B. dussumeri* و *S. tenuis*) در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (خورآبی و خور سورو) در سواحل بندرعباس.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

بحث

در بررسی بوم شناسی، مدیریت ذخایر و سلامت جوامع بنتیک اکوسیستم‌های آبی جنوبی ایران، اساساً گاوماهیان و بالاخص گل‌خورک‌ها نقش بسیار مهمی را به عنوان یک شاخص زیستی ایفا می‌کنند (Afshar *et al*., 2014 a). زیرا توزیع گونه‌ای این گروه از ماهیان تا حد زیادی متأثر از عواملی چون فشار صیادی، تغییرات آب و هوایی، آلودگی‌ها و تغییر در شرایط زیست‌محیطی چون دما، شوری، pH، اکسیژن محلول (Do) و جنس بستر می‌باشد (Elviana *et al*., 2019; Koga and Noda, 1992; Polgar and Lim, 2011). اگرچه علی‌رغم ساخت و سازهای ساحلی، آلودگی‌ها و بهره‌برداری بی‌رویه از ماهیان و آبزیان بنتیک در سواحل هرمزگان، جمعیت این ماهیان تاکنون در شرایط نسبتاً مطلوبی گزارش شده است (Afshar *et al*., 2016; Salarpouri *et al*., 2013; Kooseg *et al*., 2013). با این‌حال بررسی و مطالعات بوم بافت‌شناسی در این گروه شاخص از ماهیان بسیار محدود بوده است (Supriyati *et al*., 2019; Mirghiyasi *et al*., 2016).

یکی از عوامل مؤثر در تنفس پوستی گل‌خورک ماهیان در سازش با شرایط زیستی بینابینی خشکی و آب، ضخامت اپیدرمی است. در این راستا در این پژوهش ساختار اپیدرمی از منظر تنفس پوستی در ماهیان گل‌خورک *B. dussumeri, P. waltoni* و *S. tenuis* مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعات بافت‌شناسی اپیدرم در هر سه گونه گل‌خورک، نشان‌دهنده توانایی‌های مشابه آن‌ها برای زندگی در محیط بیرون از آب است (Wilson *et al*., 1999; Aguilar, 2000; Zhang *et al*., 2003a). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین ضخامت اپیدرم در این سه گونه، عموماً در نواحی بالاسر، اپرکول و پشتی مشاهده می‌شود. این نتایج در توافق با مطالعات اپیدرمی گزارش شده توسط دیگر محققین در ارتباط با گل‌خورک‌هایی چون *S. gigas* با بیشترین ضخامت اپیدرمی در ناحیه پشتی بدن (Beon *et al*., 2012)، گل‌خورک *P. magnuspinnatus* در ناحیه لب و زیر چانه (Park *et al*., 2005)، گونه *P. argentilineatus* در قسمت بالاسر، گونه *P. modestus* در ناحیه بالاسر و اوپرکول (Zhang *et al*., 2003b) و در گل‌خورک *B. pectinirostris* در ناحیه پشتی و چانه (Park *et al*., 2003) نیز بوده است. با مقایسه کلی ضخامت اپیدرمی در میان گونه‌های پژوهش حاضر، گل‌خورک *S. tenuis* که اغلب در آب‌های کم‌عمق با بسترهای گلی به سر می‌برد، کمترین ضخامت اپیدرمی را نسبت به دو گونه دیگر داشته است که به نظر می‌رسد تا حد زیادی به تنفس ششی آن در آب وابسته است. با این حال، در اکثریت گل‌خورک‌ها ضخامت اپیدرم در باله‌ها و صفحه مکنده عموماً کمتر از اپیدرم بدن می‌باشد (Park *et al*., 2005; Beon *et al*., 2012; Park *et al*., 2004). توسعه مویرگ‌های اپیدرمی و ضخامت سلول‌های میانی اپیدرم از اختصاصات دوره‌های حیات خشکی‌زی ماهیان دارای تنفس پوستی نظیر گل‌خورک‌های خانواده *Oxudercine* است. وجود لایه قطوری از تراکم مویرگی نزدیک به سطح اپیدرم در گل‌خورک‌های *S. tenuis*، *B. dussumeri* و *P. waltoni* نیز مؤید همین مسئله است. در مطالعه حاضر، بیشترین تراکم عروق مویرگی در اپیدرم گل‌خورک‌ها عموماً در نواحی بالاسر و اوپرکول و کمترین تراکم نیز در ساقه دمی مشاهده شد. نکته شایان توجه این است که در هر سه جنس گل‌خورک عروق مویرگی تنها در اپیدرم بدن (بالاسر، اوپرکول، چانه، ناحیه پشتی، ناحیه سینه‌ای و ساقه دمی) توزیع شده‌اند و در صفحه مکنده و باله‌ها وجود ندارد. در تأیید این نتایج، *Zhang* و همکاران در سال ۲۰۰۰ بیان نمودند که جنس‌های *Boleophthalmus* و*Scartelaos* که معمولاً در آب یا گل‌های نرم ساکن بوده و سطح شکمی آن‌ها به صورت شناور در آب قرار دارد و قادرند برای مدت طولانی در خارج از آب بمانند، تراکم شبکه مویرگی در سطح اپیدرمی بالاتری دارند. *Beon* و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲ با مطالعه بر روی *S. gigas* اظهار داشتند که مویرگ‌های اپیدرمی در زیر لایه سطحی اپیدرمی و در رأس برآمدگی‌های پوستی توزیع شده‌اند و نکته جالب توجه این است که در اوپرکول با این که فاقد برآمدگی پوستی (پاپیلا) است، تراکم زیادی از مویرگ‌ها در زیر لایه سطحی دیده می‌شود. نتایج به دست آمده از بافت‌شناسی اپیدرم ماهی کره‌ای *Iksookimia koreensis* توسط *Park* در سال ۲۰۰۲ و اپیدرم ماهی گل‌خورک جنس‌های *Boleophthalmus* و *Scartelaos* در سال ۲۰۰۰ نقش مویرگ‌های اپیدرمی در تنفس پوستی به خوبی نشان داده است. علاوه بر این دیگر مطالعات بر *P. modestus* (Park, 2000; Suzuki, 1992, 1994)، *P. cantonensis* (Yokoya and Tamura, 1992) و *P. magnuspinnatus* (Park, 2002)، تراکم مویرگی نزدیک به سطح اپیدرم را نشان دادند و اظهار داشتند

