

تعیین فراوانی باکتری‌های مقاوم به تلوریت و توانایی حذف آن در پساب صنایع استان قم

محمد رضا ذوالفقاری^{۱*}، محبوبه سلیمانی ساسانی^۲

چکیده

زمینه و هدف: تجمع اکسی‌آنیون سمی تلوریت پتاسیم که در اثر فعالیت‌های صنعتی در محیط افزایش یافته است باعث بروز عوارضی همچون تحریک پوست، درماتیتیس، بی‌اشتهایی، لرزش، تهوع، استفراغ، تحریک سیستم عصبی، تشنج و ایست تنفسی در انسان می‌شود. این پژوهش با هدف جداسازی باکتری‌های مقاوم به تلوریت، تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی از رشد (MIC) و بررسی احیای زیستی تلوریت پتاسیم در سویه‌ها انجام شد.

روش بررسی: از ۸۴ سویه مقاوم جدا شده از پساب، MIC تلوریت پتاسیم با روش رقت در آگار سنجیده شد. سویه QW₆Tm با تحمل غلظتی از تلوریت به میزان ۶۶۸۴ μg/ml، به عنوان سویه برتر انتخاب شد. تحمل این میزان تلوریت تاکنون گزارش نشده است.

یافته‌ها: با بررسی صفات بیوشیمیایی، فنوتیپی و فیزیولوژی؛ سویه QW₆Tm به طور اولیه در جنس استافیلوکوکوس قرار گرفت. با استفاده از تکنیک اسپکتروفوتومتریک و معرف DDTC (A_{340nm} & سدیم دی اتیل دی تیوکاربامات تری هیدرات)، بیشترین میزان حذف در مدت ۲۴ ساعت در غلظت ۰/۴ mM تلوریت پتاسیم مشاهده شد. سویه فوق توانایی بالایی در حذف اکسی‌آنیون سمی تلوریت در محدوده وسیعی از عوامل مانند (۵-۱۱) pH، دما (۵۰-۱۵)°C، دورهمزن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ rpm)، تراکم‌های مختلف اکسی‌آنیون (۱ mM-۰/۰۴) و درصد‌های مختلف NaCl (۲۰٪-۰) نشان داد. همچنین این سویه به پنی‌سیلین، سفکسیم، تتراسیکلین، کلرامفنیکل، استرپتومایسین، نئومایسین، اریترومایسین، جنتامایسین، کانامایسین، نورفلوکساسین و سیپروفلوکساسین مقاوم بود.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد سویه QW₆Tm به علت توانایی حذف و احیای بالای تلوریت پتاسیم می‌تواند به عنوان سویه مناسب در پاک‌سازی زیستی در مجامع بین‌المللی مطرح شود.

کلید واژه‌ها: اکسی‌آنیون؛ اسیدتلوروس؛ پاک‌سازی زیستی.

^۱استادیار میکروپشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران.

^۲کارشناس ارشد میکروپشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

محمد رضا ذوالفقاری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:

mreza.zolfaghary@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۴

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:

Zolfaghari MR, Soleimani Sasaki M. Determination of Abundance of Tellurite-resistant Bacteria and the Ability of Remove of them from Qom Province Industrial Wastewater. Qom Univ Med Sci J 2013;7(1):11-17. [Full Text in Persian]

