

# تعیین سازگاری نسبت به فلزات سنگین در باکتری‌های مقاوم جدا شده از پساب صنعتی

آرزو طهمورث‌پور<sup>۱</sup>      روحا کسری کرمانشاهی<sup>۲</sup>

(دریافت ۸۵/۳/۳۰ پذیرش ۸۵/۱۱/۷)

## چکیده

در این تحقیق، باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین از چند نمونه پساب صنعتی، جدا سازی گردید و سازگاری آنها نسبت به غلظت‌های بالاتر از MIC (حداقل غلظت ممانعت کننده از رشد) تعیین شد تا با بررسی‌های لازم بتوان در آینده از این باکتری‌ها برای تصفیه بیولوژیکی استفاده نمود. به همین منظور دو نوع پساب انتخاب شده و میزان فلزات سنگین آنها، درصد باکتری‌های مقاوم به فلزات و سازگاری باکتری‌های جدا شده از هر فلز از طریق رشد بر غلظت‌های بالاتر از MIC همان فلز در مدت طولانی انکوباسیون، تعیین گردید. بر اساس نتایج حاصله از بین باکتری‌های جداسازی شده بالاترین درصد مقاومت در بین باکتری‌های مقاوم به روی و پایین‌ترین درصد مقاومت مربوط به باکتری‌های مقاوم به فلز مس می‌باشد. از نظر سازگاری نیز بالاترین درصد سازگاری در بین باکتری‌های مقاوم به روی در غلظت‌های ۱۶ و ۲۴ میلی‌مول بر لیتر (۸۰ درصد) و پس از آن به ترتیب مس در غلظت ۴ میلی‌مول بر لیتر (۴۰ درصد)، کادمیوم در غلظت‌های ۱۲ و ۱۶ میلی‌مول بر لیتر (۳۰ درصد) و سرب (صفر درصد) می‌باشد. در مقایسه با تحقیقات گذشته باکتری‌های مقاوم جداسازی شده در این تحقیق از مقاومت بسیار بالا و همچنین از قدرت سازگاری بالاتری برخوردار هستند.

**واژه‌های کلیدی:** سازگاری، مقاومت میکروبی به فلز سنگین، پساب صنعتی، باکتری.

## Adaptability of Bacterial Isolates to Heavy Metals in Industrial Wastewater

*Arezoo Tahmourespour<sup>1</sup>*

*Rooha Kasra Kermanshahi<sup>2</sup>*

(Received June 20, 2006    Accepted Jan. 27, 2007)

### Abstract

In this research, heavy metal resistant microorganisms were isolated from several industrial wastewater samples in order to determine their adaptability to metal concentrations higher than MIC. Investigation of these isolates may be used in future wastewater biological treatment processes. For this purpose, two industrial wastewaters were selected and their heavy metal contents, percentage of resistant bacteria, and adaptability of bacteria isolated from each metal to concentrations higher than MIC were determined through cultures on the same metal in each case over long periods of incubation. Our findings indicated that the highest resistance belonged to the Zinc-resistant microorganisms while the lowest belonged to copper-resistant ones. Also, the zinc-resistant bacteria showed the highest adaptability at zinc concentrations of 16 and 24 mM/L (80%) followed by copper-resistant bacteria at metal concentrations of 4 mM/L (40%), Cd-resistant bacteria at 12 and 16 mM/L (30%), and finally Pb-resistant ones (around 0%). Compared to results from previous studies, the resistant isolates in the present study showed higher resistance and adaptability.

**Keywords:** Adaptability, Heavy Metal Resistant Bacteria, Industrial Wastewater, Bacteria.

1-PhD Student and Instructor, Khorasgan Campus, Islamic Azad University, atahmoures@khuisf.ac.ir  
2-Professor of Microbiology, Isfahan University

۱- دانشجوی دوره دکترا- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان،  
atahmoures@khuisf.ac.ir  
۲- استاد گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان

ارگانسیم‌ها در شرایط نامناسب رشد می‌باشند. در طی دو دهه گذشته سه مکانیسم عمده که باکتری‌ها توسط آن، بیان سیستم‌های ژنی وابسته به تنش را کنترل می‌کنند، شناسایی شده است. این مکانیسم‌ها عبارت‌اند از تغییر در توپولوژی DNA - فعال‌سازی سیستم‌های دو جزئی و تغییر عملکرد اختصاصی RNA پلیمراز.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- نمونه برداری

چند نمونه پساب از کارخانه‌های صنعتی تولید الیاف مصنوعی جمع‌آوری و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد. غلظت فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی Buck scientific تعیین گردید.