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

که همه گل‌خورک‌ها از پوست به عنوان سیستم تنفسی استفاده می‌کنند. نتایج مطالعات ساختاری اپیدرم گل‌خورک توسط *Zhang* و همکارانش در سال ۲۰۰۰ نشان داد که در جنس‌های *Boleophthalmus* و *Scartelaos* که بیشتر در محیط‌های آبی هستند، مویرگ‌های خونی در ناحیه برآمدگی‌های پوستی توزیع شده‌اند و در بین برآمدگی‌ها که در اطراف آن‌ها سلول‌های موکوسی قرار دارند، حضور ندارند، لذا این محققین بر این باورند که این جدایی در توزیع عروق خونی و سلول موکوسی شاید به دلیل عایق بودن سلول موکوسی در تبادلات گازی باشد.

از دیگر ویژگی‌های ساختاری اپیدرم گل‌خورک‌های تحت مطالعه، وجود برآمدگی پوستی در سطح اپیدرم است. بر اساس مشاهدات صورت گرفته در این پژوهش، چنین ساختارهایی در اپیدرم *B. dussumeri* (ناحیه بالاسر، اوپرکول، چانه، پشتی و ساقه دمی) و در اپیدرم *S. tenuis* (در ناحیه بالاسر، پشتی، و ساقه دمی) قابل مشاهده‌اند، اما در باله‌ها و صفحه مکنده در این دو جنس برآمدگی پاپیلا مشاهده نگردید. اپیدرم *P. waltoni* نیز بدون برآمدگی پوستی بوده است. نتایج گزارش‌های ارائه شده در رابطه با ساختار اپیدرم توسط *Zhang* و همکاران در سال ۲۰۰۰ در دو جنس *Boleophthalmus* و *Scartelaos* نشان داد که برآمدگی‌های پوستی اپیدرم بر اثر فشار لایه ضخیم سلول‌های میانی بر روی لایه نازک سلول‌های سطحی ایجاد شده‌اند و اهمیت این برآمدگی‌ها در جلوگیری از خشک شدن پوست این ماهیان است. این نتایج با گزارش‌های *Murdy* طی بررسی ساختاری *B. dussumeri* در محدوده آب‌های کویت در سال ۱۹۸۹، *Yokoya* و *Tamura* (۱۹۹۲) در *Periophthalmus* و *Zhang* و همکارانش (۲۰۰۰) در جنس *Periophthatmodon* همخوانی دارد. اگرچه چنین ساختارهایی در جنس *Periophthalmous* وجود ندارد، اما سراسر بدن این ماهی توسط سلول‌های میانی متورم پوشیده شده که سبب ضخامت اپیدرم می‌گردند. این سلول‌های میانی در برخی از گونه‌های این جنس مانند *P. modestus* (Maekawa *et al.*, 1968; Suzuki, 1992)، گل‌خورک استرالیایی *P. Argentilineatus* (مشهور به *P. vulgaris*)، گل‌خورک *P. gracilis* (Milward, 1974)، *P. novaeguineaensis* (Yokoya and Tamura, 1992) و گل‌خورک *P. magnuspinnatus* (Park *et al.