بررسی گیاه دریایی گراسیلاریا برای تصفیه پساب‌های صنعتی حاوی یون نیکل (II)

اکبر اسماعیلی[1]*، پری بیرامی[2]، عبدالحسین روستاییان[3]، سمیرا قاسمی[2]، فرح اسدیان[4]، جلوه سهرابی‌پور[5]

۱- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۳- استاد، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
٤ - کارشناسی ارشد شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
۵- کارشناس ارشد، بخش محیط زیست، اداره محیط زیست واحد بندرعباس
*آدرس مکاتبه: تهران، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
صندوق‌پستی: ۹۳٦ – ۱۹۵۸۵، تلفن: ۰۹۱۲۱٤۸٤۸۱۳، نمابر: ۸۸۷۸۷۲۰٤ (۰۲۱)
پست الکترونیک: akbaresmaeili@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸٦/۵/۲۵ **تاریخ تصویب:** ۸۷/۱/۲۵

چکیده

مقدمه: جلبک‌ها، آب‌ها را از آلودگی‌های مواد آلی و فلزات سنگین پاک می‌نمایند و به عنوان شاخص زیست محیطی مطرح می‌باشند. جلبک‌ها دارای ترکیبات ضدمیکروبی و در ترکیبات دیواره سلولی جلبک‌ها غیر از سلولز مواد دیگری از جمله آلژینات، آگار وجود دارد که نقش کلیدی در جذب بیولوژیکی کاتیون‌های فلزی ایفا می‌کنند آنها، به علت دارا بودن مزیت‌هایی نظیر ارزان بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

هدف: استفاده از جلبک‌ها برای پالایش و حفظ محیط زیست و علاوه بر آن باعث اشتغال‌زایی و رونق اقتصادی منطقه‌ای نیز است.

روش بررسی: از جلبک قرمز دریایی[1] به عنوان جاذب بیولوژیکی برای حذف کاتیون Ni^{2+} از سیستم پیوسته (Flow) استفاده شده است. آزمایش‌ها طی چند مرحله و درون ستون شیشه‌ای پر شده[2] طول ستون پر شده به طور معمول ۳۵ سانتی‌متر با قطر داخلی ۲ سانتی‌متر انجام شده است و اثر پارامترهایی مانند غلظت اولیه محلول، pH، مقادیر مختلف جاذب (۲/۵ و ۳/۵ گرم) در زمان ماندگاری (۱۵، ۳۰ و ٤۵ دقیقه) در دمای آزمایشگاه (حدود ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد) بررسی شد. محلول نیکل به کار رفته ($Ni\ Cl_2, 6H_2O$) با غلظت‌های اولیه (۳۰، ۵۰ و ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است و مدل‌های جذبی دو پارامتری لانگمورو فرندلیچ هم‌چنین مدل‌های سینتیکی بررسی و با داده‌های تجربی مقایسه شد.

نتایج: بیشترین میزان جذب یون نیکل در pH= ۵ به ترتیب ۸۳/۰۱، ۸۰/٦۹ و ۷۸/۲۳ درصد مشاهده شد. با افزایش زمان از ۱۵ دقیقه به ٤۵ دقیقه میزان جذب افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین میزان جذب در ۱۵ دقیقه اول صورت می‌گیرد. غلظت نهایی یون‌ها در هر نمونه توسط دستگاه جذب اتمی (GBC-932) اندازه‌گیری شده است. مشاهده شد که گراسیلاریای غیرزنده مطابق با قانون جذب لانگمور عمل کرده است و بررسی‌های سینتیکی نیز نشان داد که جذب نیکل توسط جلبک، از مدل جذب سینتیکی درجه دوم پیروی می‌کند.

نتیجه‌گیری: بررسی‌ها حاکی از آن است که این جلبک می‌تواند به عنوان یک جاذب مناسب برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی باشد.