مقدمه

در سالهای اخیر استفاده از اکسی‌آنیون‌های محلول تلوریوم مانند تلوریت در صنایع مختلف از جمله نساجی، رنگرزی، دباغی، آبکاری، عکاسی، تثبیت‌کننده پلیمرها و حشره‌کش‌ها، آلودگی محیطی را بسیار افزایش داده است (۲، ۱). تلوریوم یک عنصر متالوئید است که عملکرد بیولوژیکی ندارد (۳). این عنصر در بدن تبدیل به دی‌متیل تلورید می‌شود که طعمی شبیه سیر داشته و در تنفس و عرق قابل استشمام است (۴). تلوریت (TeO_3^{2-}) فرم بسیار محلول تلوریوم در محیط بوده و برای پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها از جمله پستانداران در غلظت‌هایی کمتر از $1 \mu g/ml$ ($4 \mu m$) بسیار سمی است (۱). در پروکاریوت‌ها سمی بودن تلوریت، نتیجه یک اکسیدانت قوی است، که باعث به هم خوردن ساختار پروتئین‌های باکتری می‌شود. همچنین تلوریت می‌تواند جایگزین گوگرد سلول‌های باکتریایی شده و به آنها آسیب برساند (۵). مشاهدات پزشکی نشان می‌دهد این ماده در یوکاریوت‌ها می‌تواند بر چشم و دستگاه تنفسی تأثیرگذار باشد، و بر کبد و سیستم اعصاب مرکزی نیز تأثیراتی داشته باشد (۶). از علائم مسمومیت با این ماده می‌توان به بی‌اشتهایی، حالت تهوع، استفراغ، درد شکمی، یبوست، سستی سیستم عصبی مرکزی، سردرد، خشکی دهان، تحریک چشم، کاهش بینایی، درد چشمی، لرزش، تشنج و ایست تنفسی اشاره نمود. اختلال خواب و خواب‌آلودگی، آنورکسیا، خستگی، کاهش سطح هوشیاری و سیانوز از دیگر اثرات سیستمی آن بر انسان است (۷-۱۰). تلوریوم و اکسی‌آنیون‌های آن می‌تواند باعث تحریک پوست، خارش و درماتیتیس شوند. همچنین قرار گرفتن در معرض این مواد به مدت طولانی می‌تواند ارگان‌ها را تخریب کند. از دیگر اثرات مزمن این مواد، سمی بودن شدید آنها بر کلیه‌ها، سیستم عصبی و کبد است (۱۱). توقف سنتز آنزیم (Squalene Monooxygenase) نیز از دیگر اثرات قابل توجه این اکسی‌آنیون در انسان است. این آنزیم، مسئول کاتالیز مرحله دوم بیوسنتز کلسترول بوده و با توقف سنتز این آنزیم، غلاف میلین سلول‌های عصبی شوان از بین می‌رود (۱۲). قرارگیری حیوانات آزمایشگاهی در معرض Te، اثرات توکسیک مختلفی مانند فلج قابل برگشت اعضای پشتی در نتیجه دمی‌لیناسیون (Demyelination) عصب سیاتیک و ستون فقرات،

همچنین علائم نورو توکسیک، تخریب چشمگیر حافظه یادگیری و فضایی را نشان داده است (۱۳). مسیر ورود این عنصر و اکسی‌آنیون‌های آن از راههای تنفسی، گوارشی، تماس با پوست و چشم می‌باشد (۱۴). برخی از میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌هایی که قادر به رشد در مجاورت فلزات سنگین هستند می‌توانند نقش مهمی را در پاک‌سازی زیستی (Bioremediation) فلزات سمی مانند تلوریت ایفا کنند. پاک‌سازی زیستی؛ تجزیه یا تغییر شکل مواد آلوده مانند فلزات به مواد بی‌ضرر یا کم‌ضرر می‌باشد که میکروارگانیسم‌ها در این فرآیند نقش مهمی دارند (۱۵). حذف این ترکیبات سمی به وسیله باکتری‌های مختلف به‌عنوان راه حل بیولوژیک، ارزان قیمت است (۱۵). باکتری‌های مقاوم به تلوریت می‌توانند این اکسی‌آنیون سمی را تبدیل به تلوریوم عنصری کرده و در سیتوپلاسم خود به‌صورت کریستال‌های سیاه رنگ رسوب دهند (۱۶). از آنجا که جامعه امروزی به سمت صنعتی شدن پیش می‌رود، و در صورت عدم حذف این مواد از پساب‌ها، زیست‌محیط دچار مشکل خواهد شد، لذا این پژوهش به منظور جداسازی و شناسایی باکتری‌های مقاوم به تلوریت پتاسیم از پساب صنایع مختلف انجام شد که در صورت کاربرد شدن در کاهش این سموم کمک شایان توجهی می‌کند.