*, 2005) گزارش شده است. این سلول‌های میانی متورم در گونه‌های *Boleophthalmus* و *Scartelaos* نیز وجود دارد (Zhang *et al.*, 2000). به نظر می‌رسد، سلول‌های میانی متورم یک ساختار مشترک در اپیدرم گل‌خورک‌ها هستند. سلول‌های میانی متورم در دیگر ماهیان هواتنفس (Whitear, 1986; Graham, 1997; Mittal and Munshi, 1971) و دوزیستان (Whitear, 1986) وجود ندارند. *Yokoya* و *Tamura* (۱۹۹۲) بر این باورند که سلول‌های متورم میانی نه تنها مانع از دست‌دادن آب می‌شوند، بلکه باعث ذخیره مقدار زیادی آب در بدن این ماهیان نیز می‌گردند. در هر سه گونه تحت مطالعه، این سلول‌های میانی متورم به خوبی در اپیدرم بدن (بالاسر، اوپرکول، چانه، ناحیه پشتی، ناحیه سینه‌ای و ساقه دمی) قابل مشاهده‌اند، اما در صفحه مکنده و باله‌های این‌گونه نیست.

نظر به اینکه موکوس در ماهیان به عنوان نخستین سد دفاعی پوست، نقش مهمی را در حفاظت بدن از آلودگی و مقاومت نسبت به بیماری‌ها ایفا می‌کند. سلول‌های موکوسی و ترکیبات ساختاری آن‌ها نیز می‌توانند متاثر از عوامل درون‌زاد (اختصاصات گونه/جنس و مرحله‌ی تکاملی) و یا عوامل برون‌زاد (تنش‌های محیطی و عفونت‌ها) قرار گیرند (Al-Banaw *et al.*, 2009). سلول‌های ترشح کننده‌ی موکوس مسئول اصلی تولید و ترشح موکوس لزجی است که اطراف بدن ماهی را می‌پوشاند و از آن‌جا که قسمت عمده‌ی ترشحات از نوع موکوپلی ساکارید و گلیکوپروتیئن است، این سلول‌ها در رنگ‌آمیزی پریودیک اسید شیف (PAS) و آلسین بلو با pH=2.5 واکنش مثبت نشان می‌دهند. رنگ‌آمیزی پریودیک اسید شیف برای رنگ‌آمیزی موسین‌های حاوی ترکیبات هگزوز شامل موسین‌های خنثی و نیز موادی نظیر کربوهیدرات‌ها و گلیکوژن مورد استفاده قرار می‌گیرد. گروه‌های آلدئیدی حاصل از اکسید شدن گروه‌های آلفا آمینوالکل و یا ۱ و ۲ گلیکول با معرف شیف واکنش داده و ترکیبی را به وجود می‌آورند که در زیر میکروسکوپ نوری سیتوپلاسم این ترکیبات را به رنگ قرمز ارغوانی رنگ‌آمیزی می‌کند و آلسین بلو با pH=2.5 موسین‌های اسیدی سولفاته و غیرسولفاته را به رنگ آبی رنگ‌آمیزی می‌کند. مشاهدات بافت‌شناسی این پژوهش نشان داد سلول‌های موکوسی در گل‌خورک *B. dussumeri* از نوع خنثی بوده و در رنگ‌آمیزی اختصاصی AB (pH=2.5) و PAS نسبت به معرف شیف واکنش داده و به رنگ ارغوانی درآمدند. بیشترین تعداد سلول‌های موکوسی در ناحیه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

