زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس
دوره 6، شماره 1، بهار و تابستان 1394

بررسی سینتیک و ایزوترم جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله قارچ *ساکارومیسس کارلزبرژنزیس*

سلمان احمدی‌اسب چین
دانشیار، میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر

بابلسر، کد پستی 47416-95447
sahmadyas@yahoo.fr
(دریافت مقاله: 93/3/19 پذیرش مقاله: 94/3/26)

چکیده- فلزات سمی باعث آلودگی پساب بیمارستان‌ها و کارخانه‌ها می‌شوند. لذا حذف آنها از محیط زیست لازم است. مخمر *Saccharomyces carlsbergensis PTCC 5051* از سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران به‌صورت لیوفیلیزه دریافت شده و در محیط YEDPA کشت داده شده و آنگاه برای تکثیر از مالت اکسترکت براث استفاده شد. در این تحقیق ،اثرات پارامترهایی مانند: اسیدیته، دما، سینتیک و ایزوترم جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله ساکارومیسس بررسی شد. بیشترین میزان جذب نیکل در اسیدیته حدود 5/5، و روی در حدود 6 بود. بررسی سینتیکی نشان داد که جذب زیستی نیکل و روی به سرعت توسط بیومس *ساکارومیسس* انجام گرفت و عمده حذف در کمتر از 30 دقیقه اول آزمایش صورت گرفت. بررسی جذب نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس* فعال و غیر فعال نشان داده است، بیشتر جذب به‌وسیله حالت فعال مخمر صورت گرفته است. میزان جذب نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس* غیر فعال شده به‌وسیله اتوکلاو و،سدیم آزید و دی نیترو فنل بررسی شده است. بیشینه میزان جذب نیکل و روی به ترتیب 0/65 و 0/47 میلی مول بر گرم می‌باشد. حذف فلزات سمی و سنگین از پساب بیمارستان‌ها به‌وسیله قارچ *ساکارومیسس* با کارایی بالاصورت می‌گیرد.

کلیدواژگان: *ساکارومیسس کارلزبرژنزیس*، جذب زیستی، نیکل، روی.

1- مقدمه

فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی باعث آزاد شدن فلزات سنگین و سمی در محیط می‌شوند. این فلزات سنگین که وزن مخصوص آنها به بیش از 3 تا 5 گرم بر سانتی‌متر می‌رسد، حیات اکوسیستم‌ها و سلامتی انسان را به خطر می‌اندازند. این عناصر در پوسته زمین وجود دارند و با استخراج معادن و فعالیت‌های صنعتی انسان به سطح انتقال می‌یابند. به طور طبیعی فلزات سنگین به دلیل محلول بودن در آب وارد اکوسیستم‌های آبی شده و سبب تخریب این اکوسیستم‌ها می‌شوند. به علاوه با راه یافتن به زنجیره‌های غذایی، باعث تهدید سلامت انسان و سایر جانداران می‌شوند [1].

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]

برخی از فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیم، نیکل و کروم حتی در مقدار کم هم می‌توانند سمی باشند. وجود این عناصر سنگین در آب آشامیدنی باعث می‌شود که سلامتی جانداران زیستی به خطر بیفتد. اگرچه شکل‌های غیرآلی این فلزات سنگین نیز سمی‌اند، اما شکل‌های آلی این فلزات سمی‌ترند [2]. بنابراین تصفیه و حذف آلودگی فلزات سنگین قبل از اینکه به منابع آبی تخلیه شوند لازم و ضروری است. بعضی روش‌ها برای حذف فلزات سنگینی که توسط صنایع و سایر منابع دیگر در محیط آزاد می‌شوند چندان اقتصادی و موثر نیست، اما جذب زیستی، فرایندی مطلوب و مساعد به دلیل هزینه کم و عملکرد خوب برای حذف فلزات سنگین می‌باشد، در این پدیده توانایی مواد زیستی مانند جلبک‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمرها و اسفنج‌ها برای حذف فلزات سنگین از سیستم‌های آبی و صنعتی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد [3].

