



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

**Taxonomy and Biosystematics**

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 1, No.54, (2023), P: 1-20

Received: 15/02/2023 Accepted: 06/06/2023

## Fauna of Gastropods in the Intertidal Zone of Kharg Island (Persian Gulf)

**Aria Ashja Ardalan**

Associate Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
ariaashja@gmail.com

**Maryam Eidi\***

Professor, Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin-Pishva, Iran  
maryameidi@gmail.com

**Pedram Barati**

MSc, Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin-Pishva, Iran  
pedi\_coco@yahoo.com

### Abstract

This study aimed to identify the gastropod fauna in the intertidal areas of Kharg Island by differentiating the families Trochidae, Planaxidae, Turbinidae, and Muricidae using a scanning electron microscope (SEM). Gastropod sampling was conducted at five stations in the intertidal zones of Kharg Island (depths less than 1 meter) during the spring and winter of 2015. The samples were frozen and transported to the laboratory. Following a morphometric study, the organic matter in the oral cavity of the gastropods was digested, and their radulae were isolated and prepared for SEM analysis. Five species were identified in this research: *Trochus firmus*, *Trochus erithreus* (Trochidae), *Turbo radiatus* (Turbinidae), *Planaxis sulcatus* (Planaxidae), and *Thais savignyi* (Muricidae). The radula types were ripidoglossan in *Trochus firmus*, *Trochus erithreus*, and *Turbo radiatus*; taenioglossan in *Planaxis sulcatus*; and stenoglossan in *Thais savignyi*. The radulae of these gastropods differed in the shape of their central, lateral, and marginal teeth. Therefore, the evaluation of radulae using a scanning electron microscope is an effective method for more precise identification of gastropods.

**Key Words:** Gastropods, Radula, Identification, Scanning Electron Microscope (SEM), Kharg Island, Persian Gulf.

### Introduction

Gastropods are one of the most diverse animal groups. The diversity of their digestive systems is known as one of their evolutionary characteristics. The digestive system in gastropods has been well-studied, and the radula is one of the most important organs of this system, holding particular importance in their classification and phylogeny studies. The radula, a tooth-shaped, chitinous ribbon, is usually used to scrape or cut food before it enters the esophagus. Various types of radula have been identified among gastropods, including docoglossan, rhipidoglossan, taenioglossan, stenoglossan, and toxoglossan. Since the shape and tooth structure of the radula are often unique to

\*Corresponding author

Ashja Ardalan, A., Eidi, M. & Barati, P. (2023). Fauna of gastropods in the intertidal zone of kharg island (persian gulf). *Taxonomy and Biosystematics*, 15 (1),1-20.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan

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



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2023.136849.1225>

a species or genus, it can be used as one of the species identification features. In this regard, the purpose of this study is to identify the gastropod fauna and the differences in size and shape of the radula teeth in five species of gastropods from the trochidae, planaxidae, turbinidae, and muricidae families in the intertidal areas of Kharg Island using scanning electron microscopy.

### Materials and Methods

Initially, five stations were established in different parts of Kharg Island. Sampling was conducted at these stations based on the tide table of the region, during full tide, and in the middle of two seasons: winter (2015) and spring (2016). The samples were manually collected, photographed, and then frozen. In the laboratory, after defrosting, the shells of the samples were carefully broken to avoid damaging the oral mass. The radula was separated, placed on an aluminum base, and its surface was coated with gold. The sample was then placed inside the scanning electron microscope, and imaging was performed under vacuum. Imaging was conducted with secondary electrons at magnifications of 100, 200, 300, and 1000 times. To identify the type of radula, different teeth in each transverse row of the radula were examined, and the radula was identified by examining the formula of these teeth.

### Research Findings

In this study, five species were collected and identified. The radula of the *Trochus firmus* (Trochoidae) was of the rhipidoglossan type with the formula  $\infty M+L5+R1+L5+M\infty$ . It featured a serrated and almost triangular-shaped central tooth, small and serrated side teeth, and marginal teeth that were slightly smaller than the side teeth, feather-like, and very numerous. This type of radula is suitable for a vegetarian diet. The radula of the *Trochus erythreus* (Trochoidae) is also rhipidoglossan with the formula  $\infty M+L5+R1+L5+M\infty$ , suitable for a vegetarian diet. The radula of the *Planaxis sulcatus* (Planaxidae) is taenioglossan with the formula  $2+1+R+1+2$ , featuring many marginal teeth bent towards the side teeth. The pair of side teeth were very different from the central tooth. The radula of *Thais savignyi* (Muricidae) is of the stenoglossan type and has rachidian teeth with a wide base and several teeth, which have a central frame-like shape with three maple-like branched teeth on each side. The lateral teeth are sickle-shaped and have a base with a flat end on each side of the rachidian teeth. The formula of this radula is  $M0+L1+R1+L1+M0$ , suitable for a meat-eating diet. The radula of the *Turbo radiatus* (Turbinidae) was rhipidoglossan with the formula  $\infty M+D1+L4+R1+L4+D1+M\infty$ . The number of teeth in this species is reduced, and it has a wide and oval rachidian tooth. External marginal teeth are similar in size. The inner marginal tooth is three-toothed, with a larger central tooth and two teeth of similar shape. Marginal teeth are feather-like and multi-layered.

### Discussion of Results and Conclusions

The study of the radula's shape reveals similarities and differences between families and species. The radula's structure depends on the size, shape, material, and interaction between the teeth and food. This creates features in the radula that form the radular ribbon. The type of radula, the specific arrangement and structure of the teeth, the different functions of the teeth, diverse diets, and varied feeding methods indicate the different ecological conditions of the animal. Carnivorous gastropods (toxoglossan) need fewer teeth, while herbivores (rhipidoglossan) require more teeth than carnivores. The radula in the gastropods *Trochus firmus*, *Trochus erythreus*, and *Turbo radiatus* is of the rhipidoglossan type. The present results are in agreement with those of [Hosseini et al. \(2018\)](#) and [Eisapour et al. \(2015\)](#). The radula of *Planaxis sulcatus* and *Thais savignyi* was taenioglossan and stenoglossan, respectively. In agreement with the present research, [Gajera et al. \(2022\)](#) also found the type of radula in *Thais* sp. as stenoglossans. The results of this research indicate that examining and identifying the type of radula through electron microscopy is a useful tool for distinguishing and identifying gastropods.

### Acknowledgement

The results of this research are part of a Master's thesis in the field of Animal Biosystematics at Islamic Azad University, Varamin-Pishva branch. The personnel of the research laboratory of the Faculty of Marine Sciences and Technologies of Islamic Azad University, North Tehran Branch, are gratefully acknowledged.

## فون شکم پایان مناطق بین کشندی جزیره خارگ (خلیج فارس)

آریا اشجع اردلان، دانشیار، گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

ariaashja@gmail.com

مریم عیدی\*، استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین - پیشوا، ایران

maryameidi@gmail.com

پدرام براتی، کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین - پیشوا، ایران

pedi\_coco@yahoo.com

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، شناسایی فون شکم پایان نواحی بین کشندی خانواده‌های *Planaxidae*، *Trochidae*، *Turbinidae* و *Muricidae* با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نگاره بود. نمونه برداری شکم پایان از پنج ایستگاه در مناطق بین کشندی جزیره خارگ و در عمق کمتر از یک متر طی دو فصل زمستان و بهار (هر فصل یک بار) انجام شد. نمونه‌ها فریز و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از مطالعه مورفومتریک، مواد آلی توده دهانی شکم پایان هضم و رادولای آنها جدا شد؛ سپس برای مطالعه توسط میکروسکوپ الکترونی نگاره آماده شدند. در مطالعه حاضر، پنج گونه شامل *Trochus erithreus*، *Trochus firmus* (خانواده *Trochidae*)، *Planaxis sulcatus* (خانواده *Planaxidae*)، *Thais savignyi* (خانواده *Muricidae*) و *Turbo radiatus* (خانواده *Turbinidae*) شناسایی شد. نوع رادولا در گونه‌های *Trochus erithreus*، *Trochus firmus* و *Turbo radiatus*، ریپیدوگلو سان (*Rhipidoglossan*) بود. شکل دندان‌های مرکزی، جانبی و حاشیه‌ای در این سه گونه تفاوت داشت. نوع رادولا در گونه *Planaxis sulcatus* تنیوگلو سان (*Taenioglossan*) و در گونه *Thais savignyi*، استنوگلو سان (*Stenoglossan*) بود. نتایج این مطالعه نشان داد بررسی رادولا با میکروسکوپ الکترونی نگاره روش مناسبی برای شناسایی دقیق تر گاستروپودها است.

