

بیوجذب مس (II) از محیط‌های آبی به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنیا: بررسی ایزوترم‌های جذب

فرزانه فراهانی^۱، امین مخلصی^۱، سمیه نصیری^۲، جلوه سهرابی پور^۳

۱- عضو هیئت علمی جهاد دانشگاهی واحد استان البرز، کرج

ایمیل: fbarahani@gmail.com - شماره موبایل: ۰۹۱۲۲۹۳۴۴۸۰

۲- دانشجوی دکترا محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

۳- مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان

چکیده

زمینه و هدف: بیوجذب، از تکنولوژی‌های جدید برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنایع می باشد. بیشتر مزایای این تکنولوژی شامل: استفاده مجدد از مواد زیستی، هزینه عملیاتی پایین، انتخابی عمل کردن برای هر فلز، مدت زمان کم و عدم تولید ترکیبات ثانویه همراه با سمیت کم می باشد. از این رو هدف از این تحقیق، بررسی ایزوترم‌های بیوجذب مس (II) از محیط آبی به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنیا در فاز منقطع است.

روش بررسی: برای تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، از معادلات ایزوترم لانگموئر، فروندلیخ، فروندلیخ- لانگموئر و ردلیخ- پیترسون استفاده شد؛ همچنین آزمایشات ایزوترم در محدوده غلظت اولیه مس (II) ۵-۰/۰۵ میلی مولار انجام شد.

یافته‌ها: ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله هر دو جلبک قهوه‌ای پادینا و کلپومنیا از مدل ردلیخ- پیترسون پیروی می کند ($R^2 > 0/986$). بر طبق معادله لانگموئر، حداکثر ظرفیت بیوجذب (q_m) مس (II)، به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنیا به ترتیب ۱/۰۶ و ۰/۹۷ میلی مول بر گرم به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: این مطالعه نشان داد که جلبک‌های مورد مطالعه، پتانسیل بالایی برای استفاده در مقیاس واقعی جهت حذف مس (II) از فاضلاب‌های صنعتی دارند.

واژه‌های کلیدی: بیوجذب، مس (II)، پادینا، کلپومنیا، ایزوترم

مقدمه

فلزات سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌های منابع آب می‌باشند. استخراج معادن و کاربرد گسترده فلزات سنگین در صنایع، باعث شده است که غلظت این فلزات در منابع آبی به بیشتر از مقادیر زمینه‌ای افزایش یابد. علاوه بر سمیت، خاصیت تجمع‌پذیری این فلزات در موجودات زنده، اهمیت بهداشتی آن‌ها را دوچندان کرده است^(۱). از جمله روش‌های حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی، بیوجذب^۱ می‌باشد^(۲). بیوجذب حذف فلزات سنگین از محیط آبی، از طریق جذب منفعل آن‌ها بر روی میکروارگانیسم‌های غیرزنده نظیر جلبک‌ها است. مزایای فرایند بیوجذب در مقایسه با روش‌های رایج حذف فلزات سنگین شامل: مقرون به صرفه بودن، خاصیت انتخابی در حذف فلز، درجه تصفیه بالا، امکان بازیافت فلزات، بالابودن سرعت فرایند، عدم تولید لجن، می‌باشد^(۳-۴). برخی بیوجاذب-ها، با ظرفیت بالای جذب خود قادر به رقابت با تکنولوژی‌های رایج در حذف فلزات سنگین هستند. در طی سال‌های اخیر، تحقیقاتی درمورد بیوجاذب فلزات در محیط‌های آبی توسط جلبک‌ها در نقاط مختلفی از دنیا و از جمله ایران صورت گرفته است^(۵-۸).

از این‌رو، بیوجذب فلزات توسط جلبک‌های دریایی می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های مناسب مطرح باشد.

جلبک‌ها ارگانیسم‌های نسبتاً ساده، مولد اکسیژن، فتوسنتزکننده و غالباً از نظر اندازه، میکروسکوپی می‌باشند. این موجودات از انرژی نور خورشید استفاده و دی‌اکسید کربن و آب را به قند و مواد سلولی تبدیل می‌کنند. جلبک‌ها در هر دو محیط آب شیرین و آب

شور می‌توانند به دو صورت پلانکتونی و یا چسبیده موجود باشند. آن‌ها با انجام عمل فتوسنتز، تولید اکسیژن در منابع آبی و در برکه‌های تثبیت فاضلاب نقش بسیار مؤثری در کاهش آلودگی‌های زیست-محیطی دارند و رشد شدید آن‌ها می‌تواند در کاهش سختی و شوری آب نقش داشته باشد^(۹). در سال‌های اخیر نیز مطالعات گسترده‌ای بر روی گونه‌های مختلف جلبک به صورت زنده و غیرزنده برای جذب و حذف فلزات سنگین از محیط آبی صورت گرفته است. برخی از جلبک‌ها ظرفیت بالایی برای جذب فلزات سنگین از خود نشان داده‌اند؛ بطوریکه ظرفیت جذب آن‌ها با رزین‌های تبادل یون رایج قابل مقایسه است؛ به‌این ترتیب، محصولات تجاری مانند AlgaSorbTM و Bio-Fix با استفاده از این مواد آلی تولید و در مقیاس واقعی از آن‌ها استفاده می‌شود^(۱۰). از جمله جلبک‌های دریایی مورد استفاده در جذب فلزات، جلبک قهوه‌ای است؛ زیرا توانایی بالایی در جذب فلزات به‌واسطه دیواره سلولی آن‌ها دارد^(۱۱). از این‌رو هدف از انجام این پژوهش، تعیین ایزوترم بیوجذب مس (II) بوسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومینیا از مدل‌های ایزوترم فروندلیخ، لانگموئر، فروندلیخ-لانگموئر و ردلیخ-پیترسون می‌باشد.

