Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Performance of silica nanoparticles modified with pumice reduce the amount of nitrate and phosphate in fish farms wastewater effluent

Ahmadreza Jebele[1], Seyed Aliakbar Hedayati[*2], Saeed Gorgin[3], Hassan Rezaee[4], Mohammad Harsij[5]

1. Dept. of Fisheries and Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: j.ahmadreza89@yahoo.com
2. Corresponding Author, Dept. of Fisheries and Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hedayati@gau.ac.ir
3. Dept. of Fisheries and Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: sgorgin@gmail.com
4. Dept. of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hassanrezaei1979@gmail.com
5. Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Gonbad University, Gonbad, Iran. E-mail: m_harsij80@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.14.2021
Revised: 08.14.2021
Accepted: 11.02.2021

Keywords:
Aquaculture effluent,
Mineral pumice,
Nano-silica,
Nitrate and phosphate removal

ABSTRACT

Effluents from fish farms have high levels of nitrate and phosphate. In the present study, the removal of nitrate and phosphate from aquatic farm effluent was investigated by nanosilica adsorbent modified with mineral pumice. For this purpose, the desired adsorbent was added to 250 ml of effluent (with 50% and 100% concentration) in laboratory conditions (adsorbent doses of 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 and 1 g/l). Nitrate and phosphate concentrations in the effluent were measured before the experiment. According to the results, the highest amount of nitrate and phosphate removal at a dose of 0.5 g/l was selected as the optimal dose, so the nitrate and phosphate removal efficiency was decreased at concentrations higher than this amount, because the available active ingredient was reduced at doses higher than 0.5 g. In this experiment, the optimum contact time of the adsorbent with the contaminant was 45 minutes. It seems that modified nanosilica with mineral pumice has a high ability (86% efficiency) to remove nitrate and phosphate from aquaculture effluents and can be used to purify effluents from aquaculture farms before reuse in the return system or before entering to the environment.

Cite this article: Jebele, Ahmadreza, Hedayati, Seyed Aliakbar, Gorgin, Saeed, Rezaee, Hassan, Harsij, Mohammad. 2022. Performance of silica nanoparticles modified with pumice reduce the amount of nitrate and phosphate in fish farms wastewater effluent. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (2), 1-10.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2021.19316.1597
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی کارایی نانو سیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی در کاهش میزان نیترات و فسفات آب خروجی پساب مزارع پرورش ماهی

احمدرضا جبله[۱]، سید علی‌اکبر هدایتی*[۲]، سعید گرگین[۳]، حسن رضائی[٤]، محمد هرسیج[٥]

۱. گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: j.ahmadreza89@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hedayati@gau.ac.ir

۳. گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: sgorgin@gmail.com

٤. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hassanrezaei1979@gmail.com

٥. گروه شیلات، دانشکده علوم منابع طبیعی، دانشگاه گنبد، گنبد، ایران. رایانامه: m_harsij80@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰٤/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰٥/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۸/۱۱

واژه‌های کلیدی:
پساب آبزی‌پروری،
پوکه معدنی،
حذف نیترات و فسفات،
نانوسیلیس

چکیده

پساب خروجی از مزارع پرورش ماهی مقادیر بالایی از نیترات و فسفات دارند. در مطالعه حاضر حذف نیترات و فسفات از پساب مزارع آبزیان توسط جاذب نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور جاذب در غلظت‌های ۰/۰٥، ۰/۱، ۰/٥، ۱ و ۲ گرم بر لیتر در شرایط آزمایشگاهی به ۲٥۰ میلی‌لیتر پساب (با غلظت ٥۰ و ۱۰۰ درصد) اضافه شد. قبل از شروع آزمایش غلظت نیترات و فسفات موجود در پساب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان حذف نیترات و فسفات در غلظت ۰/٥ گرم بر لیتر به‌دست آمد و در غلظت‌های بالاتر، راندمان حذف نیترات و فسفات به‌دلیل کاهش مکان‌های فعال در دسترس، کاهش یافت. در این آزمایش زمان بهینه تماس جاذب با آلاینده ٤٥ دقیقه به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی توانایی بالایی (راندمان ۸٦ درصد) برای حذف نیترات و فسفات از پساب پرورش آبزیان را دارد و می‌توان در پالایش پساب خروجی از مزارع آبزیان قبل از استفاده مجدد در سیستم برگشتی یا قبل از ورود به محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: جبله، احمدرضا، هدایتی، سید علی‌اکبر، گرگین، سعید، رضائی، حسن، هرسیج، محمد (۱۴۰۱). بررسی کارایی نانو سیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی در کاهش میزان نیترات و فسفات آب خروجی پساب مزارع پرورش ماهی. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۱ (۲)، ۱۰-۱.

