مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۲۹۹ تا ۳۱۱

تاثیر قطبیت حلال بر فعالیت ضد باکتریایی عصاره استخراج شده از خیاردریایی جنس هولوتوریا

زینب بیدشکی[۱]، ایمان سوری نژاد[۲*]، ملیکا ناظمی[۳]

۱- گروه بیوتکنولوژی صنعت و محیط زیست، علوم و فنون دریایی ، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۳- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

چکـــیده

تعداد ۴۵ نمونه خیاردریایی از جنس Holothuria با میانگین وزن ۲۷۵ گرم در فصل زمستان از عمق ۵ تا ۱۰ متری آبهای جزیره قشم صید و عصاره‌گیری با استفاده از حلال‌های ان‌هگزان (غیر قطبی)، دی اتیل اتر (نیمه قطبی) و متانول (قطبی) انجام شد. سپس فعالیت زیستی عصاره‌های استخراج شده بر علیه سویه‌های باکتریایی *Bacillus subtilis*، *Staphylococcus aureus*، *Pseudomonas aeruginosa* و *Escherichia coli* بررسی گردید. عصاره ان‌هگزانی بر باکتری گرم-منفی *E. coli* در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر و بر باکتری‌های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۳۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از رشد ممانعت نمود. عصاره ان‌هگزانی بر *E. coli* در غلظت ۲۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر و بر باکتری‌های *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر اثر کشندگی داشت. عصاره دی اتیل اتری بر باکتری‌های گرم‌مثبت *B. subtilis* در حداقل غلظت ۳۰۰ میکروگرم در میلی لیتر و *S. aureus* در حداقل غلظت ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از رشد ممانعت نمود. عصاره دی اتیل اتری بر *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر باعث اثر کشندگی شد. عصاره متانولی بر باکتری‌های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۲۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از رشد ممانعت کرد. آموکسی‌سیلین به عنوان شاهد مثبت بر تمام باکتری‌های مورد مطالعه اثر ممانعت از رشد و اثر کشندگی نشان داد. نتایج بیانگر خواص ضد باکتریایی بیشتر عصاره ان‌هگزانی (غیر قطبی) بدن در مقایسه با عصاره دی اتیل اتری (نیمه قطبی) و متانولی (قطبی) بوده و نشان داد که باکتری‌های گرم‌منفی به ویژه *P. aeruginosa* مقاومت بیشتری در مقابل عصاره‌ها نسبت به باکتری‌های گرم‌مثبت دارند.

کـــلید واژه‌ها: متابولیت ثانویه، فعالیت زیستی، قطبیت عصاره، خارپوستان

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰

تاریخ چاپ الکترونیکی:
۱۴۰۴/۱۲/۱۵

*نویسنده مسئول:
sourinejad@hormozgan.ac.ir

مقدمه

آب های دریاها و اقیانوس ها دارای تعداد زیادی از موجودات با انواع ترکیبات فعال زیستی هستند که این ترکیبات می توانند در زمینه های گوناگون از جمله علوم زیست محیطی و زیست پزشکی و صنعتی کاربرد داشته باشند. تلاش برای کشف داروهای ضد باکتریایی و ضد قارچی از متابولیت های ثانویه یا همان ترکیبات زیست فعال استخراج شده از جانوران و گیاهان دریایی در حال انجام است و در قالب علم زیست فناوری دریا می توان به پیشرفت تولید محصولات جدید از جانداران دریایی امیدوار بود (Rasyid et al., 2021).

بررسی خصوصیات زیست شناختی خارپوستان موید آن است که خیارهای دریایی دارای ترکیبات شیمیایی فراوانی در این گروه می باشند که برای مطالعات زیست پزشکی و تولید ترکیبات فعال زیستی بسیار مهم هستند (Senadheera et al., 2020). این موجودات منبع بالقوه ترکیبات با ارزش افزوده بالا با خواص درمانی هستند و به دلیل تنوع زیستی و توانایی تولید ترکیبات زیست‌فعال، از جمله پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و سایر متابولیت‌های ثانویه، می‌توانند بالقوه در زمینه درمان عفونت‌ها و بیماری‌های میکروبی مورد استفاده قرار گیرند (Pangestuti and Arifin, 2018; Xu et al., 2018). یکی از عوامل کلیدی که می‌تواند فعالیت ضد باکتریایی عصاره‌های استخراج شده از خیاردریایی را تحت تأثیر قرار دهد، نوع و قطبیت حلال مورد استفاده در فرایند استخراج است. حلال‌ها با قطبیت‌های مختلف می‌توانند ترکیبات متفاوتی را استخراج کنند. حلال‌های قطبی (مانند آب و الکل) ممکن است ترکیباتی را که دارای گروه‌های عاملی قطبی هستند، مانند آمین‌ها و الکل‌ها، با کارایی بیشتری

استخراج کنند. در عوض، حلال‌های غیر قطبی (مانند هگزان و کلروفرم) تمایل دارند که ترکیبات غیر قطبی را که معمولاً شامل لیپیدها و هیدروکربن‌ها هستند، استخراج نمایند. مطالعات نشان می‌دهد که انتخاب حلال و قطبیت آن می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر غلظت و نوع ترکیبات فعال ضد میکروبی موجود در عصاره‌ها داشته باشد و به این ترتیب، فعالیت ضد باکتریایی این عصاره‌ها را تغییر دهد. به عنوان نمونه، عصاره‌هایی که با استفاده از حلال‌های قطبی استخراج می‌شوند، ممکن است دارای اثرات ضد باکتریایی قوی‌تری نسبت به عصاره‌های استخراج شده از حلال‌های غیر قطبی باشند. بنابراین، درک تأثیر قطبیت حلال بر فعالیت ضد باکتریایی عصاره‌های خیاردریایی می‌تواند به بهبود فرایندهای استخراج و همچنین توسعه مکمل‌های طبیعی و داروهای جدید کمک کند.