سینه‌ای است. با این حال سلول‌های موکوسی در گل‌خورک *S. tenuis* از نوع اسیدی است و به آلسین بلو با pH=2.5 واکنش داده که به رنگ آبی روشن درآمدند و عمده تراکم آن در ناحیه پشتی بدن مشاهده گردید. حضور سلول‌های ترشح‌کننده‌ی موکوس در اپیدرم اکثر ماهیان استخوانی عالی گزارش شده است (Elliott, 2000). اما با وجود این، در اپیدرم پوست ماهیان دهان گرد نظیر لامپری و نیز برخی ماهیان دیگر از قبیل گل خورک *Periophthalmous* پیش از این مشاهده نشده است (Park, 2002). تراکم این سلول‌ها بیشتر در قسمت‌هایی از بدن است که تحت تأثیر اصطکاک مکانیکی (Whitear and Mittal, 1984; Zhang *et al*., 2003a,b) و یا در معرض هوا قرار دارند (Mittal and Banerjee, 1974; Whitear, 1977). مطابق اظهارات Zhang و همکاران در سال ۲۰۰۳ a,b سطوح اپیدرمی در جنس‌های *Periophthalmous* اغلب از موادی شبیه به مواد موکوسی پوشیده می‌شود و دارای یک مکانیسم ترشحی برای حفاظت از پوست در برابر سایش و خشک شدگی است که این ویژگی در پژوهش حاضر در *P. waltoni* که عموماً ساکن نواحی فراجزرومدی است، مشاهده گردید.

یکی دیگر از ویژگی‌های اپیدرم گل‌خورک‌های مورد مطالعه، وجود فلس‌های کوچک سیکلوئیدی در قسمت‌های مختلف بدن *P. waltoni* (ناحیه بالاسر، اوپرکول، چانه، پشتی، سینه‌ای و ساقه دمی) و *B. dussumeri* (بالاسر، پشتی، سینه‌ای و ساقه دمی) بود. فلس‌ها ساختارهایی پوستی هستند که به طور کامل با بافت اپیدرم پوشیده می‌شوند. لذا بعضی از ماهی‌ها که به نظر می‌رسد فاقد فلس هستند، در حقیقت دارای فلس‌هایی هستند که عمیقاً در پوست فرو رفته‌اند و در این سه گل‌خورک فلس بدین گونه بوده و درون درم فرو رفته بودند. این ویژگی از سازگاری‌های ماهیان نقب‌زن و ماهیانی که در گل‌ولای زندگی می‌کنند مانند *Amphipnous* و *Monopterus* است که معمولاً دارای خصوصیاتی چون فلس‌های کوچک، کاهش فلس‌ها یا عدم وجود فلس هستند (Liem, 1967; Mittal and Munshi, 1971; Whitear, 1986; Park, 2000).