DOI: 10.22069/japu.2021.19316.1597

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

در حال حاضر، طرح‌های بسیاری برای پرورش ماهیان در نقاط مختلف ایران و جهان در حال اجرا یا بهره‌برداری می‌باشد. احداث بی‌رویه این کارگاه‌ها می‌تواند اثرات مخرب زیست‌محیطی را در بر داشته باشد و باعث تغییر کیفیت آب رودخانه‌های پذیرنده شود. از طرفی با توجه به آن‌که دستیابی به هر مقدار معینی از تولید در محیط‌های آبی مستلزم مصرف مواد غذایی در مراکز پرورش ماهی می‌باشد، بنابراین مواد غذایی مصرف نشده همراه با فضولات و مواد دفعی آبزیان، سموم، مکمل و داروهای مورد استفاده، سبب کاهش شدید کیفیت آب خروجی می‌گردند و مشکلاتی را در استفاده مجدد از پساب خروجی ایجاد می‌نماید. مواد دفعی مقدار زیادی نیتروژن و فسفر را به اکوسیستم‌های آبی وارد می‌کند. این آلودگی‌ها در نهایت مضرات زیادی برای خود انسان خواهد داشت. به همین دلیل باید با روشی مناسب از ورود مواد آلاینده مازاد به اکوسیستم‌های آبی جلوگیری کرد. این مسأله در سال‌های اخیر باعث شده که استفاده چندمنظوره از پتانسیل‌های بالقوه منابع آبی و به‌ویژه آب‌های خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی در راستای استفاده دوباره به‌صورت جدی مورد توجه قرار گیرد. بنابراین جهت استفاده چندمنظوره از این منابع آبی باید با راهکارهای علمی و عملی میزان بار مواد آلی در پساب‌های خروجی مزارع را در حد استاندارد نگه داشت. آن‌چه در آبزیان پرورشی بیش‌تر مورد توجه است، تولید ضایعات و فضولات ناشی از مصرف آب و به دنبال آن آلودگی آب در دسترس است (۱).

پایش کیفی آب خروجی پساب و سنجش میزان تاثیرگذاری آن بر کیفیت آب‌های سطحی و انجام اقدامات پیشگیرانه ضروری می‌باشد. در پساب پرورش ماهی به دلیل وجود نیترات، فسفات و دیگر آلاینده‌ها، مشکلات زیست‌محیطی بسیاری ایجاد می‌کند. حال پساب تولید شده مزارع پرورش آبزیان وقتی وارد محیط رودخانه‌ها و دریاها می‌شوند باعث آلودگی آب و مرگ آبزیان می‌شوند (۲). به همین دلیل پژوهش‌های گسترده‌ای جهت کاهش بار آلاینده‌های موجود روی تصفیه پساب آبزیان انجام شده است. در این مطالعات بیش‌تر روش‌های اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، فرآیند غشایی، ترسیب شیمیایی، تبادل یونی و ... برای جذب آلاینده مورد توجه قرار گرفته است. در تمام این روش‌ها استفاده از مواد جاذب علاوه بر حذف یا کاهش میزان یون‌های نیترات و فسفات، نباید برای محیط زیست مخاطره‌آمیز باشد (۳). با توجه به اهمیت استفاده از روش‌های زیستی حذف آلاینده‌ها به جای روش‌های شیمیایی، توجه به این روش‌ها دارای اهمیت خاصی می‌باشد. یکی از این روش‌ها که به‌دلیل راحتی و انعطاف‌پذیری مورد توجه قرار گرفته است جذب سطحی است (٤).

اخیراً مطالعات زیادی در زمینه کاهش یا حذف میزان مواد آلی نیترات و فسفات موجود در پساب آبزیان پرورشی و سایر پساب‌های صنعتی توسط پژوهش‌گران صورت گرفته است و بیش‌تر توجه به استفاده از گونه‌های زنده جلبکی (۵، ٦، ۷، ۸) و موجودات آبزی زنده (۹، ۱۰) بوده است.

استفاده از مواد معدنی کاربردهای گسترده‌ای در زندگی بشر پیدا کرده‌اند (۱۱). از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه با هدف حذف یا کاهش میزان نیترات و فسفات خروجی مزارع آبزیان می‌توان به مطالعه حذف آلاینده‌های نیتریت و نیترات از پساب سیستم مدار بسته آبزی‌پروری توسط بنتونیت‌های اصلاح شده (۱۲)؛ حذف فسفر توسط پوکه معدنی