روش بررسی

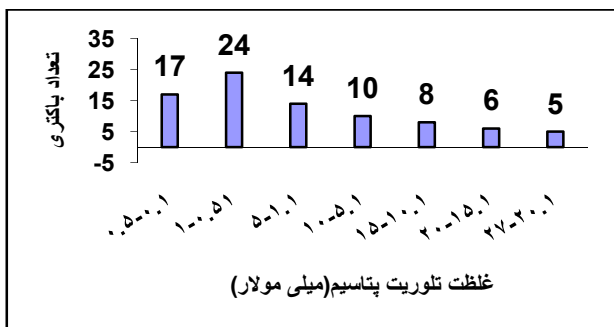
در این پژوهش ۸۴ سویه باکتری مقاوم به تلوریت از پساب صنایع رنگرزی، نساجی، آبکاری و گالوانیزه جدا شد. بیش از ۳۰ نمونه از کارخانجاتی که در پساب آنها به وفور تلوریت پتاسیم یافت می‌شد مانند: نساجی لاله مهرگان، ایران مینوس، گلریز، مینک درخشان، رنگرزی‌های ممتاز و خوشرنگ، پساب آبکاری‌های فولاد، آبکاری کروم توانیر، آبکاری نیکل توانیر، گالوانیزه اسیدی ایران خودرو، گالوانیزه هجرت واقع در استان قم و شهرک صنعتی شکوهیه در فواصل ماه‌های خرداد تا آبان جمع‌آوری شد. سپس در شرایط کاملاً استریل به آزمایشگاه منتقل و مطالعه بر روی آنها انجام گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده از پساب صنعتی به مدت ۷۲ ساعت در ارلن‌های حاوی محیط غنی‌کننده Trypticase Soy Broth در دمای $30^{\circ}C$ و دورشیکر $150 rpm$ گرماگذاری شدند (۱۷). از هر نمونه

در آن کشت داده شده است، بعد از ۲۴ ساعت گرماگذاری، واکنش داده و محلول کلونیدی زردرنگ ایجاد می‌کند. این محلول در طول موج ۳۴۰nm بیشترین جذب را نشان می‌دهد که پس از ترسیم منحنی جذب استاندارد تلوریت، میزان تلوریت باقیمانده در محیط، در حضور غلظت‌های مختلفی از تلوریت پتاسیم اندازه‌گیری می‌شود (۲۱).

در ادامه این پژوهش به علت امکان مقاومت همزمان بین آنتی‌بیوتیک‌ها و یون فلزات سنگین، مقاومت سویه QWTmb₂ نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها در محیط مولر هیتون آگار نیز مورد بررسی قرار گرفت و مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌های آمپی‌سیلین، ریفامپیسین، پنی‌سیلین، کلرامفنیکل، سفکسیم، تتراسیکلین، اریترومیسین، استرپتومایسین، نئومایسین، جنتامایسین، کانامایسین، نوروفلوکساسین و سیپروفلوکساسین در سویه مورد نظر سنجیده شد (۱۹).

یافته‌ها

در این پژوهش ۸۴ باکتری مقاوم به تلوریت از پساب صنایع جدا شد. نمودار شماره ۱ محدوده مقاومت به تلوریت پتاسیم را در این باکتری‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تعداد در محدوده MIC بین ۱-۰/۵۱mM و کمتر از ۰/۵mM می‌باشد؛ یعنی ۴۱٪ باکتری‌های جدا شده غلظت‌های کمتر از ۱mM را تحمل می‌کنند. در این بررسی سویه QWTm₆ جدا شده از پساب رنگرزی ممتاز واقع در جاده اصفهان- قم که میزان مقاومت به تلوریت پتاسیم در آن ۲۶mM بود، انتخاب شد. کریستال‌های عنصری سیاه در داخل سلول باکتری نشانه احیای تلوریت به تلوریوم عنصری بود. این سویه یک کوکسی گرم مثبت بوده که براساس صفات بیوشیمیایی، فنوتیپی و فیزیولوژی در جنس استافیلوکوکوس قرار گرفت (جدول).



نمودار شماره ۱: محدوده مقاومت به تلوریت پتاسیم در تمام سویه‌های مقاوم جدا شده از پساب صنایع استان قم