**واژه‌های کلیدی:** شکم پایان، رادولا، شناسایی، میکروسکوپ الکترونی نگاره، جزیره خارگ، خلیج فارس.

### مقدمه

شکم پایان پس از حشرات، از نظر تنوع بزرگ‌ترین رده جانوری هستند (Barco et al., 2010). دستگاه گوارش شکم پایان از دهان آغاز و بعد از چینه‌دان، معده و روده به مجرای دفعی ختم می‌شود. سیستم گوارشی شکم پایان به گونه‌ای تکامل یافته است که به‌طور تقریبی تمام رژیم‌ها و رفتارهای غذایی در بین این موجودات مشاهده می‌شود. تنوع دستگاه گوارشی شکم پایان، یکی از ویژگی‌های تکاملی آنها شناخته شده است (Cruz et al., 1998; Guralnick & Smith, 1999). سیستم گوارشی در شکم پایان به‌خوبی مطالعه شده است. سوهانک یا رادولا (*radula*) یکی از مهم‌ترین

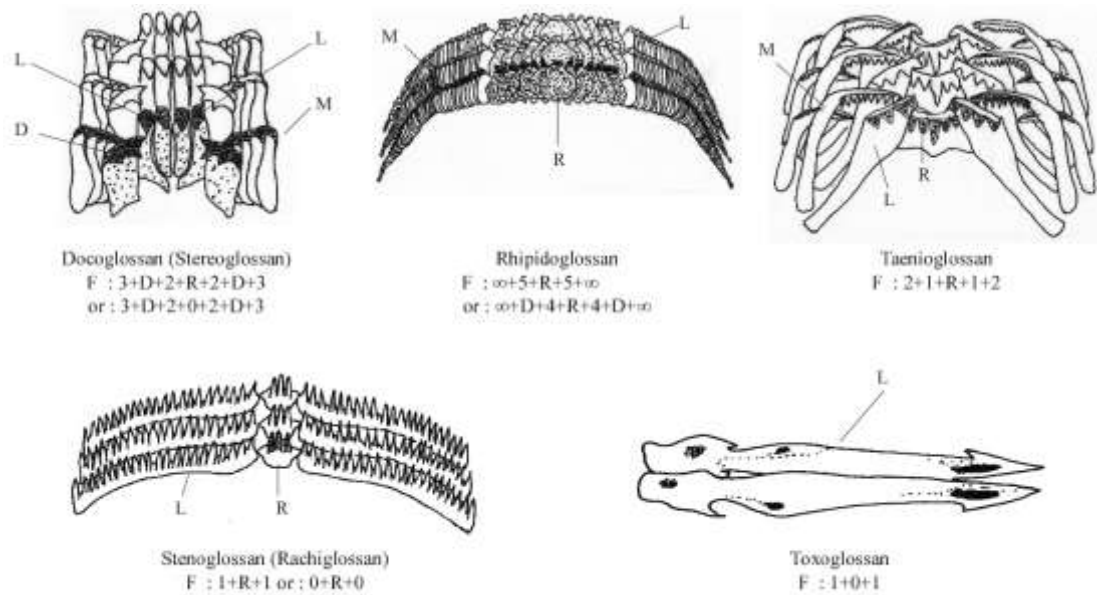
\* مسئول مکاتبات

اشجع اردلان، آریا، عیدی، مریم، براتی، پدرام. (۱۴۰۲). فون شکم پایان مناطق بین کشندی جزیره خارگ (خلیج فارس). تاکسونومی و بیوسستماتیک ۱۵(۵۴): ۱-۲۰.



اندام‌های این سیستم است (Padilla, 1998) و اهمیت ویژه‌ای در مطالعات طبقه‌بندی و فیلوژنی آنها دارد (Meirelles & Matthews-Cascon, 2003). رادولا مشخصه بهتری نسبت به ریخت‌شناسی صدف و منعکس‌کننده تفاوت‌های طبقه‌بندی بین گونه‌ای است (Mutaf & Akşit, 2009). طبقه‌بندی گونه‌ها در گذشته بر مبنای مشخصات پوسته و صفات تشریحی بود و روابط فیلوژنی به خوبی ارزیابی نمی‌شد. طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌هایی همچون ساختار پا، الگوی رنگ، ساختار خرطوم، پوسته صدف و ریخت‌شناسی رادولا از اواسط قرن بیستم آغاز شد و نقطه عطفی در طبقه‌بندی و افزایش دقت شناسایی گونه بوده است.

رادولا حالت دندان‌های دارد، به صورت روبان کیتینی است و به طور معمول برای خراش دادن یا برش مواد غذایی قبل از ورود غذا به مری استفاده می‌شود. این اندام همراه با ضمامم تشکیل دهنده حفره دهانی از جمله عضلات متعدد و ادوتوفور، سبب ایجاد جریان مستمری از مواد غذایی ریز به سمت حلق در حلزون‌ها می‌شود (Linse et al., 2006). انواع متفاوتی از رادولا در بین شکم‌پایان شناسایی شده است که عبارتند از: داکاگلو سان (Docoglossan)، ریپیدوگلو سان (Rhipidoglossan)، تنیوگلو سان (Taenioglossan)، استنوگلو سان (Stenoglossan) و توکسوگلو سان (Toxoglossan) (Steneck & Watling, 1982; Jensen, 1993) (شکل ۱).



شکل ۱- انواع رادولا (Venkatesan et al., 2016).

Figure 1 - Types of Radula (Venkatesan et al., 2016)

از آنجایی که شکل و ساختار دندان‌های رادولا اغلب منحصر به یک گونه یا جنس است و از آن به طور گسترده‌ای در مطالعات سیستماتیک و فیلوژنی نرم‌تنان استفاده می‌شود (Franklin et al., 2007)، امکان استفاده از رادولا در جایگاه یکی از ویژگی‌های شناسایی گونه‌ای وجود دارد (Radwin & Wells, 1968).

هدف از مطالعه حاضر، شناسایی فون شکم‌پایان مناطق بین کشندی جزیره خارگ است و در این رابطه تفاوت بین گونه‌ای در اندازه سوهانک و شکل دندان‌های سوهانک در پنج گونه از شکم‌پایان خانواده‌های Trochidae،

Muricidae و Turbinidae، Planaxidae در مناطق بین جزرومدی جزیره خارگ توسط میکروسکوپ الکترونی بررسی شد.

این جزیره حدود ۷۶ کیلومتری شمال غربی بو شهر، ۳۰ کیلومتری بندر ریگ و ۳۵ کیلومتری بندر گناوه واقع شده و از لحاظ تقسیمات کشوری جزء استان بوشهر و از توابع شهرستان بوشهر است. جزیره خارگ هشت کیلومتر طول (شمال - جنوب) و ۴۴ کیلومتر عرض دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا حدود سه متر است و از نظر موقعیت جغرافیایی در ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد (Hadjizadeh Zaker, 2022).

جزیره خارگ از اقلیم‌های نیمه گرم سیری موجود در خلیج فارس محسوب می شود. میزان رطوبت و دمای هوای این جزیره تاحدی ملایم تر و مطبوع تر از شهر بندرعباس است. ترکیب سطح این جزیره از رسوبات تخریبی، ماسه سنگ، کنگلومرا و مارن است و در آن صدف نیز کم و بیش وجود دارد. خاک این جزیره اغلب شور یا حاوی گچ است. این جزیره در اصل گنبدی نمکی واقع در ورودی خلیج فارس با ساختاری به صورت متحدالمرکز است؛ به صورتی که از داخل به سمت خارج شامل سنگ‌های تبخیری، ساختارهای حاوی آهن و رسوبات میوسن و پلیوسن می شود (Hadjizadeh Zaker, 2022).