خام و پوکه معدنی اصلاح شده با پراکسید هیدروژن (۱۳)؛ حذف فسفات از آب و پساب با استفاده از پودر اسکلت داخلی سپیا (ماهی مرکب) به‌عنوان یک جاذب طبیعی (۱٤)؛ بررسی کاهش غلظت نیترات و فسفات آب خروجی مزارع پرورش ماهی با استفاده از چغندرقند، ذرت علوفه‌ای خرد شده و پوسته گندم (۱۵)؛ حذف نیترات از محلول آبی با استفاده از بیوچار و باگاس اصلاح شده (۱٦)؛ استفاده از جاذب‌هایی برای حذف و میزان تاثیرشان در جذب نیترات (۱۷)؛ و اثر نانو جاذب‌های نی و پوشال نیشکر به‌منظور حذف نیترات از محلول آبی (۱۸) اشاره کرد. با توجه به اهمیت موارد ذکر شده، مطالعه حاضر با تاکید بر جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی آب مورد استفاده در آبزی‌پروری به منظور استفاده از نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی جهت کاهش نیترات و فسفات پساب مزارع پرورش ماهی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از جاذب معدنی نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی برای حذف میزان نیترات و فسفات پساب مزارع پرورش ماهی استفاده شد. تأثیر متغیرهای زمان تماس، غلظت نیترات، غلظت فسفات، مقدار جاذب روی کاهش نیترات و فسفات به وسیله نانوسیلیس مورد بررسی قرار گرفت. تهیه محلول استوک به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر از محلول پساب پرورش ماهی با استفاده از آب مقطر دیونیزه صورت گرفت. به منظور تهیه دوز بهینه جاذب ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۱، و ۲ گرم بر لیتر، از رقیق‌سازی محلول استوک استفاده شد. بعد از به‌دست آوردن دوز بهینه برای تهیه محلول‌های استوک، به مقدار مساوی ۰/۵ گرم از نانوسیلیس را به بالن ژوژه ۱۰۰۰ میلی‌لیتر ریخته و با آب مقطر دیونیزه به حجم رسانده شد. به‌منظور حل کردن کامل نانوسیلیس در آب، محلول‌های استوک به‌مدت ٤۵ دقیقه در حمام اولتراسونیک و سپس به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دستگاه شیکر دور ۲۰۰ دور در دقیقه به‌هم زده شد (۱۹).

در طی آزمایش به منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات و فسفات، از دستگاه اسپکتروفتومتر WagThech مدل 7100 بر اساس روش استاندارد استفاده شد. آزمایش‌ها در یک سیستم ناپیوسته و در شرایط یکسان، انجام شد به‌طوری‌که در هر مرحله یکی از پارامترها (دما، زمان تماس، میزان جاذب و غلظت پساب) متغیر و دیگر پارامترها ثابت نگه داشته شدند. در ابتدا غلظت پساب و میزان جاذب بهینه پس از رسیدن سیستم به حالت تعادل مشخص گردید. پس از به‌دست آوردن مقادیر بهینه پارامترهای ذکرشده، با تنظیم شرایط بر مبنای آن‌ها، پارامترهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت. برای به‌دست آوردن طول موجی که نیترات و فسفات محلول در آن بیش‌ترین جذب را دارد ابتدا از نمونه شاهد تهیه شده برای صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. سپس منحنی کالیبراسیون و طول موج بهینه تعیین گردید. درصد حذف نیترات و فسفات در هر آزمایش با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (در این رابطه C_0 و C_e به‌ترتیب، غلظت اولیه و غلظت نهایی نیترات و فسفات بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است).

$$\text{درصد جذب} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100$$

در آنالیزهای جذب ناپیوسته ظرفیت تعادل جذب، از جمله پارامترهای مهمی است که جهت بررسی عملکرد جاذب در میزان جذب ترکیب موردنظر استفاده می‌شود. ظرفیت تعادل جذب با استفاده از رابطه به‌دست آورد.

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

که در آن، q_e مقدار یون‌های نیترات و فسفات جدا شده به‌ازای واحد جرم جاذب بر حسب میلی‌گرم بر گرم، C_o غلظت اولیه یون‌های نیترات و فسفات در محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، C_e غلظت تعادلی یون‌های نیترات و فسفات در محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر، m وزن جاذب بر حسب گرم.

با توجه به این‌که تیمارهای این آزمایش پساب‌هایی با رقت ۱۰۰، ۵۰ و ۰ درصد بود. به منظور تهیه پساب تیمارهای با ۱۰۰ و ۵۰ درصد به ترتیب به نسبت ۱:۱ و ۱:۲ از پساب آورده و آب مقطر استریل استفاده شد که میزان ترکیبات نیترژن‌دار و فسفردار آن در جدول ۱ آورده شده است. در جریان آزمایش ۲٤ ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری برای تیمارها در نظر گرفته شد که درون هر کدام ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب مربوط به هر تیمار و ۰/۵ گرم بر لیتر نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی اضافه شد.

جدول ۱- مقادیر مختلف نیترات، فسفات در پساب‌های مختلف قبل از استفاده نانوسیلیس اصلاح شده.

نوع پساب	نیترات	نیتروژن آزاد	فسفات (mg/l)	فسفات آزاد (mg/l)
پساب ۱۰۰ درصد رقیق شده (C100)	۲/۰۱۷	۱/۰۰٤	۰/۱۳	۰/۰٤
پساب ۵۰ درصد رقیق شده (C50)	۳/۸۹	۱/۰۱۵	۰/۱٦	۰/۰٦
پساب ۰ درصد رقیق شده (C0)	٤/۵٤	۱/۰۲۵	۰/۲٤	۰/۰۸

میزان نیترات، فسفات توسط کیت‌های اندازه‌گیری شرکت WagThech به‌دست آمد. از آزمون‌های شاپیرو- ویلک به‌منظور تعیین نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. آزمون همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون صورت پذیرفت. از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقایسه واریانس تیمارها در ۵ تکرار و از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین میانگین تیمارها و آزمون فاکتوریل در طرح کاملاً تصادفی به‌منظور انجام آزمایش استفاده شد.