بنابر یافته‌های تحقیق حاضر، پوست ماهیان گل‌خورک سواحل جزرومدی بندرعباس، دارای ساختار مشابهی با دیگر ماهیان واجد تنفس پوستی بوده است. لیکن از منظر سازگاری با زیستگاه، تظاهرات اپیدرمی فلس‌ها و توزیع منطقه‌ای آن‌ها در سطح بدن گل‌خورک‌ها می‌تواند به عنوان شاخصی در شناسایی و پیش‌بینی توزیع جغرافیایی آن‌ها در محدوده جزرومدی سواحل معرفی گردد. از منظر مقایسه گونه‌های ماهیان گل خورک در این تحقیق، اپیدرم گل‌خورک *P. waltoni* که در ناحیه بالای جزر ومدی ساکن است، دارای فلس بوده و هیچ‌گونه برآمدگی پوستی در آن دیده نمی‌شود. در گل‌خورک *B. dussumeri* که در ناحیه بین جزرومدی است، فلس‌ها عموماً کاهش یافته و تنها در ناحیه بالاسر، پشتی و ساقه دمی مشاهده شدند که این نواحی بیشتر در معرض خشکی‌زدگی قرار دارند و سایر بخش‌ها که بیشتر در تماس با آب هستند، بدون فلس بودند ولی در این گونه برآمدگی پوستی و سلول موکوسی نیز مشاهده گردید. در گل‌خورک *S. tenuis* نیز که در منطقه پایین جزر و مدی و غرق آبی می‌زیسته است، اپیدرم فاقد فلس و دارای برآمدگی پوستی و سلول موکوسی بوده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تمامی دوستان و همکارانی که در اجرای بهینه این طرح پژوهشی دانشگاه هرمزگان (شماره: ۹۴/۲۰۰/۷۴۳) ما را یاری نمودند، قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

Abdoli, L., Savari, A., Rounagh, M.T., Abdoli, A., Kamrani, E. 2017. Invesrigating growth and mortality parameters of Mudskipper *Boleophthalmus dussumieri* Valenciennes, 1837 in mongrove forests in Khamir port in Hormozgan province. Journal of Applied Ichthyological Research. 4(4): 13-24. (in Persian)

Afshar, T., Abdoli, A., Hassanzadeh Kiabi, B. 2016. Mudskipper species diversity of the Khur-e-Abee protected area, Hormozgan province. Journal of Marine Science and Technology. 15(1): 1-7. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

Afshar, T., Abdoli, A., Hassanzadeh Kiabi, B. 2014a. Aspects of the reproductive biology in mudskipper *Periophthalmus waltoni* koumans, 1941 in Hormozgan Province. Journal of Animal Environment. 6(2): 33-40. (in Persian)

Afshar, T., Abdoli, A., Hassanzadeh Kiabi, B. 2014b. Comparison study on reproduction biology of Mudskipper (*Scartelaos tenuis*) from Abi Estuarie and Azini Estuarie of Hormozgan Provience coastal area. Journal of Marine Science and Technology. 2(2): 33-46. (in Persian)

Aguilar, N.M. 2000. Comparative physiology of air- breathing gobies. PhD dissertation. University of California. San Diego. New York. pp. 367-394.

Al-Banaw, A., Kenngott, R., Al-Hassan, J.M., Mehana, N., Sinowatz, F. 2009. Histochemical analysis of glycoconjugates in the skin of a catfish (*Arius Tenuispinis*, Day). Anatomia, Histologia, Embryologia Journal. 39: 42-50.

Bancroft, J.D., Gamble, M. 2008. Theory and practice of histological techniques. Elsevier Health Sciences. 725 p.

Bancroft, J., Stevens, A. 1984. Theory and practice of histological techniques. 2nd edition. pp.194-198.

Basir, Z., Morovati, H., Khaksari Mahabadi, M., Mesbah, M., Abdi, R. 2012. Histomorphology and histometric study of the Head's Skin in *Barbus grypus*. Journal of Cell and Tissue. 3(1): 73 -81. (in Persian)

Beon, M.S., Oh, M.K., Lee, Y.J., Kim, C.H., Park, J.K. 2012. A comparative study on vascularization and the structure of the epidermis of an amphibious mudskipper fish, *Scartelaos gigas* (Gobiidae, Teleostei), on different parts of the body and the appendages. Journal of Applied Ichthyology. 29(2): 410-415.

Campinho M.A., Silva, N., Sweeney, G.E., Power, D.M. 2007. Molecular and histological changes in skin from larval to an adult phenotype during bony fish metamorphosis. Cell and Tissue Research. 327: 267-284.

Crookham, J., Dapson, R. 1991. Hazardous chemicals in the histopathology laboratory. 2nd edition. Anatech LTD. 137 p.

