

1059P-NWWCE

بررسی کارایی نانوذره مگنتیت پوشش داده شده با فولیک اسید در بازیابی نشاسته از پساب صنایع نشاستهناهید ملکی جیرسرای^۱، زیبارحیمی نیا^۲

۱- استادیار، آزمایشگاه سیستم‌های پیچیده، دانشکده فیزیک، دانشگاه الزهرا (س)

۲- استادیار، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا (س)

maleki@alzahra.ac.ir

خلاصه

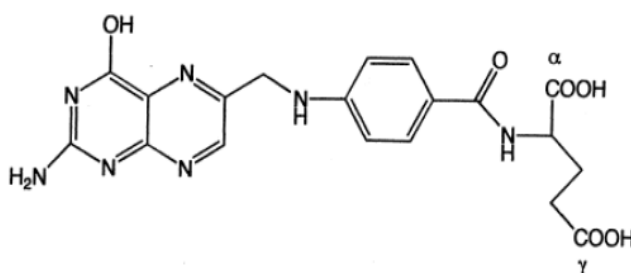
در سال‌های اخیر، پژوهش بر روی روش‌های نوین بازیابی پساب جهت مدیریت منابع آبی گسترش یافته است. از این رو، کارایی جذب نشاسته از پساب صنایع تولید نشاسته با نانوذره مگنتیت با پوشش فولیک اسید، مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش، شرایط بهینه میزان تزریق نانو ذره و همچنین تأثیر پارامترهای عملیاتی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که امکان جذب نشاسته با میزان تزریق کمی از نانو ذره مگنتیت دارای پوشش فولیک اسید میسر می‌باشد که این امر موجب کاهش میزان اکسیژن بیولوژیکی پساب می‌شود. در واقع نشاسته، جذب نانو ذره مگنتیت دارای پوشش فولیک می‌شود که با توجه به خاصیت مغناطیسی این ذرات، امکان جداسازی با ایجاد میدان مغناطیسی میسر می‌گردد. همچنین بر اساس نتایج تجربی، میزان بازیابی نشاسته از پساب در محیط‌های خنثی، افزایش یافت.

کلمات کلیدی: نانو ذره، فولیک اسید نشاسته، پساب**۱. مقدمه**

سازمان‌های زیست محیطی بر شاخصه‌های پساب‌های خروجی از واحدهای صنعتی تأکید دارند. از طرف دیگر، مدیریت منابع آبی و رعایت استاندارد کیفیت پساب خروجی، نقش بالایی در توسعه پایدار ایفا می‌کند. از این رو، روش‌های متداول تصفیه پساب نظیر فرایند بی‌هوازی برای بهینه‌سازی عملیات نقش ویژه‌ای دارد [۱-۳]. در این راستا، راکتورهای سیستم‌های بی‌هوازی با زمان بارگذاری بالا که قادر به تفکیک زمان ماند سلولی از زمان هیدرولیکی است، موجب افزایش راندمان تصفیه شده است [۴-۵]. با توجه به نقش مهم نشاسته در صنایع غذایی و صنعت، واحدهای تولید نشاسته گسترش یافته‌اند که مدیریت پساب این صنایع، حائز اهمیت است. در کارخانه‌های تولید محصولات نشاسته، آب بالایی در مراحل شستشو، فرآورش و تولید استفاده می‌شود که در نتیجه مقدار زیادی پساب حاوی نشاسته تولید می‌شود. در فرآورش نشاسته، معمولاً به ازای هر تن محصول حدود بیست تا شصت مترمکعب پساب تولید می‌گردد [۶].