نتایج

در جدول ۲ میانگین و انحراف معیار درصد جذب و تعادل جذب نیترات و فسفات در دوز ۰/۱، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر از جاذب نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی آورده شده است. بر اساس نتایج آنالیز دوز بهینه جاذب در این آزمایش ۰/۵ گرم بر لیتر به‌دست آمد.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار درصد جذب و تعادل جذب نیترات و فسفات در غلظت‌های مختلف جاذب نانوسیلیس اصلاح‌شده.

غلظت پساب	غلظت جاذب	نیترات			فسفات		
		NO_3	درصد جذب (NO_3)	تعادل جذب (NO_3)	PO_4	درصد جذب (PO_4)	تعادل جذب (PO_4)
۵۰ درصد	۰/۰۵	۸/۱۵۵±۰/۰۲^{a}	۹۳/۸۱±۰/۸۴^{a}	۷/۶۵±۱/۱۱^{a}	۰/۲۴±۰/۰۲^{c}	۴۲/۶۴±۰/۱۶^{a}	۲۹/۹۲±۰/۱۲^{b}
	۰/۱	۷/۳۲±۱/۰۱^{a}	۹۳/۱±۰/۹۵^{a}	۶/۸۲±۱/۰۱^{a}	۰/۰۶±۰/۰۰۷^{c}	۴۱/۷۱±۰/۰۴^{a}	۲۹/۲۸±۰/۰۲^{b}
	۰/۵	۷/۰۷±۰/۷۹^{a}	۹۲/۸۸±۰/۷۹^{a}	۱/۳۱±۰/۱۶^{bc}	۰/۴۲±۰/۰۴^{b}	۴۰/۳۹±۰/۰۴^{c}	۵/۶۷±۰/۰۰۷^{c}
	۱	۷/۳۵±۰/۷۵^{a}	۹۳/۱۶±۰/۷^{a}	۰/۶۸±۰/۰۷^{cd}	۰/۳۷±۰/۰۲^{b}	۴۱/۷۳±۰/۲۱^{a}	۲/۹۳±۰/۰۱^{d}
	۲	۸/۳۷±۰/۳۸^{a}	۹۳/۶۳±۳/۴۵^{a}	۰/۱۸۵±۰/۰۳۵^{cd}	۰/۶۱±۰/۰۳^{b}	۳۹/۹۲±۳/۱۷^{a}	۲/۸±۰/۲۲^{d}
۱۰۰ درصد	۰/۰۵	۲/۰۳۵±۱/۱۸^{b}	۴۰/۷۷±۳۴/۴۸^{a}	۱/۰۳۵±۱/۱۸^{b}	۰/۴۹±۰/۰۴^{a}	۴۳/۱۶±۰/۱۶^{a}	۳۰/۲۹±۰/۱۲^{a}
	۰/۱	۳/۱۳±۰/۰۶^{b}	۶۸/۰۹±۰/۶۴^{b}	۲/۱۳±۰/۰۶^{b}	۰/۱۵±۰/۰۱^{c}	۴۲/۰۱±۰/۰۲^{a}	۲۹/۴۹±۰/۰۱^{a}
	۰/۵	۱/۹۵±۰/۰۴^{b}	۴۸/۸۵±۱/۴^{d}	۰/۱۹±۰/۰۱^{d}	۰/۵۳±۰/۰۱^{a}	۴۰/۷۶±۰/۱۶^{b}	۵/۷۲±۰/۰۲^{c}
	۱	۲/۵۷±۰/۲۴^{b}	۶۰/۹۵±۳/۷^{c}	۰/۱۵±۰/۰۲^{d}	۰/۱۴±۰/۰۶^{c}	۴۰/۹۳±۰/۰۷^{b}	۲/۸۷±۰/۰۰۷^{e}
	۲	۵/۶۵±۱/۳۲^{b}	۸۰/۷۸±۴/۷۳^{b}	۰/۴۳۵±۰/۱۳۴^{d}	۱/۲۰۵±۰/۹۱^{b}	۴۲/۰۲±۱/۰۶^{a}	۲/۹۷±۰/۰۷^{e}

در جدول ۳ میانگین و انحراف معیار درصد جذب و تعادل جذب نیترات و فسفات در زمان‌های تماس ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ دقیقه از شروع آزمایش در دستگاه شیکر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه با جاذب نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی آورده شده است. بر اساس نتایج آنالیز زمان بهینه تماس جاذب در این آزمایش ۴۵ دقیقه به‌دست آمد.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار زمان تماس پساب در مواجهه با جاذب نانوسیلیس اصلاح‌شده.

