

بررسی پارامترهای موثر بر جذب نشاسته از محلول‌های آبی با نانوذرات آهن -

کیتوزان

خشایار محمدیگی^۱

امیر حسام حسنی^۲

سیده هدی رحمتی^{۳*}

rahmati@srbiau.ac.ir

امیر حسین جاوید^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱

چکیده

زمینه و هدف: نشاسته به طور گسترده ای در صنایع غذایی، دارویی، کاغذسازی و منسوجات استفاده می‌شود. پساب این واحدها دارای میزان اکسیژن بیولوژیکی بالایی است که لازم است تصفیه شود. در این پژوهش، قابلیت جذب نشاسته از محلول آبی با استفاده از نانو ذرات فلزی پوشش داده شده با کیتوزان، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. با توجه به این که کیتوزان بیوپلیمری، غیر سمی، زیست سازگار و قابل تجزیه بیولوژیکی است و همچنین دارای ظرفیت جذب بالا، تجزیه پذیری، پایداری، سهولت تولید و هزینه کم می‌باشد، لذا امکان استفاده از این نانو ذرات در سیستم‌های تصفیه پساب، می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

روش بررسی: ابتدا نانو ذرات مگنتیتی کیتوزان تهیه گردید و مشخصات ساختار و ریخت شناسی این نانو جاذب بررسی شد. سپس عملکرد نانو جاذب و تاثیر پارامترهای موثر بر میزان جذب نشاسته، نظیر: زمان تماس، میزان جاذب، غلظت اولیه جذب شونده، دما و pH محلول، مطالعه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که امکان جذب نشاسته با نانو ذرات فلزی پوشش داده شده با کیتوزان میسر است و ماکزیمم درصد جذب در شرایط pH معادل ۵ و مدت زمان تماس ۶۰ دقیقه برابر ۸۴ درصد بود. مطابق داده‌های آزمایشی انطباق بالاتری با ایزوترم لانگمیر نسبت ایزوترم فروندولچ دارند. همچنین نتایج نشان داد که این داده‌ها از مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم تبعیت می‌کند.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *مسئول مکاتبات)

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج اگرچه امکان کاهش میزان نشاسته با استفاده از نانو جاذب مغناطیسی کیتوزان میسر است ولی لازم است مطالعات پابلوتی و بررسی فنی و اقتصادی جهت امکان استفاده هیبریدی با روش‌های متداول دیگر در تصفیه پساب واحدهای فرآوری نشاسته نیز انجام شود.

واژه های کلیدی: نانو ذرات، کیتوزان، نشاسته، جذب، ایزوترم.

Investigation of Effective Parameters on Starch Adsorption from Aqueous Solutions by Iron-Chitosan Nanoparticles

Khashayar Mohamadbeigy¹

Amir Hessam Hassani²

Seyedeh Hoda Rahmati^{3*}

rahmati@srbiau.ac.ir

Amir Hossein Javid²

Admission Date: January 23, 2022

Date Received: November 22, 2021

Abstract

Background and Objective: Starch is widely used in food, pharmaceutical, paper & textile industry in large quantities. The wastewater of these units have high biological oxygen demand (BOD). In this study, the adsorption capacity of starch from aqueous solution was investigated using metal nanoparticles coated with chitosan. Due to the fact that chitosan biopolymer is non-toxic, biocompatible and biodegradable and also high adsorption capacity, degradability, stability, easily production and low cost, so the possibility of this nanoparticle can be considered in starch wastewater treatment.

Material and Methodology: First, magnetic nanoparticles was and the structure characteristics and morphology of this nano particle were investigated. Then, the performance of nano-adsorbent and the effect of effective parameters on starch uptake, such as contact time, adsorbent, initial adsorbent concentration, temperature and pH of the solution, were studied.

Finding: The results showed that it is possible the adsorption of starch with metal nanoparticles coated with chitosan. The maximum adsorption 84 percent of starch is obtained at pH 5, contact time: 60 minutes and the dosage 2 mg of adsorbent per liter. According on experimental data are more compatible with the Langmuir isotherm than the Freundlich isotherm. The results also showed that these data follow a pseudo-second order kinetic model.

Discussion and Conclusion: According to the results, although it is possible to reduce the amount of starch by using magnetic chitosan nanosorbent, but it is necessary to pilot and techno- economical study to investigate hybrid use with other conventional methods in treatment system of starch processing units.

Key words: Nanoparticles, Chitosan, Starch, Adsorption, Isotherm.