بر اساس مرور منابع پیشین، فعالیت ضد باکتریایی ساپونین استخراج شده از خیار دریایی گونه *Stichopus hermanni* جمع آوری شده از جزیره لارک خلیج فارس بر علیه باکتری های پاتوژن انسانی (Bacillus subtilis، Bacillus cereus، Pseudomonas aeruginosa و Staphylococcus aureus) بررسی شده است (Salari et al., 2018). بر اساس نتایج، میزان MIC ساپونین علیه باکتریهای گرم مثبت نسبت به گرم منفی پایین تر بود که حاکی از مقاوم تر بودن باکتریهای گرم منفی نسبت به گرم مثبت می باشد. در سال ۲۰۲۰، Darya و همکاران به بررسی خواص آنتی فولینگ و ضد باکتریایی ترکیبات زیست فعال قطبی، نیمه قطبی و غیرقطبی مشتق شده از خیار دریایی *Holothuria leucospilota* پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت ضد باکتریایی در عصاره اتیل استات دیواره بدن در برابر استافیلوکوکوس اورئوس با حداقل غلظت مهاری 250/0 (MIC) میلی گرم در میلی لیتر مشاهده شد.

یکی از مهم ترین خانواده های خیار دریایی، خانواده Holothuriidae است که از پنج جنس تشکیل شده است و در میان آنها، جنس Holothuria (هولوتوریا) غالب ترین جنس است (Hal et al., 2020; Utzeri et al., 2020). علی رغم اینکه خلیج فارس و دریای عمان دارای تنوع مناسبی از گونه‌های مختلف خیار دریایی می‌باشد ولی مطالعات انجام شده در زمینه قابلیت استفاده زیست پزشکی این گونه ها و تولید ترکیبات زیست فعال کافی نبوده است و بنابراین مطالعه کاربردهای دارویی ترکیبات طبیعی مستخرج از این موجودات، حایز اهمیت کاربردی فراوان می باشد. هدف از مطالعه پیش رو بررسی خواص ضدباکتریایی عصاره های ان هگزانی و متانولی و دی اتیل اتری جنس هولوتوریا و مقایسه آن با آنتی‌بیوتیک‌های تجاری است.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه ها و پودر کردن

تعداد ۴۵ نمونه خیار دریایی با میانگین وزن ۲۷۵ گرم در فصل زمستان از عمق ۵ تا ۱۰ متری جزیره قشم از منطقه شیب دراز (بین جزیره هنگام و قشم) واقع در خلیج فارس توسط عملیات غواصی صید شد و به آزمایشگاه شیمی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان منتقل گردید. نمونه های جمع آوری شده بر اساس بررسی ریخت شناسی و وضعیت اسپیکول ها در حد جنس شناسایی شدند. برای شناسایی در حد جنس، از تطابق اطلاعات به دست آمده با کلید شناسایی سازمان خواربار و کشاورزی جهانی استفاده شد (Purcell et al., 2012). برای جداسازی آب دریا و نمک اضافی، ابتدا نمونه ها با آب مقطر شستشو و پس از برش از مخرج به سمت دهان و تخلیه حفره شکمی و شستشو، عضلات دیواره بدن در اندازه های یک سانتی متری بریده شدند و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد تا زمان استفاده نگهداری شدند. جهت خشک کردن و گرفتن رطوبت اضافی، نمونه ها پس از انجماد زدایی، در فریز درایر در دمای۴۰- درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. برای اینکه سطح تماس ماده خشک با حلال های آلی افزایش یابد و بیش ترین میزان عصاره به دست آید، با استفاده از آسیاب نمونه های خشک شده به صورت پودر در آمدند.

عصاره گیری از نمونه ها

عصاره گیری با استفاده از حلال های ان هگزان (غیر قطبی)، دی اتیل اتر (نیمه قطبی) و متانول (قطبی) انجام شد. بدین منظور، مقدار یک صد گرم نمونه پودر شده به ارلن حاوی ۱۲۰۰ میلی لیتر حلال ان هگزان منتقل شد و در آزمایشگاه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به دور از تابش نور خورشید به مدت ۲۴ ساعت برای جداسازی ترکیبات طبیعی قرار گرفت. در ادامه به مدت ۲۴ ساعت در حلال دی اتیل اتر و ۷۲ ساعت در حلال متانول قرار گرفت. محلول های به دست آمده با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ پس از گذشت زمان مذکور صاف شدند تا ذرات معلق از آن جدا شود و آنچه باقی می ماند، حلال های حاوی ترکیبات آلی موجود در نمونه بود. با دستگاه روتاری (Heidolph, laborot 4000) تحت فشار کم و دور ۱۴۵ در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد، حلال عصاره تبخیر و جدا گردید تا تنها عصاره خالص باقی بماند (Duan et al., 2006).

بررسی فعالیت ضد باکتریایی

از مرکز کلکسیون قارچ ها و باکتری های صنعتی ایران، باکتری های مورد استفاده در مطالعه پیش رو در فرم لیوفیلیزه تهیه شدند. این باکتری ها شامل *Bacillus subtilis* (گرم مثبت)، *Staphylococcus aureus* (گرم مثبت)، *Pseudomonas aeruginosa* (گرم منفی) و *Escherichia coli* (گرم منفی) بودند که جزء باکتری‌های مهم و پاتولوژیک هستند که می‌توانند منجر به عفونت‌های جدی در انسان شوند و به ویژه در عفونت‌های بیمارستانی و عفونت‌های مقاوم به دارو اهمیت دارند. انتخاب باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی به محققان اجازه می دهد تا فعالیت ضد باکتریایی را در شرایط متفاوتی بررسی کنند، زیرا باکتری‌های گرم مثبت و منفی از نظر ساختار و ویژگی‌های غشایی متفاوت هستند که می‌تواند تأثیرات مختلفی بر روی سمیت و اثربخشی ترکیبات ضد باکتریایی داشته باشند. همچنین بسیاری از آزمون‌های استاندارد مانند آزمون‌های MIC و MBC معمولاً از این باکتری‌ها استفاده می‌کنند که باعث می‌شود نتایج قابل مقایسه با تحقیقات قبلی باشد و یکنواختی در روش‌شناسی وجود داشته باشد.