با توجه به کیفیت این پساب و میزان زیاد میزان اکسیژن بیولوژیکی، آلاینده‌گی بالایی دارد [۷]. در فرآیند تصفیه پساب نشاسته و مرحله ته‌نشینی ذرات کلوئیدی، اسیدهای لاکتیک و بوتیریک تولید می‌شود که موجب کاهش pH پساب می‌شود. روش‌های مختلفی جهت تصفیه پساب صنایع نشاسته استفاده می‌گردد که می‌توان به روش‌های تصفیه بیولوژیکی، روش راکتورهای بی‌هوازی گرانروی بالا اشاره کرد [۸]. از سیستم‌های بی‌هوازی دیگر، کاربرد راکتورهای بافل دار بی‌هوازی می‌باشد که شامل بافل‌های عمودی است که پساب از طول این بافل‌ها گذر داده می‌شود [۹]. استفاده از راکتور ABR، روش دیگر جهت تصفیه پساب صنایع تولید نشاسته می‌باشد [۱۰]. محققان استفاده از فیلترهای جریان افقی برای تصفیه پساب نشاسته مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین، تحقیقی بر روی کاربرد استفاده از استخرهای بی‌هوازی انجام شده است [۱۱]. تحقیقی در مورد، کینتیک سرعت ته‌نشینی نشاسته کاساوا در سوسپانسیون آبی انجام شده است که نشان داد شرایط نشینی نشاسته وابسته به میزان غلظت نشاسته در سوسپانسیون دارد [۱۲]. همچنین در تحقیقی دیگر، سرعت رسوب نشاسته در حضور نانو ذرات مغناطیس برای شرایط مختلف بررسی شد که نتایج افزایش سرعت ترسیب

نشاسته در محیط اسیدی را نشان داد [۱۳]. در تحقیقی بر روی کارایی نانو ذرات اکسید آهن مغناطیسی در حذف مواد آلی طبیعی از آب مطالعه شده است که نتایج آن، امکان استفاده از این ذرات را به عنوان روشی مؤثر در حذف اسید هیومیک از آب آشامیدنی نشان می دهد [۱۴]. در سال های اخیر، کاربردهای نانو ذرات مغناطیسی در زمینه تثبیت آنزیم ها، خالص سازی پروتئین ها و آنالیز ترکیبات مربوطه گسترش یافته است [۱۵]. نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن جاذبی مناسب برای حذف فلزات سنگین نظیر روی، سرب، منگنز، مس و نیکل می باشند [۱۶]. کاربردهای این نانو ذرات بر اساس گروه های عاملی که بر روی آن ها پوشش داده می شود، بسط یافته اند که در این تحقیق، کارایی نانو ذره مگنتیت با پوشش فولیک اسید در جذب نشاسته مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ ساختار مولکولی فولیک اسید را نشان می دهد.



شکل ۱. فولیک اسید

اسید فولیک یک ترکیب با ساختار حلقوی دارای فرمول مولکولی $C_{19}H_{19}N_7O_6$ است که به اسامی فولات یا ویتامین بی ۹ نیز اطلاق می شود و نقش حیاتی برای بسیاری از اعمال بدن از جمله سلامتی سیستم عصبی، خون و یاخته ها دارد. این ترکیب، بدن انسان را در مقابل بیماری های قلبی، نقص های مادرزادی، پوکی استخوان و سرطان های مشخصی حفظ می کند. همچنین اسید فولیک، خطر نقص های مادرزادی مغز و ستون فقرات کودک را ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش می دهد [۱۷]. این ماده، می تواند خطر دردهای زودرس و پره املامپسی را کاهش دهد. اسید فولیک ممکن است بتواند از نقص های مادرزادی که قبل از اطلاع زن از بارداری رخ می دهد، پیشگیری کند. همچنین کمبود آن باعث بعضی انواع کم خونی و سایر مشکلات می شود [۱۸] کمبود اسید فولیک در افرادی که مشکلات گوارشی، بیماری های کلیه و کبد و یا اعتیاد به الکل دارند، مشاهده می شود. اسید فولیک دارای گروه های عملکردی متنوعی نظیر آمینه، ایمینو، هیدروکسیل، کربوکسیل آمید و آمینه آلی می باشد که این گروه ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکولی با ترکیبات دیگر را دارند [۱۹].

