



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

**Taxonomy and Biosystematics**

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 14, Issue 2, No.51, (2022), P: 3-6

Received: 01/05/2022 Accepted: 01/10/2022

## **A Histological Study of the Skin of the Dorsal and Ventral Areas of the Flounder *Boleophthalmus dussumieri* (Teleostei: Oxudercidae) in Khor Musa (Northwest of the Persian Gulf)**

**Fahime Saberi**

Ph. D. Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran.  
fahime.saberi.1991@gmail.com

**Ahmad Gharzi\***

Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran.  
adgharzi@razi.ac.ir

**Ashraf Jazayeri**

Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.  
a.jazayeri@scu.ac.ir

**Vahid Akmal**

Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran.  
v\_akmal@razi.ac.ir

**Khosro Chehri**

Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran.  
kh.chehri@razi.ac.ir

### **Abstract**

Mudskippers, belonging to the Oxudercidae family, are amphibious creatures capable of spending extended periods out of water. In this study, *Boleophthalmus dussumieri* was sampled from Petroshimi and Jafari stations. For histological analysis, samples (3 males and females from each station) were anesthetized and fixed in Boyne's fixative solution, adhering to biological ethical principles. Subsequent tissue sectioning and H&E staining were performed. Observations made using a light microscope revealed that the epidermis consists of a stratified epithelium comprising three cell layers. The skin's dermis contained thick collagen fibers and numerous blood capillaries. In some regions, protrusions from the dermis extended into the epidermis, termed dermal protrusions. A significant difference was observed in the epidermis layer's thickness between males and females, measuring 87.97 microns in females and 74.32 microns in males. Considering the amphibious lifestyle of mudskippers, in species that are more hydrophilic, the upper and middle parts of the body, typically more exposed to air, exhibit shorter diffusion distances. Thus, it is likely that air absorption through the skin in *B. dussumieri* occurs predominantly in the upper body rather than in the lower parts or appendages.

Key words: *Boleophthalmus dussumieri*, Epidermis, Dermal Protrusion, Khor Musa.

### **Introduction**

The term mudskipper refers to four genera - *Periophthalmus*, *Periophthalmodon*, *Boleophthalmus*, and *Scartelaos* - collectively known as fish-amphibians, each exhibiting varying degrees of adaptation to

\*Corresponding author

Saberi, F., Gharzi, A., Jazayeri, A., Akmal, V. & Chehri, Kh. (2021). A Histological Study of the Skin of the Dorsal and Ventral Areas of the Flounder *Boleophthalmus dussumieri* (Teleostei: Oxudercidae) in Khor Musa (Northwest of the Persian Gulf). *Taxonomy and Biosystematics*, 14(2), 25-36.



2322-2190 / © 2022

This is an open access article under the BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2022.133463.1198>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1401.14.51.2.3>

terrestrial conditions. *Boleophthalmus dussumieri*, a member of the Oxudercidae family, is distributed along the coasts of the Oman Sea and the Persian Gulf. Mudskippers are capable of breathing through their skin, the lining of the mouth (mucous membrane), and throat. This mode of respiration is viable when their skin is moist and wet. This type of breathing, similar to that in amphibians, is known as cutaneous or skin respiration. Various studies have been conducted on this group of fish in East Asia. To further explore this topic, the present study aimed to perform a histological investigation of the dorsal and ventral surfaces of *B. dussumieri*, focusing on its role in respiration.

## Materials and Methods

In this study, several specimens of *B. dussumieri* were captured alive by hand during the spring season of 2020-2021 from Khor Mahshahr, located in the northwest of the Persian Gulf. The morphological index traits were verified using a reliable identification key. A 1 x 1 cm section of skin was incised from both the back and abdomen of each specimen. Conventional methods for tissue section preparation were employed. Subsequently, 5 µm thick sections were prepared and subjected to general hematoxylin-eosin (H&E) staining. For histometric studies, an optical microscope equipped with a Dino-Lite digital lens and Image J software was utilized. The measurement results were analyzed using SPSS 20 software.

## Results and Conclusions

Microscopic observations revealed that the epidermis of *B. dussumieri* consists of a stratified epithelium with three cell layers: the surface layer, the middle layer, and the reproductive layer. The surface layer of the epidermis comprised several layers of flat, squamous cells, along with a significant number of intraepithelial blood capillaries near the body surface. Nucleated red blood cells in these capillaries were located close to the fish's surface. The middle layer of the epidermis contained several layers of spherical to polyhedral cells with a central nucleus, referred to as vesicular cells. The basal or germ layer consisted of several rows of cubic cells with a spherical nucleus. Additionally, the histological study indicated that the skin's dermis had thick collagen fibers.

A comparison of the epidermis layer's thickness revealed a significant difference between males and females. The epidermis was thicker in females than in males. Furthermore, a significant difference was observed in the epidermis thickness between the dorsal and ventral surfaces in both sexes. However, there was no significant difference in diffusion distance between the sexes, although the average diffusion distance was smaller in females compared to males. In males, the diffusion distance varied greatly between the dorsal and ventral surfaces, whereas in females, it was significantly different only at the abdominal level. The basal layer thickness difference was significant in both areas. The thickness of the middle layer was greater in females than in males. Finally, a comparison of the external layer indicated that its thickness on the abdominal part of males differed significantly from that on the abdominal surface.

The tissue section comparison in *B. dussumieri* populations suggested that adaptation to dry conditions affected the thickness and structure of the epidermis, as well as the distribution, abundance, and function of the capillaries within it. The presence of skin protrusions in *B. dussumieri* reduced the outer layer of the epidermis. This finding aligns with other studies where dermal protrusions were observed in all *Boleophthalmus* and *Scartelaos* genera within the epidermis structure. Given the amphibious lifestyle of these gill-feeding fishes, species that are more hydrophilic typically have smaller diffusion distances in the upper and middle body parts, which are often exposed to air. The genera *Periophthalmus* and *Periophthalmodon*, known for direct skin respiration through air, are considered air-breathing fish. Adaptations such as a thicker epidermis, well-developed vascularization, fewer blood capillaries, and

reduced diffusion distance may facilitate dermal respiration, enabling survival in poorly oxygenated water during dry seasons.