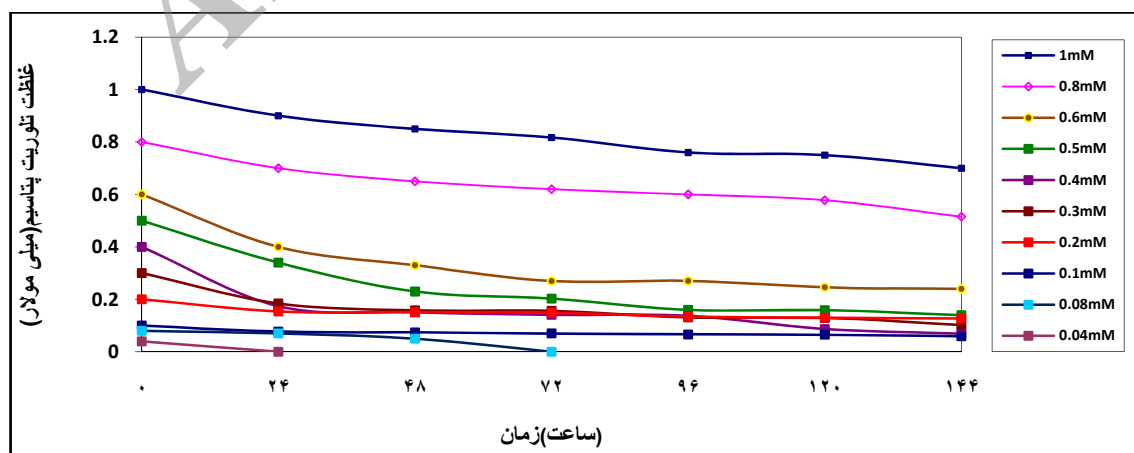
هموژن‌شده، ۱ml در شرایط کاملاً استریل برداشته شد و رقت‌های متوالی ۱۰^{-۶}-۱۰^{-۱} در لوله‌های آزمایش حاوی ۹ml بافر P.B.S (Phosphate Buffer Saline) استریل با pH=۷/۲ تهیه شد. جهت بازیافت جمعیت میکروبی، روش Spread Plate به کار برده شد (۱۸). همچنین جهت تفکیک انواع کلنی‌های به دست آمده در پلیت‌ها از روش خالص‌سازی Streak Plate Method استفاده شد. در این روش از کلنی تشکیل شده بر روی محیط نوترینت آگار برداشت شده و در لوله‌های حاوی ۱ml سرم فیزیولوژی سوسپانسیون شد. در ادامه، یک لوپ از سوسپانسیون به صورت مارپیچ در پلیت کشت داده شد، سپس کلنی‌های به دست آمده جداگانه بر روی پلیت‌های جدید کشت داده شدند (۱۲). پس از مرحله خالص‌سازی، باکتری‌ها به محیط نوترینت آگار دارای میزان ۰/۱mM تلوریت پتاسیم (K₂TeO₃²⁻) انتقال یافتند (۳). پس از شناسایی سویه‌های باکتریایی مقاوم به تلوریت و الگوی مقاومت باکتری‌ها، تعیین MIC با روش رقت در آگار (Agar Dilution Method) در حضور غلظت‌های مختلف تلوریت پتاسیم (۰/۱-۳۰mM) در دمای ۳۴°C با pH=۷/۲ به مدت ۱۰ روز در نظر گرفته شد، و حداقل غلظت تلوریت پتاسیم که مانع رشد باکتری در محیط می‌شد، به عنوان MIC تعیین شد. سپس حداقل غلظت مهارکننده رشد (MIC) برای تلوریت در هر پلیت ۳ بار مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۸). مورفولوژی کلنی بر روی محیط نوترینت آگار در دمای ۳۴°C پس از ۴۸ ساعت قابل مشاهده بود. واکنش گرم، حرکت، شکل و رنگ کلنی، کاتالاز، اوره‌آز، اکسیداز، تولید ملانین از تیروزین، متیل‌رد، وژرپروسکوئر، تولید اندول و احیای نترات در باکتری‌ها مورد سنجش قرار گرفت. هیدرولیز نشاسته، کازئین، اسکولین و ژلاتین نیز تعیین گردید (۱۹). در ادامه، منابع نیتروژنی، منابع کربنی و تولید اسید از کربوهیدرات‌ها در سویه‌ها (۲۰)، و رشد در دماهای ۱۰-۵۰°C در محیط نوترینت برات با pH=۷/۲ بررسی شد. همچنین رشد در محدوده pH نهایی محیط بین ۵-۱۱ در دمای ۳۵°C و تحمل نمک سدیم کلراید در تراکم ۰-۲۰٪ مورد سنجش قرار گرفت (۱۸). به منظور آنالیز کمی تلوریت توسط سلول‌های باکتری، از معرف DDTC استفاده شد. این معرف در pH خنثی با تلوریت احیاناً شده واقع در سوپرناتانت محیط کشت نوترینت برات دارای غلظت ۰/۴mM تلوریت پتاسیم که باکتری