روش حذف بیولوژیکی که توسط جرم بیولوژیکی صورت می‌گیرد، به دو روش انجام می‌شود. وقتی که فلزات سنگین روی جرم بیولوژیکی زنده و غیر زنده باند می شود، بدون اینکه ضرری برای جرم بیولوژیکی داشته باشند، جذب بیولوژیکی نامیده می‌شود. از طرفی دیگر حذف فلزات سنگین در مدت زمان تماس طولانی جرم بیولوژیکی زنده با محلول فلزی که از طریق داخل سلولی صورت گیرد، تجمع بیولوژیکی[1] نامیده می شود [4-6].

در جاذب‌های بیولوژیکی تمام یون‌های فلزی قبل از دسترسی به غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم باید از میان دیواره سلولی بگذرند که خود این دیواره سلولی حاوی پلی ساکارید و پروتئین‌های مختلفی بوده و لذا سایت‌های فعال باید قابلیت باند کردن یون فلزات را داشته باشند [7]. فرایند جذب در باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نیز متفاوت است چرا که دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی از دیواره سلولی گرم مثبت‌ها نازکتر بوده و لذا لینک‌های عرضی محکمی ندارند، اما غشای بیرونی متشکل از لیپوپلی ساکارید[2]، فسفولیپید و پروتئین دارند. در حالی که دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت با داشتن گلیکو پروتئین بیشتر در سطح خارجی خود نسبت به باکتری‌های گرم منفی پتانسیل جذب بیشتری برای جذب بیولوژیکی فلزات سنگین از جمله نیکل و روی داشته که این مسأله باعث بروز اختلاف در ظرفیت جدید آنها شده است [۸،۹].

هدف از این تحقیق استفاده از مخمر *ساکارومیسس کارلزبرژنزیس* فعال و غیر فعال برای جذب فلز روی و نیکل است. ایزوترم و سینتیک جذب دو فلز روی و نیکل مورد مطالعه قرار گرفته است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- بیومس قارچی

برای انجام این تحقیق از سلول‌های مخمر *ساکارومیسس کارلزبرژنزیس*[3] که از سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران بصورت لیوفیلیزه خریداری شد، استفاده گردید. این مخمر درپلیت‌های حاوی محیط اختصاصی[4] کشت داده شد و در انکوباتور با دمای 28 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت گرمخانه گذاری گردید. ویژگی‌های کلنی این مخمر به قرار زیر بود: کلنی‌ها به‌صورت محدب، دارای سطح صاف، کناره کامل، کدر، مات یا براق، با قوام کره‌ای و به رنگ کرم بودند. سلول‌های مخمر در زیر میکروسکوپ بیضی شکل با جوانه‌ای چندقطبی مشاهده گردید.

برای افزایش تعداد مخمرها از محیط مالت اکسترکت براث استفاده گردید و چند کلنی با لوپ استریل داخل این محیط تلقیح و در انکوباتور شیکردار با دمای 28

1. Accumulation

2. Lipopolysaccharides (LPS)
3. *Saccharomyces carlsbergensis PTCC 5051*
4. Yeast Extract Peptone Dextrose Agar (YEPDA)

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]

درجه سانتی‌گراد و دور 150 rpm به مدت 4 روز گرمخانه گذاری شد. برای تهیه فلزهای مورد نظر از نمک‌های، کلرید نیکل $NiCl_2.6H_2O$ و کلرید روی $ZnCl_2$ شرکت مرک استفاده گردید. برای آماده‌سازی بیومس ارلن‌های 250 میلی‌لیتری که حاوی 100 میلی‌لیتر محیط کشت براث بودند و در دمای 28 درجه سانتی‌گراد به مدت 4 روز داخل انکوباتور شیکردار با دور 150 rpm قرار گرفته بودند به مدت 10 دقیقه با دور 4000 rpm و دمای 4 درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ کرده سپس فاز روئی را دور ریخته و مقدار 0/5 گرم از رسوب مخمر به عنوان بیومس استفاده شد. برای آنالیز نمونه‌های محلول حاوی فلز روی و نیکل قبل و بعد از تماس با مخمر از دستگاه جذب اتمی[1] استفاده گردید.

2-2- بررسی اثر pH محلول در جذب فلز نیکل و روی

برای انجام این کار ابتدا محلول فلزی نیکل و روی در اسیدیته 2 تا 7 به‌وسیله اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم تهیه گردید. سپس بیومس مخمر در حدود 0/5گرم به کلیه ارلن‌ها اضافه شد. آنگاه ارلن‌های حاوی مخمر و نیکل و روی به مدت 2 ساعت در انکوباتور شیکردار با دور 120 دور در دقیقه و دمای 28 درجه سانتی‌گراد گرمخانه گذاری شدند. از محلول اولیه و همچنین در انتها از محلول نهایی 10 میلی‌لیتر برای آنالیز با اسپکتروفتومتر جذب اتمی نمونه‌برداری گردید.