روش بررسی

این پژوهش از نوع تجربی بوده و در جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم به انجام رسید. آزمایشات بررسی عملکرد جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومینیا در بیوجذب مس (II) از محیط‌های آبی، برای بدست آوردن ایزوترم بیوجذب به انجام رسید. در این مطالعه، از جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومینیا به عنوان بیومس

1. Biosorption

یک آسیاب خرد شد و در مرحله بعد با استفاده از الک‌های استاندارد بیومس با اندازه ۰/۳-۰/۲ میلی‌متر جداسازی شد. در مرحله آخر، بیومس جداسازی شده را با آب دیونیزه، شست‌وشو دادیم و در فور با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک کردیم و به عنوان بیوجاذب وارد فاز مطالعات بیوجذب شد.

برای تهیه بیوجاذب استفاده شد. جلبک‌های قهوه‌ای یادشده از خلیج فارس در بندر لنگه با موقعیت جغرافیایی $54^{\circ} 23' N$ و $26^{\circ} 54' E$ برداشت شد (شکل ۱). بیومس حاصل در محیط باز و در مرحله بعد، در فور با دمای $70^{\circ} C$ به مدت ۲۴ h خشک شد. برای تهیه بیوجاذب، ابتدا بیومس خشک شده با استفاده از



(ب)



(الف)

شکل ۱: تصویری از جلبک‌های قهوه‌ای مورد استفاده در این پژوهش؛ (الف) *یادینا* (ب) *کلیومنیا*

برای تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، از معادلات ایزوترم لانگموئر، فروندلیخ، فروندلیخ-لانگموئر و ردلیخ-پیترسون استفاده شد.

معادله لانگموئر به صورت زیر بیان می شود^(۱۲):

$$q_e = \frac{bq_m C_e}{1 + bC_e} \quad (2-1)$$

در این معادله:

C_e : غلظت ماده حل شدنی در حالت تعادل، (میلی مولار)

q_e : ظرفیت جذب در حالت تعادل، (میلی مول بر گرم)

q_m : حداکثر ظرفیت جذب، (میلی مول بر گرم)

b : ثابت معادله لانگموئر، (لیتر بر میلی مول)

معادله فروندلیخ، جذب را در یک سطح ناهمگون از نظر انرژی جذب بیان می کند و به صورت زیر تعریف می شود^(۱۳،۱۴):

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (2-2)$$

در این معادله، K_F و n ثابت معادله هستند. $n > 1$ می باشد. $K_F \propto RTnbe^{\Delta H/RT}$ معادله فروندلیخ تجربی می باشد و برای تفسیر داده های آزمایشگاهی قابل کاربرد است.

معادله فروندلیخ-لانگموئر به صورت زیر بیان می شود^(۱۵):

$$q_e = \frac{bq_m C_e^{1/n}}{1 + bC_e^{1/n}} \quad (2-3)$$

معادله ردلیخ-پیترسون به صورت زیر بیان می شود^(۱۴):

$$q_e = \frac{K_{RP} C_e}{1 + a_{RP} C_e^\beta} \quad (2-4)$$

(L/g): K_{RP}

(L/mmol) $^\beta$: a_{RP}

تمام محلول های آزمایش، سنتتیک بوده و محلول های سنتتیک با استفاده از آب دیونیزه و نمک نترات مس $(Cu(NO_3)_2)$ (ساخت شرکت Merck آلمان) تهیه شد. pH اولیه محلول های سنتتیک با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱-۱/۰ مول و اسید هیدروکلریک ۰/۱-۱/۰ مول (ساخت شرکت Merck آلمان) و به وسیله یک pH متر (CAMLAB Ltd, Model CG842) تنظیم شد. در آزمایشات صورت گرفته در این مطالعه، از یک شیکر^۲ با سرعت هم زدن ۲۵۰ rpm برای مخلوط کردن محلول های سنتتیک و جرم بیوجذب استفاده شد. تمام آزمایشات با دو بار تکرار انجام و برای تجزیه و تحلیل نتایج، از مقادیر میانگین استفاده شد. آزمایشات در دمای اتاق (20 ± 2 درجه سانتی گراد) صورت گرفت.

آزمایشات ایزوترم بیوجذب در غلظت های اولیه ۰/۰۵-۵/۰۰ میلی متر (۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۰، ۲/۰، ۳/۰، ۵/۰ میلی مولار) انجام شد. PH اولیه محلول های آزمایش در ۴/۵ تنظیم شد. اثر pH بر روی ظرفیت تعادلی بیوجذب مس (II) در غلظت اولیه ۱ میلی متر مورد مطالعه قرار گرفت. PH اولیه محلول های سنتتیک در محدوده ۲/۰-۵/۵ (۲/۰، ۲/۵، ۳/۰، ۳/۵، ۴/۰، ۴/۵، ۵/۰ و ۵/۵)، تنظیم شد. برای جلوگیری از تشکیل هیدروکسید مس (II) نامحلول، آزمایشات در pH بالاتر صورت پذیرفت. در این مطالعه، برای انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای Microsoft Office Excel و SPSS استفاده شد و تمام نمودارهای حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها، با استفاده از نرم افزار Microsoft Office Excel تهیه شد.

2. Shaker

β: بدون بعد

برای آنالیز فلز سنگین مس، نمونه‌ها از فیلتر غشایی با جنس سلولز استر مخلوط و اندازه روزنه ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد و غلظت باقیمانده فلزات سنگین با استفاده از روش ICP-ES^۳ تعیین شد. برای انجام این کار از دستورالعمل‌های کتاب "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" استفاده شد^(۱۶).

یافته‌ها

در آزمایشات ایزوترم، pH اولیه ۴/۵، جرم جاذب ۱۰۰ میلی گرم و حجم محلول ۲۵۰ میلی لیتر بود. پروفیل‌های ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنی در شکل‌های ۲ تا ۱۱ آورده شده است. همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت تعادلی مس (II)، ظرفیت تعادلی جذب این فلز به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنی افزایش می‌یابد؛ اما رابطه افزایش ظرفیت تعادلی جذب با غلظت تعادلی غیرخطی است.