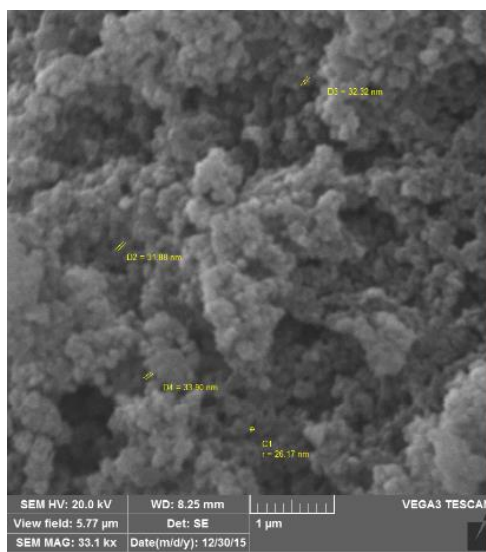
۲. مواد و روش ها

در این تحقیق از کلرید آهن دو و سه، هیدروکسید سدیم و فولیک اسید از شرکت مرک استفاده شده است که جهت تهیه نانو ذره مگنتیت با پوشش فولیک اسید، با روش هم رسوبی انجام گردید. جهت بررسی کارایی نانو ذره تهیه شده، با اضافه کردن به ۲۰۰ میلی لیتر از پساب نشاسته، بررسی شد. سپس با تعیین میزان تزریق بهینه نانو ذره، تأثیر PH پساب، بر جذب نشاسته مورد مطالعه قرار گرفت.

۳. نتایج و بحث

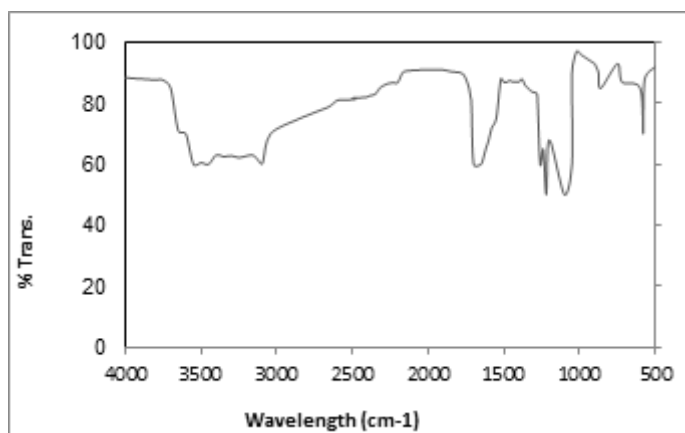
شکل ۲، نمونه نانو ذره سنتز شده با پوشش فولیک اسید را نشان می دهد همان طور که مشاهده می شود ذرات تولیدی دارای سایز حدود سی نانومتر می باشند.

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



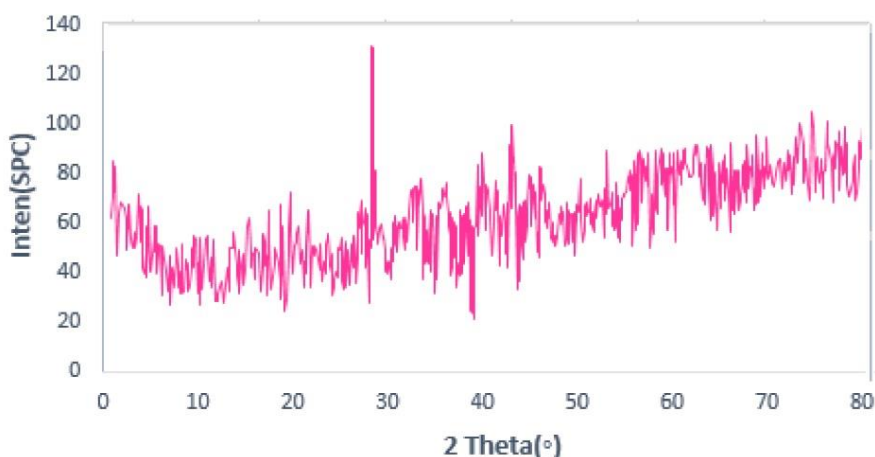
شکل ۲. تصویر SEM از نانو ذره سنتز شده با پوشش فولیک اسید

شکل ۳، طیف FTIR نانو ذره مگنتیت تهیه شده با پوشش فولیک اسید را نشان می دهد که در این شکل، بعد از سطح عامل دار شدن نانو ذره آهن با فولیک یک باند C-H الفاتیک کششی در طول موجی معادل 2888 cm^{-1} مشخص است و باند N-H در طول موج 3279 cm^{-1} ظاهر شده است.