گل‌واژگان: جذب بیولوژیکی، جلبک گراسیلاریا، مدل‌های لانگمور و فرندلیچ، فلز نیکل

[1] *Gracilaria corticota.*

[2] Packed column

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلوده‌کننده‌های زیست‌محیطی، آلودگی‌های ناشی از یون‌های فلزات سنگین موجود در پساب‌های واحدهای صنعتی است. در بسیاری از کشورهای جهان سوم و هم‌چنین کشورهای در حال توسعه کنترل مناسبی بر سیستم‌های خروجی پساب که وارد محیط زیست می‌شوند، صورت نمی‌گیرد. همین امر به آلودگی‌های حاد و مزمن جمعیت‌های زیستی اعم از گیاهی، حیوانی و انسانی منجر می‌شود [۱]. جذب اندک فلزاتی مانند جیوه، سرب، کادمیم، کبالت و... در بدن جانداران باعث بروز عوارض سوء بی‌شماری می‌شود. به طور کلی فلزات سنگین در نتیجه فرسایش طبیعی خاک، فوران‌های آتشفشانی، بارش‌های اتمسفریک و تخلیه پساب حاصل از صنایع گوناگون از جمله ذوب فلزات، آبکاری فلزات، پلاستیک‌سازی، تولید و مصرف مواد حاوی فلزات، کاغذسازی، رنگ‌رزی، فرآیندهای متالوژیکی و... به اکوسیستم آبی وارد می‌شوند [۲].

سالهاست که روش‌های متعددی از جمله رسوب دادن شیمیایی، تعویض یونی، تقطیر، استخراج با حلال، جذب سطحی آهک زنی، کاربرد صافی‌های شنی و کربنی و... جهت تصفیه آب به کار برده می‌شوند. تصفیه بیولوژیکی یکی از روش‌های استاندارد و قابل قبول در سطح جهان است که در جهت استفاده مجدد و بازیافت پساب‌های صنعتی از آن استفاده می‌شود. روش‌های ذکر شده در بالا در مقایسه با روش‌های تصفیه بیولوژیکی بسیار گران هستند. عمل تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌ها توسط باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک سلولی‌ها، جلبک‌ها و پروتوزوآها انجام می‌گیرد تا تغییرات تبدیل فاضلاب به حالتی بی‌ضرر بررسی شود، اما اخیراً جلبک‌ها به علت توانایی در تصفیه فاضلاب‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳].

جلبک‌ها، آب‌ها را از آلودگی‌های مواد آلی و فلزات سنگین پاک می‌کنند و به عنوان شاخص زیست‌محیطی مطرح هستند. تولید جهانی جلبک‌ها در سال ۱۹۹۰ در حدود ٤ میلیون تن بوده که سهم جلبک‌های قرمز، قهوه‌ای و سبز به ترتیب ۱/۲۵، ۲/۵ و ۰/۱۵ میلیون تن است. در حال حاضر مصرف انسانی جلبک‌های سبز ۰/٤ درصد، قهوه‌ای ٦٦/٥ درصد و قرمز ۳۳ درصد در آسیا است. تقریباً ۹٤ درصد جلبک‌های خوراکی توسط کشت دریایی به دست می‌آید [٤]. جلبک‌ها به دلیل داشتن مواد مغذی در تغذیه دام و ماکیان و نیز به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی حاشیه سواحل به کار می‌روند. جلبک‌ها دارای ترکیبات ضدمیکروبی، غنی از پتاسیم و ازت و حاوی برخی از مواد تنظیم‌کننده رشد نظیر جیبریلین و سیتوکینین به عنوان تحریک‌کننده رشد هستند [۵].