**Funding**

This study was funded by the Department of Biology, Faculty of Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran.



## مطالعه بافت‌شناسی پوست نواحی پشتی و شکمی گلخورک (Teleostei: Oxudercidae) *Boleophthalmus dussumieri* در خور موسی (شمال غربی خلیج فارس)

فهیمة صابری، دکتری تخصصی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

fahime.saberi.1991@gmail.com

احمد قارزی\*، دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

adgharzi@razi.ac.ir

اشرف جزایری، استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

a.jazayeri@scu.ac.ir

وحید اکملی، دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

v\_akmali@razi.ac.ir

خسرو چهری، استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

kh.chehri@razi.ac.ir

### چکیده

گلخورک ماهیان از اعضای خانواده Oxudercidae و ماهیان دوزیستی هستند که توان گذراندن دوره‌های طولانی در خارج از آب را دارند. در پژوهش حاضر، نمونه‌برداری از گونه *Boleophthalmus dussumieri* در ایستگاههای پتروشیمی و جعفری انجام شد. به منظور انجام مطالعات بافتی، نمونه‌ها (سه نر و سه ماده از هر ایستگاه) پس از انتقال به آزمایشگاه، با روش استاندارد و رعایت اصول اخلاقی زیستی بیهوش و در محلول فیکساتور بوین فیکس شد؛ سپس مراحل مقطع‌گیری بافتی و رنگ‌آمیزی به روش H&E انجام شد. مشاهدات به وسیله میکروسکوپ نوری صورت گرفت. اپیدرم از اپی‌تلیومی مطبق و متشکل از سه طبقه سلولی تشکیل می‌شود. درم پوست متشکل از دستجات ضخیم کلاژنی و مویرگ‌های خونی فراوان است. در برخی نواحی، برآمدگی‌هایی از درم وارد اپیدرم می‌شود که آن را برآمدگی درمی می‌نامند. ضخامت لایه اپیدرم در دو جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری داشت؛ به طوری که در جنس ماده ۸۷/۹۷ و در جنس نر ۷۴/۳۲ میکرون بود. براساس شیوه زندگی دوزیستی گلخورک‌ها، در گونه‌هایی که آبدوست‌تر هستند، در قسمت‌های فوقانی و میانی بدن که اغلب در معرض هوا است، مقادیر کمتری فاصله انتشار وجود دارد؛ از این رو انتظار می‌رود در *B. dussumieri*، جذب هوا از طریق پوست در ناحیه فوقانی بدن نسبت به قسمت پایین یا ضمیمه بیشتر انجام شود.

**واژه‌های کلیدی:** گلخورک دوسومیر، اپیدرم، برآمدگی درمی، خور موسی.

\* مسئول مکاتبات

صابری، فهیمة، قارزی، احمد، جزایری، اشرف، اکملی، وحید، و چهری، خسرو. (۱۴۰۱). مطالعه بافت‌شناسی پوست نواحی پشتی و شکمی گلخورک *Boleophthalmus dussumieri* (Teleostei: Oxudercidae) در خور موسی (شمال غربی خلیج فارس). تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۴(۵۱)، ۲۵-۳۶.



## مقدمه

اصطلاح گلخورک به چهار جنس از خانواده Oxudercidae، با نام‌های *Periophthalmus*، *Periophthalmodon*، *Boleophthalmus* و *Scartelaos* اطلاق می‌شود. آنها ماهی - دوزیست هستند و درجات مختلفی از سازگاری با شرایط زمینی را دارند (Jaafar & Murdy, 2017; Lorente-Martinez et al., 2018). گلخورک دوسومیر *Boleophthalmus dussumieri* که به‌تازگی از خانواده گاوماهیان Gobiidae جدا شده و در خانواده گلخورک‌ماهیان Oxudercidae قرار گرفته است (Yang et al., 2022)، در زیرراسته Gobioidae و راسته Gobiiformes طبقه‌بندی می‌شود و در امتداد سواحل دریان عمان و خلیج فارس پراکنش دارد (Esmaeili et al., 2018). الگوی رنگی متنوعی در گلخورک‌ماهیان مشاهده می‌شود که به‌طور معمول برای استتار جانور مفید است و مشاهده اعضای این خانواده را در محیط زیست‌شان دشوار و در برخی مواقع غیرممکن می‌کند (Thacker, 2011; Ghanbarifardi & Damadi, 2021). این دسته از ماهیان دارای سازگاری‌های بسیار زیادی هستند که باعث تطابق آنها با شرایط مختلف موجود در هر دو زیستگاه آبی و خشکی می‌شود (Zander, 1974). توانایی دوزیست‌بودن گلخورک‌ماهیان باعث مقایسه آنها با چهارپایان اولیه می‌شود؛ همچنین این جانداران، تتراپودومورف (Tetrapodomorph) شناخته می‌شود (Ishimatsu, 2017). گلخورک‌ماهیان از راه پوست، آستر دهان (موکوس یا غشای مخاطی) و دهان (حلق) تنفس می‌کنند و این عمل زمانی ممکن خواهد بود که پوست آنها مرطوب و خیس باشد. این نوع تنفس که

به‌طور مشابهی در دوزیستان نیز وجود دارد، تنفس پوستی (جلدی) نامیده می‌شود (Jaafar & Murdy, 2017; Lorente-Martinez et al., 2018). سازگاری مهم دیگری که زمان بیرون‌بودن ماهی از آب به کمک این سیستم تنفسی می‌آید، وجود حجره‌های وسیع آبششی (جایی که ماهی حباب هوا را ذخیره می‌کند) است. این حجره‌های وسیع هنگامی که ماهی خارج از آب است، محکم بسته می‌شوند و این کار باعث مرطوب‌ماندن آبشش‌ها می‌شود و به کارکرد آنها کمک می‌کند. آنها زمانی که در خشکی هستند، اکسیژن را برای تنفس ذخیره می‌کنند (Feder & Burggren, 1985; Lauriano et al., 2018).

