



بررسی خواص ضد میکروبی سیانوباکتری‌های چشمه آب گرم گنو

میترا آرمان^{۱*}، حسین ریاحی^۱، فاطمه حیدری^۱، علی سنبلی^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۲ گروه زیست‌شناسی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۲/۰۹/۲۵

اصلاح: ۹۲/۱۲/۲۰

پذیرش: ۹۳/۰۲/۱۶

سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های سبز-آبی یکی از متنوع‌ترین گروه‌های پروکاریوتی فتوسنتزی گرم منفی هستند که در سرتاسر کره زمین پراکنش دارند. آنها تولیدکننده انواع گوناگونی از متابولیت‌های ثانویه با تأثیرات بیولوژیکی متنوع هستند. در این تحقیق عصاره‌های مختلفی از سیانوباکتری‌های جدا شده از چشمه آب گرم گنو در بندرعباس علیه برخی از باکتری‌های گرم مثبت و منفی و مخمرها به منظور شناسایی فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور عصاره متانولی استخراجی از ۷ سیانوباکتری *Oscillatoria subbrevis*، *O. tenuis*، *O. limentica*، *O. limentica*، *Synechococcus cerdorum*، *Synechocystis aquatilis*، *O. articulate*، *O. angusta* گرم مثبت، سه باکتری گرم منفی و ۲ قارچ مخمری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عصاره متانولی خواص ضد میکروبی قوی علیه باکتری‌های گرم مثبت به ویژه *Bacillus subtilis*، *B. pumilus* دارد و همچنین تأثیرات متوسطی علیه باکتری‌های گرم منفی به ویژه *Escherichia coli* و ضد قارچ به ویژه *S. cerevisiae* دارند.

کلمات کلیدی:

سیانوباکتری

چشمه آب گرم

متابولیت

عصاره

گنو

مقدمه

جلبک‌های سبز-آبی اجتماعی از یوباکترهای گرم منفی می‌باشند که در سراسر جهان پراکنش دارند. این جلبک‌ها منبع غنی از متابولیت‌های فعال بیولوژیک به شمار می‌آیند. مطالعات اخیر وجود ترکیبات فعال زیستی را در جلبک‌های سبز-آبی آب‌های آزاد نشان می‌دهند که بسیاری از آنها دارای فعالیت‌های ضد سرطان، ضد میکروب، ضد قارچ و دیگر مصارف دارویی هستند (Ghasemi et al., 2003).

به طور کلی، جداسازی ترکیبات فعال زیستی از سیانوباکتری‌ها به دو منظور کشف ترکیبات جدید برای کاربردهای دارویی، کشاورزی و زیستی و دیگری یافتن ارتباطات ارگانوسم‌های منفرد با اجتماع طبیعی صورت می‌گیرد که برای هر کدام از این اهداف باید جستجو برای شناسای ارگانوسم‌های جدید ادامه یابد. در سال‌های اخیر استخراج مواد فعال بیولوژیک از ریزجلبک‌ها (میکروالگا) گسترش یافته است. سویه‌های متعددی از سیانوباکترها برای تولید متابولیت‌های درون سلولی و برون سلولی که فعالیت‌های بیولوژیکی متفاوتی مانند خواص ضد جلبکی، ضد باکتری، ضد قارچی و فعالیت‌های ضد ویروسی دارند

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mitraarman2003@yahoo.com

شناخته شده اند. دما و pH محیط کشت، دوره انکوباسیون، ترکیب محیط و شدت نور از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار در تولید عوامل ضد میکروبی توسط این میکروارگانیسم ها می باشد (Hanan *et al.*, 2010).

در یک تخمین کلی تعداد میکروارگانیسم های فتواتوتروف شناخته شده حداقل ۵۰۰۰۰ گونه بوده و بنابراین منبعی از ترکیبات طبیعی متنوع هستند. در صورتی که فقط ۱۰٪ از سیانوباکتری ها جداسازی شده و در محیط آزمایشگاه قابل کشت هستند و فقط حدود ۱۰ گونه از آن ها به مصارف تجاری رسیده اند. این امر نشان دهنده اهمیت شناسایی و کشت سیانوباکتری ها و شناخت روش های استفاده از آن ها در زمینه های مختلف صنعتی و به خصوص مصارف پزشکی می باشد. با افزایش تعداد باکتری ها، قارچ ها و ویروس ها و ایجاد مقاومت به آنتی بیوتیک های تجاری و همچنین ایجاد سویه های جدید از آن ها، سیانوباکتری ها به عنوان منبعی غنی از متابولیت های فعال زیستی و از نظر ساختاری تازه و جدید معرفی می شوند. متابولیت های ثانویه و یا اولیه تولید شده توسط این میکروارگانیسم ها در صنعت داروسازی پتانسیل بسیار بالایی در تولید این ترکیبات فعال زیستی دارند. این متابولیت ها شامل ترکیبات ضد باکتری هستند که با تست های آزمایشگاهی قابل اثبات هستند و بسیاری از بیماری های انسانی را درمان می کنند (Hajimahmoodi *et al.*, 2009).

