

مطالعه ژن های کد کنندهی مقاومت به کادمیوم و نیکل در سویه های سودوموناس آئروژینوزا جدا شده از فاضلاب تهران

هانیه السادات قائم مقامی^۱، میترا صالحی^{۲*}، نور امیر مظفری ثابت^۳

۱- گروه میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۳- دانشکده ایران، تهران، ایران.

چکیده

سابقه و هدف: فعل و انفعالات میکروارگانیسم ها بر روی فلزات سنگین از مدت ها قبل مطالعه های بسیاری را به خود اختصاص داده است و برای کاربردهایی متفاوتی از جمله، کنترل و حذف فلزات سنگین از فاضلاب ها مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا شناسایی مقاومت باکتری های گوناگون به فلزات سنگین مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است.

از این رو در این پژوهش اثر فلزات سنگین، مشابه کادمیوم و نیکل بر روی باکتری سودوموناس آئروژینوزا (استخراج شده از فاضلاب های سطح تهران) مورد بررسی قرار گرفته و حضور ژن های کد کنندهی مقاوم به این فلزات مشابه *CZR* مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها: در این راستا ۲۴۰ نمونه، از فاضلاب ها و پساب ها جمع آوری شد که از میان آن ها، تنها ۱۰٪ سودوموناس آئروژینوزا، جداسازی و خالص سازی گردید و مقاومت این باکتری، در برابر رقت های مختلفی از نمک فلزات سنگین نیکل و کادمیوم، با اندازه گیری MIC سنجیده شد و مورد بررسی قرار گرفت، هم چنین برای بررسی وجود ژن کد کنندهی مقاوم به فلز سنگین کادمیوم (*CZR*) از PCR کمک گرفته شد. **یافته ها:** نتایج نشان از آن داشت که باکتری سودوموناس آئروژینوزا جدا شده از فاضلاب های سطح تهران نسبت به ۱ mM فلز سنگین نیکل کاملاً مقاوم بوده، اما در مقابل فلز سنگین کادمیوم مقاومتی در رنج $6/9 \mu M$ تا $79 \mu M$ از خود نشان می داد. هم چنین وجود ژن مقاوم به کادمیوم، *CZR* در این باکتری با PCR به اثبات رسید.

بحث: این مطالعه نشان داد که مقاومت گونه های مختلف باکتری سودوموناس آئروژینوزا به فلز سنگین کادمیوم متفاوت است. **نتیجه گیری:** نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که باکتری مورد نظر در مقابل فلز سنگین کادمیوم مقاوم بوده، اما میزان مقاومت آن، به میزان فلز سنگین موجود در محیط زندگی آن، وابسته است.

کلمات کلیدی: سودوموناس آئروژینوزا، فلزات سنگین، کادمیوم، نیکل، PCR، *CZR*

مقدمه

وجود این فلزات در آب و خاک محیط اطراف، مضرات فراوانی هم چون، به خطر افتادن حیات موجودات زنده و قرارگیری در چرخه محیط زیست را با خود به همراه دارد. از آن جایی که انسان ها مصرف کننده های اصلی منابع غذایی هستند لذا پاک سازی این محیط ها (آب، خاک) از وجود فلزات سنگین الزامی است.

استفاده از این میکروارگانیسم ها برای کنترل و از بین بردن فلزات سنگین از فاضلاب ها یکی از کاربردهایی است که مطالعه های زیادی را به خود اختصاص داده است.

از این رو مطالعه های فراوانی در ارتباط با فعل و انفعالات فلزات سنگین بر روی میکروارگانیسم ها صورت گرفته که هر یک از

رسوب فلزات سنگین در بافت آبزیان، گیاهان و جانوران به دلیل

نویسنده مسئول:

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

پست الکترونیکی: mitra_salehi_microbiology@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۵

تست مقاومت، به روش دیسک گذاری شد.

برای این منظور، ابتدا با سوآپ از آب های جمع آوری شده بر روی محیط کشت سیتروماید آگار، کشت انجام داده و در انکوباتور در دمای ۴۲ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت گرماگذاری شد. سپس کلونی هایی که به رنگ سبز-آبی بودند، جداسازی و خالص سازی گردیدند، هم چنین از تست بیوشیمیایی که در جدول ۱ قابل مشاهده است برای تشخیص باکتری سودوموناس آئروژینوزا از میان سایر باکتری ها استفاده شد.