انحراف معیار ± میانگین							
غلظت پساب	زمان تماس	نیترات			فسفات		
		NO_3	%A(NO_3)	qe(NO_3)	PO_4	%A(PO_4)	qe(PO_4)
۵۰ درصد	۳۰	۴/۲۹±۰/۰۲	۵/۴±۰/۴۲^{f}	۹۸±۸/۴۸^{f}	۰/۳±۰/۰۴	۴۱/۱۸±۰/۱۶^{a}	۵/۷۸±۰/۰۲^{a}
	۴۵	۱/۳۶±۰/۰۶	۶۹/۷۵±۱/۴۸^{c}	۱۲۶۹±۲۶/۱۶^{c}	۰/۱۹±۰/۰۳	۴۱/۵۶±۰/۱۲^{a}	۵/۸۳±۰/۰۲^{a}
	۶۰	۱/۹۵±۰/۰۵	۵۶/۸±۱/۱۳^{cd}	۱۰۳۳±۲۱/۹۲^{cd}	۰/۵۹±۰/۱۸	۴۰/۱۹±۰/۶۳^{bc}	۵/۶۴±۰/۰۸^{cd}
	۷۵	۴/۳۵±۰/۱	۴/۱۵±۲/۳۳^{f}	۷۶±۴۲/۴۲^{f}	۰/۳۴±۰/۰۳	۴۱/۰۴±۰/۱۲^{ab}	۵/۷۶±۰/۰۱^{abc}
	۹۰	۲/۱۲±۰/۰۴	۵۳/۱۵±۱/۰۶^{cde}	۹۶۶±۱۹/۰۹^{cde}	۰/۳۲±۰/۰۲	۴۱/۱۱±۰/۰۷^{ab}	۵/۷۷±۰/۰۱^{ab}
۱۰۰ درصد	۳۰	۹/۱۳±۰/۵۷	۱۰۱±۱۲/۵۸^{b}	۱۸۳۷±۲۲۹/۸^{b}	۳/۲۶±۰/۱۹	۳۰/۹±۰/۶۹^{f}	۴/۳۴±۰/۰۹^{g}
	۴۵	۱۶/۴۳±۰/۱	۲۶۱/۵±۲/۳۳^{a}	۴۷۵۸±۴۳/۱۳^{a}	۲/۰۷±۰/۰۳	۳۵/۰۲±۰/۱۲^{d}	۴/۹۱±۰/۰۱^{e}
	۶۰	۷/۰۷±۰/۷۹	۵۵/۶±۱۷/۳۹^{cd}	۱۰۱۲±۳۱۶/۷۸^{cd}	۰/۵۹±۰/۰۷	۴۰/۱۸±۰/۲۴^{bc}	۵/۶۴±۰/۰۳^{bcd}
	۷۵	۶/۳۴±۰/۳۹	۳۹/۷۵±۸/۶۹^{de}	۷۲۳±۱۵۸/۳۹^{de}	۲/۹۶±۰/۱۹	۳۱/۹۴±۰/۶۸^{e}	۴/۴۸±۰/۰۹^{f}
	۹۰	۲/۸۵±۰/۱۸	۳۷/۱۵±۴/۰۳^{e}	۶۷۶±۷۳/۵۳^{e}	۰/۷۵±۰/۰۴	۳۹/۶۱±۰/۱۷^{c}	۵/۵۶±۰/۰۲^{d}

بحث

در مطالعه حاضر با رقیق کردن پساب پرورش ماهی سعی در تعیین میزان کارایی نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی در حذف نیترات و فسفات و به‌طور کلی تصفیه پساب قبل از ورود به منابع آبی شد. تأثیر میزان غلظت پساب‌های (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) بر روی میزان جذب فسفات، نیترات، با دوز بهینه جاذب (۰/۵ گرم بر لیتر پساب) در طول دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. ترکیبات معدنی دارای قابلیت مناسبی برای حذف این آلاینده‌ها از آب و پساب هستند. نتایج پژوهش‌های نشان داده است، که تعویض‌کننده‌های یونی معدنی در حالت طبیعی تنها به‌منظور حذف ترکیبات باردار مثبت مورد استفاده قرار می گیرند و تمایلی به حذف آنیون‌ها از سیستم‌های پرورشی از خود نشان نمی‌دهند (۲۰). در بررسی اثر تصفیه‌گری ترکیبات آلی دیگر مانند هیدروژل‌ها به‌منظور حذف آنیون‌های نیترات، نیتریت، فسفات و سولفات از پساب سیستم مدار بسته آبزی‌پروری نتایج پژوهش‌های نشان داده است که این ترکیبات دارای خاصیت جذبی بالایی نسبت به این مواد بودند (کیوسیس و کوفیناس، ۲۰۰۵).