شکل ۳. طیف FTIR از نانو ذره سنتز شده با پوشش فولیک اسید

در این طیف، یک پیک در طول موجی معادل 1651 cm^{-1} نمایان است که مربوط به گروه آمیدی از فولیک اسید می باشد. همچنین طیف گروه C-H آروماتیک کششی در طول موج 1000 cm^{-1} ظاهر شده و طول موج مربوط به آهن در طیفی با طول موج معادل 3487 cm^{-1} مشاهده می گردد. شکل ۴، طیف XRD نانو ذره مگنتیت تهیه شده با پوشش فولیک اسید را نشان می دهد



شکل ۴: طیف XRD نانو ذره سنتز شده با پوشش فولیک اسید

پراش پرتو ایکس نشان دهنده پیک‌های مشخصی در ۲۹ و ۴۵ می باشد که به ترتیب مربوط به فازهای ۴۰۰،۳۱۱ نانو ذره مگنتیت است. بعد از سطح عملکردی نانو ذره مگنتیت با فولیک اسید، هیچ گونه تغییری در مکان پیک‌های آن ایجاد نمی‌شود و تنها شدت این پیک‌ها کاسته می‌شود. پساب کارخانه‌های نشاسته سازی، یکی از آلاینده‌ترین پساب‌ها در صنعت است. در جدول ۱ ذیل مقایسه‌ای از میزان آلاینده‌گی پساب‌های صنایع غذایی مختلف آمده است.

جدول ۱: مقایسه آلاینده‌گی پساب صنایع غذایی

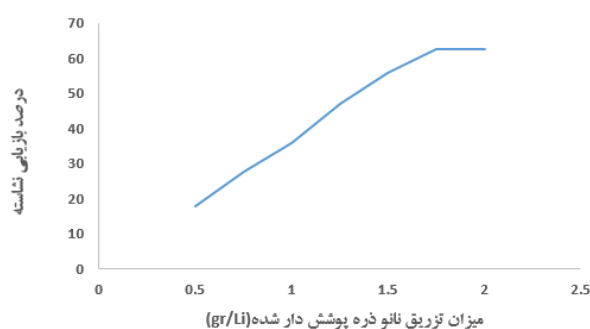
نوع کارخانه	واحد تولید یا مصرف	مقدار فاضلاب برای هر واحد	جمعیت معادل از نظر آلودگی برحسب نفر
شیرسازی بدون پنیر	۱۰۰۰ لیتر	۴-۶ متر مکعب	۲۰-۳۰ نفر
شیرسازی با پنیر	۱۰۰۰ لیتر	۱۰ متر مکعب	۲۵۰-۵۰۰ نفر
کنسرومیوه سازی	یک تن کنسرو	۴-۱۴ متر مکعب	۱۸۰-۵۰۰ نفر
روغن نباتی	یک تن روغن	۲۰ متر مکعب	۵۰۰ نفر
نشاسته سازی	بک تن ذرت	۵/۱-۸ متر مکعب	۵۰۰-۹۰۰ نفر

پساب صنایع نشاسته شامل مواد محلول و معلق در آب است که در آن نشاسته (ترکیبات کربوهیدرات)، ترکیبات نیتروژن دار و اسید های آلی و جامدات معلق شامل پروتئین و بافت‌های سلولزی از جمله فیبر می باشد. در صورتیکه این پساب تصفیه نشود و وارد منابع آبی شود، واکنش تخمیر رخ می‌دهد که این امر موجب جذب اکسیژن محلول در آب می‌شود. اگر میزان آلودگی بیش از ظرفیت آب پذیری باشد میزان اکسیژن محلول کاهش یافته و موجب از بین رفتن اکوسیستم و موجودات آبی می‌شود. در این پژوهش از نانو ذرات مگنتیت سنتز شده با پوشش فولیک اسید برای جذب نشاسته از پساب استفاده شد که در جدول ۲ مشخصات پساب ارایه شده است.