رشد در ۲۴ درجه	آرژینین هیدرولاز	هیدرولیز ژلاتین	OF لاکتوز	OF گلوکز	MR	آمونیفیکاسیون	اکسیداز	کاتالاز	تست بیوشیمیایی
+	+	+	-	+	+	-	+	+	سودوموناس آئروژینوزا

جدول ۱- تست بیوشیمیایی جهت شناسایی باکتری سودوموناس آئروژینوزا

پس از خالص سازی، الگوی حساسیت سویه ها نسبت به فلزات سنگین نیکل و کادمیوم بررسی شد.

برای اندازه گیری مقاومت سویه ها نسبت به فلزات سنگین نیکل و کادمیوم ابتدا رقت های متفاوتی از نمک سولفات نیکل و نترات کادمیوم تهیه شد (جدول ۴).

سپس به میزان ۳۰۰µl از هر یک از رقت های تهیه شده روی دیسک های بلانک ریخته و دیسک ها بر روی پلیت های حاوی محیط کشت سیتروماید آگار که سویه ها به روش متراکم پاساژ داده شده قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۲ درجه سانتی گراد در انکوباتور گرماگذاری شدند.

جهت تعیین MIC، از روش تهیهی رقت در لوله (ماکرو دایلیوشن) استفاده شد، به این صورت که یک لوله شاهد حاوی محیط کشت و باکتری فاقد فلز سنگین در نظر گرفته شد. سپس رقت سریال از فلز سنگین تهیه شد. به هر لوله مقدار معین از باکتری افزوده و درون انکوباتور ۳۷ درجه به مدت ۲۴ ساعت گرماگذاری شد. سرانجام لوله ها با لوله ی شاهد مقایسه و لوله ای که باکتری هیچ گونه رشد قابل مشاهده ای در آن نداشت، رقتش به عنوان MIC در نظر گرفته شد.

سپس با خط کش قطر هاله های عدم رشد را اندازه گیری کرده و به عنوان معیاری از سنجش مقاومت سویه ها به فلزات سنگین سولفات نیکل و نترات کادمیوم مدنظر قرار داده شد.

به دلیل حضور ژن *czf* بر روی پلاسمید باکتری، از کیت پلاسمیدی شرکت ZYMO RESEARCH CORP استفاده شد.

این مطالعه های مباحث مختلفی را مدنظر قرار داده اند، به عنوان نمونه، Laila در سال ۲۰۱۱ به بررسی الگوی مقاومتی باکتری های گرم مثبت و گرم منفی در مقابل فلزات سنگین پرداخته (۷)، Hassen در سال ۱۹۹۸ مقاومت سویه های باکتری سودوموناس آئروژینوزا را در مقابل فلزات سنگین و هم چنین حضور مواد دیگری مشابه اسیدسیتریک سنجیده است. امروزه هدف مطالعه ی بسیاری از محققان بررسی میزان مقاومت باکتری های مختلف، به فلزات سنگین گوناگون استخراج شده از محیط های متفاوت، مشابه فاضلاب صنعتی، محیط های بیمارستانی، آب و خاک است (۱۴-۱).

تحقیقات Sethuraman که توانایی زودون کروم توسط باکتری های *Pseudomonas*، *Bacillus subtilis* و *aeruginosa* را مورد مطالعه قرار داده (۱۵،۱۳) و هم چنین بررسی هایی که در آن توانایی فلزات، در جذب شدن به گیاهان (۸، ۶، ۴) و استفاده از میکروارگانیسم های مقاوم، به عنوان شاخصه ای از شدت سمیت (۲،۱۰) را مورد مطالعه قرار داده اند، بر اهمیت موضوع می افزایند. تاکنون بررسی های فراوانی از این دست بر روی باکتری های مختلف، که از محیط های گوناگون استخراج شده اند، انجام شده، اما در مورد باکتری سودوموناس، بلاخص گونه ی آئروژینوزا که Ceylan هم در پژوهش خود (۱۲) اشاره کرده یکی از بهترین باکتری ها در حذف فلزات سنگین از محیط های آلوده و هم چنین یکی از بهترین کاندیداها برای نمایش دادن کیفیت آب از نظر وجود میکروارگانیسم ها می باشد، بررسی های زیادی صورت نگرفته است.

از این رو تصمیم گرفته شد که مقاومت باکتری سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از پساب های سطح شهر تهران (بررسی فاضلاب شهری، برخلاف کارهای مشابه انجام شده در مورد فاضلاب صنعتی)، نسبت به فلزات سنگینی هم چون نیکل و کادمیوم مورد بررسی قرار داده شود.