### ۲-۲- جداسازی میکروب‌های مقاوم به فلزات

برای جداسازی میکروب‌های مقاوم به فلزات از دو روش کشت بر سطح پلیت<sup>۲</sup> و رپلیکا پلیتینگ<sup>۳</sup> استفاده شده است. در روش کشت سطحی بعد از تهیه محیط کشت PHG II استریل، زمانی که حرارت محیط به ۵۵ درجه سانتی‌گراد رسید، محلول فلزی با غلظت مناسب به محیط کشت افزوده می‌شود. بعد از تهیه محیط‌های کشت با غلظتهای متفاوت فلزات، ۱ میلی‌لیتر از رقت‌های مختلف پساب (۱/۱، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی‌لیتر) را با پیپت استریل در سطح محیط کشت حاوی فلز ریخته و با میله شیشه‌ای سرکیج بر سطح پلیت پخش می‌گردد و در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۷ روز انکوبه می‌گردد. تعداد کلونی‌های مقاوم بر اساس رقت و تعداد کلونی‌ها و حجم نمونه محاسبه می‌شود [۲، ۳، ۶، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. برای همه باکتری‌های جداسازی شده به این دو روش بعد از رنگ‌آمیزی گرم، تست‌های بیوشیمیایی مربوطه انجام و جنس باکتری و گونه احتمالی آن مشخص گردید.

### ۲-۳- تعیین حداقل غلظت ممانعت‌کننده از رشد فلزات سنگین

(MIC) حداقل غلظت ممانعت‌کننده از رشد به عنوان استاندارد مطلوب برای تعیین حساسیت میکروارگانسیم‌ها به مواد ضد میکروبی در نظر گرفته شده است. به همین دلیل بر دیگر تست‌های تعیین حساسیت ارجحیت دارد. در این تحقیق برای تعیین MIC ابتدا پلیت‌های حاوی PHG II با غلظتهای مختلف فلزات تهیه گردید. به طوری که هر پلیت حاوی یک غلظت و یک فلز بود. سپس کلونی‌های مقاوم به صورت شعاعی بر سطح پلیت کشت داده شد [۸]. نهایتاً پلیت‌ها

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی هستند که طی عملکردهایی نظیر استخراج معادن، ورود پسابهای کارخانه‌های صنعتی از جمله کارخانه‌های رنگ و رزین، نساجی، صمغ و دباغی به محیط زیست وارد می‌گردند و باعث آلودگی اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند. به دلیل گسترش روزافزون صنایع و توسعه شهرها، ورود این فلزات به محیط زیست نیز افزایش یافته است و به همین جهت روز به روز بر اهمیت کنترل آلودگی محیط زیست افزوده می‌گردد. به دلیل عدم کارآیی و صرفه اقتصادی، روش‌های فیزیکی و شیمیایی که برای حذف یون‌های فلزی از پساب‌ها طراحی شده‌اند عملاً غیرقابل استفاده هستند [۱، ۲، ۳، ۴ و ۵]. شناسایی میکروارگانسیم‌های مقاوم به فلزات نقش مهمی را در رابطه با آلودگی محیط و نهایتاً تیمار این محیط‌ها ایفا می‌کنند. با توجه به سطوح غلظت بسیار بالای برخی از فلزات در پساب‌ها و به طور کلی در محیط‌های آلوده به فلز، باکتری‌ها مکانیسم‌های مقاومتی را ایجاد می‌کنند که منجر به انتخاب گونه‌های مقاوم با توانایی تحمل سمیت فلزی می‌شوند. معمولاً این میکروارگانسیم‌ها در نتیجه تماس با محیط‌های آلوده به فلز ظاهر می‌شوند که محیط‌های آلوده به طور اتفاقی می‌توانند باعث انتخاب همزمان فاکتورهای مقاومت با تحول و دگرگونی در ساختار ژنتیکی باکتری یا تغییر در عملکرد باکتری شوند. برحسب میزان آلودگی ممکن است ظرفیت پلاسمیدی یا ساختار سلولی آنها تغییر یابد تا آنجا که قدرت تحمل غلظتهای بالاتر ترکیبات سمی را نیز داشته باشند و به عبارت دیگر با غلظتهای بالاتر نیز سازگاری پیدا کنند. از طرف دیگر باکتری‌های مقاوم قادرند با انتقال عناصر ژنتیکی به سویه‌های دیگر سبب گسترش مقاومت گردند [۴ و ۶].