برای مشخص نمودن حداقل غلظت بازدارنده رشد باکتری (MIC) توسط عصاره ان هگزانی، متانولی و دی اتیل اتری از لوله های آزمایش استریل با سه بار تکرار استفاده شد. هر لوله حاوی یک میلی لیتر محیط کشت نوترینت براث با غلظت تعیین شده عصاره و یک میلی لیتر از استوک تهیه شده باکتری (دارای غلظتی برابر با استاندارد نیم مک فارلند) بود که با استفاده از محیط کشت مایع رقیق شده بود تا تعداد باکتری ها در استوک به میزان $۱/۵\times۱۰^{۶}$ باشد. از آنتی بیوتیک آموکسی سیلین به عنوان شاهد مثبت با غلظت های مشابه عصاره استفاده شد. تمام لوله ها در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و کدورت آنها بررسی شد. غلظت مواد مصرفی در لوله های بدون کدورت موید میزان MIC می باشد (Rozenblat, 1991).

برای تعیین حداقل غلظت کشندگی (MBC)، به مقدار ۰/۱ میلی لیتر از لوله هایی که کدورت در آنها ایجاد نشده بود بر روی پلیت های نوترینت آگار (محیط کشت جامد) کشت خطی داده شد تا توانایی عصاره های ان هگزانی، متانولی و دی اتیل اتری در از بین بردن باکتری ها سنجش شود. سپس پلیت ها در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از این مدت کلونی های تشکیل شده شمارش شدند. در پلیت هایی که باکتری رشد کرده بود بدین معنی است که عصاره تنها توانایی مهار رشد و تکثیر باکتری را دارد اما در پلیت هایی که هیچ گونه کلونی ایجاد نشده بود بدین معنی است که عصاره مورد نظر توانسته است سبب مرگ باکتری شود که این مقدار برابر با همان MBC می باشد (Rozenblat, 1991).

نتایج

بررسی اثر ضد باکتریایی عصاره ان هگزانی

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود عصاره ان هگزانی بر باکتری گرم منفی *E. coli* در حداقل غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر و در باکتری های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۳۰۰ میکروگرم در میلی لیتر از رشد ممانعت می کند. همانطور که در جدول ۲

مشاهده می شود عصاره ان هگزانی بر باکتری گرم منفی *E. coli* و بر باکتری های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* اثر کشندگی داشته است. در تمام جداول، نمونه های فاقد کدورت (n) و نمونه های دارای کدورت (y) می باشد.

جدول ۱- حداقل غلظت مهارکنندگی (µg/ml) عصاره ان هگزانی بر باکتری های مورد آزمایش

S. aureus	*B. subtilis*	*P. aeruginosa*	*E. coli*	غلظت عصاره
y	y	y	y	۲
y	y	y	y	۴
y	y	y	y	۱۰
y	y	y	y	۲۰
y	y	y	y	۳۰
y	y	y	y	۴۰
y	y	y	y	۵۰
y	y	y	y	۱۰۰
y	y	y	y	۲۰۰
n	n	y	y	۳۰۰
n	n	y	y	۴۰۰
n	n	y	y	۵۰۰
n	n	y	n	۱۰۰۰
n	n	y	n	۲۰۰۰

جدول ۲- حداقل غلظت کشندگی (µg/ml) عصاره ان هگزانی بر باکتری‌های مورد آزمایش

سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی
E. coli	۲۰۰۰
B. subtilis	۱۰۰۰
S. aureus	۱۰۰۰

بررسی اثر ضدباکتریایی عصاره دی اتیل اتری

بر اساس جدول ۳، عصاره دی اتیل اتری بر باکتری های گرم منفی در دامنه غلظتی مورد استفاده اثر مهارکنندگی رشد نداشته است. این عصاره بر باکتری گرم مثبت *B. subtilis* در حداقل غلظت ۳۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر و بر باکتری گرم مثبت *S. aureus* در حداقل غلظت ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از رشد ممانعت می کند. بر اساس جدول ۴، عصاره دی اتیل اتری در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر باعث اثر کشندگی روی باکتری های *B. subtilis* و *S. aureus* می گردد.

جدول ۳- حداقل غلظت مهارکنندگی (µg/ml) عصاره دی اتیل اتری بر باکتری های مورد آزمایش

S. aureus	*B. subtilis*	*P. aeruginosa*	*E. coli*	غلظت عصاره
y	y	y	y	۲
y	y	y	y	۴
y	y	y	y	۱۰
y	y	y	y	۲۰
y	y	y	y	۳۰
y	y	y	y	۴۰
y	y	y	y	۵۰
y	y	y	y	۱۰۰
y	y	y	y	۲۰۰

y	n	y	y	۳۰۰
y	n	y	y	۴۰۰
n	n	y	y	۵۰۰
n	n	y	y	۱۰۰۰
n	n	y	y	۲۰۰۰

جدول ۴- حداقل غلظت کشندگی (µg/ml) عصاره دی اتیل اتری بر باکتری‌های مورد آزمایش

سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی
B. subtilis	۱۰۰۰
S. aureus	۱۰۰۰

بررسی اثر ضد باکتریایی عصاره متانولی

بر اساس جدول ۵، عصاره متانولی بر باکتری های گرم منفی *E. coli* و *P. aeruginosa* اثر مهارکنندگی رشد نشان نداد و در باکتری های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* در غلظت ۲۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر از رشد ممانعت کرد.