جدول: ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک، متابولیک و بیوشیمیایی سویه منتخب (QWTm₆)

ویژگی	سویه QWTm ₆	ویژگی	سویه QWTm ₆	ویژگی	سویه QWTm ₆
شکل ظاهری	کوکسی	تولید اسید:	مصرف منابع ازتی:	سویه QWTm ₆	ویژگی
واکنش گرم	+	د - گلوکز	ال - لیزین	+	+
شکل کلنی	کروی	د - مانوز	ال - فنیل آلانین	-	-
حاشیه	کامل	لاکتوز	ال - گلیسین	-	+
سطح	محدب	مانیتول	ال - تیروزین	+	+
قوام	کره‌ای	سوکروز	ال - آرژنین	+	+
کدورت	مات	د- فروکتوز	ال - هیستیدین	+	+
تولید رنگدانه	سفید	مانیتول بی‌هوازی	ال - سیترویلین	+	+
قطر کوچکتر از ۵mm	+	گلوکز بی‌هوازی	هیدرولیز:	+	
کاتالاز	+	مصرف منابع کربنی:	ژلاتین	-	-
اکسیداز	-	د - گلوکز	اسکولین	+	-
حرکت	-	د - مانوز	نشاسته	+	-
احیای نیترات به نیتريت	+	لاکتوز	کازئین	+	-
تولید H ₂ S	-	مانیتول	فعالیت آنزیمی:	+	
متیل رد	-	سوکروز	لیزین دکربوکسیلاز	+	-
وژرپر سکوئر	-	د- فروکتوز	اوره آز	+	+
تولید اندول	-	د- گالاکتوز	لسیتیناز	+	-
سیترات	-	تولید ملانین از تیروزین	DNase	-	-
محدوده رشد در NaCl	محدوده دمایی:	محدوده pH:			
۰-۲۰٪	۱۵-۵۰°C	۵-۱۱		+	

است، و در ۲۴ ساعت بیش از ۵۶٪ تلوریت موجود در محیط کشت توسط سویه باکتریایی حذف شده و در طی ۱۲۰ ساعت نیز این میزان به ۷۸/۱۳٪ حذف رسیده است که با افزایش غلظت تلوریت میزان حذف کاهش یافته است (نمودار شماره ۲).

اثر غلظت‌های اولیه ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۸ و ۱mM تلوریت پتاسیم بر میزان حذف تلوریت پتاسیم در سویه QWTm₆ در محیط پایه نوترینت بر اثر نشان داد بیشترین درصد حذف تلوریت در سویه QWTm₆ در غلظت ۰/۴ بوده

نمودار شماره ۲: اثر غلظت‌های اولیه تلوریت پتاسیم بر روی حذف آن در سویه QWTm₆ در محیط پایه

گزارش شده توسط آموزگار در مورد سالینو کوکوس سویه QW6 با MIC 12mM و ۱/۶ برابر باکتری تحمل کننده نمک CHW1 با میزان ۱۶mM (۲۵)، و ۱/۳ برابر سویه برتر جدا شده از جنس *ناترونوباکتریوم* با MIC ۲۰mM در پژوهش Pearion و همکاران در سال ۱۹۹۹ بوده است (۲۶).