تاکنون مطالعات متنوعی روی این گروه از ماهیان در آسیای شرقی انجام شده است. به‌منظور بررسی بیشتر، در پژوهش حاضر، بافت‌شناسی سطوح پشتی و شکمی گلخورک دوسومیر و نقش آن در انجام تنفس مطالعه شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، چند نمونه گلخورک دوسومیر طی فصل بهار ۱۳۹۹-۱۴۰۰ از خوریات ماهشهر (جدول ۱)، در خور موسی (یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های دریایی باارزش جنوبی کشور ایران، واقع در شمال غربی خلیج فارس) (Hamzeh et al., 2007; Rah Bani et al., 2017)، با دست و به‌صورت زنده صید شد (شکل ۱). بررسی صفات شاخص ریختی، به کمک کلید شناسایی معتبر (کلید شناسایی در سطح جنس *Boleophthalmus*: دارای فنجان پوستی در پلک پایین، دارای دو دندان تیز در فک پایین، قاعده دومین باله پشتی ۳۴ درصد طول استاندارد و وجودداشتن سیلک؛

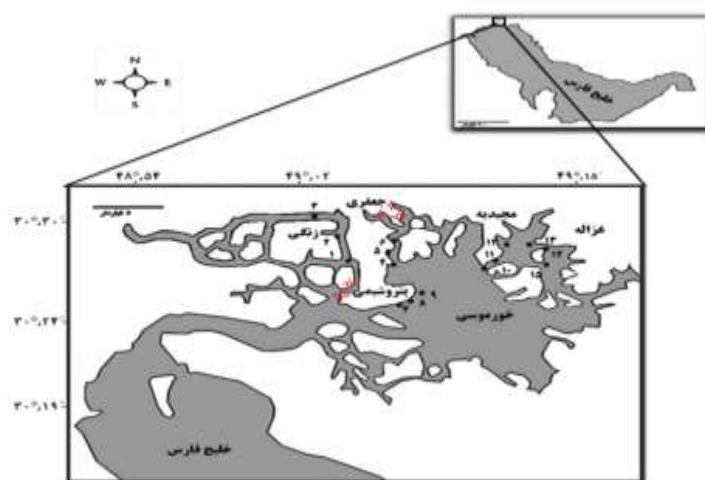
کلید شناسایی در سطح گونه گلخورک دوسومیر:  
دومین باله پشتی دارای ۲۸-۲۷ خار، باله مخرجی دارای ۲۶-۲۷ خار، طول باله دمی به‌طور معمول بیشتر از ۲۲ درصد طول استاندارد، طول سر کمتر از ۲۶ درصد طول استاندارد، طول دومین باله پشتی کمتر از ۴۵ درصد طول استاندارد؛ ویژگی‌های ظاهری گونه حاضر: سطح پشتی و کناری به رنگ خاکستری دیده می‌شود و سطح شکمی روشن‌تر به نظر می‌آید، ممکن است لکه‌های تیره قهوه‌ای روی سطح پشتی و کناری دیده شود، تعداد شعاع‌های دومین باله پشتی بین ۲۴ تا ۲۸ عدد است، نخستین باله پشتی به رنگ خاکستری با لکه‌های تیره بین شعاع‌های باله است و دومین باله پشتی خاکستری با ستونی از خال‌های آبی بین شعاع‌های باله است) صورت گرفت (Murdy, 1989).

از آنجایی که جنسیت گلخورک دوسومیر برخلاف گلخورک والتونی از روی صفات ریختی تشخیص پذیر نیست (تنها به وسیله تشریح نمونه مشخص می‌شود)، تعدادی نمونه تشریح و پس از آن سه نمونه بالغ نر و سه نمونه بالغ ماده انتخاب شد. از پوست نواحی پشتی و شکمی (زیر باله پشتی) به اندازه ۱×۱ سانتی‌متر برش پوستی تهیه شد. از روش معمول تهیه مقاطع بافتی استفاده شد. پس از شستشو، آبگیری، شفاف‌سازی و آغشته‌گیری به پارافین، برش‌هایی به ضخامت پنج میکرومتر تهیه و رنگ آمیزی عمومی هماتوکسیلین - ائوزین (H&E) انجام شد. برای انجام مطالعات هیستومتریک، از میکروسکوپ نوری مجهز به عدسی دیجیتال Dino Lite و نرم‌افزار Image J استفاده شد. نتایج اندازه‌گیری به وسیله نرم‌افزار SPSS 20 تجزیه و تحلیل شد.

جدول ۱- ویژگی‌های ایستگاههای مطالعه‌شده

Table 1 - Characteristics of the studied stations

| موقعیت جغرافیایی ایستگاه | نوع اقلیم          | تعداد نمونه‌ها | منطقه مطالعه‌شده |
|--------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| 49°-20'N 30°-25'E        | گرم و مرطوب - شرجی | ۶              | اسکله پتروشیمی   |
| 49°-20'N 43°-27'E        | گرم و مرطوب - شرجی | ۶              | خور جعفری        |