تا ضمن بررسی مقاومت باکتری فوق الذکر نسبت به فلز سنگین کادمیوم که یکی از ده فلز سنگین بسیار مضر برای محیط زیست است، ژن کدکننده ی مقاوم به این فلز سنگین در باکتری سودوموناس آئروژینوزا به کمک روش مولکولی (PCR) شناسایی گردد.

روش کار

در این مطالعه از میان ۲۴۰ نمونه ی جمع آوری شده، ۲۴ سویه از سودوموناس آئروژینوزا، از نمونه های محیطی (سطح تهران) جداسازی گردید و برای تعیین مقاومت و یا حساسیت این سویه ها نسبت به فلزات سنگین نیکل و کادمیوم، اقدام به انجام

برای اثبات وجود ژن مقاوم به کادمیوم و نیکل در باکتری سودوموناس آئروژینوزا تکنیک PCR استفاده گردید که پرایمر مورد استفاده در آن دارای توالی های آورده شده در جدول ۲ است (۱۱):

Forward primer (F)	GTG ATC AGC CCG CAG- 5 TTG TC- 3
Reverse primer (R)	TGC CCA GTT CGG ATT- 5 TGA GGA TGA- 3

جدول ۲- توالی پرایمر

پس از استخراج پلاسمی ده های باکتری های سودوموناس آئروژینوزا، به منظور شناسایی ژن مقاوم به کادمیوم به صورت آن چه در جدول ۳ آورده شده عمل شد (۱۱).

number of cycle	Time at temperature	Steps	Process	Num
cycle 1	5min at 95°C	Step1	Denaturation	1
cycle 30	30s at 95°C 30s at 55°C 80s at 72°C	Step2		
cycle 1	10min at 72°C	Step1	Elongation	2

جدول ۳- مراحل طی شده برای شناسایی ژن مقاوم به کادمیوم

با طی مراحل اشاره شده در جدول ۳، ژن مقاوم مورد نظر از DNA پلاسمیدی خارج شده و آماده گردید تا الکتروفورز بر روی آن انجام شود. محصول PCR روی ژل ۱٪ بررسی شد.

یافته ها:

نتایج حاصل از قطر هاله های عدم رشد در حضور کادمیوم در جدول ۴ برای ۱۲ سویه سودوموناس آئروژینوزای ایزوله شده از فاضلاب، آورده شده است و هم چنین اثر میزان دوز فلز سنگین بر روی رشد باکتری نیز مد نظر قرار گرفته است. توجه شود که در مورد فلز سنگین نیکل تا ۱.۵ mM هاله ای تشکیل نگردید.

نیترا ت کادمیوم (mM)	4.8* 10 ⁻³	9.6* 10 ⁻³	19.2* 10 ⁻³	38.4* 10 ⁻³	7.9* 10 ⁻²	0.158	0.24	0.32	0.40	0.47	0.55
قطر هاله (cm)	-	-	۰.۱۸	۱/۶	۲	۲/۶	۳	۳/۶	۴	۴/۲	۴/۷
لاله	-	-	۰.۱۹	۱/۴	۱/۹	۲/۳	۲/۹	۳	۳/۱	۳/۷	۴/۲
معین	-	-	۱	۱/۳	۱/۶	۲	۲/۳	۳/۸	۴/۱	۴/۵	۴/۷
سیمون بولیوار	-	-	-	۱/۱	۱/۷	۲	۲/۴	۲/۷	۲/۹	۳/۲	۳/۵
دریندی	-	-	۱	۱/۳	۱/۶	۱/۸	۲/۱	۲/۴	۲/۵	۲/۸	۳
استخر	-	-	۱/۴	۱/۷	۲	۲/۵	۳/۷	۲/۸	۳	۳/۲	۳/۵
هنگام	-	-	۱/۲	۱/۶	۱/۹	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۲/۹	۳	۳/۲
ورودی دانشگاه	-	-	-	۱/۱	۱/۴	۱/۸	۲/۴	۲/۸	۳/۱	۳/۶	۴
چناح	-	-	-	۱/۵	۱/۷	۱/۳	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۳/۱
کوهسار	-	-	۰.۱۹	۱	۱/۳	۱/۷	۱/۲	۲/۶	۲/۷	۳/۱	۳/۲
گیشا	-	-	۱/۱	۱/۵	۱/۹	۲/۴	۲/۶	۲/۷	۲/۹	۳/۲	۳/۴
بلوار صبا	-	-	۱/۲	۱/۵	۱/۸	۲/۱	۲/۵	۲/۷	۲/۹	۳/۱	۳/۴
فرجام	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۴- قطر هاله های تشکیل شده در محیط کشت متناسب با غلظت های متفاوت نیترا ت کادمیوم