Elliott, D.G. 2000. Integumentary system. In: Ostrander, G.K. (ed.). The Laboratory Fish. Academic Press. New York. pp. 95-109.

Elviana, S., Sunarni, S., Maturbongs, M.R., Sajriawati, Fakhriyyah, S. 2019. Mudskipper diversity and its relationship to an environmental condition in estuary. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 343: 012191.

Feder, M.E., Burggren, W.W. 1985. Skin breathing in vertebrates. Scientific American. 253: 126-142.

Graham, J.B. 1997. Air-breathing fishes: evolution, diversity, and adap- tation. Academic Press. San Diego. California. Academic Press. 299 p.

Harabawy, A.S.A., Mekkawy, I.A.A. 2011. Skin characteristics and organization of the air-breathing fish, *Alticus kirkii* (Günther, 1868) along different body regions. Journal of Biological Sciences. 11(8): 466- 474.

Koga, H., Noda, S. 1992. Seasonal change of the burrows' form of mudskipper. Bulletin of Saga Prefectural Ariake Fisheries Experimental Station. 14: 81-84.

Kooseg, N., Rahmani, A., Kamrani, E., Taherizadeh, M.R., Alinia, M. 2013. Body size relationship with the accumulation of lead in Mudskipper *Periophthalmus waltoni* in northern Persian Gulf. Journal of Oceanography. 4(15):1-9. (in Persian)

Liem, K.F. 1967. Functional morphology of the integumentary, respiratory, and digestive systems of the synbranchoid fish, *Monopterus albus*. Copeia. 2: 375-388.

Maekawa, K., Fukuda, Y., Okada, Z., Imamura, K. 1968. Intraepithelial blood capillaries in the air-breathing organs of fish. Tokyo Medical College Magazine. 26: 793-799.

Mittal, A.K., Banerjee, T.K. 1974. Structure and keratinization of the skin of a fresh-water teleost *Notopterus notopterus*. Journal of Zoology, London. 174: 341-355.

Mittal, A.K., Munshi, J.S.D. 1971: A comparative study of the structure of the skin of certain air-breathing fresh-water teleosts. Journal of Zoology, London. 163: 515-532.

Mirghiyasi, S., Esmaeili, H.R., Nokhbatolfoghahai, M. 2016. Morpho-histological characteristics of gonads and reproductive index in an endemic fish species, *Oxynoemacheilus persa* (Heckel,

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

1847) (Teleostei: Nemacheilidae) from Kor River basin, Iran. International Journal of Aquatic Biology. 4(1): 31-42.

Mohammadpour, Z., Nabavi, S.M., Dehghan Madiseh, S. 2009. *Periophthalmodon schlosseri* (Gobiidae), according to occurrence indexe in Samaeily Creek of Mahshahr. Journal of Marine Biology. 3: 1(2): 92-102. (in Persian)

Murdy, E.O. 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae: Oxudercinae). Records of the Australian Museum Supplement. 11: 1- 93.

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. 4th edition. Hoboken (New Jersey, USA). John Wiley and Sons. xix+601 p.

Park, J.Y., Kim, I.S. Lee, Y.J. 2005. A study on the vascularization and structure of the epidermis of the air-breathing mudskipper, *Periophthalmus magnuspinnatus* (Gobiidae, Teleostei), along different parts of the body. Journal of Applied Ichthyology. 22: 62-67.

Park, J.Y., Kim, I.S., Lee, Y.J., Kim, S.Y. 2004. Histology and morphometrics of the epidermis of the fins and sucking disc of the mudskipper, *Periophtholmus modestus* (Pisces, Gobiidae). Korean Journal of Biological Sciences. 8(2): 111-115.

Park, J.Y., Lee, Y. J., Kim, I. S., Kim, S. Y. 2003. Acomparative study of the regional epidermis of an amphibious mudskipper fish, *Boleophthalmus pectinirostris*, Folia Zoologica, 52(4): 431–440.

Park, J.Y. 2002. Morphology and histochemistry of the skin of the Korean spined loach, *Iksookimia koreensis* (Cobitidae), in relation to respiration. Folia Zoologica. 51(3): 241-247.