مواد و روش ها

جمع آوری نمونه ها

به منظور جمع آوری سیانوباکتریهای چشمه آب گرم گنو در راستای جریان آب و در جهت شیب دمایی آب چشمه، ۳ ایستگاه جهت نمونه برداری تعیین شد و از توده های جلبکی موجود در چشمه ها، نمونه برداری صورت پذیرفت. یک بخش به منظور جداسازی و تهیه کشت خالص در یخچال نگهداری گردید و بخش دیگر از توده نمونه برداری شده جهت شناسایی با استفاده از فرمالین ۴٪ تثبیت شد. به این ترتیب که به هر ۵۰۰ میلی لیتر نمونه آب، ۱۲ میلی لیتر فرمالین خالص ۳۷ درصد افزوده شد.

شناسایی سیانوباکتری ها

برای شناسایی جلبک های سبز- آبی موجود در توده های نمونه برداری شده از کلیدهای شناسایی معتبر Desikachary (۱۹۵۹) و Prescott (۱۹۷۰) و نیز جدیدترین مقالات مورفولوژیک مرتبط به این شاخه از جلبک ها استفاده شد. به منظور شناسایی در قدم نخست صفات کلیدی و تعیین کننده مربوط به هر جنس مشخص شد. در مرحله بعد شناسایی بر مبنای این صفات انجام گرفت. از جمله صفات مهم در شناسایی مورفولوژیک نمونه ها می توان به شکل و رنگ کلنی ها، شکل، رنگ و اندازه تالس، طول و عرض تراپکم ها، شکل و اندازه و رنگ سلول های رویشی، هتروسیست ها و اکاینیت ها، بافت، رنگ و تزئینات دیواره های سلولی اکاینیت، شکل سلول های راسی، وجود یا عدم وجود غلاف موسیلاژی اشاره نمود.

خالص سازی و کشت انبوه جلبک ها

به منظور جدا کردن جلبک ها از یکدیگر، روش های مختلفی پیشنهاد گردیده است که از جمله آنها می توان به روش هایی نظیر رقیق کردن و پلیت آگار اشاره کرد (Andersen, 2005). در این مطالعه به منظور خالص سازی جلبک های سبز- آبی از روش کشت های متناوب استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا محیط کشت مناسب تهیه گردید و پس از افزودن آگار و انجام عمل استریل توسط دستگاه اتوکلاو (دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار ۱۵ پوند به مدت ۲۰ دقیقه)، نمونه های جلبکی بر روی محیط کشت جامد استریل منتقل شدند. محیط کشت استفاده شده در این مطالعه محیط کشت BG-11 می باشد، که به دو صورت مایع و محیط کشت جامد، با غلظت ۱/۵ درصد آگار استفاده شد. بعد از رشد کافی جلبک ها در محیط کشت های جامد و واکشت های مجدد درون پلیت های جدید، کلنی های خالص حاصل گردید. در این مطالعه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به عنوان دمای بهینه رشد جلبک های سبز- آبی مورد مطالعه تعیین شد. شدت نور ۲۵۰۰ لوکس با تناوب نوری ۱۲ ساعت نور، ۱۲ ساعت تاریکی و pH معادل ۸ تنظیم شد. به منظور هوادهی محیط کشت مایع از شیکر با دور ۱۵۰ rpm استفاده شد.

محیط کشت مایع جهت مطالعات مورفولوژیک نمونه‌ها در طی سیکل رویشی استفاده گردید. به این ترتیب که کلنی‌های خالص مربوط به هر نمونه در شرایط استریل به درون محیط کشت مایع منتقل شدند. نمونه‌های خالص جلبکی از سطح محیط کشت جامد به ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی محیط کشت BG-11 با pH معادل ۸ منتقل شدند و دهانه ارلن‌ها با پنبه و فویل آلومینیوم استریل مسدود گردید. ارلن‌های کشت ریز جلبک‌ها به قفسه کشت با دمای 25 ± 2 درجه سانتیگراد، تناوب نوری ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی و شدت نوری ۲۵۰۰ لوکس منتقل شدند. هوادهی نمونه‌ها با استفاده از پمپ هوا صورت گرفت.