3-2- بررسی سینتیک و ایزوترم جذب فلز نیکل و روی

آزمایش‌های سینتیک از زمان صفر تا 150 دقیقه صورت گرفت، غلظت فلز نیکل و روی به ترتیب 5 و 10 میلی‌گرم بر لیتر بود. ایزوترم وبر و موریس نیز برای بررسی چند یا تک مرحله‌ای بودن جذب مورد مطالعه قرار گرفت. آنگاه آزمایش‌های ایزوترم صورت گرفت، غلظت‌های اولیه 0/1-0/04 میلی مول بر لیتر از محلول فلزی نیکل و روی برای انجام آزمایش استفاده شد. از ارلن‌های شاهد دارای فلز نیکل و روی، فاقد بیومس مخمر به منظور کنترل کردن میزان پرت یا جذب نیکل و روی در دیواره‌های ظرف در طول دوره آزمایش استفاده شد.

4-2- مطالعه میزان جذب فعال یا غیر فعال نیکل توسط *ساکارومیسس*

برای تحقق این هدف، سلول‌های *ساکارومیسس* ، ابتدا در بافر تریس 0/1 مولار حاوی میلی‌مولار سدیم‌آزید[2] و ۲،۴ دی‌نیتروفنل[3] قرار گرفتند. آنگاه بیوماس با، بافر تریس شستشو داده شد. همچنین، سلول‌های مخمر به مدت 15 دقیقه در اتوکلاو با فشار 1/5 پوند بر اینچ مربع و دمای 121درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سلول‌های کشته شده بدست آمد. *ساکارومیسس*‌های غیرفعال، بر روی محیط آگار کشت داده شدند تا از کشته شدن آن به طور کامل اطمینان حاصل شود. آنگاه از *ساکارومیسس* برداشته و به عنوان جاذب زیستی نیکل و روی استفاده شد. بعلاوه از یک نمونه *ساکارومیسس* فعال به عنوان شاهد استفاده گردید. در نهایت نمونه‌ها سانتریفیوژ و آنالیز شدند.

3- نتایج و بحث

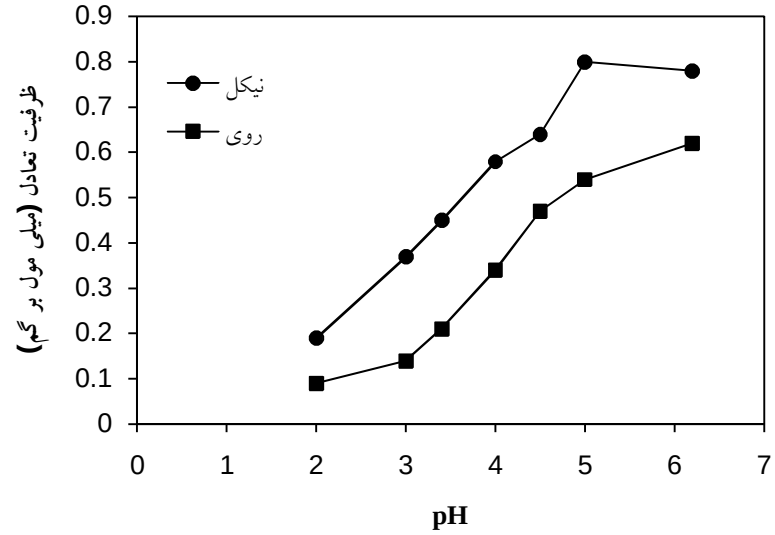
1-3- تأثیرpH محلول بر میزان جذب نیکل و روی

نتایج در شکل 1 نشان داده شده، در اسیدیته زیر 4 میزان جذب هر دو فلز نیکل و روی بسیار اندک می‌باشد. زیرا تعداد سطوح فعال سطح *ساکارومیسس* ثابت و فلز روی و نیکل برای رسیدن به این سطوح با یون‌های پروتون محلول رقابت می‌کنند و باعث کاهش جذب می‌شود.