1- PHD Student of Environmental Engineering, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. * (Corresponding Author)

مقدمه

با استفاده از راکتور بی هوازی پتو لجن با جریان بالا رونده، امکان کاهش میزان COD تا میزان بالایی را گزارش دادند (۹-۱۳). روش تصفیه بیولوژیکی هوازی در مقایسه با روش بیولوژیکی بی هوازی، دارای مزایایی نظیر ظرفیت تصفیه بالا، کیفیت پساب مناسب و فضای نصب مورد نیاز کمتری است، بنابراین به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج مطالعه تجربی بر روی یک پساب نشاسته با غلظت کمتر از ۱ گرم بر لیتر و میزان اکسیژن حدود ۱۱۱۵ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد که با استفاده از راکتور ناپیوسته متوالی، امکان تصفیه مناسب می‌باشد (۱۴). همچنین پژوهشی در زمینه استفاده از راکتور بی هوازی پتو لجن با جریان بالا رونده بی هوازی همراه با مخزن هوادهی لجن فعال و مخزن اکسیداسیون، شده است که راکتور UASB در بخش اصلی تاسیسات فرآیند تصفیه و سیستم هوازی فقط به عنوان تصفیه تکمیلی فرآیند بی هوازی به کار رفت تا راندمان بیشتر برای حصول به حد استاندارد پساب خروجی، امکان پذیر شود (۱۵). از این رو، استفاده از راکتور UASB، جهت بهبود عملکرد سیستم‌های رایج واحدهای تصفیه پساب نشاسته، پیشنهاد شده است. این راکتورها دارای دامنه عملکردی گسترده، مصرف انرژی کم، بار بالا و مقدار کم لجن باقی مانده هستند (۱۶). در مطالعه‌ای دیگری کارایی راکتور بی هوازی UASB و راکتور متوالی منقطع جهت تصفیه پساب کارخانه نشاسته سیب زمینی با COD به میزان ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشخص شد (۱۷). همچنین در پژوهش‌های مختلفی، کاربرد راکتورهای بستر لجن گرانولی منبسط در تصفیه پساب نشاسته مطالعه گردید که نتایج آن، راندمان حذف بالایی برای پساب آلی با غلظت زیاد و میزان حذف BOD تا بیش از ۹۰ درصد را نشان داد (۱۸). ژانگ در تحقیقی بر روی یک واحد تصفیه پساب نشاسته، راکتور اصلی UASB با یک بیوراکتور بی‌هوازی با بازچرخانی داخلی جایگزین شده و بیوراکتور غشائی نیز اضافه گردید که با این سیستم تصفیه ترکیبی، امکان حذف COD تا ۸۲ درصد میسر شد (۱۹). همان طور که ذکر شد پساب صنایع تولید و فرآوری نشاسته، غلظت بالایی از آلاینده‌ها دارند که به طور متداول از روش‌های بیوشیمیایی، لخته سازی و ترسیب جهت تصفیه آن

پساب واحدهای تولید و فرآوری نشاسته، حاوی مقادیر مختلفی نشاسته محلول، مقدار کمی پروتئین، اسیدهای آلی، مواد معدنی و مقدار کمی روغن و چربی است که دارای میزان اکسیژن بیولوژیکی بالایی می‌باشد، بنابراین از روش‌های فیزیکی نظیر جذب، شناور سازی، حرارت دهی، فیلتراسیون، روش‌های فیزیکی-شیمیایی و روش‌های بیولوژیکی جهت تصفیه این پساب استفاده می‌شود. پساب نشاسته حاوی سلولز و گرانول نشاسته و سلولز است که مولکول‌های فیبر خطی هستند، لذا گروه‌های هیدروکسیل زیادی در آن وجود دارد که این گروه‌های می‌توانند پیوندهای هیدروژنی ایجاد کنند و جذب مواد جاذب مناسب شوند (۱). در تحقیقی از کربن فعال با اندازه مش ۴۰، برای پساب نشاسته سیب زمینی غلظت کم استفاده شد که نشان داد ۵ گرم جاذب کربن فعال می‌تواند در مدت تماس یکساعت و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و pH معادل ۵، راندمان جذبی حدود ۴۸ درصد داشته باشد (۲). روش جداسازی با شناور سازی، دارای مزایایی نظیر زمان جداسازی کم، سادگی تجهیزات، ظرفیت تصفیه زیاد می‌باشد، به طوری که مو و همکارانش، شرایط عملیاتی بهینه تصفیه در یک کارخانه نشاسته سازی، برابر میزان هوای ۱۲۰ لیتر در ساعت، حجم تغذیه ۱۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه و سطح مایع ۱۲۷ سانتی‌متر گزارش کردند (۳). مطالعه‌ای بر روی لخته سازی نشاسته سیب زمینی با پلی فریک سیلیکات انجام شد که امکان کاهش میزان COD پساب نشاسته از ۵۶۴۲ میلی‌گرم در لیتر تا ۸۷٪ را نشان داد که پسماند تولیدی می‌تواند به عنوان کود استفاده گردد (۴). در سال‌های اخیر، استفاده از بیوپلیمرها جهت تصفیه پساب نشاسته توسعه یافته است که این بیوپلیمرها با مکانیسم ایجاد پل، موجب تشکیل لخته‌های بزرگ و متراکم می‌شوند، لذا عملیات تصفیه بهبود می‌یابد (۵-۶). در تصفیه پساب نشاسته، استفاده از لخته سازی میکروبی، امکان کاهش کدورت را میسر می‌کند، ضمن آنکه رسوب ته نشین شده، غیرسمی و بدون آلودگی ثانویه است، بنابراین می‌تواند برای خوراک پروتئینی دام استفاده شود (۷-۸). در روش تصفیه بیولوژیکی بی هوازی، میکروارگانیسم‌ها موجب تجزیه مواد آلی کمپلکس در پساب نشاسته می‌شوند بر این اساس، پژوهشگرانی