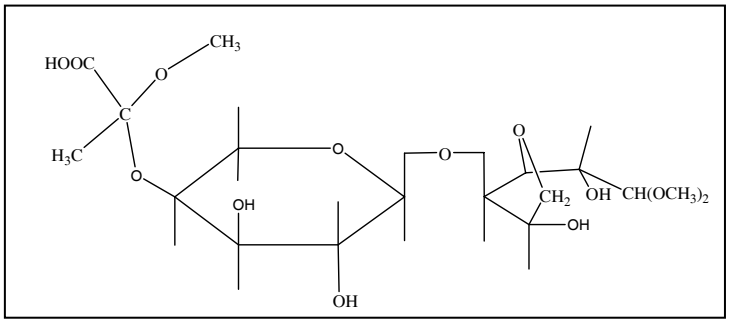
در ترکیبات دیواره سلولی جلبک‌ها غیر از سلولز مواد دیگری از جمله آلژینات، آگار و فوکویدان وجود دارد که نقش کلیدی در جذب بیولوژیکی کاتیون‌های فلزی ایفا می‌کنند [٦،۷]. آلژینات در پانسمان زخم‌های داخلی، پارچه ضدآتش، تولید انواع پودرها، جلوگیری از خونریزی و تهیه قرص استفاده می‌شود. اسید آلژینیک به خاطر داشتن عامل کربوکسیل و سولفات به عنوان جایگاه‌های مناسب برای اتصال فلز بسیار مناسب است. اسید آلژینیک در حذف فلزات سنگین و رادیواکتیو از بدن انسان و ثابت نگه داشتن سلول‌های زنده جانوران و انسان برای استفاده‌های بعدی در بیورآکتورها و پیوندها به کار می‌رود. آگار (شکل شماره ۱) در علوم آزمایشگاهی و پزشکی به عنوان محیط کشت باکتری‌ها مواد دندان‌پزشکی، داروهای ملین، تهیه قرص‌ها و کپسول‌ها کاربرد دارد [۸].

استفاده از جلبک‌های تازه در استخرهای تثبیت فاضلاب و جریان‌های خروجی پساب کارخانجات جلبک‌ها می‌توانند علاوه بر جذب و حذف عناصر موجود در پساب‌ها در طی اعمال متابولیسمی خود اکسیژن موردنیاز رشد باکتری‌ها و سایر ارگانیسم‌هایی که قادر به تجزیه پساب آلی هستند، را فراهم نمایند و در کنار جلبک‌ها امکان نگهداری و پرورش تعداد زیادی از باکتری‌های تجزیه‌کننده هوازی وجود دارد که سبب تسریع در مراحل تصفیه فاضلاب‌ها می‌شوند [۹].

گروه‌های کربوکسیلیک فراوان‌ترین گروه عاملی در فوکویدان بوده و ظرفیت جذب مستقیماً وابسته به حضور این گروه‌ها است. جذب کاتیون‌های فلزی آزاد توسط این گروه‌ها وابستگی زیادی به pH محلول دارد [۱۰].

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]



شکل شماره ۱ - ترکیب موجود در یک واحد آگارو پکتین

مواد و روش‌ها

محل برداشت و آماده‌سازی جلبک

در ساحل بندر بستانه با مختصات جغرافیایی ۲۶ و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ٥٤ درجه و ۵۰ دقیقه طول شمالی، جلبک‌های گراسیلاریا در برکه‌های کشندی ساحل صخره‌ای به صورت پراکنده و در حاشیه صخره‌ها رویش دارند. پس از جمع‌آوری جلبک‌ها از سواحل خلیج‌فارس و شستشوی آنها ابتدا توسط آب دریا و سپس با آب شیرین دوبار تقطیر شده شستشو داده شده تا ذرات شن و نمک از آن جدا شوند و بعد به مدت ۵ روز توسط نور خورشید خشک و به قطعات ۱۵-۱۰ میلی‌متر خرد شد.