یک نمونه از نتایج به دست آمده ناشی از، عدم رشد باکتری سودوموناس آئروژینوزا در مقابل کادمیوم، که به صورت هاله ای (ناحیه ای که باکتری در آن رشد نکرده است)، قابل رؤیت می باشد، در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- قطر هاله ای عدم رشد باکتری سودوموناس آئروژینوزا (۲.۶ سانتی متر) در مقابل ۰.۴ میلی مول فلز سنگین کادمیوم

از نتایج به دست آمده و عدم تشکیل هاله تا رقت مشخصی (که از جدول ۴ قابل مشاهده است)، در هر یک از نمونه های استخراج شده از موقعیت های مختلف قابل دریافت است که، مقاومت باکتری های سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از فاضلاب های سطح تهران نسبت به کادمیوم، در رنج ۶/۹ μM تا ۷۹ μM قرار دارد.

کنترل مثبت و نتایج ناشی از PCR برخی از نمونه های حاوی ژن *CZR* در شکل ۲ قابل مشاهده است.

انتظار می رود میزان کادمیوم در آن ناچیز و در نتیجه مقاومت باکتری به فلز کادمیوم پایین باشد، که این نکته از نتایج به دست آمده در مطالعه‌ی حاضر نیز قابل اثبات است.

نکته‌ی دیگر رنج مقاومتی به دست آمده برای باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از فاضلاب‌های سطح تهران، که $6/9 - 79 \mu\text{M}$ است می‌باشد.

این رنج نشان از آن دارد که مقاومت برخی از باکتری‌ها در یک موقعیت نسبت به برخی که در موقعیت دیگری قرار دارند (در مطالعه‌ی حاضر)، در مقابل کادمیوم بیش تر است.

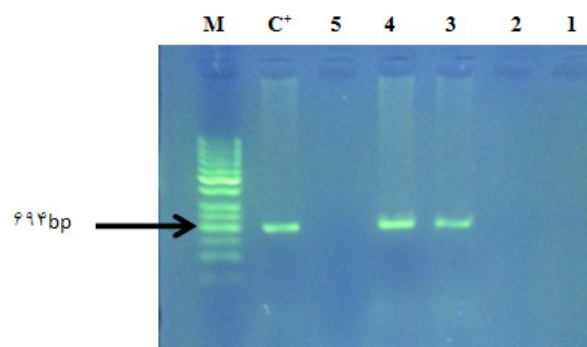
در توضیح این موضوع می توان به دو اثر اشاره نمود، ۱- متفاوت بودن گونه‌ی سودوموناس آئروژینوزا و ۲- متفاوت بودن میزان کادمیوم در محیط زندگی باکتری‌های استخراج شده از نقاط مختلف شهر تهران.

در توضیح علت اول می‌بایست متذکر شد، که در مطالعه‌ی انجام شده، تنها باکتری سودوموناس آئروژینوزا از میان سایر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی با انجام تست‌های بیوشیمیایی جدا گردید و گونه‌های مختلف باکتری سودوموناس آئروژینوزا از یکدیگر متمایز نگردیدند، بنابراین در مطالعه‌ی حاضر می تواند انواع گونه‌های باکتری سودوموناس آئروژینوزا شرکت داشته باشند. از طرفی متفاوت بودن رنج مقاومت گونه‌های مختلف یک باکتری مشابه سودوموناس آئروژینوزا $\text{CMG}103$ تا $\text{CMG}107$ از نتایج Hassan قابل دریافت است (۹)، به عنوان نمونه $\text{CMG}106$ ، 2 mM بوده، در حالی که $\text{CMG}101$ برابر $5/1 \text{ mM}$ می‌باشد.

بنابراین یکی از علت‌های به دست آمدن مقاومت مختلف برای باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از مکان‌های مختلف در مطالعه‌ی حاضر، می تواند متفاوت بودن گونه‌های آن ها نسبت به یکدیگر باشد.