1. Atomic absorption Spectrometer (Chem., Tech, Analytical CTA 2000)

2. Sodium Azid (NaN3)
3. 2, 4-Dinitrophenol (DNP= C6H4N2O5)

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]



شکل 1 نقش pH بر میزان جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

برای فلز نیکل بهینه اسیدیته در حدود 5 ولی در مورد فلز روی این عدد 6/2 بوده است. با افزایش اسیدیته در هر دو فلز کاهش جذب صورت می‌گیرد، زیرا فلز روی و نیکل به ترتیب بعد از اسیدیته 7 و 6 از حالت فلز آزاد به حالت ترکیبات هیدروکسیدنیکل، هیدروکسید روی، کلرید نیکل، کلرید روی تبدیل و در محلول رسوب نموده، در نتیجه باعث کاهش جذب این فلزات به وسیله *ساکارومیسس* گردید.

نیکل بصورت ترکیبات زیر رسوب می‌کند [۱۰،۱۱] :

$Ni(OH)^{+}$, $Ni(OH)_2$, $Ni_2(OH)^{3+}$, $Ni_4(OH)_4^{4+}$, $Ni(Cl)^{+}$

و روی بصورت ترکیبات زیر رسوب می‌کند:

$Zn(OH)^{+}$, $Zn(OH)_2$, $Zn(OH)_3^{-}$, $Zn(OH)_4^{2-}$, $Zn_2(OH)^{3+}$, $Zn(Cl)^{+}$

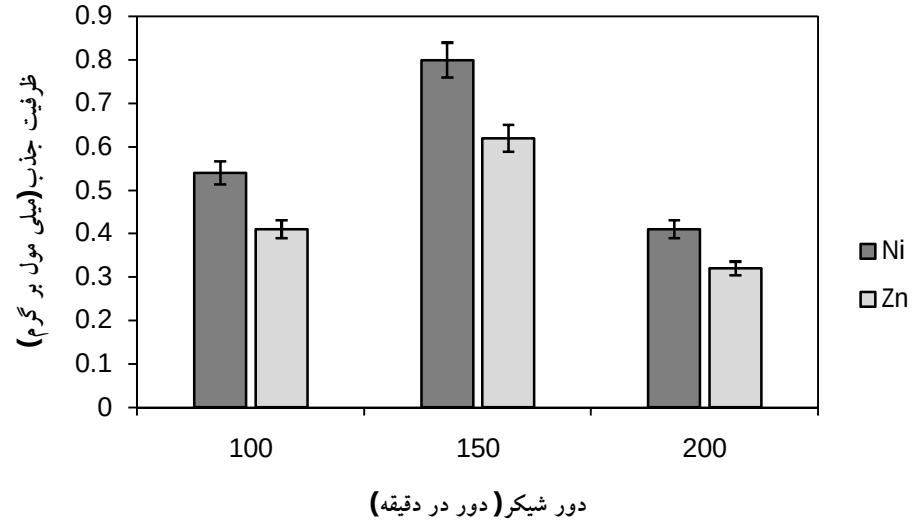
3-2- تأثیر اثر دور شیکر بر میزان جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

شکل 2 اثر تغییرات دور همزن را نشان می‌دهد طبق نتایج به دست آمده 150 دور در دقیقه بهترین دور برای انجام آزمایش‌ها می‌باشد، زیرا در دورهای بالاتر و پایین‌تر امکان تماس بین محلول فلزی و جاذب مخمری کاهش یافته و جذب کم گردید. بنابراین برای انجام آزمایش‌های بعدی از این تعداد دور در دقیقه برای شیکر استفاده شد.