ستون شیشه‌ای

در این روش که براساس سیستم flow بود از یک ستون شیشه‌ای به قطر داخلی ۲ سانتی‌متر و طول ۳۵ سانتی‌متر استفاده شد و در انتهای ستون یک تکه پنبه به ضخامت ۱۰ میلی‌متر قرار داده شد. ستون را مطابق نیاز بسته و داخل آن جلبک خرد شده را ریخته و از آن محلول کاتیون نیکل را عبور داده، سپس اثر پارامترهای مختلف مانند اثر pH، غلظت، مقدار جلبک و زمان جذب بر روی میزان جذب ملاحظه شد.

محلول نیکل

ابتدا محلول غلیظ ppm ۸۰۰ را از حل کردن ۰/۱٦۷ گرم $Ni\ Cl_2,\ 6H_2O$ (97%) در آب دیونیزه و سپس به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده و از این محلول، غلظت‌های مختلف (۴۰، ۳۰، ۵۰، ٦۰ و ۷۰) را تهیه کردیم. برای تنظیم pH محلول در دمای آزمایشگاه (۲ ± ۲۳ درجه سانتی‌گراد) از محلول ۱ مولار HCl و NaOH استفاده شد.

دستگاه جذب اتمی

برای سنجش غلظت نیکل موجود در محلول عبور داده شده از ستون از دستگاه جذب اتمی مدل GBC-932 که سوخت شعله آن مخلوط استیلن و هوا است، استفاده و برای کنترل دستگاه از یک کامپیوتر IBM در آزمایشگاه تحقیقاتی واحد تهران شمال استفاده شد.

روش کار

محلول نیکل با غلظت‌های اولیه (۴۰، ۳۰، ۵۰، ٦۰ و ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه و آزمایش‌ها طی چند مرحله درون ستون شیشه‌ای پر شده از جلبک انجام شد و اثر پارامترهایی مانند غلظت اولیه محلول، مقادیر مختلف جاذب (**۲/۵** و ۳/۵ گرم) در زمان‌های ماندگاری (۱۵، ۳۰ و ٤۵ دقیقه) و تاثیر pH در محدوده (۹ - ۳) در دمای آزمایشگاه (۲± ۲۳ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد و غلظت نهایی مس توسط دستگاه جذب اتمی (GBC-932) بررسی شد.

تئوری‌های جذب تعادلی

مدل‌های جذب فیزیکی «لانگمور» و «فرندلیچ» دو مبنای متداول در حذف آلاینده‌ها به کمک بیوماس‌های غیرزنده محسوب می‌شوند.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]

ایزوترم جذب لانگمور [۱۱]

یکی از قوانین معتبر جذب فیزیکی به وسیله بیومس‌های غیرزنده است که در بسیاری از موارد صادق می‌باشد. برای جذب تک لایه‌ای روی سطوح با تعداد محدودی از موقعیت‌های جذب یکسان، به کار می‌رود. رابطه‌اش به صورت زیر است:

$$q_e = Q_{\max} K_L C_e / (1 + bC_e) \quad (۱)$$

که در آن q_e مقدار آلاینده جذب شده بر حسب (mg/g) در هر لحظه، Q_{max} حداکثر ظرفیت جذب به وسیله بیوماس (mg/g)، K_L یا (b) ثابت جذب تعادلی که به میزان تمایل جذب شونده به بیوماس بستگی دارد (Lmg^{-1}) و C_e غلظت تعادلی آلاینده یا جذب نشده (mgL^{-1}) است. نمودار q_e برحسب C_e به صورت یک تابع هموگرافیک است که مقدار q_e در هر C_e از رابطه (۱) به دست می‌آید.

مقدار q_e به ازای هر C_e به صورت تجربی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$q_e = (C_\circ - C_e) / X_\circ \quad (۲)$$

که C_0 و C_e به ترتیب غلظت گونه I در جریان‌های ورودی و خروجی و X_0، دوز مصرفی بیوماس است که عبارت است از: مقدار جرم بیوماس در واحد حجم محلول آبی (g/lit).

معادله لانگمور به صورت زیر به شکل خطی در می‌آید:

$$C_e/q_e = C_e/Q_{\max} + 1/(Q_{\max}.K_L) \quad (۳)$$

که مقادیر Q_{max} و b را می‌توان به ترتیب از شیب و عرض از مبداء آن به دست آورد.