شکل ۱- نقشه ایستگاههای نمونه‌برداری

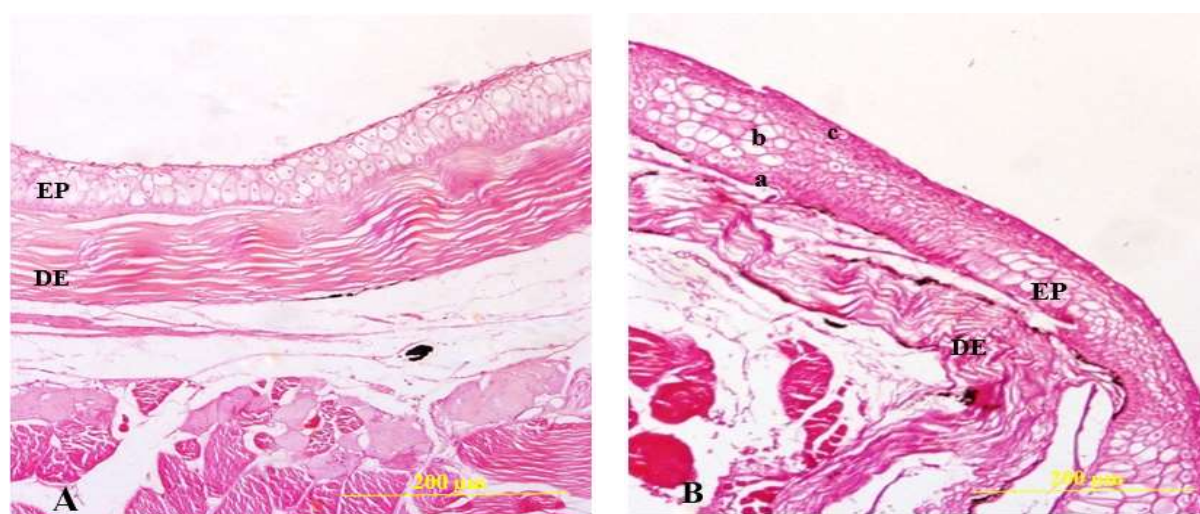
Figure 1 - Map of sampling stations

## نتایج

مطالعه میکروسکوپی پوست نواحی پشتی و شکمی در گونه *B. dussumeri* در دو جنس نر و ماده نشان داد اپیدرم پوست این ماهی از اپی تلیومی مطابق متشکل از سه طبقه سلولی شامل طبقه سطحی، طبقه میانی و طبقه زاینده (بازال) تشکیل شده است.

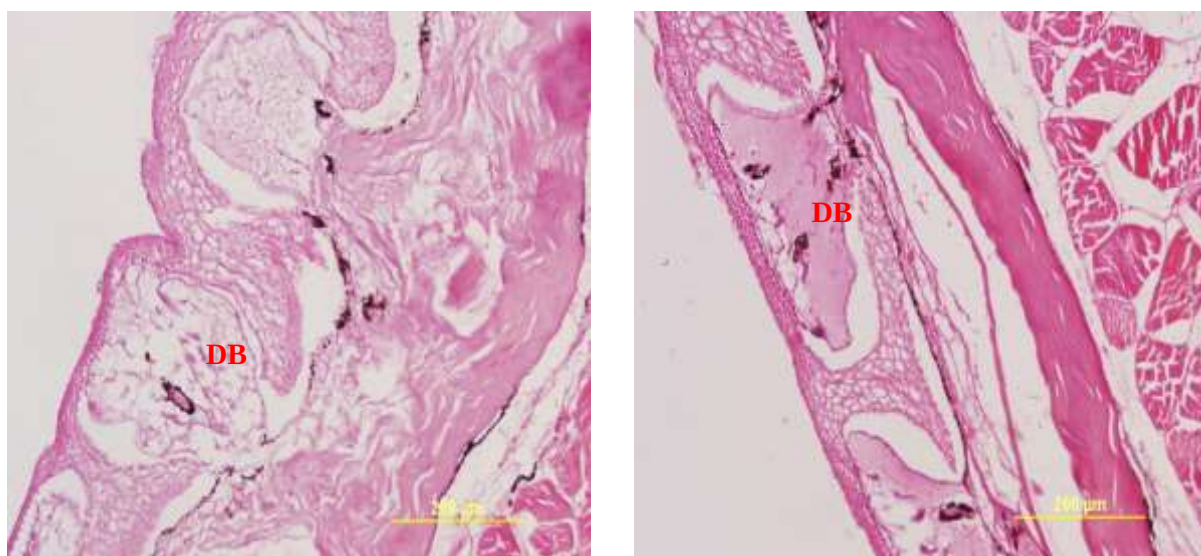
طبقه سطحی اپیدرم پوست از چندین لایه سلولهای مسطح و سنگفرشی به همراه تعداد زیادی مویرگهای خونی (مویرگ خونی داخل اپی تلیومی) تشکیل شده است که در مجاورت سطح بدن قرار دارد. گلبولهای قرمز هسته دار درون این مویرگها در نزدیکی سطح بدن ماهی است. طبقه میانی اپیدرم پوست از چندین لایه سلولهای کروی تا چندوجهی واجد هسته ای مرکزی، به نام سلولهای وزیکولار تشکیل شده است.

طبقه زاینده اپیدرم پوست از چند ردیف سلولهای مکعبی واجد هسته ای کروی تشکیل شده است؛ همچنین مطالعه هیستولوژیک نشان داد درم پوست از دستجات ضخیم کلاژنی تشکیل شده است. مویرگهای خونی فراوانی نیز در درم پوست وجود دارد. در برخی نواحی برآمدگی هایی از درم وارد اپیدرم پوست می شود که آن را برآمدگی درمی می نامند. در این نواحی، درم در مجاورت سطح بدن قرار گرفته است؛ به طوری که در رأس این برآمدگی، مویرگهای درم در مجاورت طبقه زاینده اپیدرم در فاصله بسیار نزدیکی از سطح بدن مشاهده می شود (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲- مقاطع میکروسکوپی پوست پشتی و شکمی گونه *B. dussumeri* (رنگ آمیزی H&E، ۲۰×). (A): پوست شکمی، (B): پوست پشتی، (EP): اپیدرم پوست، (DE): درم پوست، (a): طبقه پایه، (b): طبقه میانی و (c): طبقه سطحی.

Figure 2 - Microscopic sections of the dorsal and ventral skin of *B. dussumeri* (H&E staining, 20×). (A): Ventral skin, (B): Dorsal skin, (EP): Epidermis of the skin, (DE): Dermis of the skin, (a): Basal layer, (b): Intermediate layer, and (c): Superficial layer