در بررسی میزان حذف تلوریت پتاسیم با روش کالریمتریک و استفاده از معرف DDTC، بیشترین میزان حذف و احیای تلوریت در سویه QW6 در غلظت ۰/۴ گزارش شد (۲۱)، و در غلظت‌های بیشتر میزان حذف کاهش یافت. این یافته منطبق با نتایج مطالعاتی بود که توسط Ohtak در سال ۱۹۸۱، Ehrlich و Bopp در سال ۱۹۸۸ انجام گرفت و نشان می‌داد احیای باکتریایی با مقاومت رابطه مستقیم دارد و کاهش میزان حذف اکسی‌آنیون در غلظت‌های بالاتر نیز دلیلی بر سمی بودن بیشتر تلوریت است (۲۷). Horitsu و همکاران در سال ۱۹۸۷ نیز بیان کردند حذف و احیا، فرآیندی آنزیماتیک است که در غلظت‌های بالاتر به علت کاهش شدید فعالیت آنزیماتیک، این میزان بسیار کاهش می‌یابد (۱۲). در این پژوهش میزان مقاومت سویه QW6 به آنتی‌بیوتیک‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر عوامل ضد میکروبی مشکلی رو به افزایش در جامعه امروزی است. مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها مستلزم تغییراتی در ساختار ژنتیکی باکتری‌ها است که می‌تواند توسط موتاسیون‌های ژنتیکی و یا انتقال ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیک بین باکتری‌ها در محیط صورت گیرد (۲۲). از طرف دیگر، بین مقاومت به یون فلزات سنگین و آنتی‌بیوتیک‌ها ارتباط وجود دارد و بسیاری از محققین نیز معتقدند ژن‌های مقاومت به فلزات سنگین و برخی آنتی‌بیوتیک‌ها در فواصل نزدیک، بر روی یک پلاسمید مشترک حمل می‌شوند. بنابراین، احتمال مقاومت همزمان بین آنها وجود دارد (۲۸). به علت شیوع باکتری‌های پاتوژن مقاوم به آنتی‌بیوتیک، بیماری‌های عفونی متفاوتی وجود داشته و درمان آنها هم بسیار مشکل به نظر می‌رسد. لذا، نه تنها نیاز است که دقت بیشتری در آنتی‌بیوتیک مورد استعمال و مؤثر در جامعه صورت گیرد؛ بلکه باید به سایر آنتی‌میکروب‌ها مانند فلزات سنگین موجود در محیط نیز توجه بیشتری شود (۲۹).

در بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی؛ سویه QW6 به آمپی‌سیلین و ریفامپیسین حساس تشخیص داده شد، در حالی که نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های پنی‌سیلین، کلرامفنیکل، سفکسیم، تتراسیکلین، اریترومایسین، استرپتومایسین، نئومایسین، جنتامایسین، کانامایسین، نوروفلوکسازین و سیپروفلوکسازین مقاوم بود.

بحث

امروزه، به علت استفاده از Te در ساخت موادی مانند سرامیک، شیشه، مواد نیمه‌رسانا و کارخانجات رنگرزی، دباغی، صنایع الکترونیک، ترکیبات مختلف این عنصر از جمله اکسی‌آنیون بسیار سمی تلوریت در غلظت‌های بالا در خاک، پساب صنایع و رسوب معادن یافت می‌شود (۴). سمی بودن تلوریت در نتیجه یک اکسیدان قوی است که باعث به هم خوردن ساختار پروتئینی سلول از طریق جایگزین شدن با گوگرد سلول‌های باکتریایی می‌شود (۲۲). به علت افزایش این فلزات در محیط‌های زندگی میکروبی، مکانیزم‌های مختلف مقاومت به این فلزات از جمله انتشار، احیای یون‌های فلزی و یا به کارگیری آنها به عنوان گیرنده‌های نهایی الکترون در تنفس بی‌هوازی وجود دارد (۱). گاهی این اثرات متقابل بین میکروارگانیسم‌ها و فلزات سنگین برای محیط و حفظ سلامتی مهم هستند، به عنوان مثال می‌توان از باکتری‌ها برای پاک‌سازی محیط‌های آلوده به فلزات (Bioremediation) استفاده کرد (۲۳). در این تحقیق سعی گردید با استفاده از میکروارگانیسم‌های بومی منطقه که از پساب صنایع جدا شده بود، به سویه‌هایی دست یافت که ظرفیت بالایی جهت حذف اکسی‌آنیون سمی تلوریت و کاهش عوارض ناشی از آن را داشته باشند. در این راستا در طی آزمایش‌های غربالگری، از ۸۴ سویه مقاوم به تلوریت جدا شده از پساب صنایع، سویه QW6 (کوکسی گرم مثبت جدا شده از پساب رنگرزی ممتاز واقع در استان قم) با میزان MIC تلوریت ۲۶mM (۶۶۸۴µg/ml) مورد توجه واقع شد که نسبت به MIC گزارش شده توسط ذوالفقاری در سال ۱۳۸۷ (۲۲mM) ۱/۱۸ برابر بود (۱۲)، همچنین این میزان ۵/۵-۸ برابر MIC گزارش شده توسط Moore و Kaplan در سال ۱۹۹۴ (۸۰۰-۱۲۰۰µg/ml) در مورد باکتری‌های رودوباکتر *اسفتاروئیدس* و رودوباکتر *کپسولاتوس* (۲۴)، و ۲/۱۵ برابر MIC