سنتزی با پراش (تفرق) اشعه ایکس و از روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز جهت تشخیص گونه ترکیبات و گروه‌های عاملی نانو ذرات و همچنین ارزیابی خصوصیات مغناطیسی و میزان اشباع مغناطش نانو ذره، دستگاه سنجش مغناطیس نمونه ارتعاشی استفاده شد.

۲- روش تهیه نانو ذرات مغناطیسی کیتوزان

سنتز نانو ذرات آهن مغناطیسی Fe_3O_4 به روش هم‌رسوبی شیمیایی انجام شد که بدین منظور ابتدا درون یک بالن سه دهانه تحت جو نیتروژن، ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و سپس مقدار ۸/۴۸ گرم کلرید آهن سه ظرفیتی $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ و ۲/۲۵ گرم کلرید آهن دو ظرفیتی $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ اضافه گردید و تحت جو نیتروژن، اختلاط مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس ۲۰ میلی لیتر محلول آمونیاک ۱/۵ مولار به آن اضافه گردید و دمای محلول در ۸۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. بعد از پایان واکنش، رسوب نانو ذرات آهن مغناطیسی با یک آهنربا از محیط واکنش جدا گردید و چهار مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سرانجام این رسوب در شرایط خلاء خشک شد. برای پوشش دهی با بیوپلیمر کیتوزان، ابتدا یک گرم کیتوزان در ۱۵۰ میلی لیتر محلول اسید استیک دو درصد حل شده و سپس ۳ گرم نانو ذره مغناطیسی سنتز شده به آن اضافه گردید و pH نمونه با هیدروکسید سدیم معادل ۶ تنظیم شده و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و تحت رفلکس بمدت چهار ساعت، اختلاط انجام شد. سپس رسوب تشکیل شده، سه بار با آب مقطر و بعد از آن با اتانول شستشو داده شد و سرانجام این نمونه در کوره خلا خشک گردید.

۳- تعیین میزان جذب نشاسته

مقدار نشاسته جذب شده بر روی نانو جاذب و راندمان جذب با استفاده از روابط ذیل، تعیین شد:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (1)$$

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

C_0 غلظت اولیه نشاسته در محلول

C_e غلظت تعادلی نشاسته

است. با توسعه رویکرد صنایع سبز، بهینه سازی و استفاده مجدد از منابع آب، به کار گرفتن تصفیه ترکیبی پساب در صنایع مطرح شده‌اند مثلاً با استفاده از جاذب‌های طبیعی جهت بازیافت مواد معلق موجود در پساب و تولید خوراک پروتئین دامی مطرح می‌باشد (۲۳-۲۰). همچنین باید توجه داشت که علاوه بر کارخانه های تولید نشاسته و گلوکز، پساب صنایع فرآوری نشاسته نظیر کارخانه‌های مواد غذایی نظیر تولید چپس و صنایع دیگر مثل کاغذ سازی و همچنین واحدهای تولید چرم هم حاوی نشاسته است (۲۴). در تحقیقی پالانیکومار و همکارانش بر روی جداسازی نشاسته در سه pH مختلف با نانو ذره هیبرید اسید فولیک-فریت، سرعت رسوب نشاسته تحت تأثیر نانو هیبرید در محیط اسیدی افزایش یافت (۲۵). با توجه به این که در واحدهای فرآوری نشاسته، میزان بالای پساب تولید می‌شود، لذا مطالعه و تحقیق بر روی روش‌های بازیابی نشاسته و امکان استفاده از نانو ذرات جهت جذب نشاسته، حائز اهمیت است که این امر موجب کاهش میزان مواد آلی و امکان استفاده مجدد از پساب می‌گردد.