جدول ۵- حداقل غلظت مهارکنندگی (µg/ml) عصاره متانولی بر باکتری های مورد آزمایش

غلظت عصاره	*E. coli*	*P. aeruginosa*	*B. subtilis*	*S. aureus*
۲	y	y	y	y
۴	y	y	y	y
۱۰	y	y	y	y
۲۰	y	y	y	y
۳۰	y	y	y	y
۴۰	y	y	y	y
۵۰	y	y	y	y
۱۰۰	y	y	y	y
۲۰۰	y	y	y	y
۳۰۰	y	y	y	y
۴۰۰	y	y	y	y
۵۰۰	y	y	y	y
۱۰۰۰	y	y	y	y
۲۰۰۰	y	y	n	n

آنگونه که در جدول ۶ مشاهده می شود عصاره متانولی اثر کشندگی بر باکتری های مورد آزمایش از خود نشان نداده است.

جدول ۶- حداقل غلظت کشندگی (µg/ml) عصاره متانولی بر باکتری‌های مورد آزمایش

سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی	سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی
B. subtilis	n	*P. aeruginosa*	n
S. aureus	n	*E. coli*	n

بررسی اثر ضد باکتریایی آنتی بیوتیک تجاری

بر اساس جدول ۷، آموکسی سیلین بر تمام باکتری های مورد مطالعه اثر ممانعت از رشد نشان داد. حداقل غلظت مهارکنندگی بر باکتری *E. coli* و *P. aeroginosa* در غلظت ۵۰۰، بر باکتری *B. subtilis* در غلظت ۱۰ و بر باکتری *S. aureus* در غلظت ۵۰ میکروگرم در میلی لیتر به دست آمد.

جدول ۷- حداقل غلظت مهارکنندگی (µg/ml) آنتی بیوتیک تجاری

غلظت عصاره	*E. coli*	*P. aeruginosa*	*B. subtilis*	*S. aureus*
۲	y	y	y	y
۴	y	y	y	y
۱۰	y	y	n	y
۲۰	y	y	n	y
۳۰	y	y	n	y
۴۰	y	y	n	y
۵۰	y	y	n	n
۱۰۰	y	y	n	n
۲۰۰	y	y	n	n
۳۰۰	y	y	n	n
۴۰۰	y	y	n	n
۵۰۰	n	n	n	n
۱۰۰۰	n	n	n	n
۲۰۰۰	n	n	n	n

بر اساس جدول ۸، آنتی بیوتیک آموکسی سیلین دارای اثر کشندگی بر تمام باکتری های مورد مطالعه بود.

جدول ۸- حداقل غلظت کشندگی (µg/ml) آنتی بیوتیک تجاری آموکسی سیلین

سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی	سویه باکتری	حداقل غلظت کشندگی
E. coli	۲۰۰۰	*B. subtilis*	۴۰
P. aeruginosa	۲۰۰۰	*S. aureus*	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

علیرغم مطالعات انجام شده در زمینهٔ کاربردهای گوناگون خیارهای دریایی در کشورهای مختلف، اما در کشور ما مطالعات بر روی خواص ضد میکروبی و سمیت سلولی خیارهای دریایی کافی نبوده است. عدم وجود کافی داده‌های پایه و طبقه‌بندی شده درباره خیارهای دریایی و سایر موجودات دریایی می‌تواند مانع از شروع مطالعات جدید گردد. شناخت دقیق از ویژگی‌ها، ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی این موجودات می‌تواند پیش‌نیاز تحقیقات عمیق‌تر باشد. با وجود اینکه کشور ما در مناطق خلیج فارس و دریای عمان به عنوان یک منبع غنی از گونه‌های مختلف خیارهای دریایی محسوب می شود اما مطالعات انجام شده در ایران اکثرا تنها جنبه‌های فیزیولوژیکی و زیست محیطی را پوشش می دهد. با وجود غنای اکولوژیکی، حفاظت از منابع طبیعی و پایدار بودن در ارزیابی‌های زیست‌محیطی اهمیت بالایی دارد. نگرانی‌ها در مورد اثرات منفی بر اکوسیستم‌های دریایی ممکن است مانع از استفاده تجاری از این گونه‌ها باشد. همچنین پیشبرد فعالیت‌های اقتصادی در این زمینه مستلزم تأمین منابع، آموزش، سرمایه‌گذاری کافی برای تحقیق و توسعه و حمایت‌های دولتی و خصوصی است تا بتوان از این منابع طبیعی به شکلی مؤثر و پایدار بهره‌برداری کرد. عدم جذابیت اقتصادی و ریسک‌های مرتبط با این گونه‌ها نیز باعث شده است که تاکنون در زمینه خیارهای دریایی ساختار بازار و زنجیره تأمین منسجم وجود نداشته باشد و بسیاری از جوامع محلی از خیارهای دریایی فقط به صورت سنتی و محلی استفاده کنند.

در مطالعه حاضر اثر ضد باکتریایی عصاره های غیرقطبی–قطبی خیار دریایی از جنس هولوتوریا که از دیواره بدن استخراج شده بودند بر برخی باکتری های بیماری زای انسانی مورد مطالعه قرار گرفت. در سال های اخیر پژوهشگران مختلف اثر ضد میکروبی ترکیبات مختلف استخراج شده با غلظت های متفاوت از طیف گسترده ای از موجودات دریایی از جمله خیار دریایی را مورد بررسی قرار داده اند. با توجه به این نکته که هدف از انجام مطالعه حاضر آگاهی از خواص احتمالی ضد میکروبی مواد مؤثره این موجودات و کاربرد آن در علم زیست پزشکی و صنعت داروسازی در آینده می باشد غلظت های بکار گرفته شده از ۲۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر بیشتر نبود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مقایسه تفاوت نوع حلال و در نتیجه قطبیت متابولیت های ثانویه مستخرج، به طور کلی عصاره ان هگزانی دارای بهترین عملکرد ضد باکتریایی علیه سویه های باکتری مورد استفاده بود. دلیل فعالیت بالاتر عصاره ان هگزانی نسبت به عصاره های دی اتیل اتری و متانولی را احتمالا می توان به تفاوت در نوع ترکیبات زیست فعال مستخرج با این حلال ها نسبت داد. از آنجایی که ان هگزان یک حلال غیرقطبی است انتظار می رود که روند عصاره گیری با این حلال به استخراج ترکیبات کاملا غیر قطبی منجر شود در حالی که عصاره گیری با دی اتیل اتر ترکیبات غیرقطبی به سمت نیمه قطبی را جدا کرده و در ادامه متانول تقریبا تمام ترکیبات قطبی باقی مانده را استخراج می کند. بنابرین فعالیت بالای عصاره های ان هگزانی به این معناست که ترکیبات غیر قطبی موجود در خیار دریایی که عمدتا حلال مناسب آنها جهت استخراج حلال های غیر قطبی نظیر ان هگزان می باشد، دارای فعالیت ضدباکتریایی بالایی هستند.