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد استافیلوکوکوس QWTm₆ به علت ظرفیت بالای تحمل به اکسی‌آنیون سمی تلوریت می‌تواند کاندیدای مناسبی جهت حذف این اکسی‌آنیون سمی از محیط‌های آلوده معرفی شود. از طرفی، چون این سویه میزان بالایی از تلوریت پتاسیم موجود در پساب‌ها را احیا و حذف می‌کند، لذا در کاهش اثرات جهش‌زایی، سرطان‌زایی و موتاژنیک تلوریت در انسان و سایر اشکال حیات نیز مؤثر است، لذا پیشنهاد می‌شود با بررسی و ردیابی ژن‌های مقاوم در سویه QWTm₆، این ژن‌ها در باکتری‌های بی‌ضرر کلون شده و در پاک‌سازی زیستی مورد استفاده قرار گیرند.

این سویه از بین ۱۳ آنتی‌بیوتیک بررسی شده به ۱۱ آنتی‌بیوتیک مقاوم بوده است که نتایج فوق با مطالعات Pal در سال ۲۰۰۵ همخوانی داشت (۳۰). همچنین در سال ۲۰۰۰ طی پژوهش‌های جداگانه توسط Lawrence McArthur و Alonso، مقاومت همزمان آنتی‌بیوتیک‌ها و فلزات سنگین بررسی شد (۲۲، ۲۸، ۳۱). در نتیجه با توجه به مطالعات انجام شده، محیط‌های آلوده به املاح فلزی می‌توانند نقش بسیار مهمی در بروز، بقا و انتقال مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها در باکتری‌ها داشته باشند (۳۰).

References:

1. Taylor DE. Bacterial Tellurite Resistance. Trends Microbiol 1999;7(3):111-115.
2. Borghese R, Borsetti F, Foladori P, Ziglio G, Zannoni D. Effects of the Metalloid Oxyanion Tellurite (TeO_3^{2-}) on Growth Characteristics of the Phototrophic Bacterium Rhodospirillum rubrum. Appl Environ Microbiol 2004;70(11):6595-6602.
3. Soudi MR, Ghazvini PT, Khajeh K, Gharavi S. Bioprocessing of Seleno-oxyanions and Tellurite in a Novel Bacillus sp. Strain STG-83: A Solution to Removal of Toxic Oxyanions in Presence of Nitrate. J Hazard Mater 2009;165(1-3):71-77.
4. Sandoval JM, Leve`que Philippe, Gallez B, Va`squez Claudio C, Calderon Pedro Buc. Tellurite-Induced Oxidative Stress Leads to Cell Death of Murine Hepatocarcinoma Cells. Biometals 2010;23(4):623-32.
5. Borghese R, Marchett D, Zannoni D. The Highly Toxic Oxyanion Tellurite (TeO_3^{2-}) Enters the Phototrophic Bacterium Rhodospirillum rubrum Via an as Yet Uncharacterized Monocarboxylate Transport System. Arch Microbiol 2008;189(2):93-100.
6. Widy-Tyszkiewicz E, Piechal A, Gajkowska B, Smialek M. Tellurium-Induced Cognitive Deficits in Rats are Related to Neuropathological Changes in the Central Nervous System. Toxicol Lett 2002;131(3):203-214.
7. Venugopal B, Luckey TD. Metal Toxicity in Mammals: Chemical Toxicity of Metals and Metalloids. New York: Plenum Press; 1978. p. 247. (Vol 2)
8. Friberg L, Nordberg GF, Kessler E, Vouk VB, editors. Handbook of the Toxicology of Metals. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier; 1986. p. 537. (Vol 1)
9. Zayed J, Philippe S. Acute Oral and Inhalation Toxicities in Rats with Cadmium Telluride. Int J Toxicol 2009;28(4):259-265.
10. Ryan RP, Terry CE, Leffingwell SS, editors. Toxicology Desk Reference: The Toxic Exposure and Medical. 5th ed. Philadelphia: Taylor & Francis; 2000. p. 1107.
11. Dierks S. Material Safety Data Sheet Potassium Tellurite MSDS. Houston: Texas, Science Lab. Com; 2010. p. 1-5.