شکل‌های ۴ و ۵ تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنی با استفاده از مدل لانگموئر را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II) به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنی توسط مدل‌های فروندلیخ، فروندلیخ-لانگموئر و ردلیخ-پیترسون در شکل‌های ۶ تا ۱۱ مشاهده می‌شود. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱ و ۲، داده‌های ایزوترم، بیشترین تطابق را با مدل ردلیخ-پیترسون داشت؛ بطوریکه R^2 داده‌های ایزوترم بیوجذب مس (II) با این مدل برای جلبک‌های پادینا و کلپومنی به ترتیب ۰/۹۸۶ و ۰/۹۹۹ بدست آمد.

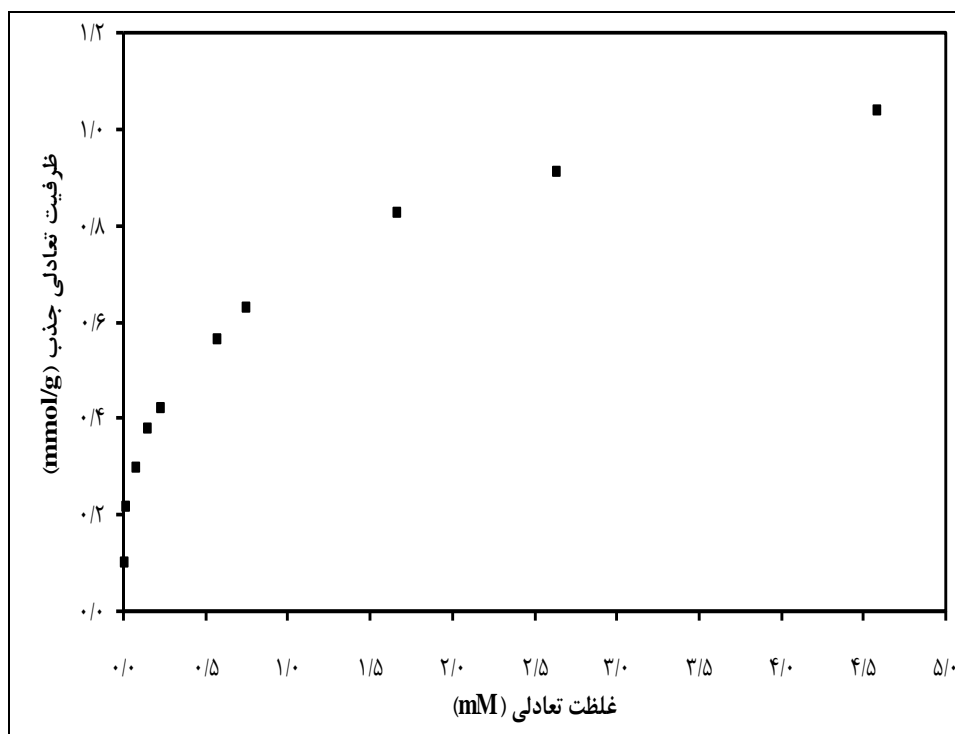
3. Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy: ICP-ES

جدول ۱: پارامترهای مدل‌های ایزوترم لانگموئر و فروندلیخ برای بیوهیذب مس (II)

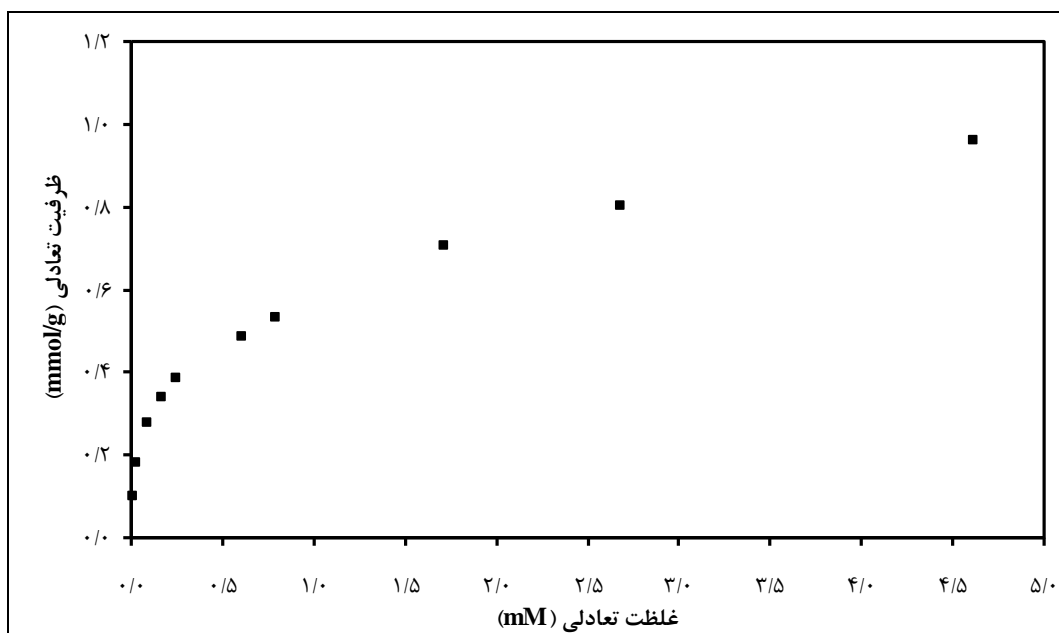
نوع بیوجاذب	مدل لانگموئر			مدل فروندلیخ		
	q_m	b	R^2	K_F	n	R^2
پادینا	1/06	3/342	0/986	0/676	2/985	0/955
کلپومینا	0/97	2/745	0/975	0/590	2/917	0/991

جدول ۲: پارامترهای مدل‌های ایزوترم فروندلیخ- لانگموئر و ردلیخ- پیترسون برای بیوهیذب مس (II)