با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه عصاره متانولی در مقایسه با عصاره های ان هگزانی و دی اتیل اتری اثر بازدارندگی ضعیف تری بر رشد داشت به گونه ای که بر باکتری های گرم منفی *E. coli* و *P. aeroginosa* در هیچ کدام از غلظت های بکار گرفته شده اثر ضد باکتریایی نشان نداد و بر باکتری های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* نیز در بالاترین غلظت مورد استفاده (۲۰۰۰ میگروگرم در میلی لیتر) اثر ممانعت کنندگی از رشد نشان داد. همچنین این عصاره بر هیچ کدام از باکتری های گرم منفی و گرم مثبت اثر کشندگی نشان نداد. ترکیبات موجود در عصاره متانولی ممکن است نتوانند به راحتی به دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی نفوذ کنند. باکتری‌های گرم منفی دارای دیواره سلولی پیچیده‌تری (مناطق خارجی و غشاء داخلی) نسبت به باکتری‌های گرم مثبت هستند، بنابراین ممکن است ترکیبات متانولی نتوانند به میزان کافی به سطح باکتری نفوذ و اثر ضد باکتریایی خود را به نمایش بگذارند. باکتری‌های گرم منفی معمولاً دارای مکانیزم‌های دفاعی پیچیده‌ای هستند که به آن‌ها کمک می‌کند از اثرات آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیبات ضد باکتریایی محافظت کنند. باکتری‌های گرم مثبت مانند *B. subtilis* و *S. aureus* به طور معمول نسبت به ترکیبات طبیعی حساس‌تر هستند و ممکن است باکتری‌های گرم منفی به ترکیبات خاصی که در عصاره متانولی وجود دارند، پاسخ ندهند. باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی از نظر متابولیکی و بیوشیمیایی تفاوت‌های قابل توجهی دارند. ممکن است که ترکیبات موجود در عصاره متانولی به نوعی بر طریق متابولیسم باکتری‌های گرم مثبت تأثیر بگذارند بدون اینکه تأثیر مشابهی بر باکتری‌های گرم منفی داشته باشند. در غلظت‌های بالا (۲۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) که اثرات ضد باکتریایی مشاهده شد، این احتمال وجود دارد که در غلظت کمتر، ترکیبات موجود در عصاره متانولی به حد کافی برای ایجاد اثر بازدارندگی از رشد نبوده‌اند. همچنین، باکتری‌ها در غلظت‌های پایین ممکن است با یکدیگر رقابت کرده و اثرات منفی ناشی از عصاره را کاهش دهند. متانول به علت قطبی بودن طیف گسترده ای از ترکیبات موجود در بدن خیار دریایی را استخراج می نماید که ممکن است دارای ناخالصی باشند و به همین علت فعالیت زیستی پایینی را نشان دهند، بنابراین اثرات ضد میکروبی این ترکیبات پس از خالص سازی می تواند مورد مطالعه بیشتر و دقیق تر قرار گیرد.

آنتی بیوتیک مورد استفاده به عنوان شاهد مثبت بر باکتری های *E. coli* و *P. aeroginosa* در غلظت ۵۰۰ میکروگرم در میلی لیتر اثر مهارکنندگی رشد از خود نشان داد اما این اثر بر باکتری *B. subtilis* در غلظت ۱۰ و بر باکتری *S. aureus* در غلظت ۵۰ میکروگرم در میلی لیتر به دست آمد. نتیجه مشابهی در خصوص حداقل غلظت کشندگی آنتی بیوتیک آموکسی سیلین بر باکتری های مورد مطالعه بدست آمد و MBC در باکتری های *E. coli* و *P. aeroginosa* بیشتر از باکتری های *B. subtilis* و *S. aureus* بود. در مورد دلیل این تفاوت می توان بیان نمود که باکتری های *E. coli* و *P. aeroginosa* باکتری های گرم منفی بوده و وجود لایه اضافی غشای خارجی در این باکتری ها می تواند باعث کاهش نفوذ آنتی بیوتیک به داخل سلول ها شود. دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت (مانند *B. subtilis* و *S. aureus*) شامل یک لایه ضخیم از پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها است که به آنتی‌بیوتیک‌ها حساس‌تر است. در مقابل، باکتری‌های گرم منفی (مانند *E. coli* و *P. aeruginosa*) دارای دیواره سلولی پیچیده‌تری هستند که شامل لایه بیرونی از لیپوپلی‌ساکاریدها می‌شود و این ساختار می‌تواند اجازه ندهد که آنتی‌بیوتیک‌ها به راحتی به داخل سلول وارد شوند.