جدول ۲: کیفیت پساب نشاسته

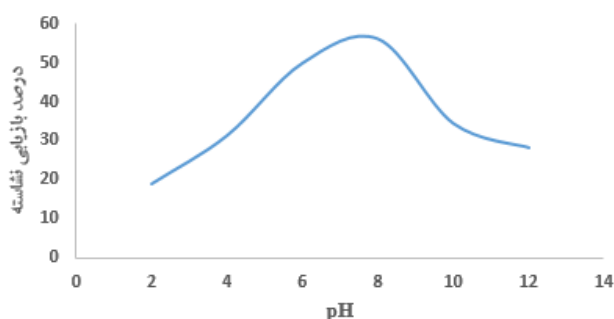
پارامتر	میزان
PH	۴/۸
میزان اکسیژن بیولوژیکی (میلی گرم بر لیتر)	۳۹۰۰
میزان نشاسته (درصد وزنی)	۱/۶

برای مطالعه میزان بازیابی نشاسته از پساب، تزریق میزان مورد نظر از نانو ذره با پوشش فولیک در نمونه پساب مورد انجام شد. بدین منظور ۰/۱ گرم از نانو ذره با پوشش فولیک را با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن گردید و به ۲۰۰ میلی از پساب اضافه شد و اختلاط نمونه به طور آهسته توسط همزن انجام شد تا واکنش جذب نشاسته کامل گردد. سپس ته نشینی ذرات با استفاده از میدان مغناطیسی انجام شد و سپس مراحل جداسازی و خشک کردن، صورت گرفت. شکل ۵ تاثیر میزان تزریق نانو ذره با پوشش فولیک اسید، بر بازیابی نشاسته از محلول را نشان می دهد.



شکل ۵. درصد بازیابی نشاسته با تغییر میزان تزریق ذره نانو مگنتیت با پوشش فولیک اسید

همان طور که مشاهده می شود میزان بازیابی نشاسته بعد از تزریق ۱/۷۵ گرم بر لیتر نانو ذره، افزایش چندانی ندارد که در این شرایط بیش از شصت درصد نشاسته جذب نانو ذره شده است. شکل ۶ تاثیر تغییر pH محلول بر بازیابی نشاسته را نشان می دهد.



شکل ۶: درصد بازیابی نشاسته با استفاده از نانو ذره مگنتیت پوشش داده شده در PH مختلف

همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود درصد بازیابی نشاسته تحت شرایط قلیایی بیشتر از شرایط اسیدی و در PH خنثی نیز بیشتر از حالت قلیایی می‌باشد.

۴. نتیجه گیری

نانو ذره مغناطیسی با پوشش فولیک اسید، نقش موثری بر سیستم ته نشینی نشاسته ایفا می‌کنند که این امر از طریق پیوند هیدروژنی گروه عاملی OH نشاسته با گروه‌های عملکردی در فولیک اسید می‌باشد. عواملی نظیر میزان نانو ذره و همچنین میزان اسید پخته محلول بر جداسازی نشاسته مؤثر بودند که با تغییر پارامترهای آزمایشی، شرایط بهینه تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که بازیابی نشاسته با میزان تزریق کمی از نانو ذره مگنتیت دارای پوشش فولیک اسید میسر می‌باشد. با توجه به سازگاری فولیک اسید با ارگانهای زنده، می‌توان از نشاسته بازیابی شده در تهیه خوراک دام استفاده نمود. ضمن آنکه، کیفیت پساب تولیدی بهبود خواهد یافت. دستاوردهای این پژوهش می‌تواند در توسعه سیستم تصفیه پساب واحدهای فرآورش نشاسته بکار رود.