بررسی اثر ضد میکروبی جلبک‌های سبز - آبی

به منظور بررسی تولید ترکیبات ضد باکتریایی توسط جلبک‌های خالص سازی شده، از ۷ جلبک سبز-آبی خالص شده *Oscillatoria subbrevis*, *O. tenuis*, *O. limnetica*, *O. angusta*, *O. articulate*, *Synechocystis aquatilis* و *S. cerdorum* عصاره متانولی تهیه شد و در برابر ۵ باکتری گرم مثبت، ۳ باکتری گرم منفی و دو گونه قارچی زیر مقدار بازدارندگی رشد و کمترین غلظت بازدارندگی عصاره جلبکی محاسبه گردید.

تعیین قطر هاله عدم رشد با استفاده از روش انتشار روی دیسک (IZ)

برای تعیین اولیه خواص ضد میکروبی عصاره‌ها، اندازه‌گیری هاله‌های عدم رشد با استفاده از روش انتشار روی دیسک انجام شد. غلظت‌های مورد نظر عصاره‌ها روی دیسک‌های کاغذی استریل (قطر ۶ میلی‌متر) ریخته شده و سپس دیسک‌ها روی محیط کشت آگار آلوده به باکتری‌ها قرار داده شدند. قطر هاله‌های عدم رشد بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد تعیین گردید. قطر این هاله‌ها به کمک خط‌کش Hi Antibiotic Zone Scale اندازه‌گیری و نتایج با تعیین میانگین سه بار تکرار محاسبه شدند.

تعیین MIC (حداقل غلظت مهارکنندگی رشد)

برای تعیین حداقل غلظت بازدارنده (MIC) رشد باکتری‌ها توسط عصاره‌ها، از روش Microdilution susceptibility assay استفاده شد. برای این منظور از میکروپلیت‌های ۹۶ چاهکی استفاده شد. این میکروپلیت‌ها دارای ۸ ردیف ۱۲ چاهکی به حجم ۲۵۰ میکرولیتر هستند که می‌توان همزمان ۸ نمونه عصاره را تست MIC گذاشت. در چاهک اول هر ردیف میکروپلیت ۲۰۰ میکرولیتر و در بقیه چاهک‌ها ۱۰۰ میکرولیتر محیط کشت مولر هینتون برات ریخته شد. سپس غلظت مورد نظر از عصاره را در چاهک‌های اول هر ردیف درست کرده و ۱۰۰ میکرولیتر از چاهک اول را برداشته و در چاهک دوم ریخته و بعد از چند بار پر و خالی کردن به منظور مخلوط شدن عصاره با محیط کشت، توسط سمپلر ۱۰۰ میکرولیتر از چاهک دوم برداشته و به چاهک سوم می‌ریزیم. این کار را تا چاهک شماره ۱۱ ادامه می‌دهیم. از محلول استوک تهیه شده از باکتری‌ها با غلظت 1×10^6 CFU (Colony Forming Unit) ۱۰۰ میکرولیتر به تمام میکروپلیت‌ها به استثنای چاهک‌های شماره ۱۱ هر ردیف اضافه شد. چاهک‌های شماره ۱۱ هر ردیف به عنوان شاهد عصاره فقط حاوی محیط کشت و عصاره بود. چاهک‌های شماره ۱۲ هر ردیف به عنوان شاهد باکتری جهت تعیین کدورت باکتری حاوی محیط کشت و باکتری‌ها بود. در مرحله آخر میکروپلیت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. برای تعیین حداقل غلظت بازدارنده رشد، اولین چاهکی که کدورتی نداشته و به عبارت دیگر رشد باکتری در آن مشاهده نمی‌شود به عنوان عدد MIC (میلی گرم بر میلی لیتر) منظور می‌شود.

نتایج

بعد از تهیه عصاره متانولی از جلبک‌های سبز-آبی خالص شده، با روش انتشار دیسک و کمترین غلظت بازدارنده تاثیرات ضد میکروبی آنها مطالعه گردید (جدول ۱).