هدف از این تحقیق پس از جداسازی باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین و تعیین درصد مقاومت آنها به فلزات، تعیین سازگاری باکتری‌های مقاوم به غلظتهای بالاتر از MIC<sup>۱</sup> (حداقل غلظت ممانعت‌کننده از رشد) بوده است.

به طور کلی سازگاری، تغییر در یک ارگانسیم یا جمعیتی از ارگانسیم هاست که به واسطه آن با شرایط محیطی موجود سازگارتر می‌شود. سازگاری ژنتیکی معمولاً شامل جهش و انتخاب است. جهش یافته‌هایی که از لحاظ ژنتیکی با شرایط موجود سازگارتر باشند باقی مانده و تکثیر می‌شوند. سازگاری همچنین ممکن است شامل تغییر در فعالیت متابولیک مثل القا و یا ممانعت آنزیمی باشد. سازگاری رفتاری نیز ممکن است شامل تغییراتی در پاسخهای تاکتیکی باشد [۷]. موقعیتهای سازگاری، بیشتر به منظور زنده ماندن

<sup>2</sup> Spread Plate Method

<sup>3</sup> Replica Plating

<sup>1</sup> Minimum Inhibitory Concentration

$n$  = تعداد سويه سازگار در غلظت خاص فلز  
 $N$  = تعداد كل سويه مقاوم نسبت به همان فلز

### ۳- نتایج

نتایج این تحقیق در چند بخش ارائه می‌گردد. بخش اول مربوط به میزان فلزات سنگین در پسابهای مورد مطالعه می‌باشد که بیشترین غلظت فلزی مربوط به فلز روی سپس به ترتیب مربوط به سرب، کادمیوم و مس بود (شکل ۱). همچنین در جدول ۱، سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پسابهای مورد مطالعه آورده شده است. بخش دوم به تعیین مقاومت باکتری‌های جداسازی شده نسبت به هر فلز و درصد مقاومت این باکتری‌ها به هر کدام از فلزات می‌پردازد. سپس حداقل غلظت ممانعت‌کننده از رشد باکتری‌های مقاوم مشخص شد به عنوان مثال مطابق جدول ۲، تعداد ۱۰ سويه نسبت به فلز کادمیوم مقاوم بودند که MIC هفت سويه برابر ۸، دو سويه برابر ۱۲ و یک سويه برابر ۱۶ تعیین شد که به ترتیب ۲۰، ۷۰ و ۱۰ درصد سويه‌های مقاوم را تشکیل می‌دادند. جدولهای ۳ تا ۵ مربوط به تعیین سازگاری در باکتری‌های مقاوم می‌باشد باکتری‌های مقاوم جداسازی شده که سازگاری با غلظتهای بالاتر از MIC را نشان نداده‌اند از این جدولها حذف شده. در جدول ۶ تعداد سويه‌های سازگار و درصد سازگاری بین باکتری‌های مقاوم به هر فلز آورده شده است که مطابق این جدول بالاترین درصد سازگاری (۸۰ درصد) به باکتری‌های مقاوم به فلزی روی مربوط می‌شود که سازگاری در این تحقیق به معنای توانایی رشد در غلظتهای بالاتر از MIC و در مدت طولانی انکوباسیون در نظر گرفته شده است.