## مواد و روش‌ها

### ایستگاه‌های مطالعه شده

در ابتدا، بر اساس وضعیت طبیعی منطقه و امکان دسترسی، نسبت به تعیین ایستگاه‌ها در جزیره خارگ اقدام شد. به این منظور، پنج ایستگاه در نقاط مختلف جزیره خارگ در نظر گرفته و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها با GPS ثبت شد؛ سپس ایستگاه‌ها به نواحی بالا (High)، میان (mid) و پایین دست (Low) ناحیه بین جزرومدی تقسیم شد (جدول ۱ و شکل ۲).



شکل ۲- جزیره خارگ و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری.

Figure 2 - The Kharg Island and the locations of sampling stations.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری در مناطق بین جزرومدی جزیره خارگ واقع در خلیج فارس.

Table 1 - Geographic coordinates of sampling stations in the intertidal areas of Kharg Island in the Persian Gulf region.

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (°E)	عرض جغرافیایی (°N)
۱	پلاژ کارمندی	۲۹۲°:۱۷°:۵۰	۳۸۳°:۱۶°:۰۲۹
۲	جاده ارتیک	۵۰۴°:۱۷°:۵۰	۴۸۵°:۱۵°:۲۹
۳	جاده سنتافی	۷۱۰°:۱۷°:۵۰	۱۹۶°:۱۵°:۲۹
۴	اسکله دایو	۷۵۵°:۱۷°:۵۰	۵۲۶°:۱۴°:۲۹
۵	پارک فرفره	۵۷۹°:۱۹°:۵۰	۳۰۱°:۱۴°:۲۹

### نمونه برداری

نمونه برداری در ایستگاههای مدنظر براساس جدول جزرومد منطقه و در زمان مد کامل در اواسط دو فصل زمستان (۱۳۹۵) و بهار (۱۳۹۶) انجام شد. نمونه‌ها به صورت دستی و به کمک کاردک جمع آوری شد و عکس برداری محیطی از آنها صورت گرفت؛ سپس نمونه‌های جمع آوری شده در ظرف نمونه برداری مناسب گذاشته و برچسب مربوط به ایستگاه، تاریخ و ناحیه بین جزرومدی روی ظروف چسبانده شد؛ در ادامه نمونه‌ها فریز شد تا رنگ و ساختار بافتی آنها تغییر نکند و به آزمایشگاه بیولوژی دریا واقع در دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال انتقال یافت. در آزمایشگاه پس از یخ زدایی، ثبت رنگ و عکس برداری مجدد از آنها انجام شد. با بررسی صفات مهم مدنظر و ویژگی‌های ریخت شناسی به منظور شناسایی شکم پایان و با کمک کلیدهای شناسایی و کلیدهای معتبر، شناسایی نمونه‌ها انجام شد (Hosseinzadeh Sahafi et al., 2001).

### جداسازی سوهانک

پس از شناسایی، صدف نمونه‌ها به شکلی که صدمه‌ای به توده دهانی وارد نشود، با احتیاط شکسته و توده دهانی آنها جدا شد. توده دهانی هر نمونه به طور جداگانه در لوله‌های آزمایش محتوی محلول سود ۷/۵ درصد با برچسب مربوط قرار داده شد؛ سپس مدت زمان لازم داده شد تا بافت‌های چسبیده به سوهانک در محلول سود حل شود. این عمل در حرارت آزمایشگاه (۲۲ درجه سانتی گراد) به مدت حدود ۲۴ ساعت و سپس در اتوکلاو در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت دو ساعت صورت گرفت. هرچند قسمت اعظم نسوج اطراف سوهانک بدین طریق از بین می‌رود، نسج‌های باقی مانده قبل از رنگ آمیزی با برس ظریف و نازک یا سوزن تشریح حذف شد تا مانعی برای تهیه نمونه نباشد. برای خشی شدن مخلوط، نمونه‌ها به مدت دو تا سه دقیقه در اسیداستیک ۱۵ درصد قرار گرفت؛ سپس به مدت سه دقیقه در محلول رقیق مالری، به مدت دو دقیقه در اسیدانگزالیک دو درصد و به منظور آب گیری به مدت سه دقیقه در الکل ۹۶ درصد قرار داده شد.

برای تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی نگاره، سوهانک‌ها روی پایه آلومینیومی قرار داده شد؛ سپس به منظور رسانا کردن و جلوگیری کردن از از بین رفتن نمونه‌ها، سطح آنها با طلا پوشش دهی شد. نمونه درون دستگاه قرار گرفت و

تحت خلأ تصویربرداری انجام شد. تصویربرداری با الکترون‌های ثانویه و در بزرگ‌نمایی‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۱۰۰۰ برابر صورت گرفت (Mutaf & Akşit, 2009).

### شناسایی نوع رادولا

برای شناسایی نوع رادولا با استفاده از تصاویر میکروسکوپی الکترونی، دندان‌های متفاوت در هر ردیف عرضی از رادولا بررسی و در نهایت با بررسی فرمول این دندان‌ها، رادولاها شناسایی شد. شناخت نوع و تعداد این دندان‌ها در مشخص کردن نوع رادولا اهمیت ویژه‌ای دارد. هر ردیف از دندان‌های رادولا شامل یک دندان مرکزی است. در هر طرف این دندان یک یا بیشتر از یک دندان کناری و بعد از آن یک یا بیشتر از یک دندان حاشیه‌ای وجود دارد. ترتیب‌بندی فرمول رادولا با استفاده از حروف مخفف بیان می‌شود؛ به طوری که R، نشان‌دهنده دندان مرکزی یا راشیدین است (در مواقعی که دندان مرکزی وجود نداشته باشد، این عدد صفر است) و دندان‌های کناری در طرف با حرف L مشخص می‌شود؛ اما اگر یک دندان غالب وجود داشته باشد، با حرف D مشخص می‌شود. دندان‌های حاشیه‌ای نیز با حرف M مشخص می‌شود؛ اما در مواقعی که تعداد آنها خیلی زیاد باشد، با علامت  $\infty$  نمایش داده می‌شود (Mutaf & Akşit, 2009).

### نتایج

در مطالعه حاضر، گونه‌های *Trochus firmus* و *Trochus erithreus* متعلق به خانواده Trochidae، گونه *Planaxis sulcatu* متعلق به خانواده Planaxidae، گونه *Thais savignyi* متعلق به خانواده Muricidae و گونه *Turbo radiates* متعلق به خانواده Turbinidae در ایستگاه‌های ذکر شده در جدول ۲ جمع‌آوری و شناسایی شد.

جدول ۲- حضور گونه‌های جمع‌آوری شده در ایستگاه‌های مطالعه شده.

Table 2 - Presence of collected species at the studied stations.