جدول ۱. فعالیت آنتی میکروبی عصاره متانولی جلبک های سبز - آبی چشمه گنو

	OS.SUB		OS.TEN		OS.LIM		OS.ANG		OS.ARTI		SYN.AQU		SYN.CER	
	IZ	MIC	IZ	MIC	IZ	MIC	IZ	MIC	IZ	MIC	IZ	MIC	IZ	MIC
B.SUB	۱۹	۳/۷۵	۱۷	۳/۷۵	۱۹	۳/۷۵	۱۶	۷/۵	۱۹	۳/۷۵	۲۲	۳/۷۵	۲۰	۳/۷۵
B.PUM	۲۱	۳/۷۵	۲۳	۳/۷۵	۱۹	۳/۷۵	۱۷	۷/۵	۲۰	۳/۷۵	۲۰	۳/۷۵	۱۹	۳/۷۵
E.FAE	۱۶	۱۵	۱۰	۱۵	۱۱	۱۵	۰	-	۱۵	۷/۵	۱۶	۷/۵	۱۴	۷/۵
S.AU	۱۶	۷/۵	۱۱	۱۵	۱۴	۷/۵	۱۲	۱۵	۱۵	۷/۵	۱۷	۳/۷۵	۱۵	۷/۵
S.EP	۲۳	۳/۷۵	۲۰	۳/۷۵	۱۷	۳/۷۵	۱۴	۷/۵	۱۹	۳/۷۵	۲۳	۳/۷۵	۲۲	۳/۷۵
E.coli	۱۴	۷/۵	۱۱	۱۵	۱۴	۱۵	۱۰	۱۵	۱۴	۱۵	۱۷	۷/۵	۱۵	۳/۷۵
P.AER	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-
K.PNE	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-
CAN	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۱۲	۱۵	۰	-
SAC	۱۴	۷/۵	۰	-	۱۰	۱۵	۰	-	۱۲	۱۵	۱۶	۷/۵	۱۴	۷/۵

OS.SUB (*Oscillatoria subbrevis*), OS. TEN (*O. tenuis*), OS.LIM (*O. limnetica*), OS.ANG (*O. angusta*), OS. ARTI (*O. articulate*), SYN. AQU (*Synechocystis aquatilis*), SYN. CER (*Synechococcus cerdorum*). B. SUB (*Bacillus subtilis*), B. PUM (*B. pumulis*), E.FAE (*Enterococcus faecalis*), S.AU (*Staphylococcus aureus*), S.EP (*S.epidermidis*), E. COLI (*Escherichia coli*), P. AER (*Pseudomonas aeruginosa*), K. PNE (*Klebsiella pneumonia*), CAN (*Candida albicans*) and SAC (*Saccharomyces cerevisiae*).

نتایج به دست آمده نشان داد که همه عصاره های سیانوباکتری های تهیه شده اثر بازدارندگی رشد متوسط به بالا در برابر سویه های گرم مثبت *B. subtilis*, *B. pumulis*, *S. epidermidis* دارند. در صورتی که این سوش های باکتریایی در مقابل آنتی بیوتیک ها مقاوم شده اند. نتایج به دست آمده از روش انجام شده در تست نشان می دهد که باکتری گرم مثبت *S. epidermidis* بیشترین حساسیت را در میان ارگانیزم های تست شده دارد، زیرا عصاره متانولی سیانوباکتری ها بیشترین هاله عدم رشد را در مورد این باکتری نشان داد. به طور کلی می توان گفت که باکتری های گرم مثبت حساسیت بیشتری به عصاره سیانوباکتری ها نسبت به باکتری های گرم منفی از خود نشان داده اند. این عصاره های تهیه شده با اثر ضد میکروبی، اغلب در برابر سوش های قارچی مورد مطالعه نیز فعال هستند، اگرچه باید در دوره طولانی تری استفاده گردند.

بحث

جلبک های سبز- آبی از نظر تولید ترکیبات فعال با فعالیت های مختلف زیستی بسیار مورد توجه قرار گرفته اند از جمله این موارد تولید ترکیباتی با فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی توسط این گروه از ارگانیزم ها است. جلبک های سبز- آبی ایران هنوز به طور کامل در زمینه فعالیت های ضد میکروبی مورد مطالعه قرار نگرفته اند و مطالعات کمی در این خصوص انجام شده است. از جمله این مطالعات می توان به بررسی ۱۵۰ نمونه سیانوباکتری جدا شده از مزارع برنج استان های شمالی کشور توسط

Ghasemi و همکاران در سال ۲۰۰۳ اشاره نمود. این محققان گزارش نمودند که ۲۵ نمونه از سیانوباکتری‌های مورد بررسی دارای فعالیت ضد باکتریایی و ۱۳ نمونه دارای فعالیت ضد قارچی می‌باشند. در این مطالعه *Fischerella*, *Stigonema*, *Nostoc* و *Hapalosiphon* دارای بیشترین فعالیت ضد میکروبی بودند.