به مدت ۲ روز در ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از طی زمان لازم، پلیت‌ها بررسی شده و بر اساس حداقل غلظتی که از رشد باکتری‌ها ممانعت کرده، MIC تعیین گردید. برای تعیین MIC در این تحقیق از غلظتهای ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴ و ۳۲ میلی‌مول بر لیتر هر کدام از فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس استفاده گردید و درصد سويه‌های مقاوم به هر فلز در MIC مربوطه به طریق زیر تعیین گردید

$$\frac{n}{N} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن:

$n$  = تعداد سويه دارای MIC برابر X نسبت به هر فلز

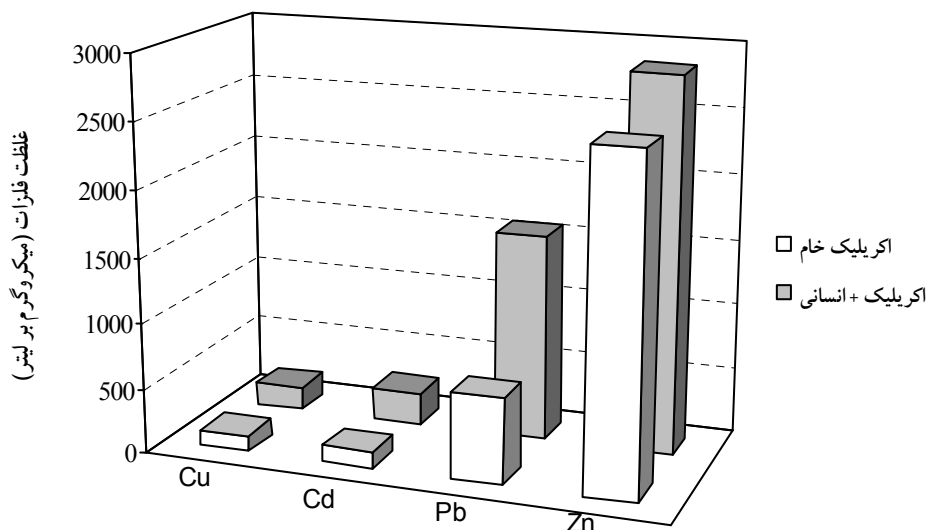
$N$  = تعداد كل سويه‌های مقاوم نسبت به همان فلز

### ۲-۴- تعیین سازگاری در باکتری‌های مقاوم

پس از تعیین MIC، باکتری‌های رشد یافته در بالاترین غلظت هر فلز را انتخاب کرده و بر غلظتهای بالاتر از MIC کشت داده در انکوباتور ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۵ روز قرار داده شد. همچنین پلیت‌های مرحله قبل که در آن غلظت میکروبی رشد نکرده بود به مدت طولانی (یک هفته تا ۱۰ روز) در انکوباتور باقی ماند. رشد در این پلیت‌ها و بعد از مدت زمان لازم نشان دهنده سازگاری نسبت به غلظتهای بالاتر از MIC می‌باشد. درصد سازگاری هم به روش زیر تعیین شد

$$\frac{n}{N} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن:



شکل ۱- مقایسه میزان فلزات سنگین موجود در پسابهای مورد مطالعه

جدول ۱- برخی از خواص شیمیایی و بیولوژیکی پساب های مورد مطالعه

EC (ds/m)	pH	TOC (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	خواص پساب
					نوع پساب
۲/۲	۶/۸	۱۱۹/۸۶	۷۶۷/۷۶	۲۸۴/۱	۱-اکریلیک+انسانی
۲/۲	۶/۵	۴۶۰	۱۷۶۷/۶۷	۶۵۴/۰۴	۲-اکریلیک خام

جدول ۲- MIC انتخابی فلزات در باکتری های مقاوم به فلزات در هر دو پساب

تعداد کل	۲۴	۱۶	۱۲	۸	۴	۲	۱	غلظت فلز (میلی مول بر لیتر)	نام فلز
۱۰	-	۱	۲	۷				تعداد سویه	
۱۰۰	-	(۱۰)	(۲۰)	(۷۰)				درصد سویه های جدا شده	Cd
۱۴	-	-	-	۱۴				تعداد سویه	
۱۰۰				(۱۰۰)				درصد سویه های جدا شده	Pb
۲۰	۳	۵	۱۰	۲				تعداد سویه	
۱۰۰	(۱۵)	(۲۵)	(۵۰)	(۱۰)				درصد سویه های جدا شده	Zn
۱۰	-	-	-	-	۳	۶	۱	تعداد سویه	
۱۰۰					(۳۰)	(۶۰)	(۱۰)	درصد سویه های جدا شده	Cu