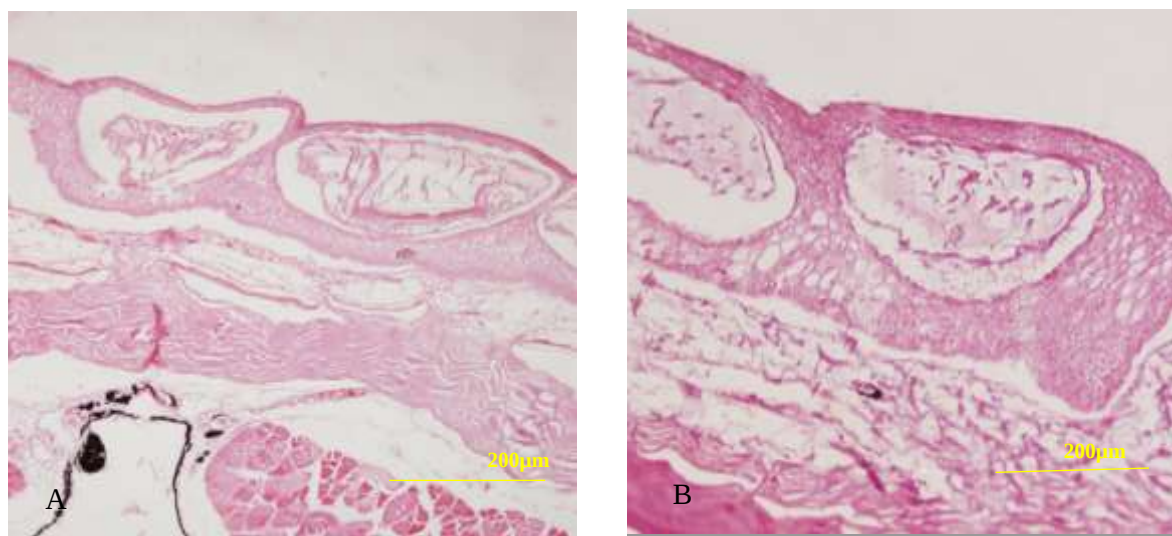


شکل ۳- مقاطع میکروسکوپی پوست پشتی گونه *B. dussumieri* (رنگ‌آمیزی H&E،  $\times 20$ ). (DB): برآمدگی درمی. درم پوست به صورت برآمدگی‌هایی داخل اپیدرم پوست وارد می‌شود. عروق خونی با ورود به برآمدگی درمی در مجاورت سطح بدن قرار می‌گیرد.

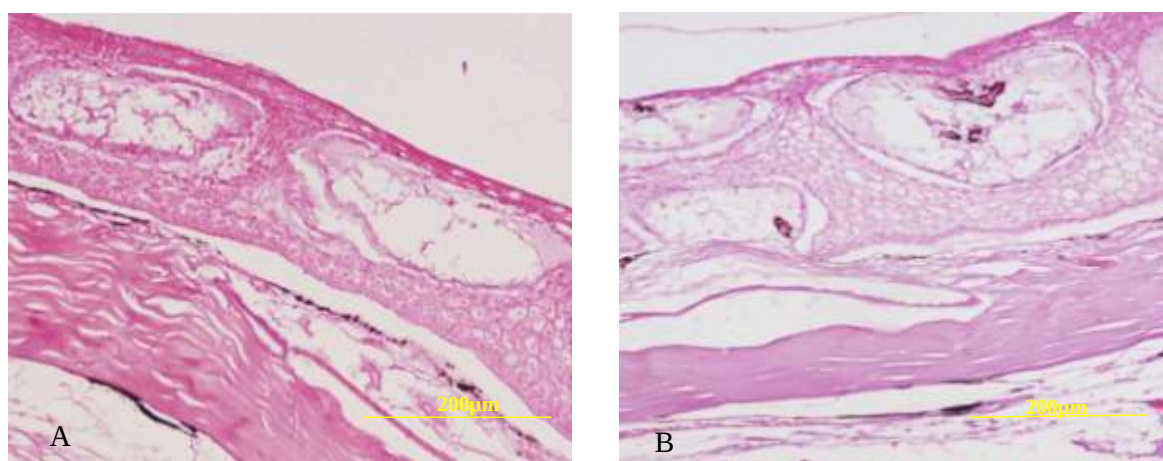
Figure 3 - Microscopic sections of the dorsal skin of *B. dussumieri* (H&E staining,  $20\times$ ). (DB): Dermal papillae. The dermis of the skin enters into the epidermis in the form of papillae. Blood vessels, upon entering the dermal papillae, are positioned close to the body surface.

شکمی، همواره ضخامت اپیدرم ناحیه پشتی برای هر دو جنس بیشتر بود. بین دو جنس نر و ماده از نظر فاصله انتشار اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ با این حال میانگین فاصله انتشار در جنس ماده نسبت به جنس نر، شامل مقادیر کمتری شد. در جنس نر، فاصله انتشار بین سطوح پشتی و شکمی اختلاف زیادی داشت؛ اما در جنس ماده تنها در سطح شکمی معنی‌دار بود.

مقایسه ضخامت لایه اپیدرم پوست نشان داد بین دو جنس نر و ماده از نظر ضخامت اپیدرم اختلاف معنی‌دار وجود دارد؛ همچنین ضخامت اپیدرم در جنس ماده بیشتر از جنس نر اندازه‌گیری شد (شکل ۴ و ۵). بین سطوح پشتی - شکمی در هر کدام از جنس‌های نر و ماده از نظر ضخامت اپیدرم اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲)؛ به علاوه در مقایسه دو سطح پشتی -



شکل ۴- پوست شکمی جنس نر (A) و ماده (B) گونه *B. dussumeri*  
Figure 4 - Ventral skin of the male (A) and female (B) of *B. dussumeri*



شکل ۵- پوست پشتی جنس نر (A) و ماده (B) گونه *B. dussumeri*  
Figure 5 - Dorsal skin of the male (A) and female (B) of *B. dussumeri*

پشتی و شکمی دارای اختلاف معنی دار بود و در هر جنس، سطوح پشتی مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داد. در نهایت، مقایسه لایه خارجی نشان داد ضخامت این لایه در قسمت شکمی نرها تفاوت معنی داری نسبت به سطح شکمی دارد (جدول ۲).