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	گونه‌های یافت شده
۱	پلاژ کارمندی	<i>Trochus firmus</i> , <i>Trochus erithreus</i> , <i>Planaxis sulcatu</i> , <i>Thais savignyi</i>
۲	جاده ارتیک	<i>Trochus firmus</i> , <i>Trochus erithreus</i> , <i>Planaxis sulcatu</i> , <i>Thais savignyi</i>
۳	جاده ستافی	<i>Trochus firmus</i> , <i>Trochus erithreus</i> , <i>Thais savignyi</i> , <i>Turbo radiates</i>
۴	اسکله دایبو	<i>Trochus firmus</i> , <i>Trochus erithreus</i> , <i>Thais savignyi</i>
۵	پارک فریره	<i>Trochus firmus</i> , <i>Trochus erithreus</i> , <i>Planaxis sulcatu</i> , <i>Thais savignyi</i>

ویژگی‌های گونه‌های جمع‌آوری و شناسایی شده عبارتند از:



**گونه *Trochus firmus* (Philippi, 1850)**

این گونه متعلق به خانواده Trochidae و جنس *Trochus* است و از تمام ایستگاهها در ناحیه بالایی منطقه بین جزرومدی و از سطح سنگها در دو فصل زمستان ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ جمع آوری شد. اندازه این گونه بین ۲۰ تا ۲۶ میلی متر بود و صدفی ضخیم، توپر و به شکل به طور تقریبی مخروطی داشت. صدف دارای شیار عرضی و رنگ پایه آن سبز کم رنگ و دارای رگه های ارغوانی - قرمز بود. پایه آن دارای کمربندی با نقاط قرمز رنگ بود. مارپیچها در بالای درز آنها کمی زاویه داشت و در پایین اریب بود و به صورت ردیفی دیده شد. کل مارپیچ صدف به صورت مدور زاویه دار و در پایه دارای زاویه ای کند بود. صدف دارای هفت شیار عرضی هموار در سطح فوقانی و چهار کمربند هم مرکز در پایه بود. پایه صدف به طور تقریبی مسطح و روزنه لوزی شکل و مایل بود (شکل ۳).

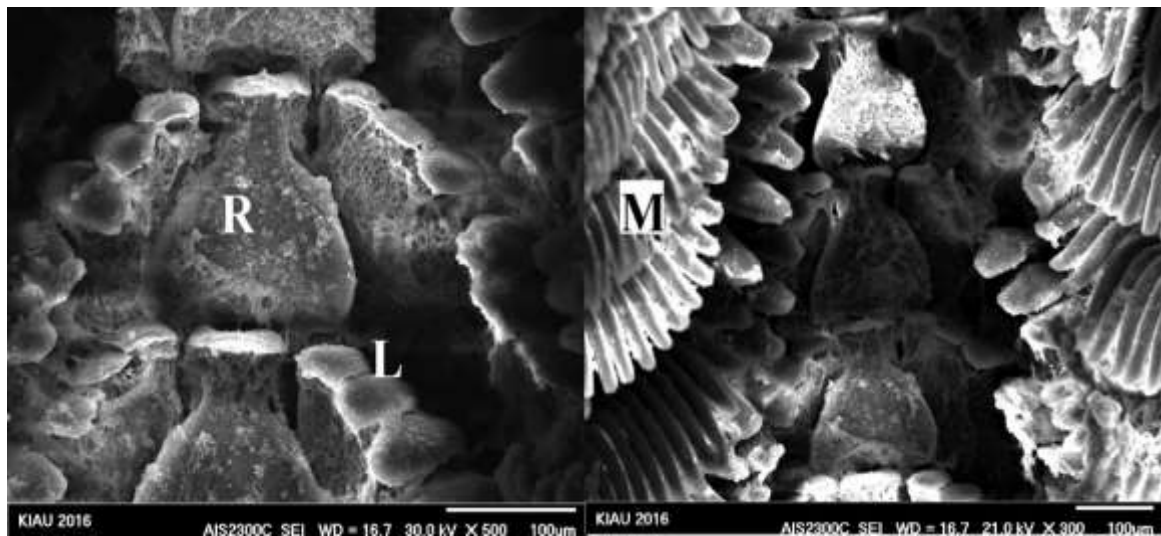
رادولا در این گونه از نوع ریپیدوگلوسان با فرمول  $\infty M+L5+R1+L5+M\infty$  بود. یک عدد دندان مرکزی دنداندار و به طور تقریبی مثلثی شکل داشت. دندانهای کناری کوچک و دنداندار و دندانهای حاشیه ای از نظر اندازه کمی کوچک تر از دندانهای جانبی، پرماند و به تعداد بسیار زیاد بود. رادولا در جانور کوچک و میانگین اندازه صدف نسبت به اندازه رادولا، ۱/۷ بود. این نوع رادولا مناسب رژیم غذایی گیاهخواری است (شکل ۴).



شکل ۳- سطح شکمی (A) و سطح پشتی (B) گونه *Trochus firmus*.

Figure 3 - Ventral (A) and dorsal (B) views of *Trochus firmus*.





شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی نگاره از رادولای گونه *Trochus firmus*. دندان مرکزی (R)، دندان کناری (L) و دندان حاشیه‌ای (M). نمای کلی رادولا (تصویر سمت راست با بزرگ‌نمایی 300x و تصویر سمت چپ با بزرگ‌نمایی 500x).

Figure 4 - Scanning Electron Microscope (SEM) image of the radula of *Trochus firmus*. Central tooth (R), lateral tooth (L), and marginal tooth (M). Overall view of the radula (right image with 300x magnification and left image with 500x magnification).

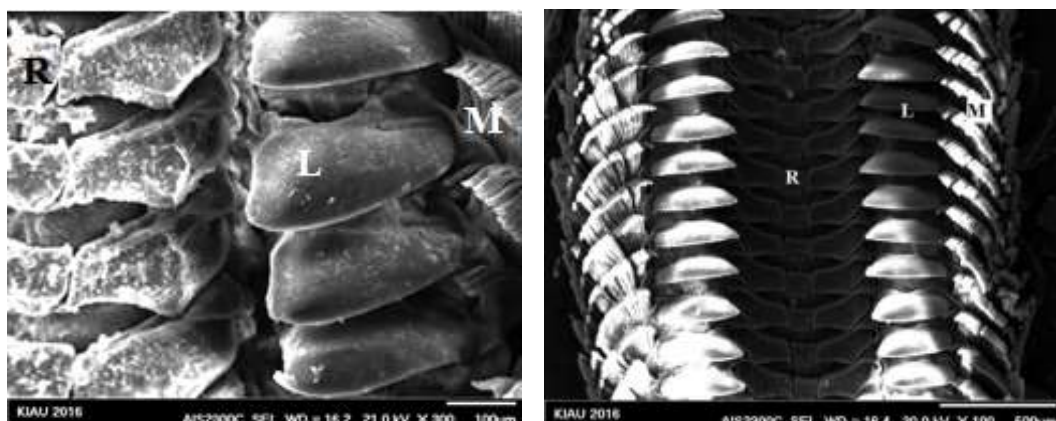
#### گونه *Trochus erithreus* (Brocchi, 1821)

این گونه متعلق به خانواده Trochoidae و جنس *Trochus* است و از تمام ایستگاهها در ناحیه بالایی منطقه بین جزرومدی در دو فصل زمستان ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ از سطح سنگ‌ها جمع‌آوری شد. اندازه این گونه بین ۳۷ تا ۴۰ میلی‌متر و ارتفاع آن ۳۳ تا ۳۵ میلی‌متر بود (شکل ۵). صدف به نسبت نازک و مخروطی شکل با دهانه باز و رأس نوک تیز بود؛ همچنین هفت حلقه معقر با لایه‌های عرضی گره‌دار آشکار داشت که بالا و پایین آن کمی هلالی و در زیر شکافها برجستگی‌های اریبی مشهود بود. پایه هلالی صدف دارای لایه‌های هم‌مرکز با حدود هفت لایه باریک گره‌دار بود و در فضای بین آنها لایه‌های هم‌مرکز وجود داشت. رنگ صدف خاکستری یا صورتی بود و نوارهای مایل به قرمز و صورتی روی این زمینه وجود داشت. دهانه صدف به نسبت بزرگ و دارای جلای مرواریدی بود؛ همچنین دارای لبه‌ای سفیدرنگ و مارپیچی در نزدیکی پایه بود که به ستونک (columella) نمی‌رسید.

در این گونه، رادولا از نوع ریپیدوگلو سان و فرمول آن  $\infty M+L5+R1+L5+M\infty$  بود. دندان مرکزی فاقد برجستگی و قاب‌شکل، دندان‌های کناری پهن و قاشق‌مانند و اندازه دندان‌های حاشیه‌ای بسیار کوچک‌تر از دندان‌های جانبی، پرمانند و دارای تعداد زیاد بود. میانگین اندازه صدف به اندازه رادولا ۲ بود. این رادولا مناسب رژیم غذایی گیاهخواری است (شکل ۶).