اما این نمی تواند تنها دلیل این موضوع باشد، زیرا همان گونه که در فوق اشاره گردید، حتی مقاومت باکتری‌های یکسان نیز (از نظر نوع و گونه، مشابه باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا با گونه‌های یکسان، نسبت به یکدیگر) که در محیط‌هایی با میزان فلز سنگین متفاوت زندگی می کنند، می تواند نسبت به یکدیگر متفاوت باشد. بنابراین شاید علت متفاوت به دست آمدن مقاومت باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از مکان‌های مختلف شهر تهران، متفاوت بودن میزان فراوانی فلز کادمیوم در محیط زندگی آن ها بوده باشد.

در بخش یافته‌ها اشاره گردید که 100% باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از موقعیت‌های مختلف شهر تهران، در ازای حداقل غلظت $1/5 \text{ mM}$ کادمیوم از خود مقاومت نشان



شکل ۲- کنترل مثبت همراه جواب PCR دو تا از نمونه‌های حاوی ژن *CZR* (در چاهک ۳ و ۴، نمونه‌های سودوموناس آئروژینوزا، چاهک ۶، کنترل مثبت و چاهک ۷، مارکر)

قابل ذکر است که سویه‌های باکتری سودوموناس آئروژینوزای استخراج شده از فاضلاب‌های سطح تهران تا غلظت $1/5 \text{ mM}$ در مقابل فلز نیکل از خود مقاومت نشان دادند.

بحث

از جمله نتایج استخراج شده می توان به حساسیت بیش تر سویه‌های سودوموناس آئروژینوزا در مطالعه‌ی حاضر، نسبت به محققان دیگر نظیر Hassan (۹) و Raja (۳) اشاره نمود، در بررسی Hassan، مقاومت گونه‌های مختلف باکتری سودوموناس آئروژینوزا (مشابه $\text{CMG}103$ تا $\text{CMG}107$) به کادمیوم، در رنج $1-2 \text{ mM}$ گزارش شده و در کار Raja نیز این مقاومت در رنج $4-7 \text{ mM}$ به دست آمده است. قابل مشاهده است که در هر دو بررسی رنج مقاومت باکتری سودوموناس آئروژینوزا با رنج به دست آمده در مطالعه‌ی حاضر بسیار فاصله دارد، البته ناگفته نماند که نتایج Hassan و Raja نیز با یکدیگر متفاوت است. Raja در بررسی‌های خود بیان کرده چنانچه میزان فلز سنگینی در محیط زندگی باکتری زیاد باشد، مقاومت آن باکتری نسبت به آن فلز سنگین افزایش می‌یابد، به عبارت دیگر میزان مقاومت یک باکتری به فلز سنگین مشخصی می تواند تابعی از میزان آن فلز سنگین در محیط زندگی باکتری باشد (۳).

بنابراین اگر به بررسی صورت گرفته توسط Hassan مراجعه شود علت بالاتر بودن مقاومت به دست آمده برای باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا در مطالعه‌ی حاضر انجام گرفته توسط او کاملاً مشخص خواهد شد، زیرا باکتری‌های تحت بررسی در کار او از یک رودخانه‌ای در پاکستان جمع‌آوری شده‌اند، که آب این رودخانه در حالت عادی حاوی مقدار زیادی کادمیوم است.

در بررسی Raja نیز نمونه‌ها از فاضلاب‌های صنعتی استخراج شده‌اند، که احتمال وجود فلز سنگین در آن ها بالا است.

اما در مطالعه‌ی حاضر باکتری سودوموناس آئروژینوزا از فاضلاب‌های سطح تهران استخراج شده‌اند، که در حالت عادی

قابل ذکر است که اکثر کارهایی که تاکنون بر روی بررسی مقاومت باکتری سودوموناس آئروژینوزا در مقابل نیکل انجام شده تنها مقاومت داشتن این باکتری به فلز سنگین نیکل را، با بررسی رشد و یا عدم رشد باکتری در حضور این فلز مورد مطالعه قرار داده‌اند و تنها، در منبع (۵) اشاره شده که احتمالاً مقاومت باکتری سودوموناس آئروژینوزا به نیکل بواسطه حضور ژن های مقاوم بر روی کروموزوم می‌باشد، از این رو بررسی‌های خود را از محتوای پلاسمیدی به کروموزوم برای یافتن توالی به منظور انجام PCR تغییر داده، اما باز هم منبعی که بواسطه‌ی آن بتوان توالی برای یکی از ژن های کدکننده‌ی مقاوم به نیکل در سودوموناس آئروژینوزا یافت، پیدا نگردید.