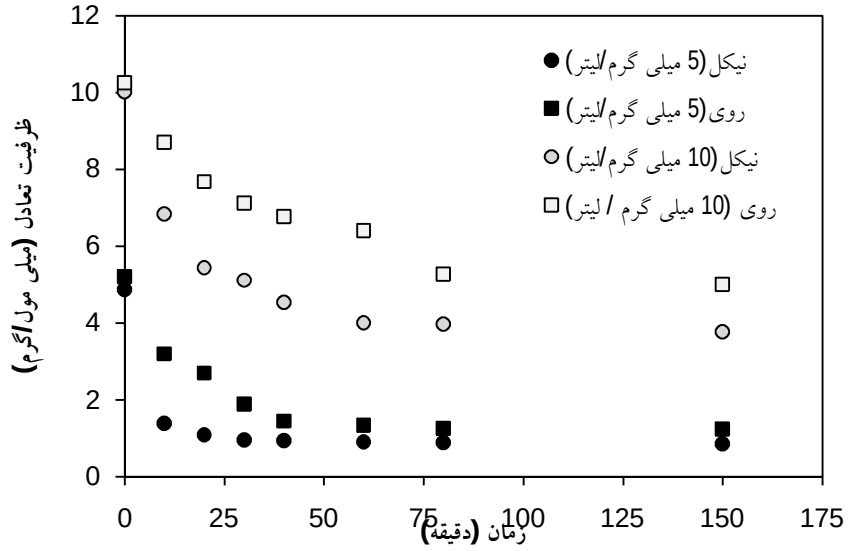
3-3- بررسی سینتیک جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

همان‌گونه که در شکل 3 نشان داده شده است، بیشترین جذب فلز نیکل و روی در 25 دقیقه اول صورت گرفت، سپس با گذشت زمان افزایش جذب با روند ثابتی صورت گرفت تا به حالت تعادل رسید. این مطلب بیانگر آن است که جذب فعال و جذب غیر فعال هر دو در مخمر *ساکارومیسس* مشاهده شد. در نتیجه زمانی رسید که با گذشت زمان دیگر افزایش جذبی صورت نگرفت. این زمان، یعنی زمان تعادل در حدود 40 دقیقه ثبت شد.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]



شکل 2 اثر دور شیکر بر میزان جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

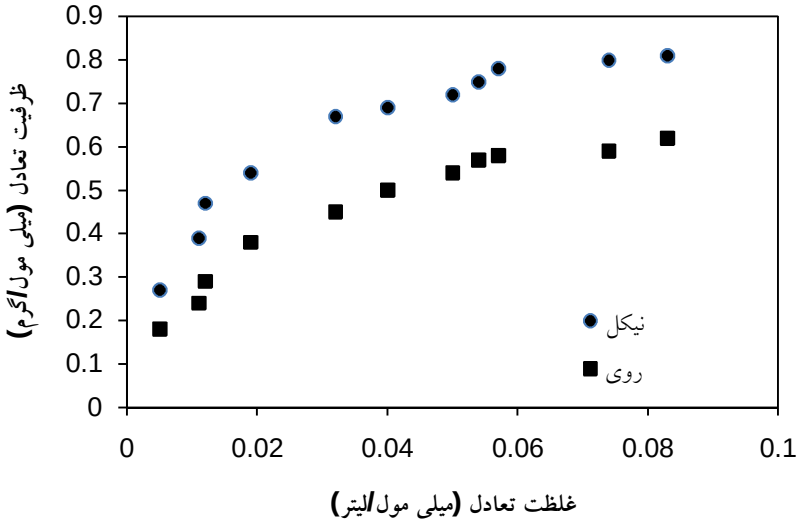


شکل 3 بررسی سینتیک جذب فلز نیکل و روی بوسله *ساکارومیسس*

3-4- بررسی ایزوترم جذب فلزات مورد مطالعه به‌وسیله *ساکارومیسس*

ایزوترم جذب نیکل در اسیدیته حدود 5 و روی در اسیدیته حدود 6 صورت گرفته و نتیجه در شکل 4 نشان داده شده است. هنگامی که غلظت فلز نیکل و روی در محلول افزایش یافته، به همان میزان افزایش جذب این دو فلز مشاهده گردید. این افزایش وقتی به حدی برسد که جایگاه‌های ثابت سطح *ساکارومیسس* اشباع شود، دیگر با افزایش غلظت محیطی فلز کارایی جذب افزایش نمی‌یابد. بیشینه جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس کارلزبرژنسیس* به ترتیب 0/81 و 0/63 میلی‌مول بر گرم مشاهده گردید.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]



شکل 4 ایزوترم جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

با بررسی ایزوترم با استفاده از معادله خطی لانگمویر بر اساس معادله (1) نتایج در شکل 5 نشان داده شد.

$$\frac{1}{q_e}=\frac{1}{q_m b C_e}+\frac{1}{q_m} \qquad (1)$$

در این مدل، C_e غلظت تعادلی فلز در محلول (mg/l)، q_e میزان فلز جذب شده از محلول (mg/g) در حالت تعادل، q_m بیانگر تعداد کل سایت‌های جاذب زیستی است که برای پیوند با فلزات در دسترس هستند. b ثابت تعادل جذب و نشان دهنده میل ترکیبی جاذب با جذب شونده است.