شکل ۵- سطح شکمی (A) و سطح پشتی (B) گونه *Trochus erithreus*.  
Figure 5 - Ventral surface (A) and dorsal surface (B) of *Trochus erithreus*.



شکل ۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی نگاره از رادولای گونه *Trochus erithreus*. دندان مرکزی (R)، دندان کناری (L) و دندان حاشیه‌ای (M). (سمت راست بزرگ‌نمایی 100x و سمت چپ بزرگ‌نمایی 300x).

Figure 6 - Scanning Electron Microscope (SEM) image of the radula of *Trochus erithreus*. Central tooth (R), lateral tooth (L), and marginal tooth (M). (Right side magnification 100x and left side magnification 300x).

### گونه *Planaxis sulcatus* (Buccinum, 1791)

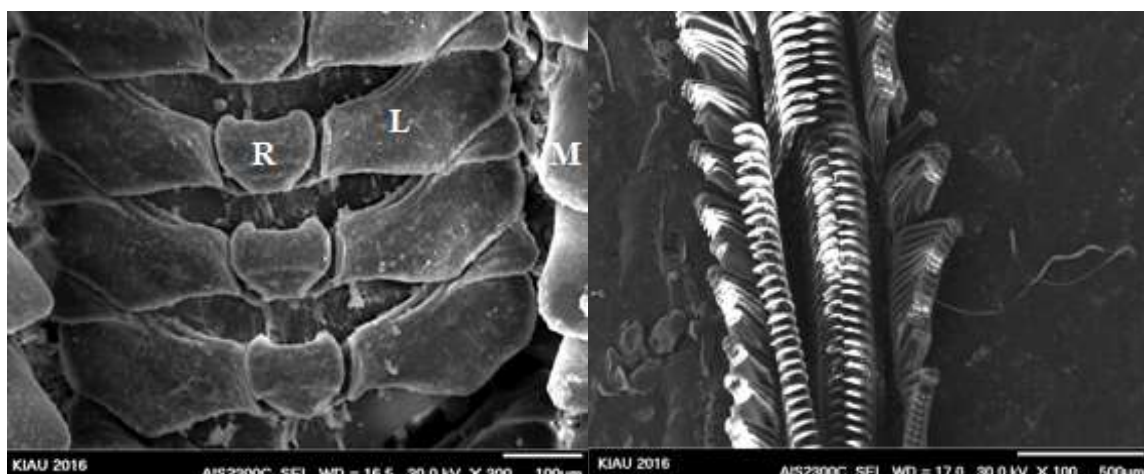
این گونه متعلق به خانواده *Planaxidae* و جنس *Planaxis* است و از ایستگاه‌های پلاژ کارمندی، پارک فریره و جاده ارتیک در ناحیه بالایی منطقه بین جزرومدی در فصل زمستان ۱۳۹۵ از سطح سنگ‌ها جمع‌آوری شد. اندازه آن بین ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر و رنگ آن خاکستری - سیاه بود. لبه خارجی دهانه صدف دنداندار و داخل دهانه مخطط بود. صدف ضخیم، مخروطی و بدون ناف بود. پیچ بدنی بزرگ و تزئینات سطح صدف به صورت نوارهای مارپیچی برجسته بود. درون دهانه، شفاف و ارغوانی تا قهوه‌ای‌رنگ بود. سطح صدف دارای نوارهای مارپیچی خاکستری تیره یا خاکستری مایل به قرمز بود (شکل ۷).

رادولا در این گونه از نوع تنیوگلو سان و با فرمول دندانی 2+1+R+1+2 بود. ساختار رادولای *Planaxis sulcatus* دندان‌های حاشیه‌ای و زیاد و به سمت دندان‌های کناری خمیده داشت. جفت دندان کناری تفاوت بسیاری با مرکزی داشت. میانگین اندازه صدف به اندازه رادولا ۱/۵ بود (شکل ۸).



شکل ۷- گونه *Planaxis sulcatus*. سطح شکمی (بالا) و سطح پشتی (پایین).

Figure 7 - *Planaxis sulcatus*. Ventral surface (top) and dorsal surface (bottom).



شکل ۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از رادولای گونه *Planaxis sulcatus*. تصویر سمت راست: دندان مرکزی (R)، دندان جانبی (L) و دندان حاشیه‌ای (M) در بزرگ‌نمایی 300x. تصویر سمت چپ: نمای کلی رادولا در بزرگ‌نمایی 100x

Figure 8 - Scanning Electron Microscope (SEM) image of the radula of *Planaxis sulcatus*. Right image: central tooth (R), lateral tooth (L), and marginal tooth (M) at 300x magnification. Left image: overall view of the radula at 100x magnification.

### گونه *Thais savignyi* (Deshayes, 1844)

این گونه متعلق به خانواده Muricidae است و از تمام ایستگاهها در ناحیه بالای منطقه بین جزر ومدی از سطح سنگها جمع آوری شد. حلزونهای بنفش رنگ بیشترین تنوع را در دریاها و گرمسیری دارند و بیشتر آنها شکارچی و برخی نیز پوسیده‌خوارند. اندازه صدف ۲۰ تا ۶۰ میلی‌متر، رنگ آن قهوه‌ای با زمینه خاکستری یا کرم، بسیار محکم و سخت و دارای ردیف‌های دایره‌ای کند یا تیز بود. دهانه آن سفید و تزئینات سیاه روی لب خارجی وجود داشت. گره‌های برجسته در تمام پیچ‌ها وجود داشت (شکل ۹).

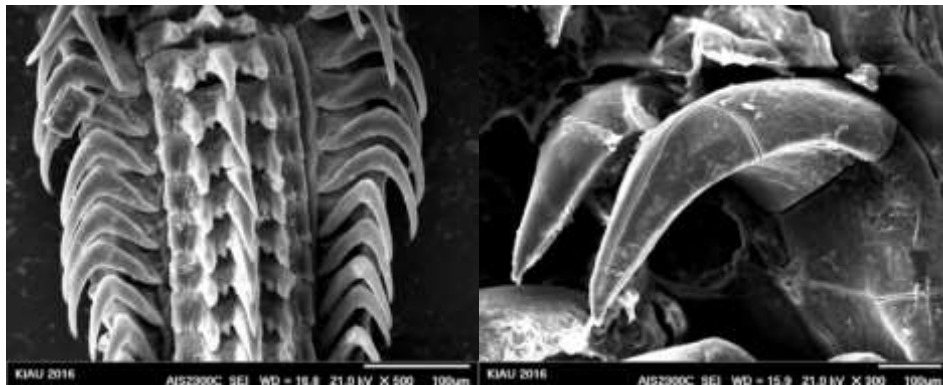
ساختار رادولا از نوع استتوگلسان، دارای دندان راشیدین با قاعده پهن، چنددندانه‌ای با شکل قاب‌مانند مرکزی و دارای دندانه‌های سه‌شاخه‌افرا مانند در هر سمت بود. این دندانه‌ها توسط چندین دندانه باریک با اندازه مشابه دنبال می‌شد که دندان‌های کناری داسی‌شکل بود و در هر طرف، دندان‌های راشیدین پایه‌ای با انتهای صاف وجود داشت.

فرمول این رادولا  $M0+L1+R1+L1+M0$  بود. میانگین اندازه صدف به اندازه رادولا  $1/3$  بود. این رادولا مناسب رژیم غذایی گوشت خواری است (شکل ۱۰).



شکل ۹- گونه *Thais savignyi*. سطح پشتی (سمت چپ) و سطح شکمی (سمت راست):

Figure 9 - *Thais savignyi*. Dorsal surface (left side) and ventral surface (right side).



شکل ۱۰- تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از رادولای گونه *Thais savignyi*. نمای کلی رادولا (سمت راست) و دندان حاشیه‌ای (سمت چپ).