جدول ۳- تعیین سازگاری باکتری های مقاوم به کادمیوم در غلظت های بالاتر از MIC

نوع پساب	نوع باکتری	نام باکتری	غلظت کادمیوم		
			۸	۱۲	۱۶
تولید	تولید	باسیلوس اسفریکوس ۱	MIC	<sup>a</sup> +	-
تولید	عدم رشد	باسیلوس اسفریکوس ۲	MIC	-	-
تولید	تولید	باسیلوس مگاتریوم ۱	+	MIC	<sup>b</sup> +
تولید	تولید	باسیلوس مگاتریوم ۲	+	+	MIC
عدم رشد	تولید	باسیلوس ساتیلیس	+	MIC	<sup>b</sup> +

توضیح علائم: +: رشد در غلظت MIC - : عدم رشد، عدم سازگاری

a: رشد بعد از یک هفته (به عنوان سازگاری با غلظت بیش از MIC)

b: رشد پس از انتقال به غلظت بالاتر (به عنوان سازگاری با غلظت بیش از MIC)

جدول ۴- تعیین سازگاری باکتری‌های مقاوم به مس در غلظت‌های بالاتر از MIC

نوع پساب	نوع باکتری	غلظت مس (mM/L)		
		۱	۲	۴
تسار ۱	باسیل گرم منفی	MIC	MIC	+ <sup>a</sup>
	کلبسیلا پنومونیه	MIC	+ <sup>a</sup>	-
تسار ۲	باسیل گرم منفی	MIC	MIC	+ <sup>a</sup>
	کوکسی گرم مثبت	MIC	MIC	+ <sup>a</sup>

توضیح علائم: +: رشد -: عدم رشد

a: رشد پس از یک هفته (به عنوان سازگاری در نظر گرفته شده است).

جدول ۵- تعیین سازگاری باکتری‌های مقاوم به روی در غلظت‌های بالاتر از MIC

نوع پساب	نوع باکتری	غلظت روی (mM/L)		
		۱۲	۱۶	۲۴
تسار ۱	باسیل گرم منفی	MIC	+ <sup>b</sup>	+ <sup>a</sup>
		MIC	+ <sup>b</sup>	-
	MIC	+ <sup>a</sup>	-	
	MIC	+ <sup>b</sup>	-	
تسار ۱	باسیل بدون اسپور	کورینه باکتریوم ویتارومن ۱	MIC	MIC
	کورینه باکتریوم ویتارومن ۲	+ MIC <sup>ab</sup>	-	
تسار ۲	باسیل گرم مثبت	MIC	+ <sup>b</sup>	+ <sup>c</sup>
		MIC	+ <sup>b</sup>	+ <sup>c</sup>
	MIC	+ <sup>ab</sup>	+ <sup>c</sup>	
	MIC		+ <sup>c</sup>	
تسار ۲	باسیل بدون اسپور	کورینه باکتریوم ویتارومن ۱	MIC	+ <sup>c</sup>
		کورینه باکتریوم ویتارومن ۲	+ <sup>ab</sup>	-
	باسیل اسپوردار	باسیلوس مگاتریوم ۱	MIC	+ <sup>ab</sup>
		باسیلوس مگاتریوم ۲	MIC	-
		باسیلوس مگاتریوم ۳	MIC	-
	کوکسی	انتروکوکوس فکالیس ۱	MIC	+ <sup>ab</sup>
		انتروکوکوس فکالیس ۲	MIC	+ <sup>c</sup>
		استافیلوکوکوس اورئوس ۱	MIC	+ <sup>b</sup>
استافیلوکوکوس اورئوس ۲	MIC	+ <sup>b</sup>		