روش تجربی

۱- مواد شیمیایی و روش‌ها

در این مطالعه، کیتوزان آزمایشگاهی با وزن مولکولی بالا از شرکت سیگما و بقیه مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک تهیه گردید. برای بررسی میزان جذب، محلول نشاسته با غلظت‌های معینی تهیه شد و سپس با تغییر پارامترهای آزمایش نظیر pH محلول، زمان تماس، دما، شرایط اختلاط، غلظت اولیه نشاسته و مقدار جاذب مصرفی، میزان بازیابی نشاسته بر روی نانو جاذب از محلول تعیین گردید.

برای بررسی و ارزیابی سرعت جذب، مطالعه بر روی ایزوترم جذب بر مبنای ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر و سینتیک فرآیند جذب بر اساس مدل‌های سینتیک شبه درجه اول و شبه درجه دوم انجام شد. ریخت شناسی و اندازه نانو ذرات کیتوزان مغناطیسی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ الکترونی عبوری انجام گردید. جهت شناسایی ساختار نانو مواد

q_e ظرفیت جذب تعادلی نشاسته جذب شده بر روی

جاذب

m جرم جاذب

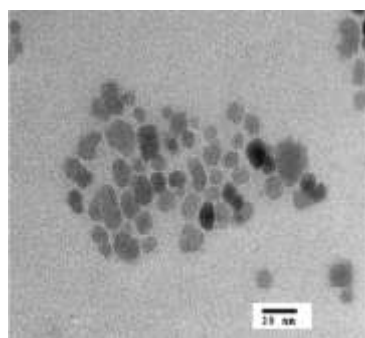
E راندمان جذب یا راندمان بر حسب درصد

V حجم محلول

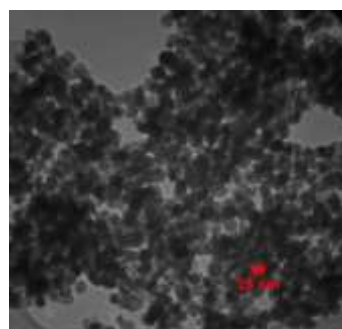
یافته ها و بحث

۱- مشخصات نانو ذرات

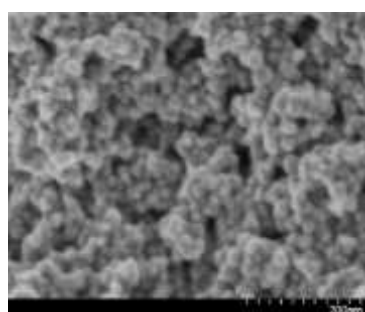
ویژگی‌های سطحی نانو ذرات آهن و نانو ذرات مغناطیسی با پوشش کیتوزان در شکل ۱ نمایش داده شده است.



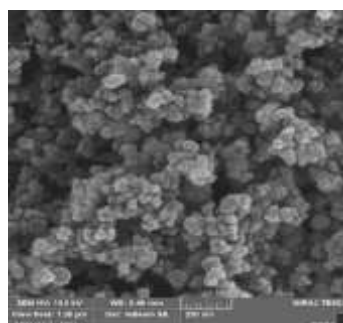
(ج)



(الف)



(د)



(ب)

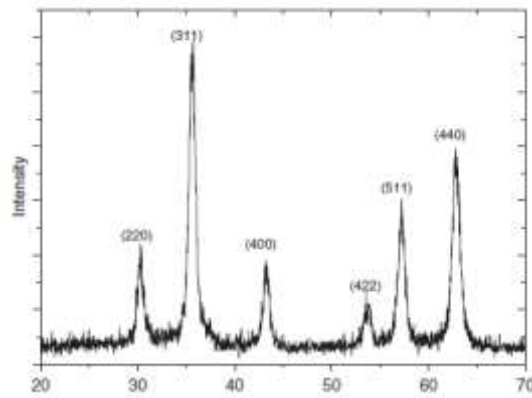
شکل ۱- (الف و ب) تصویر SEM و TEM نانو ذرات Fe_3O_4 ، (ج و د) تصویر SEM و TEM نانو ذرات

مغناطیسی کیتوزان

Figure 1. (a, b) SEM و TEM Fe_3O_4 Nano particle and (c, d) SEM و TEM image Magnetic Chitosan Nano Particle

مغناطیسی، شش پیک برای Fe_3O_4 منطبق با ۲۲۰، ۳۱۱، ۴۰۰، ۴۲۲، ۵۱۱ و ۴۴۰ است (شکل ۲).