Figure 10 - Scanning Electron Microscope (SEM) image of the radula of *Thais savignyi*. Overall view of the radula (right side) and marginal tooth (left side).

### گونه *Turbo radiatus* (Gmelin, 1791)

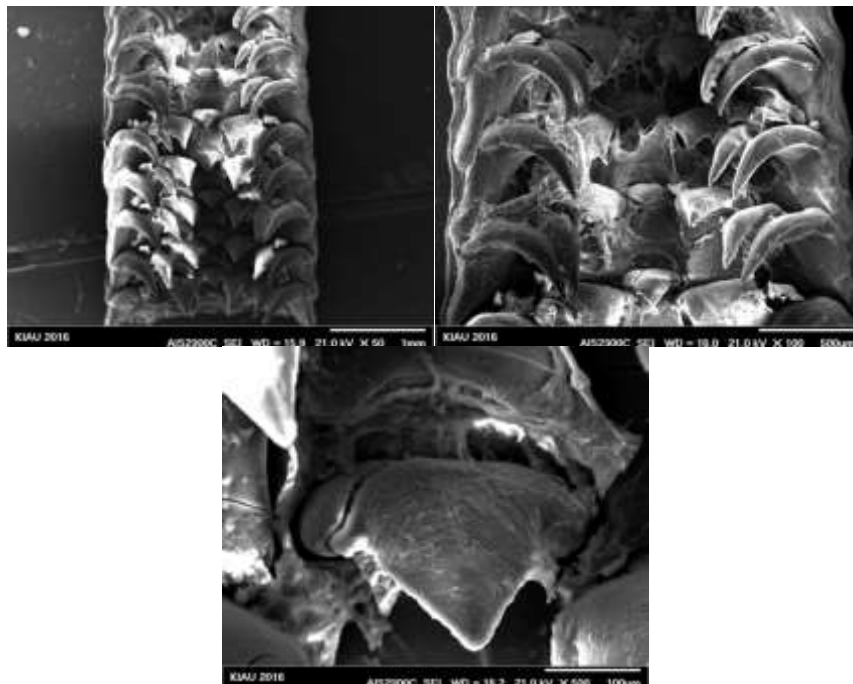
این گونه متعلق به خانواده Turbinidae و جنس *Turbo* است و از ایستگاه جاده سنتاکی در ناحیه بالای منطقه بین جزرومدی از سطح سنگ‌ها جمع آوری شد. ابعاد صدف بین ۳۵ تا ۵۰ میلی‌متر متغیر و پوسته آن بدون تخلخل، توپر و بیضوی - مخروطی بود. رنگ صدف مایل به سفید و رگه‌دار با لکه‌های قهوه‌ای یا سبز بود. صدف پنج یا شش ماریچ حلقه‌ای نامنظم و لایه‌های طولی منظم داشت. درزهای آن به صورت شیار بود. ماریچ اصلی به طور معمول دو گوشه داشت و یک تاج و یک یا دو لایه غالب با پولک‌ها یا خارهای گنبدی متعدد وجود داشت. داخل دهانه صدف سفید با جلای مرواریدی بود و لبه کنگره‌ای داشت که از پایه آن آغاز شده بود. منطقه نافی شکل اندکی دنداندار بود و داخل سرپوش مسطح و سطح خارجی آن کمی برآمده و به رنگ خاکستری یا زیتونی بود (شکل ۱۱).

رادولا در این گونه از نوع ریپیدو گلوسان با فرمول  $\infty M+D1+L4+R1+L4+D1+M\infty$  بود. تعداد دندان‌ها در این گونه کاهش یافته بود (شکل ۱۲). *Turbo radiates* یک دندان راشیدین یک‌دندانه‌ای، پهن و بیضی داشت. اندازه دندان حاشیه‌ای داخلی در ردیف نزولی بود؛ در حالی که دندان‌های حاشیه‌ای خارجی از نظر اندازه مشابه بود. دندان حاشیه‌ای داخلی، سه‌دندانه‌ای با یک دندان بزرگ‌تر مرکزی و دو دندانه با شکل مشابه بود. دندان حاشیه‌ای پرمانند، چندلایه و چنددندانه‌ای بود. میانگین اندازه صدف به اندازه رادولا ۱/۶ بود.



شکل ۱۱- گونه *Turbo radiatus*. سطح پشتی (پایین) و سطح شکمی (بالا).

Figure 11 - *Turbo radiatus*. Dorsal surface (bottom) and ventral surface (top).



شکل ۱۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی از رادولای گونه *Turbo radiates*. نمای کلی رادولا در بزرگ‌نمایی 50x (تصویر بالا سمت راست) و در بزرگ‌نمایی 100x (تصویر بالا سمت چپ) و دندان مرکزی در بزرگ‌نمایی 500x (تصویر پایین)

Figure 12 - Scanning Electron Microscope (SEM) image of the radula of *Turbo radiatus*. Overall view of the radula at 50x magnification (top right image) and at 100x magnification (top left image), and central tooth at 500x magnification (bottom image)



## بحث

خلیج فارس منبعی غنی از موجودات دریایی است. اکوسیستم این منطقه دارای کیفیت خوبی برای زندگی آبزیانی مانند شکم‌پایان است. این جانوران تنوع زیادی از نظر ریخت‌شناسی در آب‌های ساحلی دارند. در مطالعه حاضر، گونه‌های *Trochus firmus* و *Trochus erithreus* متعلق به خانواده Trochidae، گونه *Planaxis sulcatus* متعلق به خانواده Planaxidae، گونه *Thais savignyi* متعلق به خانواده Muricidae و گونه *Turbo radiates* متعلق به خانواده Turbinidae شناسایی شد.

رادولا برای شناسایی روش تغذیه شکم‌پایان اهمیت دارد (Vakani et al., 2020). اختلافات رادولا در سطح درون‌گونه‌ای مؤثرتر از شکل صدف، پا و سایر ویژگی‌ها است (Mutlu, 2004; Mutaf and Aksit, 2009; Vakani et al., 2020) و از طریق شکل رادولا امکان پیدا کردن شباهت‌ها و تفاوت‌ها در سطح خانواده و نیز در سطح گونه وجود دارد. دو کوسوسان، ابتدایی‌ترین رادولای شناخته‌شده و به‌طور کلی در پاتلوگاستروپودها یافت شده است. محل سکونت این گروه از شکم‌پایان در نواحی بین جزرومدی صخره‌ای است و زنده ماندن این جانور به سبب رشد کم جلبک‌ها و برخورد موج‌ها به ناحیه بین جزرومدی بسیار سخت است. رادولای توکوسوگوسان که دارای شکل نیزه‌ای دندان‌ها است، در گونه‌های گوشتخوار مانند *Conus* یافت شده است؛ بنابراین نیزه‌ها برای نیش زدن به طعمه و فلج کردن آن کاربرد دارند (Kantor, 1990). ساختار رادولا، به اندازه آنها، شکل و جنس دندان و واکنش بین دندان و ماده غذایی بستگی دارد. این وضعیت، ویژگی‌هایی را در رادولا خلق می‌کند که به نوار رادولایی خاص گونه منتهی می‌شود (Eisapour et al., 2015).

نوع رادولا، ترتیب خاص و ساختار دندان‌ها، اعمال مختلف دندان‌ها، رژیم غذایی مختلف و روش‌های تغذیه متفاوت بر شرایط اکولوژیک مختلف جانور دلالت دارد. محیط زیست گونه یا خانواده‌های مختلف با رژیم غذایی آنها ارتباط دارد و به درک روابط متقابل و رقابت بین گونه یا خانواده منتهی می‌شود. رادولای دوکوسوگوسان و ریپیدوگوسان در حلزون‌های گیاهخوار یافت شده است. شکم‌پایان گوشتخوار رادولای کوچک‌تر از انواع گیاه‌خوار دارند. نوع دوکوسوگوسان، رادولایی ابتدایی، ساده و گیاهخوار در مقایسه با انواع ریپیدوگوسان و تینوگوسان است؛ در حالی که انواع رادولای شکم‌پایان گوشتخوار بر تکامل تدریجی از تینوگوسان به استنوگوسان و توکوسوگوسان دلالت دارد؛ بنابراین رادولای توکوسوگوسان، رادولایی جدید در میان همه انواع رادولاها است. در طی این تکامل تدریجی، تغییرات در رادولا از گیاهخوار به گوشتخوار، در شکل دندان‌ها مشاهده می‌شود.