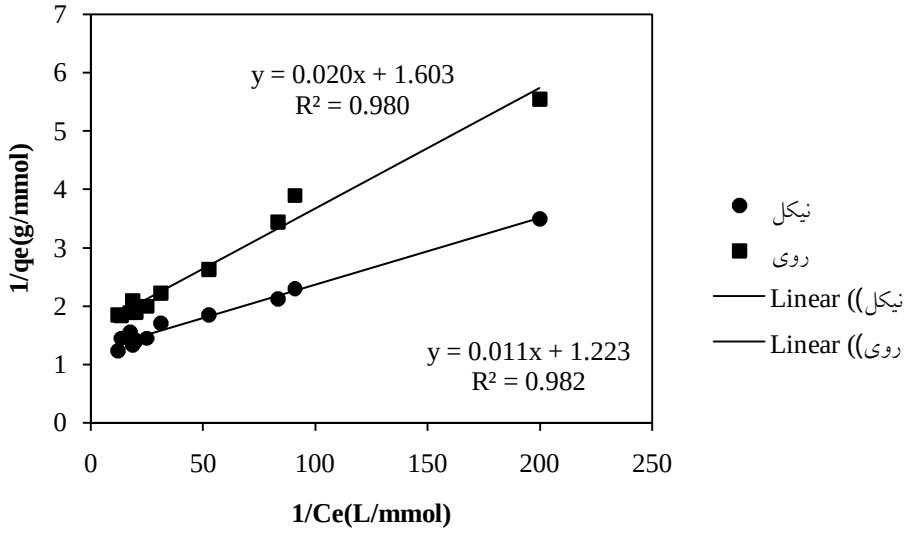
پارامتر R^2 در جذب فلز نیکل و روی به ترتیب 0/982، 0/980 بوده است، ثابت لانگمویر b_L به ترتیب برای فلز نیکل و روی 112/23 و 79/36 لیتر بر میلی مول بوده است. نتایج نشان داد، مدل ایزوترم جذب فلز نیکل و روی از معادله لانگمویر پیروی کرده است.

3-5- مطالعه نوع جذب فلز نیکل و روی توسط *ساکارومیسس*

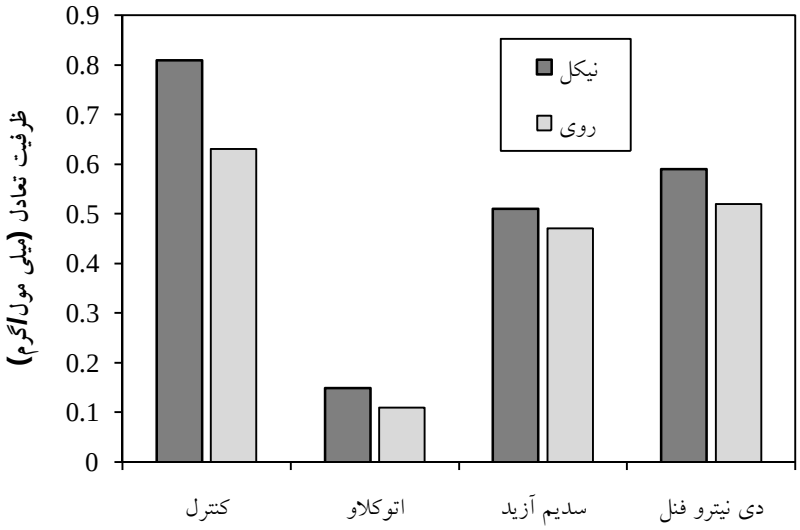
بعد از تیمار *ساکارومیسس* به‌وسیله اتوکلاو، دی نیترو فنل و سدیم آزید میزان جذب فلز نیکل و روی کاهش را نشان داد (شکل 6). این کاهش قابل ملاحظه بوده، اما بیومس *ساکارومیسس* اتوکلاو شده کاهش جذب قابل ملاحظه‌ای را نشان داد. این کاهش می‌تواند به دلیل جذب سطحی نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس* باشد، که سطح قارچ به‌وسیله اتوکلاو تغییر پیدا کرده است. همچنین شاید با اتوکلاو کردن *ساکارومیسس* جایگاه‌های سطحی آن تغییر یابد و قادر به اتصال با فلز نباشد. *ساکارومیسس* شاهد، دارای جذب زیستی غیر وابسته به متابولیسم و جذب وابسته به متابولیسم سلول (فعال) بوده است. سلول *ساکارومیسس* ی که بوسله دی نیترو فنل تیمار شده است، کاهش جذب را نشان داده است. دی نیترو فنل موجب موجب مهار شدن یکی از مراحل زنجیره تنفسی و یا واکنش‌های مربوط به فسفوریلاسیون اکسیداتیو می‌شود و به عنوان ترکیب جداکننده فسفوریلاسیون از اکسیداسیون قلمداد می‌شود.