در مطالعات کاهش میزان آلاینده از منابع آبی غلظت اولیه ماده آلاینده پارامتر مهمی برای غلبه بر نیروی بازدارنده انتقال جرم ماده بین فاز جامد و مایع است. راندمان حذف غلظت‌های مختلف پساب حاوی نیترات و فسفات در دوز بهینه ۰/۵ گرم بر لیتر از جاذب با زمان تماس بهینه ٤٥ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۱ درصد حذف نیترات با افزایش دوز جاذب نانوسیلیس اصلاح شده کاهش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که با افزایش نانوسیلیس از ۰/۰۵ گرم بر لیتر به ۰/۵ گرم بر لیتر میزان درصد حذف نیترات و ظرفیت جذب کاهش یافت. هم‌چنین این میزان جذب برای فسفات و ظرفیت جذب نیز کاهش یافت (شکل ۲). مهم‌ترین دلیل آن می‌تواند کاهش سطوح موجود بر روی جاذب با افزایش غلظت نیترات و فسفات باشد. که می‌تواند به دلیل افزایش احتمال برخورد و تماس بین یون‌های نیترات و فسفات با جاذب نانوسیلیس باشد. بر طبق نتایج جدول ۲، تأثیر مقادیر مختلف دوز جاذب بر جذب نیترات و فسفات نشان داد که در مقادیر کم‌تر از دوز بهینه مقدار کارایی جذب نیترات و فسفات کاهش یافته است. در حالت عادی، سطح جاذب دارای مکان‌هایی با طیف متراکمی از انرژی است.

یکی از دلایل کاهش میزان ظرفیت جذب در مقادیر بالاتر از حد بهینه، این است که در میزان دوز پایین جاذب، تمامی مکان‌های سطحی به‌طور کامل در معرض جذب هستند و سطح جاذب با سرعت بالاتری به حالت اشباع می‌رسد که در نهایت سبب افزایش ظرفیت جذب خواهد شد (۲۱). اما در مقادیر بالاتر، دسترسی مکان‌های جذب با انرژی بالا کاهش می‌یابد، مناطق با انرژی پایین‌تر توسعه زیادی می‌یابند و سبب کاهش ظرفیت جذب می‌شوند. دلیل دیگر کاهش ظرفیت جذب در افزایش بیش از حد بهینه جاذب، کاهش احتمال برخورد جاذب با ماده جذب‌شونده است. این احتمال به‌دلیل تجمع و توده‌ای شدن جاذب است که در نهایت، سبب کاهش ناحیه سطحی کل و افزایش طول مسیر پخش انرژی می‌شود (۲۲). کاهش ظرفیت جذب با افزایش مقدار جاذب عمدتاً به‌دلیل اشباع نشدن مکان‌های جذب در طی فرایند جذب و تجمیع ذرات جاذب به صورت توده‌ای در مقادیر بالای جاذب است که منجر به کاهش نسبت سطح به حجم آن می‌شود (۲۳).

چادهاری و ساها، کاهش میزان جذب در دوز بالاتر از حد بهینه را به‌علت هم‌پوشانی و انباشتگی جاذب دانستند. در کاربردهای واقعی باید کم‌ترین مقدار جاذب که قادر به پاسخ‌گویی به نیازها باشد انتخاب گردد. که این نتایج با نتیجه مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد و با افزایش دوز جاذب از میزان ۰/۵ گرم بر لیتر ظرفیت جذب نیترات و فسفات توسط جاذب نانوسیلیس اصلاح شده کاهش یافته است.

در مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) با افزایش میزان جاذب، کارایی جذب افزایش یافت و در مقادیر ۰/٤ گرم بر لیتر ماده جاذب، کارایی جذب بین ۹۷–۹۸ درصد به‌دست آمد (۲٤). این افزایش جذب به‌دلیل افزایش جایگاه‌های قابل دسترس برای جذب است. دلیل افزایش نیافتن میزان کارایی جذب در مقادیر بالاتر از ۰/٤ گرم بر لیتر احتمالاً به‌دلیل واکنش‌ها و برهم‌کنش ذرات جامد در نتیجه تراکم است، که باعث کاهش سطوح قابل‌دسترس شد. در مطالعه حاضر نیز در میزان ۰/۵ گرم بر لیتر نانوسیلیس و تحت شرایط بهینه ۸٦ درصد از میزان نیترات و فسفات از پساب پرورش ماهی جذب شد در حالی‌که در مقادیر بالاتر از این مقدار راندمان حذف نیترات و فسفات کاهش یافت. وادیولان و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای نشان دادند افزایش جرم جاذب منجر به کاهش ظرفیت جذب SDBS[1] شد که دلیل آن نیز این است که میزان SDBS جذب شده روی هر واحد وزن جاذب کاهش می‌یابد که کاهش در مقدار ظرفیت جذب را با افزایش جرم جاذب سبب می‌شود، که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۲۵).