ایزوترم جذب فرندلیچ [۱۲]

برای جذب روی یک سطح ناهمگون[1] معتبر است و معادله‌اش به فرم زیر است:

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (٤)$$

که در آن q_e و C_e مشابه موارد مطرح شده در رابطه لانگمور هستند. K_f و n، ثابت‌های مدل فرندلیچ بوده که به ترتیب معرف ظرفیت جذب و شدت جذب هستند که از شیب و عرض از مبداء فرم خطی شده معادله به دست می‌آید یعنی:

$$Lnq_e = LnK_f + 1/n\, LnC_e \quad (۵)$$

بررسی مدل‌های سینتیکی

برای بررسی مکانیسم جذب و کنترل مراحل سرعت واکنش نظیر انتقال جرم و پیشرفت واکنش‌های شیمیایی، مدل‌های سینتیکی کاربرد دارند. این مدل‌ها شامل معادلات درجه اول و دوم هستند که به صورت زیر می‌باشند.

سینتیک درجه اول (First- order kinetic model)

$$dq_t/dt = K_1(q_e - q_t) \quad (٦)$$

که در آن K_1 ثابت سرعت جذب بیولوژیکی (min^{-1}) و q_t، مقدار یون جذب شده بر وزن جاذب در زمان t (mg/g) است. با لگاریتم‌گیری از رابطه فوق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_{ad} t}{2.303} \quad (۷)$$

از رسم نمودار $\text{Log}\,(q_e - q_t)$ به t می‌توان K_1 را به دست آورد.

سینتیک درجه دوم (Second- order kinetic model) :

$$dq_t / d_t = K_2(q_e - q_t)^2 \quad (۸)$$

که K_2 ثابت سرعت جذب بیولوژیکی (g/mg.min)، q_e و q_t مشابه موارد مطرح شده در معادله درجه اول هستند. رابطه (۸) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$t/q_t = 1/k_{2ad}.q_e^2 + (1/q_e)t \quad (۹)$$

که مقدار K_2 از محاسبه عرض از مبداء نمودار به دست می‌آید [۱۳].

نتایج

اثر pH

بررسی‌های قبلی نشان داده بود که pH یکی از عوامل مهم در جذب عناصر سنگین است [۱٤]. بررسی ما بر روی جلبک گراسیلاریا برای جذب نیکل (II) در غلظت ثابت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و محدوده pH بین (۹ - ۳) صورت گرفته و نتایج در جدول شماره ۱ آورده شده است و ملاحظه می‌شود ماکزیمم

[1] Heterogeneous

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]

جدول شماره ۱- نتایج به دست آمده از بررسی تغییرات pH بر روی جذب نیکل (II) در غلظت 50 ppm

pH	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
درصد جذب	۸۲,٤٥	۸۸,۸۹	۸۹,٦۹	۸۷,۱۹	۸٦,۹٥	۸٥,٥٤	۷۹,٥۸

جذب اندازه‌گیری شده در pH = ٥ به دست آمده است و با افزایش pH میزان جذب کاهش پیدا می‌کند. در pH های پایین به علت رقابت بین یون‌های H^+ و کاتیون فلزی، یون H^+ بر روی سایت‌های جذب، غلبه کرده و دسترسی کاتیون‌ها به این سایت‌ها در نتیجه نیروی دافعه محدود و سبب کاهش درصد جذب می‌شود. اما در pH های بالاتر، لیگاندهای موجود در جاذب مانند COO^-، دانسیته بار منفی را روی سطح لیگاندها افزایش داده، در نتیجه جاذبه الکترواستاتیکی یون‌های فلزی با بار مثبت روی سطح لیگاندها افزایش یافته و درصد جذب بیشتر خواهد شد. با افزایش pH در نتیجه تراکم یون‌های OH^- رسوب یون‌های فلزی به صورت هیدروکسید مشاهده و سبب کاهش درصد جذب می‌شود [۱٥].