یادآوری این نکته ضروری است که نکات بیان شده تنها در مورد سودوموناس آئروژینوزا اعتبار دارد و در مورد باکتری‌های دیگر مشابه *Basillus* و *Alculigene* و حتی سودوموناس از نوع *Riboflavia* نیز مقاومت به نیکل با انجام PCR بررسی گردیده است (۱)، که مقاومت آن ها به ترتیب ۵mM، ۱۰mM و ۱۰mM به دست آمده است.

نتیجه گیری

در پژوهش انجام شده که بررسی ژن های کدکننده‌ی مقاوم به فلزات سنگین کادمیوم و نیکل می‌باشد، مقاومت باکتری سودوموناس آئروژینوزا به فلز سنگین کادمیوم با حضور ژن *CZ1* در این باکتری به اثبات رسید.

سپاسگزاری

در انتها تشکر می کنم از سرکار خانم دکتر میترا صالحی و جناب آقای دکتر نور امیر مظفری ثابت بابت راهنمایی‌های ارزشمندشان در راستای انجام پژوهش.

منابع

1. Abou-Shanab R. van Berkum P. Angle J. Heavy metal resistance and genotypic analysis of metal resistance genes in gram-positive and gram negative bacteria present in Ni-rich serpentine soil and in the rhizosphere of *Alyssum murale*. *Chemosphere*, 2007; 68: 360-367.
2. Doelman P. Jansen E. Michels M. Van Til M. Effects of heavy metals in soil on microbial diversity and activity as shown by the sensitivity-resistance index, an ecologically relevant parameter. *Biol. Fertil. Soil*, 1994; 17: 177- 184.
3. Edward Raja C. Selvam G.S. Kiyoshi Omine. Isolation, Identification and Characterization of heavy methal resistant bacteria from sewage. *Int. J. Sym Geo. Preven Geoenviron. asia*, 2009; 205-211.
4. Holm P. Christensen T. Tjell J. McGrath S. Heavy metals in the environment. Speciation of cadmium and zinc with application to soil solutions. *J. Environ. Qual*, 1995; 24: 183-190.
5. Hassen A. Saidi N. Cherif M. Boudabous A. Effects of heavy metals on *Pseudomonas aeruginosa* and *bacillus thuringiensis*. *Bioresour. thechnol*, 1998; 65:73-82.
6. Lun X. & Christensen T. Cadmium complexation by solid waste leachates. *Water Rex*, 1989;. 23: 81-84.
7. Laila M, Wagdy K. Thanaa H. Karima F. Heavy Metal Resistance and Gene Expression Analysis of Metal Resistance Genes in Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria Present in Egyptian Soils. *J Appl Sci Environ Sani*, 2011; 6 (2): 201-211.
8. Mullen M. Wolf D. Ferris F. Beveridge T. Flemming C. Bailey G. Bacterial sorption of heavy metals *Appl. Environ. Microbial*, 1989; 55: 3143-3149.
9. Mah-e-Talat H. Daniel V. Dirk S. Ute R. Nuzhat A. Identification of a gene cluster, *czr*, involved in cadmium and zinc resistance in *Pseudomonas aeruginosa* . *Gene*, 1999; 238: 417-425.
10. Olson B. Thornton I. The resistance patterns to metals of bacterial populations in contaminated land. *J. Soil Sci*, 1982; 33: 271-277.
11. Olasumbo L. Mary D. Resistance Determinants of *Pseudomonas Species* from Aquaculture in Australia. *J Aquac Res Dev*, 2012; 3: 1-6.
12. CEYLAN O. Uğur A. Bio-Monitoring of Heavy Metal Resistance in *Pseudomonas* and *Pseudomonas* Related Genus. *J. BIOL. ENVIRON SCI*, 2012; 6(18): 233-242.
13. Rohit M. Sheela S. Uptake of zinc in *Pseudomonas* sp. strain UDG26. *Appl. Environ. Microbial*, 1994; 60: 2367-2370.
14. Raafat M. Enzi A. Alaa H. Charrakh A. Heavy Metal Resistant Bacteria: *Pseudomonas aeruginosa* as a model. Babylon University, Iraq. *Lap LAMB Academ*, 2013.
15. Sethuraman P. Balasubramanian N. Removal of Cr(VI) from aqueous solution using *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterobacter cloacae*. *Int. J. Eng Sci Technol*, 2010; 2(6): 1811-1825.