همان طور که مشاهده می‌شود این نانو ذرات کروی شکل و با اندازه حدود ۳۰ نانومتر هستند. الگوی XRD نانو ذرات کیتوزان

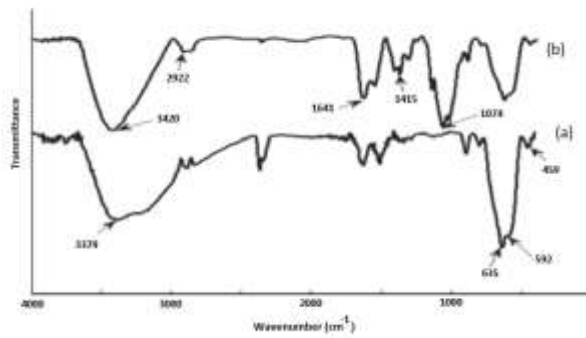


شکل ۲- XRD نانو ذرات مغناطیسی کیتوزان

Figure 2. XRD pattern of Magnetic Chitosan Nano Particles

موفقیت تهیه شده است. در شکل ۳ طیف مادون قرمز نانو ذرات مگنتیت (اکسید آهن مغناطیسی) و همچنین نانو ذرات مگنتیت پوشش داده شده با کیتوزان نشان داده شده است.

ترکیب خطوط پراکنش ضعیف بیانگر آنست که ذرات مگنتیت با Fe_3O_4 با کیتوزان پوشش شده است و نانو ترکیب اکسید آهن مغناطیسی با کیتوزان بدون آسیب به ساختار کریستالی هسته با

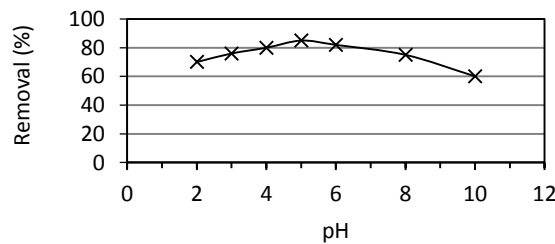


شکل ۳- FTIR (الف) نانو ذرات مگنتیت، (ب) نانو ذرات مگنتیت کیتوزان

Figure 3. FTIR Spectra (a) Magnetic Nano particle (b) Magnetic Nano Particle Chitosan

۲- بررسی عوامل مؤثر بر جذب نشاسته

شکل ۴ نمودار میزان جذب نشاسته بر حسب pH را برای غلظت اولیه نشاسته ۱۰ گرم بر لیتر، میزان نانوذره ۲ میلی گرم بر لیتر، دما ۲۵ درجه سانتی گراد و زمان تماس ۶۰ دقیقه نشان می دهد.

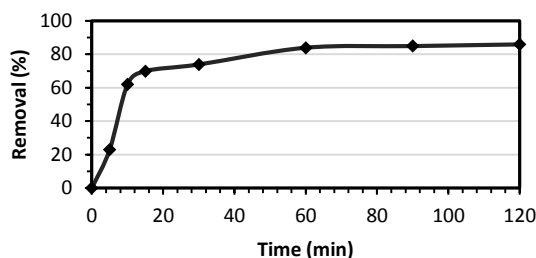


شکل ۴- میزان حذف نشاسته بر حسب pH

Figure 4. Starch removal Versus pH

۳- بررسی اثر زمان تماس بر میزان جذب

شکل ۵ تاثیر تغییر زمان تماس از ۵ دقیقه تا ۱۲۰ دقیقه بر روی میزان جذب نشاسته در pH برابر ۵، غلظت اولیه نشاسته ۱/۵ درصد، میزان نانو جاذب ۵ میلی گرم بر لیتر، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نمایش می دهد.

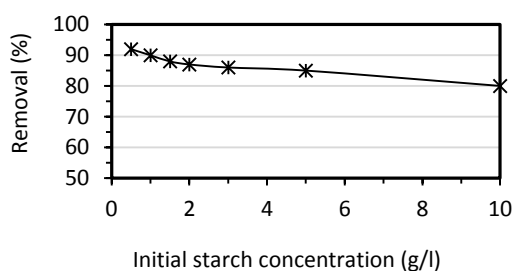


شکل ۵- نمودار میزان حذف نشاسته در زمان تماس های مختلف

Figure 5. Removal Efficiency of Starch at different contact time

۴- بررسی اثر تغییر غلظت نشاسته بر میزان جذب

همچنین تاثیر غلظت اولیه نشاسته بر روی جذب، در محدوده ۰/۵ تا ۱۰ گرم بر لیتر برای شرایط آزمایشی pH معادل ۵، میزان تزریق نانو جاذب ۵ میلی گرم بر لیتر، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و مدت زمان تماس ۶۰ دقیقه بررسی شد که نتایج در شکل ۶ مشخص است.