اثر جرم جاذب

مقدار جلبک با میزان جذب ارتباط مستقیمی دارد به طوری که با افزایش میزان جاذب از ۲/٥ به ۳/٥ گرم میزان جذب افزایش می‌یابد و این نشان می‌دهد که سایت‌های بیشتری جهت اتصال به یون‌های فلزی ایجاد می‌شود.

اثر غلظت اولیه محلول Ni (II)

یکی دیگر از عوامل موثر بر روی درصد جذب یون‌های فلزی، غلظت اولیه یون‌ها در محلول مورد آزمایش است [۱٦]. در این بررسی دو پارامتر pH و دما را ثابت نگه داشتیم و آزمایش را با غلظت‌های (۳۰،٤۰، ٥۰، ٦۰ و ۷۰) از Ni^{+2} انجام داده و به ترتیب درصد جذب‌های ۸۳/۰۱، ۸۲/۳۰، ۸۰/٦۹، ۷۹/۱٤ و ۷۸/۲۳ در pH ثابت ٥ به دست آمد. این روند نشان‌دهنده این است که با افزایش غلظت، میزان جذب فلز کاهش پیدا می‌کند و می‌توان نتیجه گرفت که سایت‌های جذب پر شده و دیگر قدرت جذب بیشتر فلز نیکل را ندارد.

اثر زمان

همان‌گونه که در نمودار شماره ۱ معلوم است با افزایش زمان از ۱٥ به ٤۰ دقیقه میزان جذب افزایش می‌یابد، ولی در زمان ماندگاری ۱٥ دقیقه تقریباً بیشترین جذب بیولوژیکی صورت گرفته است و بعد از آن جذب به آهستگی صورت می‌گیرد.

ایزوترم‌های تعادلی جذب

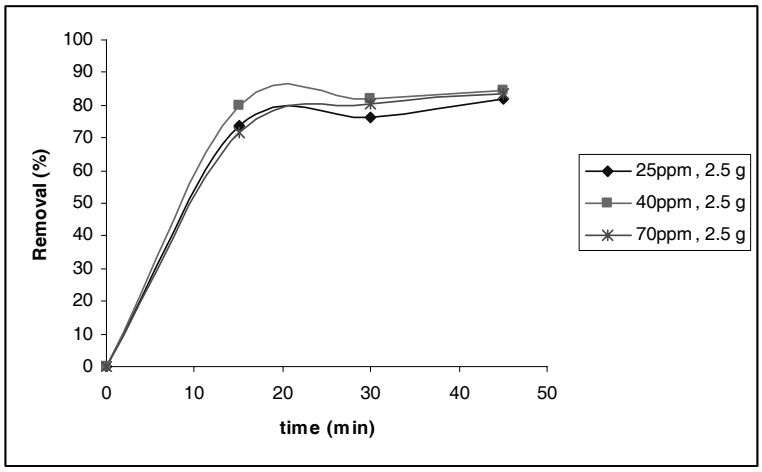
از بررسی نمودارها و مقایسه آنها در روابط فرندلیچ و لانگمور نتایجی مطابق جدول شماره ۲ به دست می‌آید و همان‌طور که در نتایج جداول مشاهده می‌شود، ایزوترم‌های جذب برای حذف یون نیکل از ایزوترم فرندلیچ و هم ایزوترم لانگمور پیروی می‌کند چون نمودار مربوط به آنها کاملاً خطی بوده و این خطی بودن نشان‌گر تبعیت این جاذب از ایزوترم‌های جذب است. اما به علت بیشتر بودن R^2 در تابع معادله لانگمور تبعیت از آن بیشتر خواهد بود. مقادیر Q_{max} و b در دمای آزمایشگاه تابع مقدار جاذب است.