12. Zolfaghary, Mohammad Reza, Malekzadeh Feridoon, Amoozegar Mohammad Ali, Razavi Mohammad Reza. The Isolation of an Extremely Double-resistant Bacterium with Specific Application in Bioremediation Against Toxic Oxyanion of Tellurite and Chromate Existing in Industry Wastes: KWT2. *J Env Sci Tech Spring* 2008;10(1):59-73. [Full Text in Persian]
13. Stangherlin EC, Favero AM, Zeni G, Rocha JB, Nogueira CW. Exposure of Mothers to the Suckling Period Changes Behavioural Tendencies in Diphenyl Ditelluride During Their off Spring. *Brain Res Bull* 2006;69(3):311-317.
14. Dreisbach RH. *Handbook of Poisoning*. 12th ed. Norwalk: CT: Appleton and Lange; 1987. p. 239.
15. Leung M. Bioremediation: Techniques for Cleaning up a Mess. *Bio Teach J* 2004;2:18-22.
16. Lloyd-Jones, Wendy M, Williamson WM, Slootweg T. The Te-Assay: A Black and White Method for Environmental Sample Pre-Screening Exploiting Tellurite Reduction. *J Microbiol Methods* 2006;67(3):549-556.
17. Malekzadeh F, Ghorbanzadeh Mashkani S, Ghafourian H, Soudi MR. Biosorption of Tungstate by a *Bacillus* sp. Isolated from Anzali Lagoon. *World J Microb Biotechnol* 2007;23(7):905-910.
18. Amoozegar M, Hamed J, Dadashpour M, Shariatpanahi S. Effect of Salinity on the Tolerance to Toxic Metals and Oxyanions in Native Moderately Halophilic Spore-forming Bacilli. *World J Microbiol Biotechnol* 2005;21(6-7):1237-1243.
19. Smibert RM, Krieg NR, Gerhardt. P, Murray RGE, Wood WA, Krieg NR. Phenotypic Characterization. In: *Methods for General and Molecular Bacteriology*. Washington DC: American Society for Microbiology; 1994. p. 607-654.
20. Ventosa A. *Halophilic Microorganisms*. Berlin: Springer; 2004.
21. Turner RJ, Weiner JH, Taylor DE. Use of Diethyldithiocarbamate for Quantitative Determination of Tellurite Uptake by Bacteria. *Annal Biochem* 1992;204(2):292-295.
22. Alonso G, Gomes C, Gonzalez C, Rodriguez Lemoine V. On the Mechanism of Resistance to Channel-forming Colicines (PacB) and Tellurite, Encoded by Plasmid Mip233 (IncH13). *FEMS Microbiol Lett* 2000;192(2):257-261.
23. Pandey G, Jain RK. Bacterial Chemotaxis Toward Environmental Pollutants: Role in Bioremediation. *Appl Environ Microbiol* 2002;68(12):5789-5795.
24. Moore MD, Kaplan S. Members of the Family Rhodospirillaceae Reduce Heavy Metal Oxyanions to Maintain Redox Poise During Photosynthetic Growth: These Metal-reducing Bacteria May Help to Remediate Environmental Pollution. *ASM News* 1994;60:17-23.
25. Amoozegar MA, Ashengroph M, Malekzadeh F, et al. Isolation and Initial Characterization of the Tellurite Reducing Moderately Halophilic Bacterium, *Salinicoccus* sp. Strain QW6. *Microbiol Res* 2008;163(4):456-465.
26. Pearion CT, Jablonski PE. High Level, Intrinsic Resistance of *Natronococcus Occultus* to Potassium Tellurite. *FEMS Microbiol Letter* 174(1):19-23.
27. Bopp LH, Ehrlich HL. Chromate Resistance and Reduction in *Pseudomonas Floresceve* Strain LB300. *Arch Micribiol* 1988;150(5):426-431.
28. Lawrence JG. Clustering of Antibiotic Resistance Genes: Beyond the Selfish Operon. *ASM News* 2000;66(5):281-286.
29. Spain Anne, Alm Elizabeth. Implications of Microbial Heavy Metal Tolerance in the Environment. *Rev Undergradu Res* 2003;2:1-6.
30. Pal A, Dutta S, Mukheriee PK, Paul AK. Occurrence of Heavy Metal Resistance in Microflora from Serpentine Soil of Andaman. *J Basic Microbiol* 2005;45(3):207-218.
31. McArthur JV, Tuckfield Rc. Spatial Pattern in Antibiotic Resistance Among Stream Bacteria: Effects of Industrial Pollution. *App Environ Microbiol* 2000;66(9):3722-6.