شکل ۶- اثر تغییر غلظت نشاسته بر میزان جذب

Figure 6. Starch concentration effectiveness on starch removal

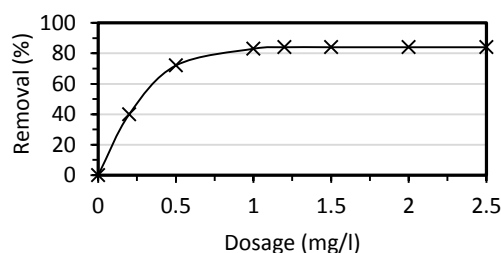
۵- بررسی اثر مقدار نانو جاذب بر میزان جذب

در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، pH معادل ۵ و با زمان تماس ۶۰ دقیقه، میزان تزریق نانو جاذب از ۰/۲ تا ۲/۵ میلی گرم تغییر داده شد تا اثر مقدار نانو جاذب بر روی میزان جذب نشاسته بررسی شود که در شکل ۷ نتایج نشان داده شده است.

مشاهده می شود که بیوپلیمر کیتوزان در محیط اسیدی عملکرد جذب بالاتری دارد و راندمان جذب نشاسته با افزایش pH کاهش می یابد، به طوری که بیشترین راندمان جذب در pH معادل ۵ حدود ۸۵ درصد است. در pH اسیدی بار جاذب مثبت بوده و تبادل الکترونی بین جاذب و نشاسته از طریق پیوند هیدروژنی رخ می دهد که سبب افزایش نیروی جذب بین جاذب و جذب شونده می گردد.

مطابق این نتایج، بعد از زمانی حدود ۶۰ دقیقه، تغییر محسوسی در میزان جذب مشاهده نمی شود، لذا زمان تماس را می توان یک ساعت در نظر گرفت.

مشاهده می شود که با افزایش غلظت نشاسته و ثابت ماندن میزان تزریق جاذب، راندمان حذف نشاسته کاهش می یابد، به عبارت دیگر میزان جذب به علت کاهش سایت های فعال جاذب، کم شده است.



شکل ۷- راندمان حذف نشاسته با میزان نانو جاذب

Figure 7. Starch removal versus nano adsorbent dosage

دیگر، این امر منجر به همپوشانی سطح جاذب و تجمع آن‌ها می‌شود که برآیند آن‌ها، موجب کاهش سطح کل جاذب در دسترس شده و لذا موجب کاهش میزان جذب می‌شود.

۶- ایزوترم‌های جذب

در جدول ۱، ضرایب مربوط به مدل‌های ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر را نشان می‌دهد.

مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت جاذب، میزان جذب افزایش یافته و سپس راندمان جذب ثابت باقی می‌ماند به طوری که بیشترین میزان درصد حذف نشاسته با غلظت اولیه ۵ g/l حدود ۸۴ درصد و با تزریق ۱/۲ mg/l جاذب، می‌باشد. علت آن که میزان جذب با افزایش دوز جاذب، افزایش نمی‌یابد آن است که با افزایش غلظت جاذب، از طرفی رقابت بین مولکول‌های نشاسته جهت دستیابی به نقاط فعال سطحی افزایش می‌یابد و از طرف

جدول ۱ - ضرایب استخراج شده از مدل‌های ایزوترم

Table 1. Isotherms constants

لانگمویر			فروندلیچ			مدل جذب
q_{max}	b	R^2	n	K_f	R^2	پارامتر
۱۴۲۹	۰/۰۱۲۷	۰/۹۸۹۸	۲۵۶۶۸	۱/۳۸	۰/۹۳۹۷	

۷- سینتیک جذب

در جدول ۲، ضرایب مربوط به معادله سینتیک جذب شبه درجه اول و دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۲ - ضرایب سینتیک جذب

Table 2. Adsorption kinetic constant

شبه درجه اول			شبه درجه دوم			معادله
k_1	q_e	R^2	k_2	q_e	R^2	پارامتر
۰/۰۷۰۹	۲۶۵	۰/۹۴۹	۰/۰۰۰۲۱	۹۰۹	۰/۹۹۴	

تحلیل و بررسی نتایج

۱- بررسی تاثیر pH

جاذب دارای بار مثبت هستند و در این نقاط pH، آنیون‌های غالب نشاسته حضور دارند. بنابراین نیروی جذب الکترواستاتیک بین بار مثبت سطح جاذب و بار منفی آنیون‌های غالب نشاسته

با توجه به این که نقطه ایزو الکتريک نانوذره آهن-کیتوزان در محدوده اسیدی است، بنابراین در زیر نقطه ایزوالکتريک سطوح