نتایج مطالعه حاضر درباره اثر ضد باکتریایی عصاره ها و تاثیر کمتر آنها بر باکتری های گرم منفی با مطالعات پیشین نیز تطابق دارد که بیان نمودند ترکیبات طبیعی گونه های خیار دریایی بر باکتری های گرم منفی *E. coli* و *P. aeruginosa* فعالیت ضد باکتریایی نشان ندادند (Sarhadizadeh et al., 2014; Mokhlesi et al., 2012). در مطالعه خواص ضد باکتریایی عصاره متانولی و آبی خیار دریایی *H. leucospilota* بر باکتری های گرم منفی، عصاره متانولی بر باکتری های *E. coli* و *S. typhi* اثر مهارکنندگی رشد نشان داد اما باکتری *P. aeruginosa* نسبت به عصاره مقاوم بود. همچنین این عصاره تنها بر باکتری گرم منفی *S. typhi* اثر کشندگی نشان داد که احتمالاً به دلیل وجود ساپونین های استروئیدی با فعالیت ضد باکتریایی می باشد (Nazemi et al., 2016). علت وجود این تفاوت ها در نتایج بررسی خواص زیستی مانند اثرات ضد میکروبی در مطالعات مختلف می تواند به دلیل شرایط متنوع اکولوژی، تاثیر فصول مختلف سال و مواجه با آلودگی های مختلف میکروبی باشد که باعث سنتز متابولیت های ثانویه متفاوت و فعالیت خاص آنها می گردد.

باکتری های *B. subtilis* و *S. aureus* به عنوان باکتری های گرم مثبت مورد استفاده در مطالعه حاضر تفاوت چندانی در حساسیت و مقاومت نسبت به عصاره های غیر قطبی، نیمه قطبی و قطبی مورد استفاده نشان ندادند. این باکتری‌های گرم مثبت به دلیل وجود دیواره سلولی ضخیم متشکل از پپتیدوگلیکان و همچنین غشای سیتوپلاسمی، اغلب نسبت به انواع مختلفی از عوامل ضد باکتریایی حساسیت و مقاومت نشان می دهند. تنها تفاوت بین این دو باکتری گرم مثبت این بود که عصاره دی اتیل اتری بر باکتری *B. subtilis* در حداقل غلظت ۳۰۰ میکروگرم در میلی لیتر و بر باکتری *S. aureus* در حداقل غلظت ۵۰۰ میکروگرم در میلی لیتر از رشد ممانعت نمود. دی اتیل اتر ممکن است ترکیبات شیمیایی خاصی داشته باشد که بر روی *B. subtilis* تأثیر بیشتری دارد و باعث می‌شود که از رشد آن در غلظت پایین‌تر (۳۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) جلوگیری کند. به احتمال زیاد، ترکیبات موجود در این عصاره دارای خواص ضد باکتریایی قوی‌تری نسبت به دیواره سلولی *B. subtilis* هستند. همچنین ممکن است این دو باکتری از نظر ساختار و عوامل تشکیل‌دهنده دیواره سلولی مانند پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها و یا مکانیسم‌های حفاظت از خود متفاوت باشند. بر اساس مطالعات پیشین، عصاره خیاردریایی *H. leucospilota* مانع از رشد باکتری های گرم مثبت *B. subtilis* و *S. aureus* شد و تنها بر باکتری *S. aureus* اثر کشندگی نشان داد (Nazemi et al., 2016). نتایج مطالعات نشان می دهد باکتری های گرم مثبت نسبت به ترکیبات طبیعی این موجودات مقاومت کمتری دارند. بالاتر بودن میزان اثر مهارکنندگی رشد عصاره ها بر باکتری های گرم منفی نسبت به گرم مثبت نیز نشان دهنده مقاومت کمتر باکتری های گرم مثبت نسبت به باکتری های گرم منفی می باشد. این گونه می توان استنباط نمود که وجود غشاهای خارجی احاطه کننده دیواره سلولی در باکتری های گرم منفی باعث می شود که این باکتری ها در برابر اثرات ضد میکروبی ترکیبات طبیعی زیستی مقاومت بیشتری از خود بروز دهند.

نتیجه گیری نهایی

در جمع بندی نهایی، نتایج بیانگر خواص ضدمیکروبی بیشتر عصاره ان هگزانی (غیر قطبی) بدن خیار دریایی در مقایسه با عصاره دی اتیل اتری (نیمه قطبی) و متانولی (قطبی) بوده و نشان داد که باکتری های گرم منفی به ویژه *P. aeruginosa* مقاومت بیشتری در مقابل عصاره نسبت به باکتری های گرم مثبت دارند. تحقیقات صورت گرفته در مورد فعالیت های ضد میکروبی عصاره های خیار دریایی نشان می دهد که ترکیبات زیست فعال طبیعی موجود در عصاره استخراج شده، اثر و فعالیت ضد باکتریایی دارند و می توانند کاندیداهای بالقوه ای برای سنتز آنتی بیوتیک زیستی و سایر ترکیبات دارویی باشند. به‌منظور پیشبرد درک علمی و کاربردی از این پتانسیل، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آینده بر روی ترکیبات مؤثر موجود در این عصاره‌ها متمرکز شوند. شناسایی دقیق ترکیبات فعال موجود در عصاره‌های خیار دریایی و استفاده از روش‌های مدرن برای استخراج و تفکیک این ترکیبات و تحقیق در مورد مکانیزم‌های بیوشیمیایی و مولکولی که نحوه تأثیرگذاری این ترکیبات را بر روی میکروارگانیسم‌ها توضیح دهند می‌تواند به گسترش دانش ما در مورد استفاده از خیار دریایی به عنوان منبعی غنی از ترکیبات دارویی کمک کند و امکان توسعه محصولات جدید و مؤثر در حوزه سلامت را فراهم آورد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مجموعه مدیریتی آزمایشگاه های دانشگاه هرمزگان و پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام مطالعه حاضر قدردانی می نمایند.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: مطالعه حاضر با حمایت مالی پایان نامه های دانشگاه هرمزگان و اعتبار پژوهشی نویسندگان انجام شده است.

سهم نویسندگان: زینب بیدشکی: انجام کارهای آزمایشگاهی، فراهم آوردن داده‌ها؛ ایمان سوری نژاد: تجزیه و تحلیل داده‌ها، استاد راهنمای دانشجو، تصحیح و ویرایش نسخه نهایی مقاله؛ ملیکا ناظمی: ارائه طرح پژوهش، نمونه‌برداری، تصحیح و ویرایش نسخه نهایی مقاله.