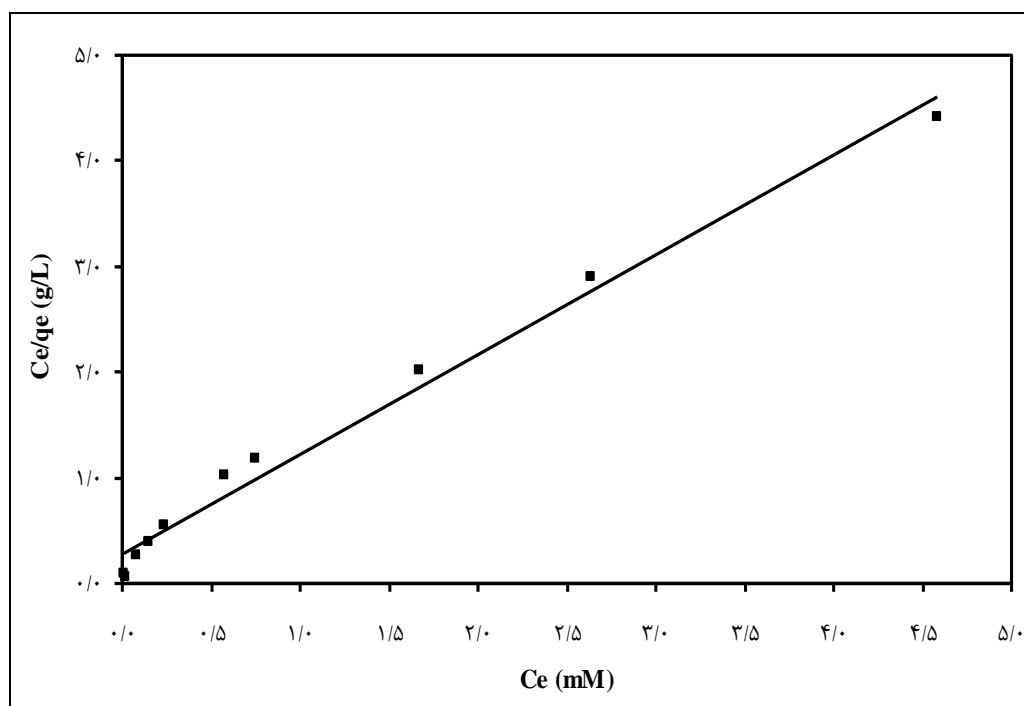
نوع بیوجاذب	مدل فروندلیخ- لانگموئر				مدل ردلیخ- پیترسون			
	q_m	b	n	R^2	a_{RP}	K_{RP}	β	R^2
پادینا	1/734	0/685	2/171	0/971	95/22	65/36	0/701	0/986
کلپومینا	2/497	0/319	2/440	0/995	66/33	40/00	0/703	0/999



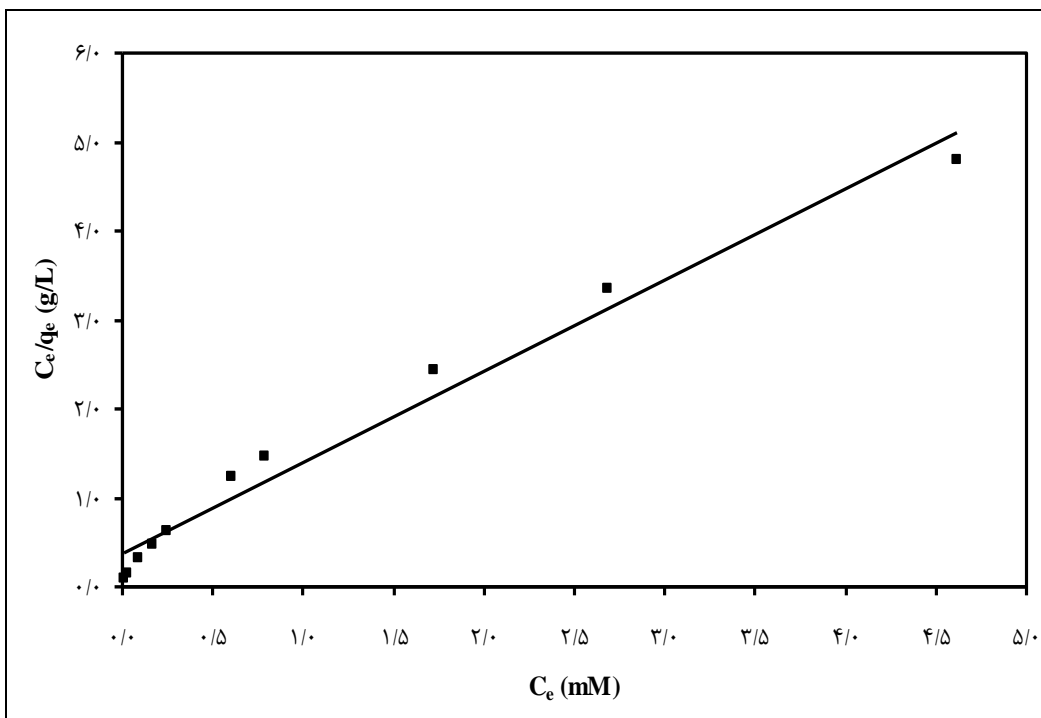
شکل ۲: ایزوترم بیوهیذب مس (II) به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا



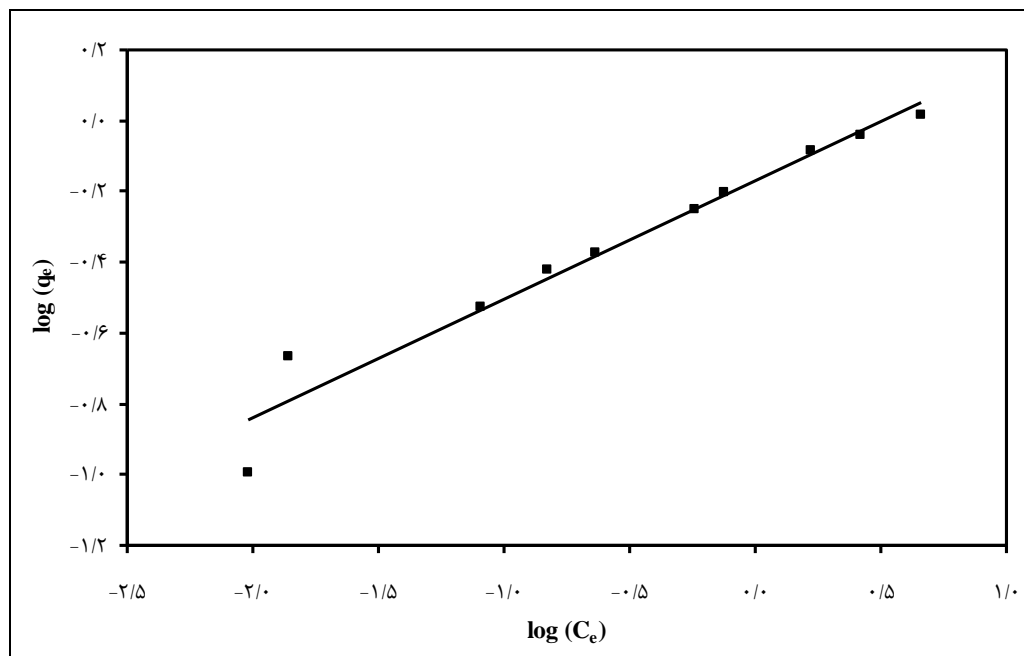
شکل ۳: ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومنیا



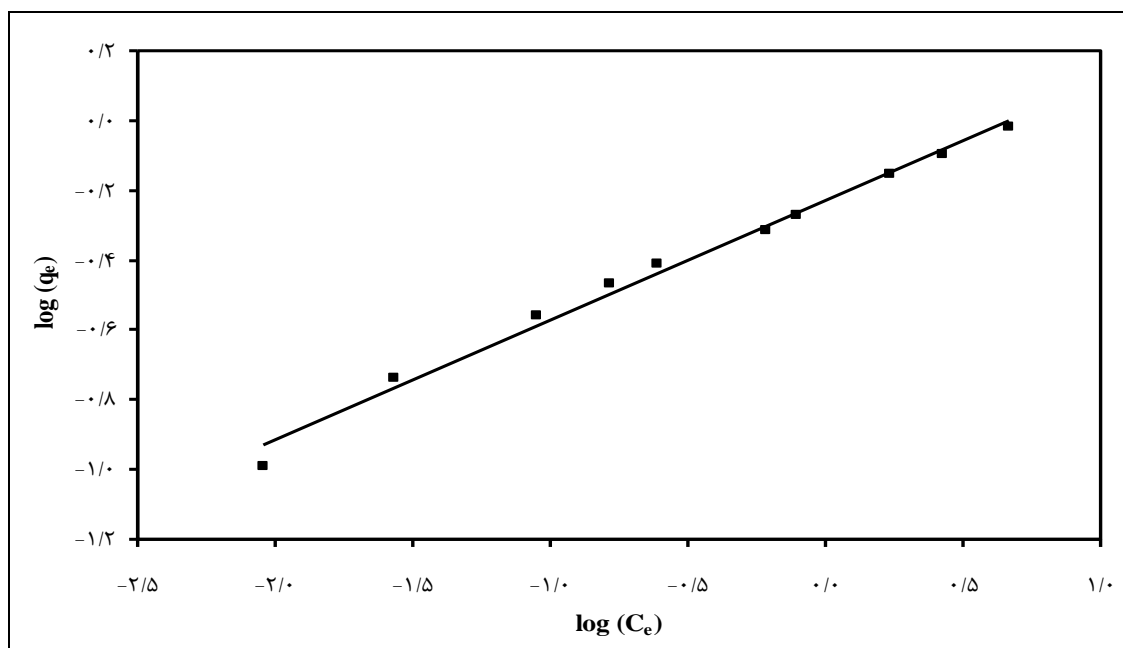
شکل ۴: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا با استفاده از مدل لانگموئر



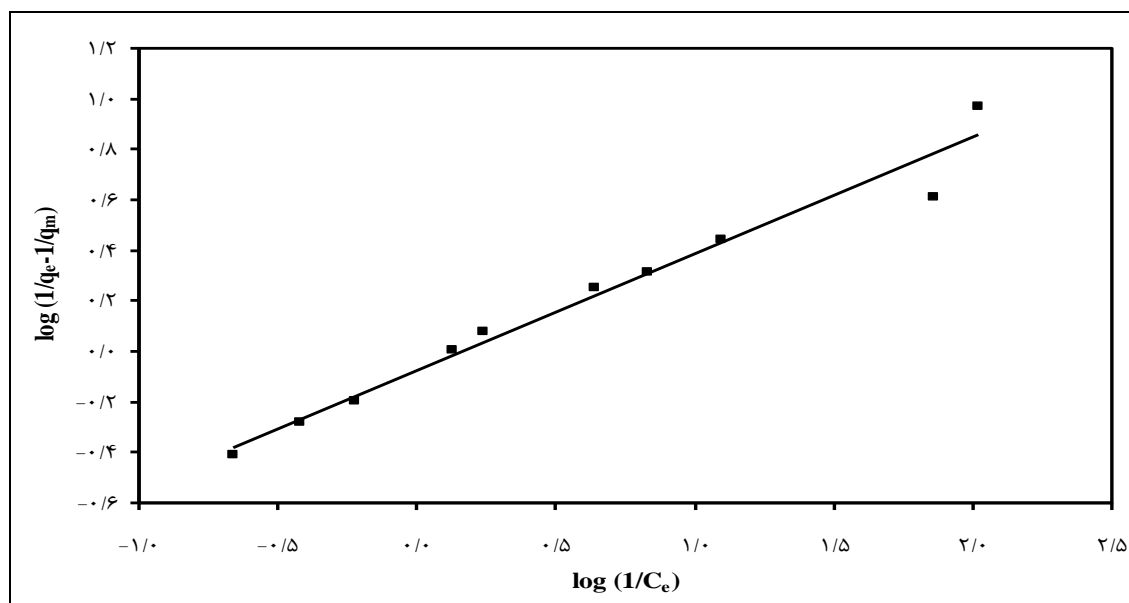
شکل ۵: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیویژدب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومنیبا با استفاده از مدل لانگموئر