نتیجه گیری

مطالعات زیادی در زمینه سیستم‌های تصفیه پساب صنایع نشاسته نظیر روش‌های بیوشیمیایی و بیولوژیکی، جذب و همچنین ترکیب سیستم‌ها انجام شده است. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که امکان جداسازی نشاسته با استفاده از نانو ذرات مغناطیسی با پوشش کیتوزان میسر است. مدل ایزوترم جذب با رگرسیون $0/9898$ برای مدل لانگمویر انطباق بهتری نسبت به مدل فروندلیچ دارد. همچنین جذب نشاسته در مدت زمان تماس ۶۰ دقیقه و دمای محلول ۲۵ درجه سانتیگراد، در محیط اسیدی بهتر انجام می شود و امکان جدا سازی ر سوب با ایجاد میدان مغناطیسی نیز میسر است.

پیشنهادها

در زمینه جذب نشاسته با نانو ذرات، تحقیقاتی چندانی در مقیاس صنعتی انجام نشده است. همچنین امکان استفاده ترکیبی همراه با روش‌های متداول مطرح است ولی در هر صورت نیاز به ارزیابی فنی و اقتصادی بر مبنای پارامترهای مختلف نظیر ظرفیت، شرایط پساب، مشخصات مورد نیاز آب تصفیه شده، استانداردهای زیست محیطی، محدودیت‌های عملیاتی و فناوری، تعیین کننده سیستم و ترکیب بندی جهت انتخاب روش مناسب برای تصفیه پساب نشاسته می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که امکان بسط مدلی با قابلیت توسعه و بهبود سیستم‌های تصفیه پساب نشاسته جهت تاثیر این عوامل بر میزان سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین ایجاد و توسعه یک سیستم پایلوتی برای بررسی عملکردی میزان جذب نانوذرات مختلف در شرایط عملیاتی برای توسعه فناوری، موثر خواهد بود.

References

1. Weibiao Ye. (2008). Research progress on starch wastewater treatment methods. Food and oil. 10 (4-7).
2. Xia Chen, Cuiju Zhang, Shaoyan Luan. (2013). Experimental study on treatment of starch wastewater by activated carbon adsorption. Journal of anhui agricultural sciences. 41(5524-5525).

ناشی از هیدرولیز در محیط آبی افزایش می‌یابد. به طوری که بیشترین راندمان حذف در pH معادل ۵ به دست آمد.

۲- بررسی زمان تماس

با افزایش زمان تماس راندمان جذب نشاسته بهبود می‌یابد که به دلیل امکان دسترسی به سطوح جذب است، اما بعد از رسیدن به حالت تعادل، با افزایش زمان تغییر محسوس در راندمان رخ نمی‌دهد.

۳- بررسی غلظت اولیه

با افزایش غلظت اولیه نشاسته، راندمان و ظرفیت جذب توسط جذب کاهش پیدا کرد که علت این پدیده کاهش مقدار سطوح باقیمانده و اشباع شدن سطح جاذب با افزایش میزان غلظت نشاسته است.

۴- بررسی تاثیر میزان تزریق نانو جاذب

با افزایش میزان جاذب در ابتدا، راندمان جذب افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش سطح آزاد جاذب و یا افزایش دسترسی مولکول‌های نشاسته به منافذ و سطوح نانو جاذب کیتوزان است، ولی بعد از رسیدن به راندمان جذب تعادل، مقدار جاذب‌ها بیش از حد می‌شود و تاثیری بر میزان جذب نشاسته ندارد.

۵- بررسی مدل ایزوترم جذب

اطلاعات تعادلی به دست آمده از جذب نشاسته روی نانو ذره مغناطیسی کیتوزان و بررسی مدل‌های ایزوترم نشان داد که ضریب همبستگی ایزوترم جذب مدل لانگمویر ($0/9898$) مقدار بالاتری نسبت به ایزوترم فروندلیچ ($0/9397$) دارد. لذا می‌توان گفت که امکان جذب نشاسته به صورت یک لایه‌ای و یکنواخت و با انرژی یکسان بر روی تمام سطوح نانو جاذب بیشتر است.

۶- بررسی مدل سینتیک جذب

مقادیر به دست آمده از ضریب همبستگی مدل‌های سینتیکی فرایند جذب نشاسته بر روی جاذب، بیانگر این امر است که فرایند جذب از مدل سینتیکی شبه درجه دوم پیروی می‌نماید و مقدار R^2 برای نانو جاذب کیتوزان برابر $0/994$ است. بنابراین مکانیسم غالب در فرایند جذب نشاسته، جذب شیمیایی است.