نتایج سینتیکی

جدول شماره ۳ مقادیر K_1 ، K_2 ، q_e و $q_{e(exp)}$ را برای انجام جذب بر الگوی هر دو مدل سینتیکی نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود مقادیر q_e به دست آمده از مدل درجه دوم، بسیار نزدیک به $q_{e(exp)}$ (مقدار تجربی) است. در واقع $q_{e(exp)}$ مقدار ثابت و حداکثر جذب شده بر حسب زمان است.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]



نمودار شماره ۱- بررسی اثر زمان بر درصد جذب در pH= ۵ در دمای آزمایشگاه

جدول شماره ۲- پارامترهای ایزوترمی به دست آمده برای جذب نیکل توسط مقادیر متفاوت جلبک گراسیلاریا

ایزوترم‌های تعادلی	۲/۵ گرم	۳/۵ گرم
لانگمور		
Q_m (mg g^{-1})	۱/۳۸٦	۱/۲۸۵
b (L mg^{-1})	۰/۰٤۳	۰/۰٤۸
R^2	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
فرندلیچ		
1/n	۰/٦۲۷	۰/۷٤۱
K_F (mg g^{-1}) $(L\ mg^{-1})^{1/n}$	۰/۰۹۲	۰/۰۷۵
R^2	۰/۹۷۹	۰/۹۹۹

جدول شماره ۳- مقایسه ثابت‌های سرعت جذب برای معادلات سینتیکی درجه اول و دوم و همچنین مقایسه q_e تجربی با q_e محاسبه شده در مقادیر متفاوت جلبک گراسیلاریا

پارامترها		مدل درجه اول سینتیک				مدل درجه دوم سینتیک		
جرم جلبک	غلظت‌های محلول نیکل (mg L^{-1})	q_e (تجربی)	K_1 ($\times10^{-3}$)	q_e (محاسباتی)	R^2	K_2 ($\times10^{-3}$)	q_e (محاسباتی)	R^2
۲/۵ گرم	۳۰	۰/۱۷۰	۱۱/۹۸۰	۰/۱۵۵	۰/۹۱۷	۳/۳٤۰	۰/۹۹۰	۱/۰۰۰
	۵۰	۰/٤۲۰	۰/٤٦۰	۰/۰۳۵	۰/۹۸۷	٦۵/٦٦۰	۰/۸٤۰	۱/۰۰۰
	۷۰	۰/۵۹۰	۳/٤۰۰	۰/۰۲۲	۰/۹۰۹	۳/۸۹۰	۰/۹۱۰	۱/۰۰۰
۳/۵ گرم	۳۰	۰/۱٦۰	۹/۲۰۰	۰/۱۵٤	۰/۹۸۱	٤/٦۰۰	۰/۹۵۰	۰/۹۹۸
	۵۰	۰/٤۰۰	۰/٦۹۰	۰/۰۳٦	۰/۹٤۹	۲۷/۲۰۰	۰/۹۳۰	۰/۹۹۹
	۷۰	۰/۵۰۰	۹/۹۰۰	۰/۰۳۳	۰/۹٤۲	۰/۸۷۰	۱/۱۰۰	۰/۹۹۹

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]

بحث

در این تحقیق اثر جاذب گراسیلاریا در جذب کاتیون نیکل را با توجه به اثر عوامل مختلف بررسی شده است. یکی از عوامل مهم در مقدار جذب pH بوده است و در این بررسی pH= ۵ بهینه شد، هم‌چنین در این بررسی نتیجه گرفته شد که میزان جذب به مقادیر مختلف جاذب بستگی ندارد، اما به طور کلی میزان ۲/۵ گرم جاذب مقدار بازده جذب بهتری را نشان داده و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است. سرعت جذب با افزایش زمان از ۱۵ به ٤٥ دقیقه افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این جذب پیروی از مدل سینتیکی درجه دوم را به خوبی نشان می‌دهد و داده‌های تعادلی هم از مدل‌های جذبی لانگمور و فرندلیچ به خوبی پیروی می‌کند. اما نتایج موید این نکته هستند که تابعیت از مدل لانگمور بیشتر از فرندلیچ است.