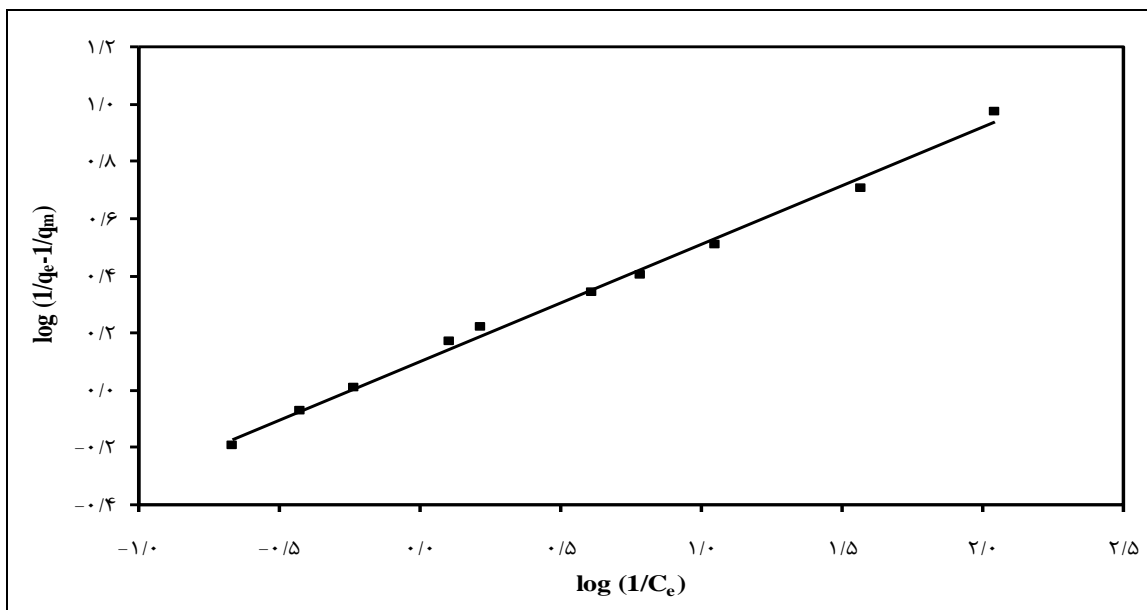
شکل ۶: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیویژدب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای یادبنا با استفاده از مدل فروندلیخ



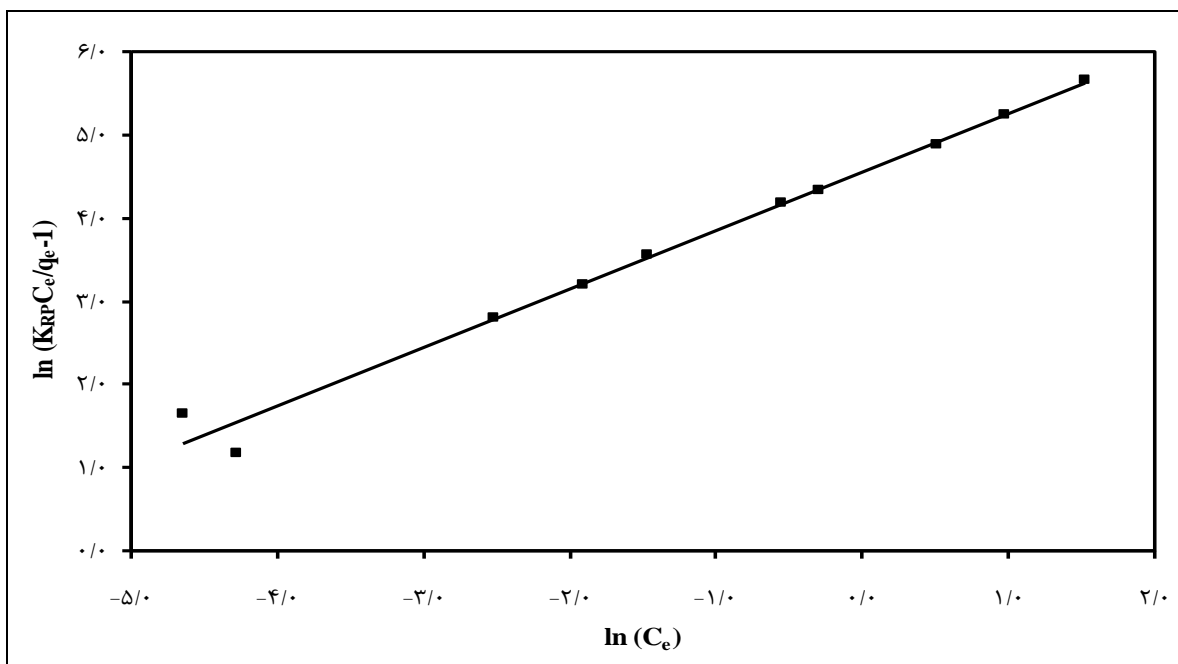
شکل ۷: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلیومینیا با استفاده از مدل فروندلیخ



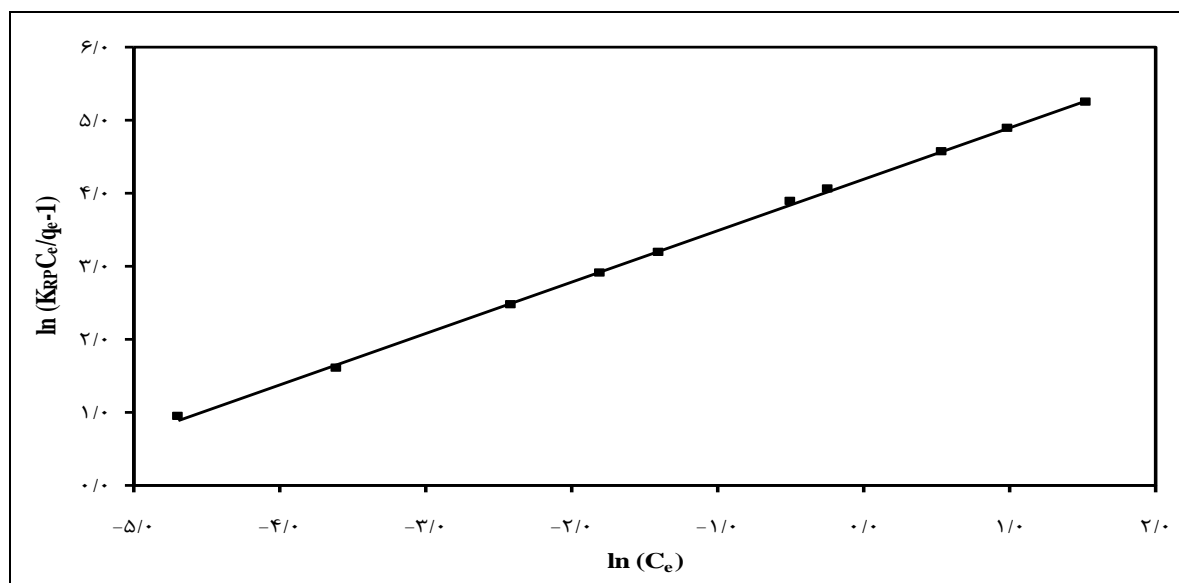
شکل ۸: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا با استفاده از مدل فروندلیخ - لانگموئر