توضیح علائم: به علائم جدول ۳ مراجعه شود. c: رشد بعد از دو هفته سازگاری

جدول ۶- تعداد سویه های سازگار و درصد سازگاری بین باکتری های مقاوم به هر فلز

نوع فلز	غلظت (mM)	۱	۲	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۴	۳۲	تعداد کل
Cd	تعداد سویه سازگار	-	-	-	-	۱	۲	-	-	۱۰
	درصد سازگاری	-	-	-	-	۱۰٪	۲۰٪	-	-	۳۰٪
Pb	تعداد سویه سازگار	-	-	-	MIC	-	-	-	-	۱۴
	درصد سازگاری	-	-	-	-	-	-	-	-	۰٪
Zn	تعداد سویه سازگار	-	-	-	-	۷	۹	-	-	۲۰
	درصد سازگاری	-	-	-	-	۳۵٪	۴۵٪	-	-	۸۰٪
Cu	تعداد سویه سازگار	-	۱	۳	-	-	-	-	-	۱۰
	درصد سازگاری	-	۱۰٪	۳۰٪	-	-	-	-	-	۴۰٪

#### ۴- بحث

حضور فلزات سنگین با ایجاد مقاومت در محیط ارتباط دارد به طوری که میکروارگانیسم‌ها در حضور فلزات مکانیسم‌های مقاومتی را ایجاد می‌کنند که منجر به انتخاب همزمان گونه‌های مقاوم با قابلیت تحمل فلزی می‌گردد [۶]. میزان فلزات سرب و کادمیوم در پسابهای مورد مطالعه در این تحقیق و نتایج دیگر محققان بیش از استانداردهای بین‌المللی (سرب: حداکثر ۰/۲ و کادمیوم حداکثر ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر) گزارش شده است [۴].

بر اساس نتایج ملک‌زاده و همکاران و ورما و همکاران سویه‌هایی که از رشد آنها با غلظت ۱ میلی‌مول بر لیتر کادمیوم، سرب، روی و مس ممانعت نشده بود به عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند [۳ و ۶]. در این تحقیق بالاترین درصد مقاومت میکروبی و بالاترین درصد سازگاری در بین میکروب‌های مقاوم (۸۰ درصد)، در باکتری‌های مقاوم به روی دیده شد. به طوری که صبری و همکاران، MIC فلز روی برای باکتری‌های مقاوم جداسازی شده از آبهای منطقه اسکندریه مصر را ۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌مول بر لیتر [۴] و تیتزل و همکاران<sup>۱</sup> تا ۴ میلی‌مول بر لیتر عنوان کردند [۱۰] ولی MIC در بین باکتری‌های مقاوم به روی جدا شده در این تحقیق ۸ تا ۲۴ میلی‌مول بر لیتر و بالاترین غلظتی که سازگاری در آن مشاهده شد ۲۴ میلی‌مول بر لیتر بود. در نتیجه باکتری‌های جداسازی شده در این پژوهش از مقاومت و قدرت سازگاری بسیار بالایی برخوردار هستند که به غلظت بالاتر فلز روی نسبت به دیگر فلزات مربوط می‌گردد.

بعد از روی، بالاترین درصد مقاومت میکروبی در بین باکتری‌های مقاوم به سرب دیده شده ولی این باکتری‌ها قدرت

<sup>۱</sup> Teitzel et al.

سازگار شدن با غلظتهای بالاتر از MIC (MIC برای فلز سرب ۸ میلی‌مول بر لیتر بود) را نداشتند. با این وجود این باکتری‌ها در مقایسه با نتایج توکلی (۶۰ درصد باکتری‌های جدا شده، MIC بین ۴ تا ۸ میلی‌مولار برای فلز سرب داشته اند) از مقاومت خوب و مناسبی برخوردارند [۱].

در مرحله بعدی باکتری‌های مقاوم به کادمیوم قرار گرفتند که MIC آنها بین ۸ تا ۱۶ میلی‌مولار بود و حدود ۳۰ درصد باکتری‌های مقاوم به کادمیوم نیز قادر به سازگاری با غلظتهای ۱۲ میلی‌مولار کادمیوم بودند. در تحقیقات کومار و همکاران<sup>۲</sup> این میزان MIC بین ۳ تا ۱۰ میلی‌مولار بود [۱۲] و در تحقیقات فیلالی و همکاران<sup>۳</sup> تا ۴ میلی‌مول بر لیتر بوده است [۲].