اختلاف ضخامت لایه بازال در هر دو ناحیه معنی دار شد؛ به علاوه ضخامت این لایه در جنس ماده بیشتر از جنس نر بود. مقایسه لایه میانی در نرها و ماده ها دارای اختلاف معنی دار بود و ضخامت آن در جنس ماده بیشتر از جنس نر اندازه گیری شد؛ همچنین ضخامت لایه میانی در هر کدام از جنس های نر و ماده بین سطوح

جدول ۲- مقایسه تمام صفات اندازه‌گیری شده در جنس نر و ماده گونه *B. dussumieri*

Table 2 - Comparison of all measured traits in the male and female of *B. dussumieri*.

| P-value | Mean±Sd      | پارامتر | P-value | Mean±Sd     | پارامتر |
|---------|--------------|---------|---------|-------------|---------|
| ۰/۹۹۹   | ۵/۹۹±۱/۷۹    | نر      | p<۰/۰۰۱ | ۷۴/۳۲±۱۲/۵۳ | نر      |
|         | ۶/۵۵±۲/۱۰    | ماده    |         | ۸۸/۹۷±۳۶/۱۳ | ماده    |
| p<۰/۰۰۱ | ۵/۱۱±۱/۵۸    | پشتی    | ۰/۳۹۴   | ۷۶/۵۸±۹/۹۲  | پشتی    |
|         | ۶/۸۵±۱/۵۴    | شکمی    |         | ۷۲/۰۵±۱۴/۴۴ | شکمی    |
| ۰/۰۳۸   | ۶/۹۴±۲/۳۳    | پشتی    | p<۰/۰۰۱ | ۱۲۴/۲۷±۵/۹۲ | پشتی    |
|         | ۶/۱۶±۱/۷۶    | شکمی    |         | ۵۳/۶۸±۷/۷۷  | شکمی    |
| p<۰/۰۰۱ | ۶۱/۸۶±۱۴/۸۶  | نر      | ۰/۰۵۹   | ۴/۴۹±۲/۶۳   | نر      |
|         | ۷۳/۲۲±۴۱/۸۳  | ماده    |         | ۳/۸۱±۱/۶۲   | ماده    |
| p<۰/۰۰۱ | ۶۷/۶۳±۹/۶۶   | پشتی    | p<۰/۰۰۱ | ۲/۳۳±۰/۹۵   | پشتی    |
|         | ۵۶/۰۹±۱۶/۸۸  | شکمی    |         | ۶/۶۵±۱/۸۹   | شکمی    |
| p<۰/۰۰۱ | ۱۱۲/۱۵±۲۰/۰۴ | پشتی    | ۰/۰۴۱   | ۴/۰۹±۱/۲۵   | پشتی    |
|         | ۳۴/۲۸±۱۶/۳۶  | شکمی    |         | ۳/۵۳±۱/۸۹   | شکمی    |
| p<۰/۰۰۱ | ۴/۸۱±۱/۵۲    | پشتی    | p<۰/۰۰۱ | ۶/۹۸±۲/۶۱   | نر      |
|         | ۹/۱۶±۱/۳۴    | شکمی    |         | ۶/۸۰±۲/۲۶   | ماده    |
|         |              |         | ۰/۰۳۷   | ۶/۲۷±۲/۶۳   | پشتی    |
|         |              |         |         | ۷/۳۴±۱/۶۸   | شکمی    |

## بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه مقاطع بافتی پوست در جمعیت‌های گلخورک *B. dussumieri* متأثر از سه عامل تعیین‌کننده اقلیم، جنسیت و سطوح پشتی و شکمی در شمال غربی خلیج فارس نشان داد سازگاری این دسته از ماهیان با شرایط خشکی تا چه میزان روی ضخامت و ساختار اپیدرم و نحوه پراکنش، فراوانی و عملکرد مویرگ‌های موجود در اپیدرم در گونه‌های مطالعه‌شده تأثیر گذار بوده است.

علاوه‌بر ژنتیک، شرایط اکولوژیکی، اقلیمی و زیستگاهی از عوامل تعیین‌کننده تفاوت در ساختار پوست است. در گلخورک ماهیان، لایه میانی ساختاری ساده دارد و حاوی سلول‌های متورم است. گلخورک‌های *Boleophthalmus*، *Periophthalmus* و *Scartelaos* به‌وسیله پوست خود تنفس می‌کنند (Beon et al., 2013). در برخی نواحی برآمدگی‌هایی از درم وارد اپیدرم پوست می‌شود که آنها را به اصطلاح برآمدگی درمی می‌نامند. در این نواحی، درم در مجاورت سطح بدن قرار گرفته است؛ به طوری که در

رأس این برآمدگی، مویرگ‌های درم در مجاورت طبقه بازال (زاینده) در فاصله بسیار نزدیکی از سطح بدن مشاهده می‌شود. وجود برآمدگی‌های پوستی در *B. dussumieri*، باعث کاهش لایه خارجی اپیدرم در آن می‌شود که با نتایج دیگر مطالعات همخوانی دارد. برآمدگی‌های درمی در تمام جنس‌های *Boleophthalmus* و *Scartelaos* در ساختار اپیدرم مشاهده می‌شود (Zhang et al., 2003).

نتایج مطالعات پیشین درباره ساختار اپیدرمی ماهی‌های Oxudercinae نشان می‌دهد تخصص‌یافتگی گلخورک‌ماهیان برای زندگی روی سطح خشکی از طریق وجود برآمدگی‌های پوستی، سلول‌های متورم لایه میانی، شبکه عروقی موجود در اپیدرم و همچنین توزیع غیر معمولی از سلول‌های مخاطی صورت می‌پذیرد (Zhang et al., 2000). این تفاوت نشان‌دهنده تفاوت در سبک زندگی گلخورک‌ماهیان نسبت به یکدیگر است؛ به طوری که گونه‌های متعلق به جنس *Boleophthalmus* مدت زمان بیشتری را درون آب سپری می‌کنند (Zhang et al., 2003).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تنفس پوستی، ضخامت اپیدرم است (Suzuki, 1992). ضخامت شایان توجه اپیدرم در گلخورک‌ماهیان رایج است. در پژوهش حاضر، ضخامت لایه اپیدرم در جنس *nr* و ماده گونه دوسومیر، مقادیر زیادی را نشان داد. علت تفاوت ضخامت پوست در ماهی‌های مختلف به میزان فراوانی و اندازه سلول‌های مخاطی و جامی شکل داخل اپیدرم بستگی دارد (Al-Kadhomy et al., 1988). با توجه به مطالعات انجام‌شده درباره غدد مخاطی و جامی گونه دوسومیر، بدیهی است که این گونه با دارا بودن غدد مخاطی و جامی بیشتر، ضخامت بیشتری نیز خواهد