Park, J.Y, Kim, I.S, Kim, S.Y. 2000, Histological study on skin of the amphibious fish, *Periophthalmus modestus*. Biological Science. 4: 315-318.

Polgar, G., Lim, R. 2011. Mudskippers: human use, ecotoxicology and biomonitoring of mangrove and other soft bottom intertidal ecosystems. In: Metras, J.N. (ed.). Mangroves: Ecology, Biology and Taxonomy. Nova Science Publishers. Hauppauge. pp. 51-86.

Pyghan, R., Mahjor, A. 2006. Fish patology. Shahid Chamran University of Ahvaz Press. 1114 p. (in Persian)

Salarpouri, A., Behzadi, S., Mortazawi, M., Darvishi, M., Taherizadeh, M.R., Keshishian, A. 2013. Population dynamics and reproduction biology of Slender mudskipper (*Scartelaos tenuis*) from Hormuzgan province creeks, Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal. 22(1): 37-48. (in Persian)

Sayer, M.D., Davenport, J. 1991. Amphibious fish: why do they leave water? Reviews in Fish Biology and Fisheries. 1: 159-181.

Sedigh Marvdasti, A.H., Posti, E. 2008. Atlas of fish histology (natural forms and patology). Tehran University Press. 364 p. (in Persian)

Supriyati, H., Apriliani, N.S., Luthfi, M.J. 2019. Histological study of mudskipper (*Periophthalmus gracilis*) Gills. Proceeding International Conference on Science and Engineering, 2: 177-179.

Suzuki, N. 1992. Fine structure of the epidermis of the mudskipper, *Periophthalmus modestus* (Gobiidae). Journal of Ichthyolog. 38: 379-396.

Suzuki, N., Hagiwara, K. 1994. Epidermal ultra-structure of pelagic lar- vae of the mudskipper, *Periophthalmus modestus* (Gobiidae). Bulletin of Nansei National Fisheries Research Institute. 28: 33-41.

Waycott, M., McKenzie, L.J., Mellors, J.E., Ellison, J.C., Sheaves, M.T., Collier, C., Schwarz, A.M. 2011. In: Bell, J.D., Johnson, J.E., Hobday, A.J. (eds.). Vulnerability of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. Secretariat of the Pacific community. Noumea, New Caledonia. pp. 297-368.

Whitear, M. 1986: The skin of fishes including cyclostomes: epidermis. In: Bereiter-Hahn, J., Matoltsy, A.G., Richards, K.S. (eds.). Biology of the integument Vol. 2 Vertebrates. Springer Verlag. New York. pp. 9-64.

Whitear, M., Mittal, A.K. 1984. Surface secretions of the skin of *Blennius* (*Lipophrys*) *pholis* L. Journal of Fish Biology. 25: 317-331.

Whitear, M. 1977. Functional comparison between the epidermis fish and of amphibians, Sympos. Zoological Society Londen. 39: 29-313.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]

Wilson, J.M., Kok, T.W.K., Randall, D.J., Vogl, W.A., Ip, K.Y. 1999. Fine structure of the gill epithelium of the terrestrial mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri*. Cell Tissue Research. 298: 345-356.

Yokoya, S., Tamura, O.S. 1992. Fine structure of the skin of the amphibious fishes, *Boleophthalmus pectinirostris* and *Periophthalmus cantonensis*, with special reference to the location of blood vessels. Journal of Morphology. 214: 287-297.

Zhang, J., Taniguchi, T., Takita, T., Ali, A.B. 2003a. A study on the epidermal structure of *Periophthalmodon* and *Periophthalmus* mudskippers with reference to their terrestrial adaptation. Ichthyological Research. 50: 310-317.

Zhang, Q.Y., Hong, W.S. 2003b. Advances in research on the aquaculture technique and artificial breeding for *Boleophthalmus pectinirostris*. Shandong Fisher. 20(4):1-3.

Zhang, J., Taniguchi, T., Takita, T., Ali, A.B. 2000. On the epidermal structure of *Boleophthalmus* and *Scartelaos* mudskippers with reference to their adaptation to terrestrial life. Ichthyological Research. 47: 359-366.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.10.4.2.8]