پایین‌ترین میزان مقاومت میکروبی در بین باکتری‌های مقاوم به مس دیده شد با MIC بین ۲ تا ۴ میلی‌مولار و حدود ۴۰ درصد باکتری‌های مقاوم به مس نیز قادر به سازش با غلظتهای بالاتر از MIC خود بودند. در تحقیقات کومار، MIC فلز مس ۵ تا ۱۰ میلی‌مولار و در تحقیق تیتزل تا ۲ میلی‌مول بر لیتر گزارش شده است [۱۰ و ۱۲] پایین بودن نسبی مقاومت و سازگاری در بین باکتری‌های مقاوم به مس به دلیل جزئی بودن فلز مس نسبت به دیگر فلزات در این پسابها می‌باشد.

#### ۵- نتیجه گیری

باکتری‌های جداسازی شده در این تحقیق از مقاومت بالایی نسبت به فلزات سنگین برخوردارند. همچنین برخی از آنها قادر به سازش با غلظتهای بالاتر از MIC می‌باشند. چنین سازگاری و مقاومتی به

<sup>۲</sup> Kumar et al.

<sup>۳</sup> Fillali et al.

دلیل زیست در محیطهای دارای فلز می باشد؛ به طوری که حضور فلزات سنگین به عنوان یک عامل انتخابی عمل کرده و باعث حذف باکتری های حساس به فلز و رشد و افزایش باکتری های مقاوم شده

است. با بررسیها و مطالعه های بیشتر باکتری های مقاوم به فلز می توان از همین باکتری ها در تصفیه زیستی پسابها و کاهش COD آنها استفاده نمود.

## ۶- مراجع

۱- توکلی، آ. (۱۳۷۸). "جداسازی و شناسایی میکروارگانیسم های مقاوم به برخی از کاتیون ها، آنیون ها و آنتی بیوتیک ها."

پایان نامه کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم.

- 2- Fillali, B.K., Taoufik, J., Dzairi, F.Z., Talbi, M., and Blaghen, M. (2000). "Wastewater bacterial isolates resistant to heavy metals and antibiotics." *Curr. Microbio.*, 41, 151-156.
- 3- Malekzadeh, F., Farazmand, A., Ghaforian, H., Shahamat, M., and Levin, M. (1996). "Accumulation of heavy metals by a bacterium isolated from electroplating effluent." *Proc., Biotechnology Risk Assessment Symposium, Canada*, 388-398.
- 4- Sabry, S.A., Ghozian, H. A., and Abou-zeid, D.M. (1997). "Metal tolerance and antibiotic resistance patterns of a bacterial population isolated from sea water." *J. Appl. Microb.*, 82, 245-252.
- 5- Spain, A., and Alm, E. (2003). "Implication of microbial heavy metal tolerance in the environment." *Reviews in Undergraduate Research*, 2, 1-6.
- 6- Verma, T., Srinath, T., Gadpayle, R.U., Ramteke, P.W., and Hans, R.K. (2001). "Chromate tolerant bacteria isolated from tannery effluent." *Bioresource Tech.*, 78, 31-35.
- 7- Singleton, P., and Sainsbury, D. (1995). *Dictionary of microbiology and molecular biology*, 2<sup>nd</sup> Ed., Vol. 1, John Wiley, New York.
- 8- Hassen, A., Saidi, N., Cherif, M., and Boudabous, A. (1998). "Resistance of environmental bacteria to heavy metals." *Bioresource tech.*, 64, 7-15.
- 9- Karbasizadeh, V., Badami, N., and Emtiazi, G. (2003). "Antimicrobial heavy metal resistance and plasmid profile of coliforms isolated from nosocomial infections in a hospital in Isfahan, Iran, African." *J. Biotech.*, 2 (10), 379-383.
- 10- Teitzel, G.M., and Parsek, M.R. (2003). "Heavy metal resistance of biofilm and planktonic *Pseudomonas aeruginosa*." *Appl. Env. Micro.*, 69(4), 2313-2320.
- 11- Ybarra, G. R., and Webb, R. (1999). "Effects of divalent metal cations and resistance mechanisms of the *Cyanobacterium synechococcus* sp. Strain PCC7942." *J. of Hazardous substance research*, 2, 1-9.
- 12- Choudhury, P., and Kumar, R. (1996). "Association of metal tolerance with multiple antibiotics resistance of entropathogenic organisms isolated from coastal region of deltatic sunderbans." *Indian J. Med.Res.*, 104, 148-151.