داشت و توانایی تولید لایه مخاطی نیز در این گونه بیشتر است؛ به علاوه میانگین ضخامت لایه اپیدرم در جنس ماده گونه دوسومیر بیشتر از جنس *nr* اندازه‌گیری شد. ضخامت پوست گویی سه شاخه‌ای (*Trident*) *Tridentiger brevispinis* از ۳۵/۴ تا ۱۵۰ میکرومتر گزارش شده است. اپیدرم ضخیم‌تر شامل خارجی‌ترین لایه سطحی (دارای جوانه‌های چشایی، سلول‌های مسطح طبقه‌بندی‌شده، سلول‌های مخاطی، سلول‌های رنگدانه‌ای و سلول‌های چندضلعی طبقه‌بندی‌شده)، لایه میانی (دارای سلول‌های چندضلعی طبقه‌بندی‌شده) و لایه جوانه‌دار (سلول‌های ستونی طبقه‌ای) است (Kim, 2022).

در مطالعه حاضر، میانگین ضخامت لایه اپیدرم در قسمت پشتی بدن بیشتر از نواحی شکمی بود. این یافته‌ها با نتایج Beon et al. (2013) در راستای مقایسه بافت‌شناسی و بافت‌سنجی گونه *Scartelaos gigas* همخوانی دارد. جذب هوا از طریق پوست در گلخورک‌ماهیان گونه *Scartelaos gigas* بیشتر در ناحیه فوقانی بدن نسبت به قسمت پایین بدن یا قسمت ضمیمه انجام می‌شود (Beon et al., 2013).

در مطالعه حاضر، نتایج حاصل از بررسی فاصله انتشار در پوست این گونه نشان داد فاصله انتشار بین مویرگ‌های خونی و سطح پوست بین ۰/۵ تا ۸/۹۸ میکرومتر بود. این امر نشان‌دهنده این است که نواحی مختلف پوست گلخورک‌ماهیان به نسبت‌های مختلفی برای تبادل‌های گازی اختصاصی شده است (Zhang et al., 2000) که نشان‌دهنده سازگاری اپیدرم پوست به منظور انجام تنفس پوستی و شرایط مشابه اقلیمی و اکولوژیکی نواحی مطالعه‌شده است (Beon et al., 2013). در مطالعه حاضر، مقایسه فاصله انتشار در نرها و

ماده‌ها معنی‌دار شد. بیشترین فاصله انتشار با مقدار «۹/۹۳ میکرومتر» بود. در این راستا، ژانگ و همکاران با مطالعه تنفس پوستی بین دو جنس *Boleophthalmus* و *Scartelaos* نشان دادند *Boleophthalmus* نسبت به جنس دیگر سطح تنفس پوستی بیشتری دارد. در گونه *Boleophthalmus dussumieri* آبدوست‌تر بودن و حضور داشتن در پهنه‌های گلی بین جزرومدی و همین‌طور فاصله زیاد مویرگ‌های خونی موجود در پوست تا سطح بدن، نشان از اهمیت کمتر پوست در تنفس نسبت به سایر بخش‌ها دارد (Zhang et al., 2000).

بررسی فاصله انتشار در سطوح پشتی و شکمی بیانگر این بود که فاصله مویرگ‌های سطح شکمی در مقایسه با مویرگ‌های سطح پشتی بیشتر است. در نتایج مشابه، فاصله انتشار در مناطق فوقانی و میانی بدن کمترین مقادیر را دارد؛ در حالی که فک پایین و شکم که نسبت به دیگر مناطق بدن مقادیر کمتری داشتند، دارای مقادیر بسیار بیشتری هستند (Beon et al., 2013). همچنین ژانگ و همکاران فاصله انتشار را بین دو تا شش میکرومتر در قسمت پشتی بدن برخی از گونه‌های گلخورک نشان دادند؛ در مقابل نواحی شکمی و همچنین مناطق نزدیک دم که بیشتر در معرض آب سطحی قرار دارند، مویرگ‌های عمیق‌تری داشتند و بیشتر در نواحی زیر اپیدرم یافت شدند (Zhang et al., 2000). در جنس *Boleophthalmus* فاصله انتشار در مناطق مختلف بدن متغیر است؛ همچنین در منطقه‌ای منحصربه‌فرد از بدن نیز دارای تغییرات است (Al-Kadhomi et al., 1988). در مطالعه حاضر، تفاوت ضخامت لایه خارجی و میانی بین دو جنس نر و ماده دارای اختلاف معنی‌دار بود؛ همچنین

اختلاف ضخامت لایه خارجی بین سطوح پشتی و شکمی نشان می‌دهد ضخامت این لایه وابسته به سطوح پوستی و جنسیت متغیر است (Zhang et al., 2000). مطالعات میکروسکوپی، پوست گویی آب شیرین کره‌ای (*Rhinogobius brunneus*) را متشکل از دو قسمت بزرگ اپیدرم و درم با عروق اصلاح‌شده و مویرگ‌های خونی داخل اپیتلیال نشان داد. این گونه در شرایط خشکسالی، آب‌های کم‌عمق همراه با سنگریزه را ترجیح می‌دهد. وجود مویرگ‌های داخل اپیتلیال و داخل جلدی، سلول‌های مخاطی فراوان، عروق پوستی توسعه‌یافته، اپیدرم ضخیم و همچنین کاهش فاصله انتشار در برخی از نواحی پوست ممکن است شواهد بافتی مفیدی برای حمایت از تنفس پوستی در شرایط هیپوکسی در آب‌های راکد یا در طول فصل خشک دوره‌ای باشد (Kim et al., 2022). بدین ترتیب در مطالعه حاضر نیز چنین اظهار می‌شود که براساس شیوه زندگی دوزیستی گلخورک ماهیان، به نظر می‌رسد در گونه‌هایی که آبدوست‌تر هستند، قسمت‌های فوقانی و میانی بدن اغلب در معرض هوا قرار دارند که منجر به مقادیر کمتر فاصله انتشار در این نواحی شده است؛ در مقابل قسمت‌های پایین بدن مانند منطقه شکمی و فک پایین که اغلب در آب یا محیط گلی نرم در آب غوطه‌ورند، دارای مقادیر زیاد فاصله انتشار هستند؛ از این رو انتظار می‌رود جذب هوا از طریق پوست در گلخورک ماهیان دوسومیر، بیشتر در ناحیه فوقانی بدن نسبت به قسمت پایین بدن یا قسمت ضمیمه انجام شود. دو جنس *Periophthalmus* و *Periophthalmodon* به‌طور مستقیم از طریق هوا تنفس پوستی انجام می‌دهند و به ماهی‌های تنفس‌کننده هوا معروف هستند (Lauriano et al., 2018)؛ همچنین سازگاری‌هایی