منابع

Darya, M., Sajjadi, M.M., Yousefzadi, M., Sourinejad, I., Zarei, M. 2020. Antifouling and antibacterial activities of bioactive extracts from different organs of the sea cucumber Holothuria leucospilota. Helgoland Marine Research. 74:4.

Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M. and Wang, B.G., 2006. Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, Polysiphonia urceolata. Food chemistry, 95(1):37-43.

Hal, D. M., Eltamany, E. E., Abdelhameed, R. F. A., Hassanean, H. A., Ibrahim, A. K. (2020). "B: Genus Holothuria an imminent source of diverse chemical entities: A review." Records of Pharmaceutical and Biomedical Sciences 4(2): 46-67.

Mokhlesi A., Saeidnia S., Gohari A.R., Shahverdi A.R., Nasrolahi A., Farahani F., Khoshnood R. and Es'haghi N., 2012. Biological activities of the sea cucumber Holothuria leucospilota. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 7(3): 243-249. (in Persian)

Nazemi, M., Moradi, Y., Gozari, M., Legzaee, F., Karimpour, M. 2016. Investigations of Antibacterial Activity of Methanol and Aqueous Ex-tracts of the Body Wall of Sea Cucumber Holothuria leucospilota on some Human Pathogenic Bacteria. Avicenna J Clin Med., 23 (1) :75-82. (in Persian)

Pangestuti, R., Arifin, Z. (2018). Medicinal and health benefit effects of functional sea cucumbers. Journal of traditional and complementary medicine 8(3): 341-351.

Purcell, S.W., Samyn, Y. and Conand, C., 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, No. 6. Rome.

Rasyid, A., Yasman, Y., Putra, M. Y. (2021). "Current prospects of nutraceutical and pharmaceutical use of sea cucumbers." Pharmacia 68(3): 561-572.

Rozenblat, J.E., 1991, September. Laboratory tests used to guide antimicrobial therapy. In Mayo Clinic Proceedings, 66(9): 942-948.

Salari, Z., Souinezad, I., Nazemi, M., Yousefzadi, M. 2018. Antibacterial activity of Saponin extracted from the sea cucumber (Stichopus hermanni) collected from the Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal, 27 (1) :59-69. (in Persian)

Sarhadizadeh, N., Afkhami, M. and Ehsanpour, M., 2014. Evaluation bioactivity of a sea cucumber, Stichopus hermanni from Persian Gulf. Eur. J. Exp. Biol, 4: 254-258.

Senadheera, T. R. L., Dave, D., Shahidi, F. (2020). Sea cucumber derived type I collagen: A comprehensive review. Marine Drugs 18(9): 471.

Utzeri, V. J., Ribani, A., Bovo, S., Taurisano, V., Calassanzio, M., Baldo, D., Fontanesi, L. (2020). "Microscopic ossicle analyses and the complete mitochondrial genome sequence of Holothuria (Roweothuria) polii (Echinodermata; Holothuroidea) provide new information to support the phylogenetic positioning of this sea cucumber species. Marine genomics 51: 100735.

Xu, C., Zhang, R., Wen, Z. (2018). Bioactive compounds and biological functions of sea cucumbers as potential functional foods. Journal of Functional Foods 49: 73-84.

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume14, Issue4, Winter 2026
Pages: 299-311

The effect of solvent polarity on the antibacterial activity of Holothuria genus extracts

Zainab Bideshki[1], Iman Sourinejad[2*], Melika Nazemi[3]

1- Department of Industry and Environment Biotechnology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3- Persian Gulf and Oman Sea Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institution, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran.

A B S T R A C T

In the present study, 45 sea cucumber samples of the genus Holothuria with an average weight of 275 grams were caught in the winter season from a depth of 5 to 10 meters in the waters of Qeshm Island and extraction was performed using n-hexane (non-polar), diethyl ether (semipolar), and methanol (polar) solvents .The bioactivity of the extracts against Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus subtilis and Staphylococcus aureuss were assessed. The n-hexane extract of Holothuria sp. induced a MIC of 1000 on the gram-negative E. coli and 300 mic/mL on the gram-positive B. subtilis and S. aureus. The MBC of this extract was 2000 µg /mL on E. coli and 1000 µg /mL on B. subtilis and S. aureus. Diethyl ether extract induced a MIC of 300 on the gram-positive B. subtilis and a MIC of 500 on the gram-positive S. aureus. The MBC of thic extract was 1000 µg /mL on B. subtilis and S. aureus. The methanol extract showed an MIC of 2000 µg /mL on the gram-positive B. subtilis and S. aureus. Amoxicilline as a positive control induced MIC and MBC effects on all the bacteria. In conclusion, the results indicated higher antimicrobial properties of n-hexane extract (non-polar) compared with diethyl ether and methanol extracts and revealed that the gram-negative bacteria especially P. aeruginosa were more resistant to the extracts compared with the gram-positive ones.

KEYWORDS: Secondary metabolites, Bioactivity, Extract polarity, Echinoderms.