شکل ۹: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومنیبا با استفاده از مدل فروندلیخ-لانگموئر



شکل ۱۰: تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا با استفاده از مدل ردلیخ-پیترسون



شکل ۱۱ تجزیه و تحلیل ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومنیبا با استفاده از مدل ردلیخ- پیترسون

بحث و نتیجه‌گیری

داده‌های آزمایشات ایزوترم بیوجذب، آنالیز این داده‌ها و تعیین مدل ایزوترم بیوجذب برای طراحی واحدهای فرایندی بیوجذب لازم می‌باشد^(۱۴). آزمایشات ایزوترم بیوجذب با استفاده از دو نوع جاذب و جرم ثابت بیوجاذب به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در حجم محلول میلی‌لیتر ۲۵۰ انجام شد. در این آزمایشات غلظت اولیه فلزات مورد مطالعه در محدوده ۵/۰۰-۰/۰۵ میلی‌متر بود. در آزمایشات ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا، افزایش غلظت اولیه فلز از ۰/۰۵ به ۵/۰۰ میلی‌متر، غلظت تعادلی را از ۰/۰۱۰ به ۴/۵۸۵ میلی‌متر و ظرفیت جذب تعادلی را از ۰/۱۰۱ به ۱/۰۳۷ میلی‌مول برگرم افزایش داد. ارقام متناظر در آزمایشات ایزوترم بیوجذب مس (II)، به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومنیبا، افزایش غلظت تعادلی از ۰/۰۰۹ به ۴/۶۱۵ میلی‌مول برگرم و ظرفیت جذب تعادلی از ۰/۱۰۲ به ۰/۹۶۲ میلی‌مول برگرم بود.

بر اساس نتایج آزمایشات ایزوترم، بطور کلی می‌توان گفت ظرفیت جذب تعادلی جلبک قهوه‌ای پادینا بیشتر از جلبک قهوه‌ای کلپومنیبا است. با استفاده از نتایج آزمایشات ایزوترم و مدل‌سازی آن‌ها می‌توان برای هر غلظت خروجی دلخواه، ظرفیت جذب بیوجاذب و مقدار بیوجاذب مورد نیاز را بدست آورد و هزینه‌های مربوطه برای تصفیه آب و یا فاضلاب مورد نظر را تخمین زد و با هزینه‌های سایر روش‌های حذف مس (II) از محیط‌های آبی مقایسه و گزینه اقتصادی را انتخاب کرد. برای مدل‌سازی ایزوترم بیوجذب مس (II) از معادلات ایزوترم لانگموئر، فروندلیخ، فروندلیخ- لانگموئر و ردلیخ- پیترسون استفاده شد. ایزوترم بیوجذب مس (II) به وسیله هر دو جلبک قهوه‌ای پادینا و کلپومنیبا از مدل ردلیخ- پیترسون تبعیت می‌کرد. ضریب رگرسیون داده‌های ایزوترم بیوجذب مس (II) با مدل ردلیخ- پیترسون برای جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومنیبا به ترتیب ۰/۹۸۶ و ۰/۹۹۹ بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این تحقیق از همکاری آقای دکتر برهان منصوری سردبیر محترم مجله علوم پزشکی زانکو در ویرایش این مقاله کمال تقدیر و تشکر را دارند. همچنین این تحقیق مصوب جهاد دانشگاهی استان البرز می‌باشد.

ایزوترم بیوجذب مس (II) به وسیله جلبک قهوه‌ای پادینا تطابق نسبتاً خوبی نیز با مدل ایزوترم لانگموئر ($R^2 > 0.985$) داشت؛ در صورتیکه ایزوترم بیوجذب مس (II) به وسیله جلبک قهوه‌ای کلپومیا علاوه بر مدل ردلیخ- پیترسون از مدل‌های فروندلیخ ($R^2 > 0.990$) و فروندلیخ- لانگموئر ($R^2 > 0.994$) تبعیت خوبی داشت. بر طبق معادله لانگموئر، حداکثر ظرفیت بیوجذب (q_m) مس (II)، به وسیله جلبک‌های قهوه‌ای پادینا و کلپومیا به ترتیب $1/06$ و $0/97$ میلی مول بر گرم بدست آمد. پارامتر حداکثر ظرفیت بیوجذب (q_m)، معیار مناسبی برای مقایسه بیوجاذب‌های مختلف است. Matheickal و Yu در سال ۱۹۹۹ نشان دادند که حداکثر ظرفیت بیوجذب Pb^{2+} ، به وسیله جلبک‌های دورویلا پوتاترووم و اکلونیا رادایاتا به ترتیب $1/3$ و $1/1$ میلی مول بر گرم می‌باشد^(۱۷). حداکثر ظرفیت بیوجذب مس (II)، به وسیله کاه گندم، $0/18$ میلی مول بر گرم بدست آمد و داده‌های ایزوترم بیوجذب از مدل لانگموئر تبعیت می‌کرد^(۸). Chen و همکاران، عملکرد جلبک انداریا پیناتیفیدا^۴ در حذف مس (II) از محیط آبی را بررسی کردند^(۱۸). در این مطالعه pH بهینه برای حذف مس (II)، ۴ بدست آمد و پارامتر حداکثر ظرفیت جذب مدل لانگموئر برای مس (II) $1/24$ میلی مول بر گرم بدست آمد. این یافته نشان می‌دهد که جلبک‌های مورد مطالعه پتانسیل بالایی برای استفاده در مقیاس واقعی جهت تصفیه فاضلاب‌های صنعتی دارند.