- development and economics. 22 (144-146).
11. Rajbhandari. B. K. Annachhatre. A. P. (2004). Anaerobic ponds treatment of starch wastewater. case study in Thailand. *Bioresource Technology*. 95(135-143).
 12. Ajit. P. Annachhatre, Prasanna. L. Amaty. (2000). UASB Treatment of Tapioca Starch Wastewater *Journal of Environmental Engineering*. 40(1149-1159).
 13. Xinkai Liao, Qingbiao Li, Wenmou Chen. (2004). Research on technological conditions of SRB method for treating simulated starch wastewater. *Journal of xiamen university (natural science edition)*. 43(376-380).
 14. Rajasimman M, Karthikeyan C. (2007). Aerobic digestion of starch wastewater in a fluidized bed bioreactor with low density biomass support. *J. of Hazardous materials*. 143(82-86).
 15. Miao Wu. (2009) Design of wastewater treatment process of huaibei guwang starch plant. *Heilongjiang environmental bulletin*. 33(60-62).
 16. Rajasimman M, Karthikeyan C (2007). Aerobic digestion of starch wastewater in a fluidized bed bioreactor with low density biomass support. *J. of Hazardous materials*. 143(82-86).
 17. Villaverde S, García Encina P.A. Lacalle M.L. and Fdz-Polanco F (2000). New operational strategy for SBR technology for total nitrogen removal from industrial wastewaters highly loaded with nitrogen, *Water Science and Technology*. 41 (85-93).
 18. Fakai Xu. (2012). Application of expanded granular sludge bed (EGSB) reactor in corn starch wastewater
 3. Jianbo Mu, Hui Ren, Yigang Ding, et al. (2002). Application research of starch wastewater treatment by air-flotation integrated device. *Henan chemical industry*. 8(14-15).
 4. Yong Tong, Gang Yan. (2016). Preparation of polyferric zinc silicate flocculant from Zn-containing sulfuric acid wastewater and its treatment of potato starch wastewater. *Science and technology bulletin*, 32(194-198).
 5. Youle Wang, Baorong Zhang, Zhiming Fan. (2009). Study on compound microbial flocculant treatment of potato starch wastewater. *Water treatment technology*. 35(79-82).
 6. Chaoping Cen. (2001). Flocculation treatment of cassava starch wastewater. *Shanghai environmental science*. 20 (31-32).
 7. Deng S, et al. (2003). Characteristics of a bioflocculant produced by bacillus mucilaginosus and its use in starch wastewater treatment. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 60(588- 5930).
 8. Barampouti.E.M.P,Mai.S.T.Vlyssides. A.G. (2005). The dynamic modeling of the ratio volatile fatty acids/ bicarbonate alkalinity in a UASB reactor for potato processing waste water treatment, *Water Treatment*. 110 (121-128).
 9. Hui Liu, Kangqun Zhou, Jieping Liu, Yiping Zhou. (2005). *Journal of zhongkai Treatment of starch wastewater with microbial flocculant*. Institute of agricultural technology. 17(45-50).
 10. Tianhua Xu, Haiqing Cao. (2012) Treatment of high concentration industrial wastewater in corn starch plant by UASB anaerobic reactor. *Science and technology information*

23. Tongbo Cai, Hua Lin, Zhaojun Liu, Kaiwei Chen, Yi Lin, Yuan Xi, Kong Chhuond. (2019). Starch wastewater treatment technology. IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science 358 (022054).
24. Yu. V. Nesterov, A. S. Lisyanskiy, E. I. Makaroval. Ya. Bal, P. Yu. Prikhod. (2011). The thermal process diagram and equipment of the secondary coolant circuit of a nuclear power station unit based on the BREST-OD-300 reactor installation for subcritical steam conditions. Therm. Eng. 58 (478-482).
25. Palanikumar S. Kannammal L. Meenarathi B. Anbarasan R. (2014). Effect of folic acid decorated magnetic fluorescent nanoparticles on the sedimentation of starch molecules. Int Nano Lett. 4(104-108).
- treatment, Innovation technology. 28 (55-57).
19. Genyuan Zhang. (2013). Application of EGSB anaerobic reactor to treat wheat starch wastewater and biogas by-product. Environmental engineering. 12 (80-81).
20. Yunzhi Deng. (2009). Design of starch wastewater treatment project in a starch factory in Yunnan Province. Guangxi light industry. 12(93-94).
21. Yong Chen, Gang Li, Yiping Xin. (2015) Modification and operation effect of amylase plant wastewater treatment project, China water & wastewater. 31(101-103).
22. Ping Li, Wenying Xu. (2009). Anaerobic (IC reactor) / aerobic combined treatment of starch production wastewater. China water & wastewater. 25(52-54).