اما در مورد سیانوباکتری‌های ترموفیل و اثرات ضد میکروبی آن‌ها، Kailash و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که عصاره متانولی تهیه شده از سیانوباکتری ترموفیل جدا شده از چشمه‌های گرم هند در مقابل رشد سوش‌های باکتری و قارچی *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Enterobacter* sp. مورد مطالعه اثر بازدارندگی دارند. در مطالعه انجام گرفته توسط این محققان تنها عصاره متانولی تهیه شده از سیانوباکتری ترموفیل *Mastigocladus laminosus* در برابر باکتری‌های گرم منفی دارای بالاترین اثر بازدارندگی رشد بود. نتیجه گزارش شده در این کار با مطالعات Soltani و همکاران در سال ۲۰۰۷ مبنی بر اثر بازدارندگی عصاره متانولی سیانوباکتری‌ها در مقابل باکتری‌های گرم مثبت مطابقت ندارد. اما Ghasemi و همکاران در سال ۲۰۰۳ عصاره متانولی از سیانوباکتری‌ها را بازدارنده رشد باکتری‌های گرم مثبتی مانند *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus* و همچنین باکتری‌های گرم منفی مانند *shigella sonnei* و *Pseudomonas vulgaris* نشان دادند. این در حالی بود که باکتری گرم منفی *Escherichia coli* تحت تاثیر این عصاره متانولی قرار نمی‌گرفت.

در بررسی‌های انجام شده در تحقیق حاضر نیز به منظور تعیین اثر ضد میکروبی سیانوباکتری‌های جدا شده از چشمه‌های آب گرم در ایران، بازدارندگی رشد عصاره‌های متانولی تهیه شده از سیانوباکتری‌های ترموفیل در برابر سویه‌های باکتریایی و قارچی مورد بررسی بسیار قابل توجه بود. بیشترین اثر بازدارندگی رشد را عصاره متانولی *Oscillatoria subbrevis* در مقابل رشد باکتری گرم مثبت *Staphylococcus epidermidis* نشان داد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که از میان محلول‌های مورد استفاده جهت استخراج ترکیبات فعال با فعالیت‌های ضد میکروبی سیانوباکتری‌ها، عصاره‌های متانولی موثرتر از سایر محلول‌ها عمل می‌کنند. زیرا ترکیبات فعال زیستی سیانوباکتریایی در متانول به صورت طبیعی یعنی بدون تغییر در ساختار آن‌ها و در نتیجه به شکل موثرتری استخراج می‌شوند، و می‌توانند نسبت به سایر عصاره‌های تهیه شده با حلال‌های دیگر بیشترین اثر بازدارندگی رشد را در مقابل سیانوباکتری‌ها داشته باشند (Ghasemi et al., 2003). همه نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر و سایر مطالعاتی که در زمینه بررسی اثر ضد میکروبی سیانوباکتری‌ها به دست آمده نشانگر این مطلب است که فعالیت ضد میکروبی از سیانوباکتری‌ها به نوع گونه سیانوباکتری، نوع محلول استخراجی و همچنین نوع گونه باکتریایی یا همان Strain مورد آزمایش و تست بستگی دارد (Asthana et al., 2006). در بررسی‌های ضد میکروبی، فاکتورهایی مانند دمای انکوباسیون، pH محیط کشت، ترکیبات موجود در محیط کشت، دوره انکوباسیون و شدت نور مورد استفاده می‌توانند بر میزان فعالیت ضد میکروبی عصاره‌های تهیه شده تاثیر گذار باشند (Noaman et al., 2004).

نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر نشان داد که عصاره‌های تهیه شده از سیانوباکتری‌های ترموفیل بیشترین تاثیر بازدارندگی رشد را در مقابل باکتری‌های گرم مثبت نشان می‌دهند. این نتایج با گزارش Soltani و همکاران در سال ۲۰۰۷ مطابق بوده و در مقابل با نتیجه به دست آمده از مطالعه kailash و همکاران در سال ۲۰۱۰ متفاوت می‌باشد. علاوه بر حساسیت باکتری‌های گرم مثبت در مقابل عصاره‌های سیانوباکتری‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر، یک گونه قارچی *Saccharomyces cerevisiae* نسبت به غلظت‌های بالا از عصاره‌های برخی گونه‌های سیانوباکتریایی حساسیت نشان دادند.