خانواده‌های Turbinidae (Foster et al., 1999) Trochidae (Wakefield & Murray, 1998) و Neritidae (Aliakrinskaia, 2003) دارای رادولای ریپیدوگوسان هستند. بزرگ‌شدن رادولا در شکم‌پایان با نوع رادولای ریپیدوگوسان، کاربرد احتمالی ناحیه بزرگ بستر در طی خراش دادن غذا را ایجاد می‌کند (Fretter & Graham, 1994). این نوع شکم‌پایان دارای رادولای وسیع با دندان‌های حاشیه‌ای باریک و متعدد هستند. خانواده Cerithiidae اغلب پوسیده‌خوار هستند و دندان‌های حاشیه‌ای بلندی دارند که به‌خوبی برای گرفتن ذرات سازش یافته‌اند (Morton, 1968). این جانوران دارای رادولای بسیار کوچک در مقایسه با اندازه صدف خود هستند؛ از این رو طول دندان‌های

حاشیه‌ای برای گرفتن غذا مؤثر است. *Echinolittorina pascua* و *Peronia verruculata* دارای رادولای تنیوگلو سان و هر دو گیاهخوار هستند. *E. Pascua* در بخش‌های بالایی منطقه ساحلی زندگی و از مواد مغذی روی سطح صخره‌ها تغذیه می‌کند؛ همین‌طور دارای نوار رادولایی بسیار طولی است که به خراش دادن ریزجلبک‌ها و مواد غذایی از سطح صخره‌ها کمک می‌کند. *P. verruculata* دارای نوار رادولایی بسیار وسیعی در مقایسه با سایر شکم‌پایان است و دندان‌های جانبی زیادی دارد که علت کاربرد احتمالی منطقه بزرگ‌تر بستر در طی خراش دادن غذا را توضیح می‌دهد. خانواده‌های *Muricidae* و *Conidae* در گروه نئوگاستروپودا و گوشتخوار قرار دارند؛ ولی دارای مکانیسم صید غذای متفاوتی هستند (Watanabe & Young, 2006). شکم‌پایان *Muricid* توانایی دسترسی به بخش‌های نرم صید را دارند که به‌طور معمول توسط ایجاد سوراخی در پوسته توسط ترشح مواد نرم‌کننده و عمل خراش دادن غذا انجام می‌گیرد. این خانواده دارای رادولای توکسوگلو سان است و در مقایسه با سایر شکم‌پایان، از یک روش به‌طور کامل متفاوت برای گرفتن صید استفاده می‌کند. آنها دارای ساختار نیزه‌مانند و متحرکی در کیسه رادولایی و غده سمی مجزایی هستند که برای فلج کردن صید استفاده می‌شود. طبق مطالعه Guralnick and De Maintenon (1997) نوع رادولا یا رژیم غذایی هم بر مشخصات مورفولوژیک جانور و هم بر استراتژی‌های صید غذا و مکانیسم پردازش غذا اثر می‌گذارد. انواع مختلف رادولا از نظر ساختار و ترتیب دندانه‌های دندان رادولا وجود دارد. جانوران گوشتخوار (رادولا توکسوگلو سان) به دندان کمتر و انواع گیاهخوار (رادولای ریپیدوگلو سان) به دندان بیشتری نسبت به گوشتخواران نیاز دارند.

رادولا در گاستروپودهای خانواده‌های Trochidae (گونه‌های *Trochus firmus* و *Trochus erithreus*) و Turbinidae (گونه *Turbo radiates*) از نوع ریپیدوگلو سان است. رادولا در این گونه‌ها دارای تفاوت‌های آشکاری در دندان‌ها است؛ به گونه‌ای که همه دارای یک دندان مرکزی (R) / راشیدین منفرد هستند و دندان جانبی (L) و دندان حاشیه‌ای (M)، شکل متفاوتی دارند و تعداد آنها بسیار زیاد است. Hossein & et al. (2018) و Eisapour & et al. (2015) نیز نوع رادولا را در گونه‌های *Trochus firmus* و *Trochus erithreus* جمع‌آوری شده از جزیره هرمز، ریپیدوگلو سان گزارش کردند.

در پژوهش حاضر، رادولا در گونه *Turbo radiates* از نوع ریپیدوگلو سان بود. در توافق با پژوهش حاضر، Gajera & et al. (2022) نوع رادولا را در گونه‌های *Turbo bruneus* و *Turbo intercostalis* از جنس *Turbo* از نوع ریپیدوگلو سان گزارش دادند که تفاوت‌های واضحی بین این دو نوع گونه در شکل و تعداد دندانه‌ها و اندازه دندان‌های مرکزی، جانبی و حاشیه‌ای وجود داشت. Khan & et al. (2021) نوع رادولا را در گونه *Turbo pentholatus* جمع‌آوری شده از سواحل کراچی پاکستان، ریپیدوگلو سان گزارش کردند.

در پژوهش حاضر، نوع رادولا در *Planaxis sulcatus*، تنیوگلو سان و در گونه *Thais savignyi*، استنوگلو سان شناسایی شد. در توافق با پژوهش حاضر، Gajera & et al. (2022) نیز نوع رادولا را در *Thais sp.*، استنوگلو سان گزارش کردند.



Gajera & et al. (2022) گزارش کردند نسبت طول صدف و طول رادولا در شکم‌پایان دارای رادولاهای ریپیدوگلوسان و دوکوگلوسان در مقایسه با انواع دارای رادولای تنیوگلوسان کم بود. شکم‌پایان دارای رادولای تنیوگلوسان، نسبت زیاد طول صدف و طول رادولا را داشتند. این نسبت در انواع دارای رادولای استنوگلوسان، متوسط بود. نوع دوکوگلوسان، رادولایی ابتدایی، ساده و گیاهخوار در مقایسه با انواع ریپیدوگلوسان و تنیوگلوسان است؛ در حالی که انواع رادولای شکم‌پایان گوشتخوار بر تکامل تدریجی از تنیوگلوسان به استنوگلوسان و توکسوگلوسان دلالت دارد؛ بنابراین رادولای توکسوگلوسان، رادولایی جدید در میان همه انواع رادولاهای است. در طی این تکامل تدریجی، تغییرات در رادولا از گیاهخوار به گوشتخوار در شکل دندان‌ها مشاهده شد.

انواع مختلف رادولا از نظر ساختار و ترتیب دندان‌های دندان رادولا تفاوت دارند. جانوران گوشتخوار (رادولا توکسوگلوسان) به دندان کمتر نیاز دارند و انواع گیاهخوار (رادولای ریپیدوگلوسان) به دندان بیشتری نسبت به گوشتخواران نیازمند هستند. تفاوت در رژیم غذایی، منعکس‌کننده تفاوت‌های عملکردی در دستگاه تغذیه این گروه از گیاهخواران است. نوع رادولا نشان‌دهنده تکامل در تغذیه شکم‌پایان از گیاهخواری به گوشتخواری است. اندازه سوهانک نشان‌دهنده تکامل در تغذیه گیاهخواری یا گوشتخواری شکم‌پایان است. شکم‌پایان ابتدایی گیاهخوار، بیشترین تعداد دندان را دارند؛ همچنین شکل دندان‌ها و برآمدگی‌های آنها در ساختارهای مختلف سوهانک نشان‌دهنده عملکرد متفاوت آن در گروه‌های مختلف با رژیم غذایی متفاوت است و ممکن است باعث ایجاد قابلیت‌ها و محدودیت‌های تغذیه‌ای در شکم‌پا شود. هرچه طول سوهانک بیشتر باشد، نمایانگر رژیم غذایی گیاهخواری در شکم‌پایان است؛ زیرا قادر است حجم غذای بیشتری را در برگیرد و از آنجایی که گیاه ارزش غذایی کمتری دارد، به مصرف حجم غذایی بیشتری نیازمند و در نتیجه طول سوهانک بزرگ است؛ همچنین هرچه طول سوهانک کوتاه‌تر و تعداد دندان‌ها کمتر باشد، نشان‌دهنده تغذیه گوشتخواری در شکم‌پایان است (Franklin et al., 2007).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر چنین نتیجه‌گیری می‌شود که میکروسکوپ الکترونی وسیله مفیدی برای افتراق، شناسایی و بررسی نوع رادولا است.