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received:
2025/12/21
Revised:2026/01/10
Accepted:
2026/02/19

ePublished:
2026/03/06

Extended abstract

* Corresponding Author:
Email address: sourinejad@hormozgan.ac.ir
Tel:
© Published by Tarbiat Modares University
ISSN: 2322-5513

The effect of solvent polarity on the antibacterial activity of *Holothuria* genus extracts

Introduction

The waters of seas and oceans contain a large number of organisms with various bioactive compounds, which can be applied in various fields, including environmental sciences, biomedical research, and industrial applications. There is significant ongoing effort to discover antibacterial and antifungal drugs from secondary metabolites, or bioactive compounds, extracted from marine animals and plants. Under the umbrella of marine biotechnology, there is hope for advancements in the production of new products from marine organisms (Rasyid et al., 2021). The biological characteristics of echinoderms indicate that sea cucumbers contain the highest chemical compounds among this group (Senadheera et al., 2020). Sea cucumbers are of great importance for biomedical studies and the production of bioactive compounds. These organisms are a potential source of high-value-added compounds with therapeutic properties (Pangestuti and Arifin, 2018; Xu et al., 2018). One of the most important families of sea cucumbers is the Holothuriidae family, which consists of five genera, among which the genus Holothuria is the most dominant (Hal et al., 2020; Utzeri et al., 2020). Despite the Persian Gulf and the Sea of Oman having a suitable diversity of various sea cucumber species, there have been fewer studies on the biomedical potential of these species and the production of bioactive compounds. Therefore, the study of the medicinal applications of natural compounds extracted from these organisms is of significant practical importance. The aim of the present study is to investigate the antibacterial properties of hexane, methanol, and diethyl ether extracts of the genus Holothuria and to compare them with commercial antibiotics.

Methodology

A total of 45 sea cucumber specimens with an average weight of 275 g each were caught from a depth of 5 to 10 m off Qeshm Island and transferred to the Laboratory. The specimens were identified to the genus level based on morphological examination and the condition of the spicules (Purcell et al., 2012). The bacteria used in the present study included Bacillus subtilis (gram-positive), Staphylococcus aureuss (gram-positive), Pseudomonas aeruginosa (gram-negative) and Escherichia coli (gram-negative). To determine the minimum inhibitory concentration (MIC) of the n-hexane, methanol and diethyl ether extracts, sterile test tubes were used in triplicate. Each tube contained one milliliter of nutrient broth culture medium with the specified concentration of the extract and one milliliter of the prepared bacterial stock which was diluted using liquid culture medium to obtain a bacterial count of 1.5×106 in the stock. The antibiotic amoxicillin was used as a positive control with similar concentrations of the extract. For the negative control, no extract was added to one of the tubes. All tubes were placed in an incubator at 37°C for 24 hours and their turbidity was checked. The concentration of the consumables in the tubes without turbidity confirms the MIC level. To determine the minimum bactericidal concentration (MBC), 0.1 ml of the tubes in which no turbidity was observed were streaked onto solid culture plates (nutrient agar) to measure the ability of the n-hexane, methanolic and diethyl ether extracts to kill bacteria. The plates were then placed in incubator and the colonies formed were counted (Rozenblat, 1991).

Results

The hexane extract of Holothuria sp. inhibits the growth of Gram-negative bacteria E. coli at a minimum concentration of 1000 µg/mL and Gram-positive bacteria B. cereus and S. aureus at a concentration of 300 µg/mL. The hexane extract has a bactericidal effect on Gram-negative bacteria E. coli and on Gram-positive bacteria B. subtiliss and S. aureus. The diethyl ether extract did not have an inhibitory effect on gram-negative bacteria in the concentration range used. This extract inhibited the growth of the gram-positive bacterium B. subtiliss at a minimum concentration of 300 µg/ml and the gram-positive bacterium S. aureus at a minimum concentration of 500 µg/ml. The diethyl ether extract at a concentration of 1000 µg/ml caused a bactericidal effect on B. subtiliss and S. aureus. The methanol extract did not show a bacteriostatic effect on the gram-negative bacteria E. coli and P. aeruginosa, and inhibited the growth of the gram-positive bacteria B. subtiliss and S. aureus at a concentration of 2000 µg/ml. The methanol extract of Holothuria sp. did not show a bactericidal effect on B. subtiliss and S. aureus. Amoxicillin showed growth inhibitory

effects on all the bacteria studied. The minimum inhibitory concentration was obtained on E. coli and P. aeroginosa at a concentration of 500, on B. subtilis at a concentration of 10, and on S. aureus at a concentration of 50 µg/ml.

Discussion and conclusion

The results of the present study showed that, in comparison with the difference in the type of solvent and consequently the polarity of the extracted secondary metabolites, the n-hexane extract generally had the best antibacterial activity against the bacterial strains used. The reason for the higher activity of the n-hexane extract compared to the diethyl ether and methanol extracts can probably be attributed to the difference in the type of bioactive compounds extracted with these solvents. Since n-hexane is a nonpolar solvent, it is expected that the extraction process with this solvent will lead to the extraction of completely nonpolar compounds and probably most of the pigments, while extraction with diethyl ether separates the nonpolar compounds to the semipolar side and then methanol extracts almost all the remaining polar compounds. Therefore, the high activity of the n-hexane extracts means that the nonpolar compounds present in sea cucumber, which are mainly suitable solvents for extraction of nonpolar solvents such as n-hexane, have high antibacterial activity. The methanol extract of sea cucumber had a weaker growth inhibitory effect compared to the n-hexane and diethyl ether extracts, such that it did not show an antibacterial effect on the gram-negative bacteria E. coli and P. aeroginosa at any of the concentrations used, and it also showed an inhibitory effect on the gram-positive bacteria B. subtiliss and S. aureus at the highest concentration. Also, this extract did not show a lethal effect on any of the gram-negative and gram-positive bacteria. Due to its polarity, methanol extracts a wide range of compounds present in the body of sea cucumber, which may contain impurities and therefore show low biological activity, so the antimicrobial effects of these compounds after purification can be studied more and more accurately. In conclusion, the results indicate that the n-hexane (non-polar) extract of sea cucumber body has greater antimicrobial properties compared to diethyl ether (semipolar) and methanol (polar) extracts, and that gram-negative bacteria, especially P. aeruginosa, are more resistant to the extract than gram-positive bacteria. Research on the antimicrobial activities of sea cucumber extract from Qeshm Island and other studies on sea cucumbers in other regions of the Persian Gulf and the world indicate that the natural bioactive compounds present in the extracted extract have antibacterial effects and activities and can be potential candidates for the synthesis of biological antibiotics and other pharmaceutical compounds.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.