در پژوهش حاضر تا زمان ٤۵ دقیقه تمام جایگاه‌های فعال روی جاذب، اشغال نشده و در دسترس هستند. بنابراین، میزان بیش‌تری از یون‌های نیترات و فسفات را جذب می‌نماید. در حالی‌که پس از زمان ٤۵ دقیقه مقداری از نیترات و فسفات جذب شده طی مرحله واجذب از جاذب جدا شده و از طرفی میزان جایگاه‌های فعال در دسترس کاهش می‌یابد (جدول ۳، شکل ٤). به‌همین دلیل درصد جذب تا حدی کاهش می‌یابد (سیلویو و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش‌های فراوانی توسط پژوهش‌گران روی زمان تماس جاذب‌ها در حذف یون‌های نیترات و فسفات از پساب مزارع پرورش ماهی انجام شده است که بسیاری از آن‌ها زمان تماس بهینه برای رسیدن به شرایط تعادل در حذف یون‌های فلزی را کم‌تر از ٦۰ دقیقه عنوان کردند. جوانشیر و همکاران (۲۰۱۵)، در یک پژوهش، جاذب‌هایی را که برای حذف نیترات استفاده شده است و میزان تأثیرشان در جذب نیترات را بررسی کردند (۱۷). بر طبق نتایج این پژوهش، کربن فعال نارگیل اصلاح شده با کلرید روی و کربن فعال چوب نارگیل اصلاح نشده به‌ترتیب دارای جذب ۱۰/۲ و ۱/۷ میلی گرم در زمان دو دقیقه بوده‌اند. نانو تیوپ کربن برای جذب ۲۵ میلی‌مول در گرم در زمان یک دقیقه، دانه‌های کیتوزان دارای جذب ۹۰/۷ میلی‌گرم در گرم در ۲٤ دقیقه، ملاس چغندرقند دارای جذب ۱/٤ میلی مول در گرم در ٤۸ دقیقه و شلتوک برنج دارای ۱/۳ میلی‌مول در گرم در زمان ٤۸ دقیقه بوده‌اند. هافجانی و همکاران (۲۰۱۷)، نیز در مطالعه‌ای برای حذف نیترات از محلول آبی با استفاده از بیوچار و باگاس اصلاح شده پرداختند، نتایج نشان داد بالاترین میزان نیترات در شرایط آزمایشگاهی زمان تماس ٦۰ دقیقه و میزان جاذب ۲ گرم بر لیتر محاسبه گردید (۱٦). در مطالعه حاضر پس از استفاده از جاذب نانوسیلیس اصلاح شده با پوکه معدنی برای حذف میزان نیترات و فسفات پساب پرورش ماهی بعد از ٤۵ دقیقه مقدار ۸٦ درصد از میزان نیترات و فسفات موجود در پساب کاهش یافت.

1- Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate

نتیجه‌گیری نهایی

از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که در مقادیر کم‌تر و بالاتر از دوز بهینه مقدار کارایی جذب نیترات و فسفات توسط نانوجاذب کاهش یافت. زیرا در دوز پایین جاذب، تمامی مکان‌های سطحی به‌طور کامل در معرض جذب هستند و سطح جاذب با سرعت بالاتری به حالت اشباع می‌رسد. اما در دوز بالاتر، دسترسی مکان‌های جذب با انرژی بالا کاهش می‌یابد، مناطق با انرژی پایین‌تر توسعه زیادی می‌یابند و سبب کاهش qe می‌شوند. کاهش qe با افزایش مقدار جاذب عمدتاً به‌دلیل اشباع نشدن مکان‌های جذب در طی فرایند جذب و تجمع ذرات در مقادیر بالای جاذب است که منجر به کاهش مساحت سطح آن می‌شود و میزان حذف آلاینده را کاهش می‌دهد.