با توجه به این نکته که سنتز سموم فعال و موثر توسط سیانوباکتری‌ها یک راهکار و استراتژی دفاعی از سوی آن‌ها در مقابل ارگانسیم‌های دیگری همچون باکتری، قارچ، ویروس و میکرو جلبک‌های یوکاریوت است و همه موجودات یوکاریوت شامل پروتیستا، حیوانات، میکرو جلبک و ماکروفیت‌ها تحت تاثیر میکروسیستین‌ها و نودولارین‌های سیانوباکتریایی حتی تا سطح مولکولی قرار می‌گیرند (Codd, 1995)، لذا مطالعه دقیق‌تر در این زمینه نیاز است تا اطمینان حاصل گردد که این سموم در متابولیسم سایر یوکاریوت‌ها دخالت و تاثیر منفی و مضر ندارند.

گرچه مطالعاتی مانند مطالعه حاضر یک دید کلی و عمومی نسبت به سیانوباکتری‌ها ایجاد کرده و آنها را تولید کننده ترکیبات فعال زیستی معرفی می‌کند، اما در یک جنبه خاص نیز لزوم بررسی و شناسایی سیانوباکتری‌های ترموفیل را به عنوان یک منبع غنی از این مواد نشان می‌دهد که با ادامه این گونه مطالعات در آینده بتوان از این منابع غنی ترکیبات فعال زیستی در بیوتکنولوژی بهره مند گردید.

از آنجایی که فراوان‌ترین سیانوباکتری شناسایی شده در چشمه‌های آب گرم مورد مطالعه، گونه‌های مختلف از جنس *Oscillatoria* می‌باشد، ۵ گونه مختلف از جنس *Oscillatoria* به همراه دو جنس سیانوباکتری تک سلولی مورد ارزیابی‌های ضد میکروبی قرار گرفتند. در نهایت مشاهده شد که همه سیانوباکتری‌های مورد استفاده در برابر باکتری‌های گرم مثبت می‌توانند بازدارنده رشد باشند و تفاوت چشمگیری در بین گونه‌های مختلف دیده نشد.

منابع

- Andersen, R.A. 2005. Algal culturing techniques. Elsevier Academic Press. 589 p.
- Asthana, R.K., Srivastava, A., Singh, A.P., Deepali, Singh, S.P., Nath, G., Srivastava, R. & Srivastava, B.S. 2006. Identification of an antimicrobial entity from the cyanobacterium *Fischerella* sp. isolated from bark of *Azadirachta indica* (Neem) tree. Journal of Applied Phycology. 18:33-39.
- Water Science and Technology. 32:149-156.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 684 pp.
- Ghasemi, Y., Tabatabaei Yazdi., M., Shokravi., S. Soltani., N., Zarrini., G. 2003. Antifungal and antibacterial activity of paddy-fields cyanobacteria from the north of Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran. 14(3): 203- 209.
- Hanan, M., El-Kassas, Y. 2010. Active substance from some blue green algal species used as antimicrobial agents. African Journal of Biotechnology. 9(19): 2789-2800.
- Hajimahmoodi, M., faramarzi, M., Mohammadi, N., Soltani, N., Oveisi, M., Nafissi-Varche, N. 2009. Evaluation of antioxidant properties and total phenolic contents of some strains of microalgae. Journal of Applied Phycology. 22: 43-50.
- Kailash, N., Bhardwaj, S.C., Bahuguna, M. 2010. Screening of Thermophilic cyanobacteria isolated from Tapoban Geothermal field, Uttarakhand Himalaya for the Production of Antibacterial Compounds. Asian Journal Of Experimental Biology. 1(4): 787-791.
- Noaman, N.H., Fattah, A., Khaleafa, M., Zaky, S.H. 2004. Factors affecting antimicrobial activity of *Synechococcus leopoliensis*. Microbiology Research. 159: 395-402.
- Prescott, G.W. 1970. Algae of the western great lake area. W.M.C. Brown company publishers. 977 p.
- Soltani, N., Zarrini, G., Ghasemi, Y., Baftehchi, L. 2007. Characterization of a soil Cyanobacterium *Fischerella* sp. FS 18 under NaCl Stress. Journal of Biological Sciences. 7(6): 931-936.