در نهایت می‌توانیم نتیجه بگیریم که جلبک دریایی گراسیلاریا جاذب مناسبی جهت حذف انتخابی یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی است و به نظر می‌رسد که اجرای این طرح در مناطق صنعتی که میزان فلزات سنگین در پساب‌های آنها بالا است، به عنوان روشی مکمل و اطمینان بخش با نتایج کاملاً مفید، حایز اهمیت فراوان است.

تشکر و قدردانی

در خاتمه از آقای دکتر سهرابی معاونت محترم آموزشی دانشکده شیمی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال به علت همکاری و مساعدت ایشان در فراهم نمودن استفاده از امکانات آزمایشگاهی دانشگاه و آقای مهندس جوکار شاغل در شیلات بندرعباس و خانم دکترماریا محمدزاده استاد دانشگاه آزاد واحد بندرعباس در جمع‌آوری و فرستادن جلبک‌ها به تهران کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Rohoan Drakhshan, Evalation and optimuyion elimination Zn, Ni, Cd, Pb wastewater by fern, Ph.D thesis 2006, pp: 2 -3.

2. Ghasemi, Samira. Biosorption of Copper from Wastewater by Activated Carbon Prepare of Alga *Sargassum* sp and *Gracilaria Corticata* 2008, pp: 3-4.

3. Flavia Pinto Padilha, Francisca Pessoa de Franca, Antonio Carlos Augusto da Costa. The use of waste biomass of *Sargassum* sp. for the biosorption of copper from simulated semiconductor effluents *Bioresource Technology*, 2005; 96: 1511 - 7.

4. Dawes CJ. Marine Botany. John wiley & sons. New York. 1997, pp: 480 - 1.

5. Alongi DM. Coastal ecosystem processes. CRC. Pub. 1997, pp: 419 – 20.

6. Abo M. Marine Alga and Econamic importance overther. Publish Booklet Research Royal feast Mazndaran Province. 1997, pp: 15 – 6.

7. Rezaei MB, Jaymand A. Agar. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 1995, p: 165 – 6.

8. Rafeei, Farnaz. Consideration growth and production species Algas *Sargassum* sp and *Gracilaria Corticata* Bandar langha. 2004, pp: 44 -50.

9. Tayabi bhar, Cnsideration Water Alga for Eliminatin Heavy Methal Cu, Zn and making use of wastewater, M. S. thesis Islamic Azad University, pp: 23 - 7.

10. Volesky B, Weber J and Park JM. Continuous-flow metal biosorption in a regenerable *Sargassum* column. *Water Res*., 2003; 37 (2): 297 -306.

11. Langmuir I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids, *J. Am. Chem. Soc.*

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]

1916; 38: 2221 - 95.

12. Freundlich HMF. *über* die adsorption in *lösungen*, Zeitschrift *für physikslische Chemie*., 1906; 57: 385 - 470.

13. Ag Y and Aktay Y. Kinetics studies of Cr (VI) and Cu (II) ions by chitin, Chitosan and Rhizopus Arrhizus, *Biochem. Eng*. 2002; 12: 143 - 53.

14. Matheickal JT. Lyengar L and Venkobachar C. Sorption and desorption of Cu (II) by Ganoderma lucidum, Wat. Poll. Res. *J. Canada*. 1991; 26: 187 - 200.

15. Christ HR, Oberholser K, Shank N. Nguyen M. Nature of bonding between metallic ions and algal cell walls, *Environ. Sci. Technol.* 2003; 15: 1212 - 7.

16. Malkc E. Ni (II) removal from aqueous solution using cone biomass of Thuja orientalis, *J. hazard. Mater*. 2006; online www.elsevier.com/locate/jhazmat

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.7.5]