۵. مراجع

1. Langenhoff, A.M, and Stuckey, (2000). Treatment of dilute wastewater using an anaerobic baffled, Elsevier Science Ltd. (34)3897, ppt: 38-67.
2. Yu Nan.G, Xin Ze, L.,, Rong .Z, Jing.SH, Mei.Qiao,S.,Zi.Xiang, Chang. Wei. (2016), Operation and management of Liaoning waste water treatment plants by STOAT Simulation, MATEC Web of Conferences 63, 04019.
3. Yongqiang.Z, Dong.A, Lian.H, Minmin.L, Shuili.Y (2014), "Wastewater treatment using anaerobic baffled reactor of decentralized molasses", Journal Desalination and Water Treatment, 57(50): ppt:28-43.
4. Mc Carty, P., "One Hundred Years of anaerobic Treatment Digestion", (1981), Elsevier Biomedical Press, ppt 3-21.
5. Langenhoff, A.M., Intrachandra, N., and Stucky, D. C., (2000). "Treatment of dilute soluble and colloidal wastewater using an anaerobic baffled reactor: Influence of hydraulic retention time." Water Research, 34 (4), ppt1307-1317.
6. Adeleke.O, Temitope.E . (2013). "Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources". EDP Sciences
7. Ajit P. Annachhatre, Prasanna L. Amatya, (2000), "UASB Treatment of Tapioca Starch Wastewater," Journal of Environmental Engineering, 40 (2), ppt:1149-1159.

۸. اسدی- علی، موحدیان حسین، (۱۳۸۶)، امکان پذیری راه اندازی راکتور بافل دار بی‌هوازی (ABR) در تصفیه فاضلاب صنایع

نشاسته‌سازی، مجله آب و فاضلاب، شماره ۶۱، صفحه ۸۳-۷۷.

9. X. Colin, J.L. Farinet, O. Rojas, D. Alazard, (2007) , "Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal flow filter with bamboo as support", *Bio-resource Technology*, 98(1), 1602–1607.
10. B.K. Rajbhandari, A.P. Annachhatre, (2004), "Anaerobic ponds treatment of starch wastewater" case study in Thailand, *Bioresource Technology*, 95 (1), ppt:135–143.
11. Debra.R.Wilson, (2016), "Folic Acid: Importance, Deficiencies, and Side Effects", MSN, RN, IBCLC, AHN-BC, CHT.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



12. Sajeev.M.S; Kailappan.R; Sreenarayanan. V.V.; Thangavel.K, (2002) , “Kinetics of Gravity Settling of Cassava Starch in its Aqueous Suspension”, Biosystems Engineering, 83 (3), 327–337.
13. Palanikumar .S, Kannammal.K, Meenarathi .B, Anbarasan.R(2014), “Effect of folic acid decorated magnetic fluorescent nanoparticles on the sedimentation of starch molecules”, Int Nano Lett ,4(104): ppt:2:9.
14. Karimi.P..K,, Rezaei.K.R, Mahvi.A.H, etal (2014) ” Investigation of synthesized silica coating Fe₃O₄ nanoparticles efficiency in removal of NOM from water, Iran. J. Health & Environ., 7(3): PP:290:299
15. Faraji.M, Fadavi.Gh, (2013), “Application of magnetic nanoparticles in food science and technology”, Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 8(2), PPt: 239:252
16. Rezvan.H, Hasheminejad.H (2013), Investigation on heavy metals removing from aqueous solutions by iron oxide nanoparticles, 16th National Conference on Environmental Health, Tabriz University of Medical Sciences, Iran
17. Abularrage.C, Sidawy.A, White.P, Aidinian.G, Dezee.K, Weiswasser.J, Arora.S. (2007), “Effect of folic Acid and vitamins B6 and B12 on microcirculatory activity in patients with hyperhomocysteinemia”, Vasc Endovascular Surg. 41(4):ppt:339-345.
18. Jardine MJ, Kang A, Zoungas S, Navaneethan SD, Ninomiya T, Nigwekar.SU, et al. (2013),”The effect of folic acid based homocysteine lowering on cardiovascular events in people with kidney disease”, systematic review and meta-analysis, ppt:344: 353.
19. Wibowo, A.S., et al., (2013), “Structures of human folate receptors reveal biological trafficking states and diversity in folate and antifolate recognition”, Proc Natl Acad Sci USA, 110(38): ppt:15180-15188.