مانند اپیدرم ضخیم تر، عروقی شدن به خوبی توسعه یافته،  
 مویرگ های خونی کم و کاهش فاصله انتشار ممکن  
 است تنفس پوستی را برای بقا در آب با اکسیژن  
 ضعیف در طول فصل خشک دوره ای فراهم کند  
 (Kim, 2022).

## References

- Al-Kadhomy, N. K., & Hughes, G. M. (1988). Histological study of different regions of the skin and gills in the mudskipper, *Boleophthalmus boddarti* with respect to their respiratory function. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 68(3), 413-422. <https://doi.org/10.1017/S0025315400043319>
- Beon, M. S., Oh, M. K., Lee, Y. J., Kim, C. H., & Park, J. Y. (2013). 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. <https://doi.org/10.1111/jai.12038>
- Esmaili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., & Abbasi, K. (2018). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95. <https://www.biotaxa.org/ft/article/view/3-3-1>
- Feder, M. E., & Burggren, W. W. (1985). Cutaneous gas exchange in vertebrates: Design, patterns, control and implications. *Journal of Biological Reviews*, 60(1), 1-45. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1985.tb00416.x>
- Ghanbarifardi, M., & Damadi, E. (2021). Molecular phylogeny of Gobiidae from Iran based on mitochondrial and nuclear markers. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(4), 362-374. [https://animal.ijbio.ir/article\\_2014.html?lang=en](https://animal.ijbio.ir/article_2014.html?lang=en) [In Persian].
- Hamzeh, A., Dehghani, M., & Dana Kar, A. (2007). Investigation of the environmental status of Bandar Abbas estuaries, further requirements for the protection of estuaries. *Marine Environment Journal*, 12(2), 123-132. <https://b2n.ir/r24758>
- Ishimatsu, A. (2017). Respiratory and circulatory adaptations. In Z. Jaafar, & E. O. Murdy (Eds.). *Fishes Out of Water* (pp.111-136). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315119861>
- Jaafar, Z., & Murdy, E. O. (Eds.). (2017). *Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers*. CRC Press.
- Kim, H. T. (2022). Histology and morphometry of the skin of the trident goby *Tridentiger brevispinis* (Perciformes, Gobiidae). *Journal of Applied Microscopy*, 52(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s42649-022-00077-y>
- Kim, H. T., Yun, S. W., & Park, J. Y. (2022). Histological studies on the skin of a freshwater Goby *Rhinogobius brunneus* (Gobiidae) related to cutaneous respiration. *Journal of Ichthyology*, 20, 1-8. <https://doi.org/10.5402/2012/853470>
- Lauriano, E. R., Faggio, C., Capillo, G., Spanò, N., Kuciel, M., Aragona, M., & Pergolizzi, S. (2018). Immunohistochemical characterization of epidermal dendritic-like cells in giant mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri*. *Journal of Fish & Shellfish Immunology*, 74, 380-385. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.01.014>
- Lorente-Martínez, H., Agorreta, A., Torres-Sánchez, M., & San Mauro, D. (2018). Evidence of positive selection suggests possible role of aquaporins in the water-to-land transition of mudskippers. *Journal of Organisms Diversity & Evolution*, 18(4), 499-514. <https://doi.org/10.1007/s13127-018-0382-6>
- Murdy, E. O. (1989). A taxonomic revision and cladistics analysis of the Oxudercinae gobies (Gobiidae: Oxudercinae). *Journal of Research Australia Museum Supply*, 11, 1-93. <https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.11.1989.93>
- Rahbani, M., Ranjbari, M., & Ghaderi, D. (2017). Field Investigation on Distribution of Suspended Sediment and Bed Grain Size on Tiab Estuary during One Tidal Cycle. *Hydrophysics Journal*, 2(3), 79-89. [magiran.com/p1832105](http://magiran.com/p1832105) [In Persian].
- Suzuki, N. (1992). Fine structure of the epidermis of the mudskipper, *Periophthalmus modestus*

- (Gobiidae). *Japanese Journal of Ichthyology*, 38(4), 379-396. <https://doi.org/10.11369/jji1950.38.379>
- Thacker, C. E. (2011). Systematics of Gobiidae. In *The Biology of Gobies*. 129-136. CRC Press.
- Yang, Y., Yoo, J. Y., Baek, S. H., Song, H. Y., Jo, S., Jung, S. H., & Choi, J. H. (2022). Chromosome-level genome assembly of the shuttles hopfish, *Periophthalmus modestus*. *GigaScience*, 11. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giab089>
- Zander, C. D. (1974). Beziehungen zwischen Körperbau und Lebensweise bei Blenniidae (Pisces) aus dem Roten Meer. III. Morphologie des Auges. *Journal of Marine Biology*, 28, 61-71. <https://doi.org/10.1007/BF00389118>
- Zhang, J., Taniguchi, T., Takita, T., & Ali, A. B. (2000). On the epidermal structure of *Boleophthalmus andscartelaos* mudskippers with reference to their adaptation to terrestrial life. *Journal of Ichthyological Research*, 47, 359-366. <https://doi.org/10.1007/BF02674263>
- Zhang, J., Taniguchi, T., Takita, T., & Ali, A. B. (2003). A study on the epidermal structure of *Periophthalmodon* and *Periophthalmus* mudskippers with reference to their terrestrial adaptation. *Journal of Ichthyological Research*, 50, 310-317. <https://doi.org/10.1007/s10228-003-0173-7>