4. Undariapinnatifida

References

1. Hawari AH, Mulligan CN, Heavy metals uptake mechanisms in a fixed bed column by calcium treated anaerobic biomass. *Process Biochem.* 2006; 41: 187–198.
2. Sternberg, S.P.K. Dorn, R.W. Cadmium removal using *Cladophora* in batch, semi-batch and flow reactors, *Biores Technol.* 2002; 81: 249-255.
3. Ma W, Tobin JM. Development of multimetal binding model and application to binary metal biosorption onto peat biomass. *Water Res.* 2003; 37: 3967-3977.
4. Bailey SE, Olin TJ, Bricka RM, Adrian DD. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. *Water Res.* 1999; 33: 2469-2479.
5. Sheng PX, Ting YP, Chen JP, Hong L. Sorption of lead, copper, cadmium, zinc and nickel by marine algal biomass: characterization of biosorptive capacity and investigation of mechanisms. *J Colloid Interface Sci.* 2004; 275: 131-141.
6. Naddafi K, Nabizadeh R, Saeedi R, Mahvi AH, Vaezi F, Ghasri A. Biosorption of lead (II) and cadmium (II) by *Sargassum glaucescens* biomass in a continuous packed bed column. *J Hazard Mater.* 2007; 147: 785-791.
7. Jalali-Rad R, Ghafourian H, Asef Y, Dalir ST, Sahafipour MH, Gharanjik BM. Biosorption of cesium by native and chemically modified biomass of marine algae: introduce the new biosorbents for biotechnology applications. *J Hazard Mater.* 2004; 116: 125-134.
8. Dang VBH, Doan HD, Dang-Vu T, Lohi A. Equilibrium and kinetics of biosorption of cadmium (II) and copper (II) ions by wheat straw. *Bioresour Technol.* 2009; 100: 211-219.
9. McKinney RE. *Environmental pollution control microbiology.* Marcel Dekker, New York: 2004.
10. Gupta R, Ahuja P, Khan S, Saxena RK, Mohapatra H. Microbial biosorbents: Meeting challenges of heavy metal pollution in aqueous solutions. *Current Sci.* 2000;78(8): 967-973.
11. Chen JP, Hong LA, Wu S, Wang L. Elucidation of interactions between metal and Ca alginate-based ion-exchange resin by spectroscopic analysis and modeling simulation. *Langmuir*, 2002; 18: 9413–9421.
12. Benaïssa H, Elouchdi MA. Biosorption of copper (II) ions from synthetic aqueous solutions by drying bed activated sludge. *J Hazard Mater.* 2011; 194: 69–78.
13. Pahlevanzadeh H, Keshtkar AR, Safdari J, Abadi, Z. Biosorption of nickel (II) from aqueous solution by brown algae: Equilibrium, dynamic and thermodynamic studies. *J Hazard Mater.* 2010; 175: 304-310.
14. Aksu Z. Determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of the batch biosorption of nickel (II) ions onto *Chlorellavulgaris*. *Process Biochem* 2002; 38: 89-99.
15. Volesky B. Biosorption process simulation tools. *Hydrometallurgy*, 2003;71: 179-190.
16. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* United Book Press, Baltimore, Maryland, 1998; 20.
17. Matheickal JT, Yu Q. Biosorption of lead (II) and copper (II) from aqueous solutions by pre-treated biomass of Australian marine algae. *Biores Technol.* 1999; 69: 223-229.
18. Chen Z, Ma W, Han M. Biosorption of nickel and copper onto treated alga (*Undariapinnatifida*): Application of isotherm and kinetic models. *J Hazard Mater.* 2008; 155: 327-333.

Biosorption of copper (II) from aqueous environments by brown algae *Padina* sp. and *Colpomenia* sp.: Investigation of adsorption isotherms

Farzaneh Farahani¹, Amin Mokhlisi¹, Somehah Nasiri², Jolveh Sohrabi poor²

1- Faculty member of Jihad-e-Daneshgahi Branch of Alborz Province, Karaj, Iran

E-Mail: fbfarahani@gmail.com, Mobile: 09122934480

2- PhD Student of Environment, Faculty of Energy and Environment, Tehran Science and Research Unite, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Background and aims: Biosorption is an emerging technology for removal of heavy metals from industrial wastewater. The major advantages of this technique are the reusability of biomaterial, low operating cost, improved selectivity for specific metals of interest, short operation time and no production of secondary compounds which might be toxic. Therefore, the aims of this study were to biosorption of copper (II) from aqueous environments by brown algae *Padina* sp. and *Colpomenia* sp. in a batch system.

Methods: Freundlich, Langmuir, Freundlich-Langmuir, and Redlich-Peterson models were applied to describe the biosorption isotherm of copper (II) from aqueous environments by *Padina* sp. and *Colpomenia* sp. biomass. Moreover, isotherm experiments were conducted in initial ion concentrations 0.05-5 mm.

Results: The isotherm data of copper (II) biosorption by both *Padina* sp. and *Colpomenia* sp. were found to be in the best fitness with the Redlich-Peterson equation ($R^2 > 0.986$). According to the Langmuir model, the maximum uptake capacities (q_m) of copper (II) by *Padina* sp. and *Colpomenia* sp. were determined to be 1.06 and 0.97 mm, respectively.

Conclusion: This investigation indicated that the studied algae had a high potential for full scale application for removal of copper (II) from industrial wastewater.

Keywords: Biosorption, Copper (II), *Padina* sp. *Colpomenia* sp, Isotherm