همچنین سدیم آزید ترکیبی بازدارنده و مهار کننده محسوب می‌شود، یعنی علاوه بر مهار تولید آدنوزین تری فسفات، سیستم انتقال الکترون را نیز از طریق اختلال در عمل ناقل‌های الکترون مهار می‌کند.

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]



شکل 5 ایزوترم جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس* با استفاده از معادله خطی لانگمویر



شکل 6 نقش اتوکلاو، سدیم آزید و 2 و 4 دی نیترو فنل بر روی جذب فلز نیکل و روی به‌وسیله *ساکارومیسس*

در نتیجه اثرات بیشتری بر روی سلول‌های قارچی در مقایسه با 2و4 دی نیترو فنل داردT یعنی سلول‌هایی که تحت تأثیر سدیم آزید قرار گرفته‌اند، غیرفعالتر از سلول‌هایی هستند که تحت تأثیر دی‌نیتروفنل قرار گرفته‌اند. میزان جذب در سلول مرده در حدود بیست درصد کل جذب *ساکارومیسس* است.

4- جمع‌بندی و نتایج

در سال 2008 احمدی و همکاران جذب فلز نیکل را در جلبک قهوه‌ای *فوکوس سراتوس*[1] مورد بررسی قرار دادند، بیشترین میزان جذب نیکل در این جلبک حدود 0/94 میلی‌مول بر گرم می‌باشد [12]. جذب نیکل به‌وسیله جلبک فوکوس وزیکولوسوس 0/39 میلی‌مول بر گرم

1. *Fucus serratus*

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]

بوده است، این تحقیق به‌وسیله هولان و همکارارن در سال 1994 صورت گرفته است [13]. در سال 2008 رومرا و همکاران جلبک قرمز *کوندروس کریسپوس*[1] را مطالعه و میزان جذب یون نیکل را در ان 0/63 میلی‌مول بر گرم گزارش کردند [14] میزان جذب نیکل به‌وسیله سودوموناس[2] در حدود 0/28 میلی‌مول بر گرم است این گزارش به‌وسیله کابرال و همکاران در سال 1992 صورت گرفت [15]. حافظ و همکاران با مطالعه قارچ *آسپرژیلوس فلاووس*[3] به این نتیجه رسیدند ،میزان جذب فلز روی به‌وسیله جاذب مورد نظر برابر 0/54 ملی‌مول بر گرم می‌باشد [16]. پراشر و همکارن در سال 2004 نشان دادند، جلبک قهوه‌ای پالماریا پالماتا[4] توانایی جذب فلز روی را در pH حدود 6/6 تا 7 به میزان 45/0 میلی مول بر گرم را دارد. این توانایی کمتر از قارچ مورد مطالعه در این تحقیق بوده است [17]. این تحقیق نشان داد، مخمر *ساکارومیسس کارلبرزنزیس* برای حذف فلز نیکل و روی کارایی قابل ملاحظه‌ای دارد. اسیدیته بهینه برای جذب فلز نیکل و روی به ترتیب 5 و 6/2 می‌باشد. در اسیدسته خیلی پایین و بالای 6 میزان جذب پایین می‌باشد. بیشترین میزان جذب در 35 دقیقه ابتدایی تماس صورت گرفته که مربوط به جذب سطحی آن است. مطالعه سلول‌های *ساکارومیسس* تیمار شده با سدیم آزید، دی‌نیتروفنل و اتوکلاو مشخص شد که بیشتر میزان جذب فلز نیکل و روی مربوط به جذب فعال سلول است. قابل ذکر است پدیده جذب زیستی پدیده‌ای برگشت‌پذیر است، در نتیجه هیچ آسیبی به بیومس سلولی وارد نمی‌سازد و می‌توان از بیومس سلولی چندین بار استفاده کرد. کارایی قارچ مورد مطالعه در مقایسه با جاذب‌های زیستی دیگر از جمله باکتری، جلبک و ترکیبات شیمیایی دیگر، مناسب می‌باشد. البته لازم است کارهای دیگری از جمله بررسی گروهای سطحی فعال قارچ به‌وسیله طیف سنجی مادون قرمز صورت گیرد. نتایج این کار نشان داد، قارچ مورد مطالعه ،جاذب زیستی مناسبی جهت جذب فلز نیکل و روی از محلول‌های فلزی است.