## سپاسگزاری

نتایج پژوهش حاضر مربوط به پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیوسیستماتیک جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا است. از کارکنان آزمایشگاه پژوهشی دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال قدردانی می‌شود.

## References

- Aliakrinskaia, O. (2003). Certain biological traits and morphobiochemical adaptations to nutrition in *Strombus decorus raybaudii* Nicolay and Manoja, 1983. *Izvestiia Akademii Nauk Seriia Biologicheskaiia*, 30(2), 214-224. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12712583/>
- Barco, A., Claremont, M., Reid, D. G., Houart, R., Bouchet, P., Williams, S. T., ... & Oliverio, M. (2010). A molecular phylogenetic framework for the Muricidae, a diverse family of carnivorous

- gastropods. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56(3), 1025-1039. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.03.008>
- Cruz, R., Lins, U., & Farina, M. (1998). Minerals of the radular apparatus of *Falcidens* sp. (Caudofoveata) and the evolutionary implications for the phylum Mollusca. *The Biological Bulletin*, 194(2), 224-230. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.2307/1543051>
- Eisapour, M., Seyfabadi, S. J., & Daghooghi, B. (2015). Comparative radular morphology in some intertidal gastropods along Hormozgan Province, Iran. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 6(4), 1-3. <https://www.researchgate.net>
- Foster, G. G., Hodgson, A. N., & Balarin, M. (1999). Effect of diet on growth rate and reproductive fitness of *Turbo sarmaticus* (Mollusca: Vetigastropoda: Turbinidae). *Marine Biology*, 134(2), 307-315. <https://doi.org/10.1007/s002270050548>
- Franklin, B., Fernando, S., Chalke, B. A., & Krishnan, K. S. (2007). Radular morphology of *Conus* (gastropoda: caenogastropoda: conidae) from India. *Molluscan Research*, 27(3), 111-122. <https://www.academia.edu/download/68935306/n3p122.pdf>
- Fretter, V., & Graham, A. (1994). *British Prosobranch Molluscs*. Ray Society.
- Gajera, N., Vakani, B., & Kundu, R. (2022). Radular morphology and relationship between shell size and radula size of few dominating intertidal gastropod mollusks of Veraval Coast, Gujarat. *Frontiers in Marine Biology*, 9, 657124. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.657124/full>
- Guralnick, R., & De Maintenon, M. J. (1997). Formation and homology of radular teeth: A case study using columbellid gastropods (Neogastropoda: Columbellidae). *Journal of Molluscan Studies*, 63(1), 65-77. <https://doi.org/10.1093/mollus/63.1.65>
- Guralnick, R., & Smith, K. (1999). Historical and biomechanical analysis of integration and dissociation in molluscan feeding, with special emphasis on the true limpets (Patellogastropoda: Gastropoda). *Journal of Morphology*, 241(2), 175-195. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4687\(199908\)241:2%3C175::AID-JMOR7%3E3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4687(199908)241:2%3C175::AID-JMOR7%3E3.0.CO;2-0)
- Hadjizadeh Zaker, N. (2022). Aliphatic and aromatic hydrocarbons in the coastal sediments of the Kharg Island in the Persian Gulf. *Pollution*, 8(2), 705-716. <https://doi.org/10.22059/poll.2022.335368.1286> [In Persian].
- Hosseini, N., Eidi, M., & Ashja Ardalan, A. (2018). Differential identification of four species of Trochidae and Turbinidae families (Gastropods) in intertidal zone of Hormuz Island (Persian Gulf) by the microstructure of the radula. *Journal of Animal Environment*, 10(2), 245-250. [http://www.aejournal.ir/article\\_70716.html?lang=en](http://www.aejournal.ir/article_70716.html?lang=en) [In Persian].
- Hosseinzadeh Sahafi, H., Daghoghi, B., & Rameshi, H. (2001). *Atlas of the Persian Gulf molluscs*. IFRO.
- Jensen, K. R. (1993). Morphological adaptations and plasticity of radular teeth of the Sacoglossa (Ascoglossa) (Mollusca: Opisthobranchia) in relation to their food plants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 48(2), 135-155. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1993.tb00883.x>
- Kantor, Y. I. (1990). Anatomical basis for the origin and evolution of the toxoglossan mode of feeding. *Malacologia*, 32(1), 3-18.
- Khan, K., Muhammad, F., Ijaz, Q., Sulaman, A., Aslam, M., Tariq, S., & Shafi, M. (2021). Comparative morphology of three gastropod species radula found along Buleji rocky shore, Karachi, Pakistan. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 18(4), 753-757. <https://www.researchgate.net>
- Linse, K., Griffiths, H. J., Barnes, D. K., & Clarke, A. (2006). Biodiversity and biogeography of Antarctic and sub-Antarctic mollusca. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53(8-10), 985-1008. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.05.003>
- Meirelles, C. O., & Cascon, H. M. (2003). Relations between shell size and radula size in marine prosobranchs (Mollusca: Gastropoda). *Thalassas*, 19(2), 45-53. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/63244>
- Morton, J. E. (1968). *Molluscs*. Hutchinson University Library, Hutchinson & Co Ltd.

- Mutaf, B. F., & Akşit, D. (2009). Further SEM assessment of radular characters of the limpets *Patella caerulea* Linneaus 1758 and *P. rustica* Linneaus 1758 (Mollusca: Gastropoda) from Antalya Bay, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 33(3), 359-365. <https://doi.org/10.3906/zoo-0707-3>
- Mutlu, E. (2004). Sexual dimorphisms in radula of *Conomurex persicus* (Gastropoda: Strombidae) in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 145(4), 693-698. 10.1007/s00227-004-1370-2
- Padilla, D. K. (1998). Inducible phenotypic plasticity of the radula in *Lacuna* (Gastropod: Littorinidae). *The Veliger*, 41(2), 201-204. <https://www.researchgate.net>
- Radwin, G. E., & Wells, H. W. (1968). Comparative radular morphology and feeding habits of muricid gastropods from the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 18(1), 72-85. <https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/1968/00000018/00000001/art00004>
- Steneck, R., & Watling, L. (1982). Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: A functional group approach. *Marine Biology*, 68(3), 299-319. <https://doi.org/10.1007/BF00409596>
- Vakani, B., Nakano, T., & Kundu, R. (2020). Diversity and taxonomy of the intertidal patellogastropod limpets of the mainland Indian coastline. *Zootaxa*, 4728(2), 211-226. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4728.2.3>
- Venkatesan, V., Babu, A., & Rameshkumar, P. (2016). Scanning electron microscope studies on the radula teeth of four species of marine gastropods from the Gulf of Mannar, India. *Indian Journal of Fisheries*, 63(1), 140-145. 10.21077/ijf.2016.63.1.21949-22
- Wakefield, R. L., & Murray, S. N. (1998). Factors influencing food choice by the seaweed-eating marine snail *Norrisianorrisi* (Trochidae). *Marine Biology*, 130(4), 631-642. <https://doi.org/10.1007/s002270050285>
- Watanabe, J. T., & Young, C. M. (2006). Feeding habits and phenotypic changes in proboscis length in the southern oyster drill, *Stramonita haemastoma* (Gastropoda: Muricidae), on Florida sabellariid worm reefs. *Marine Biology*, 148(5), 1021-1029. 10.1007/s00227-005-0152-9