1. *Chondrus crispus*
2. *Pseudomonas syringae*
3. *aspergillus flavus*
4. *Palmaria palmate*

5- منابع

[1] Saeed, A., Iqbal. M. (2003) Bioremoval of cadmium from aqueous solution by black gram husk (*Cicer arientinum*) *Water. Res.* **37,** 3472-3480

[2] Rana, S.V.S. (2006). *Environmental pollution: Health and toxicology*, Alpha Science International Ltd., Oxford, UK.pp **200-230**

[3] Peter, B. (2001). Environmental protection, health and safety. *Foundry Technology*, 2nd Ed., Butterworth- Heinemann, Oxford. pp **421-459**

[4] Yan, G., and Viraraghavan, T. (2003). Heavy-metal removal from aqueous solution by fungus *mucor rouxii*. *Water. Res.* **37**, 4486-4496

[5] Baik, W.Y., Bae, J.H., Cho, K.M., Hartmeier, W. (2002). Biosorption of heavy metals using whole mold mycelia and parts thereof. *Bioresource. Technol.* **81**, 167-170

[6] Ahalya, N., Ramachandra, T.V., Kanamadi, R.D. (2003). Biosorption of heavy metals. *Res. J. Chem. Environ.* **7,** 71-79

[7] Holan, Z.R., Volesky, B. (1995) Accumulation of cadmium lead and nickel by fungal and wood biosorption. *Appl. Biochem. Biotechnol*.**53**, 133-146

[8] Sudha Bai, R., Emilia Abraham, T. (2003).Studies on chromium (VI) adsorption desorption using immobilized fungal biomass. *Bioresource. Technol.* **87**, 17-26

[9] Bahadir, T. Bakan, G. Altas, L. (2007). The investigation of lead removal by Biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. *Enzyme. Microb. Tech.* **41**, 98-120

[10] Waihung, L. Hong, C. Hung K. Ping, B.S.A. (1999).Comparative investigation on the biosorption of lead by filamentous fungal biomass. *Chemosphere*. **39,** 2723-36

[11] Mehra, RK. Winge, DR. (1991). Metal ion resistance in fungi: molecular mechanisms and their related expression. *J Cell Biochem*. **45,** 30-40

[12] Ahmady-Asbchin, S. Andres, Y. Gerente, C. Le Cloirec, P. (2008) Biosorption of Cu (II) from aqueous solution by *Fucus serratus*: Surface characterization and sorption mechanisms**,** *Bioresource. Technol.* **99,** 6150–6155

[13] Holan Z.R., Volesky B. (1994) Biosorption of lead and nickel by biomass of marine algae. *Biotechnol. Bioeng*. **43**,1001-1009

[14] Romera E, Gonzalez F, Ballester A, Blazquez

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]

ML. Munoz JA (2008). Biosorption of Cd, Ni, and Zn with Mixtures of different types of algae. *Environ Eng. Sci*. **25,** 999-1008

[15]Cabral, J.P.S. (1992) Selective binding of metal ions to Pseudomonas *syringae* cells. *Microbios* **71,** 47-53

[16] Hafez, N.A. Abdel-Razek, M.B.Hafez. (1997).Accumulation of heavy metals on *Aspergillus flavus. J. Chem. Technol. biot*. **68,** 1001-1003[17] Prasher S.O., Beaugeard M., Hawari J., Bera P., Patel R.M., Kim S.H. (2004) Biosorption of heavy metal by red algae (*Palmaria palmata*). *Environ. Technol.* **25**, 1097-1106

[Downloaded from biot.modares.ac.ir on 2024-11-24]