منابع

1. Ganizadehardi, G.H. 2008. Investigation of organic and nutrient removal from municipal wastewater in a continuous batch reactor and activated carbon granule medium. Master Thesis in Environmental Health, Department of Environmental Health, Tarbiat Modares University, Tehran. 92p. (In Persian)
2. Eskandari, M. 2011. Study of the feasibility and using of waste water in irrigation using nanotechnology [Dissertation]. Tehran: Academic Center for Education of Tarbiat Modares University. (In Persian)
3. Ebrahimi, A., and Najafpour, Gh. 2009. Recognizing dairy industry wastewater and study of its various biological purification methods. 3rd Specialized Conference on Environmental Engineering. Tehran: University of Tehran. (In Persian)
4. Hashemi, F., Godini, H., Shamskhoram Abadi, G.H., and Mansori, L. 2012. Evaluation of the adsorption efficiency of walnut green peel in removing phenol from aqueous solutions. Journal of Health and Environment, Scientific Research Quarterly of Iranian Scientific Society of Environmental Health, 7: 2. 265-276. (In Persian)
5. Kabir, M., Hoseini, S.A., Ghorbani, R., and Kashiri, H. 2018. In the removal of phosphate and nitrate from farm effluents, the efficiency of microalgae *Scenedesmus obliquus* Gomishan shrimp farming. Journal of Aquatic Ecology. 8: 8. 124-133. (In Persian)
6. Asgarihasani, M., Hedayati, S.A., Ghadermazi, A., Poladi, M., Zangiabadi, S., and Naghshbandi, N. 2017. Use of algal bioreactor to reduce the load of effluent from fish farms. Quarterly Journal of Animal Environment Eleventh Year, No. 3. (In Persian)
7. Abolhasani, M., Hosseini, S.A., Ghorbani, R., and Vinse, A. 2015. Removal of phosphate and nitrate from municipal effluent by algal cultivation and production of algae biomass *Scenedesmus obliquu*. Journal of Aquatic Ecology. 5: 4. 31-33. (In Persian)
8. Azarm, L., Javadzadeh, N., and Jalilzadeh, J. 2019. Investigation of nitrate and phosphate uptake ability from the effluent of hydrothermal fish ponds in Khuzestan province by *Chlorella vulgari* microalgae. Journal of Animal Environment, Twelfth Year, No. 2. (In Persian)
9. Javanshir, A., and Jandaghi, M. 2008. Investigation of the ability of Anodonta signa bivalves to reduce nitrate and phosphate concentrations in both open and closed systems. Journal of Water and Wastewater. Issue 66. (In Persian)
10. Heydari, F., Yadgarian, L., and Salimi, L. 2019. Evaluation of the ability of Scallop Bivalvia: Pectinidae: in the biological treatment of shrimp farms in Goater Bay, Chabahar. Oceanography, 10: 37. 23-31. (In Persian)

11. Martínez, M.E., Sánchez, S., Jiménez, J.M., El Yousfi, F., and Muñoz, L. 2000. Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga Scenedesmus obliquus. Bioresour. Technol. 73: 3. 263-72.
12. Shokohsaljoghi, Z., Melkpor, A., Rafii, G.H., Imani, A., and Bakhtiari, M. 2010. Removal of nitrite and nitrate contaminants from the effluent of closed aquaculture system by modified bentonites. Journal of Water and Wastewater, No. 2. (In Persian)
13. Norisepehr, M., Karimian, K., Ghahremani, A., Zarabi, M., and Jafarinia, M. 2012. Evaluation of the efficiency of crude mineral pumice and its modified form using hydrogen peroxide in removing excess fluoride from aqueous solutions. Journal of Health. 4: 1. 31-46. (In Persian)
14. Elhami, Sh., Saghakvaz, M., and Rahbar, N. 2020. Removal of phosphate from water and effluent using Sepia internal skeleton powder (squid) as a natural adsorbent, Journal of Water and Wastewater, 31: 5. 155-140. Doi: 10.22093 / wwj.2020.207894.2948. (In Persian)
15. Haghshenas, M.M.J., and Ghobadinia, M. Investigation of reducing the concentration of nitrate and phosphate in water of fish farms using sugar beet, chopped forage corn and wheat husk. Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 70: 3. 541-548. (In Persian)
16. Hafshejani, L.D., Hooshmand, A., Naseri, A.A., Mohammadi, A.S., Abbasi, F., and Bhatnagar, A. 2016. Removal of nitrate from aqueous solution by modified sugarcane bagasse biochar. Ecological Engineering, 95:101-111. Doi:10.1016/ j.ecoleng. 2016.06.035.
17. Javanshir, A., and Jandaghi, M. 2015. Evaluation of phosphate and nitrate removal capacity of anodontacygnea (unionidae) in open and closed systems. Journal of Water and Wastewater, 66: 25-33.
18. Abedi Coupayee, J., Mousavi, F., and Ferasati, M. 2012. The use of Nano-adsorbents plants in order to remove nitrate from aqueous solutions. Journal of Research in Water Resources 3: 28-38. (In Persian)
19. Bina, B., Amin, M.M., Rashidi, A.M., and Pourzamani, H. 2013. Evaluation of the efficiency of single-walled, multi-walled and carbon hybrid nanotubes in removing benzene and toluene from aqueous solutions. 24: 3. 12-21. (In Persian)
20. Soleimani, M., Ansari, A., Haj Abbassi, M.A., and Abedi, J. 2008. "Investigation of nitrate and ammonium removal from groundwater by mineral filters." Journal of Water and Wastewater, 67: 18-26. (In Persian)
21. Chen, A.H., Liu, S.C., Chen, C.Y., and Chen, C.Y. 2008. Comparative adsorption of Cu(II), Zn(II), and Pb(II) ions in aqueous solution on the crosslinked chitosan with epichlorohydrin. Journal of Hazardous Materials, 154: 3. 184-191.
22. Yang, H., Tang, Y., and Zou, S. 2014. Electrochemical removal of surfactants from Pt nanocubes. Journal of Electrachemistry Communications, 38: 134-137.
23. Özacar, M., and Sengil, I.A. 2005. Adsorption of metal complex dyes from aqueous solutions by pine sawdust. Journal of Bioresource Technology, 96: 7. 791-795.
24. Zhang, Z., and Deng, Y. 2009. Investigation on rapid degradation of sodium dodecyl benzene sulfonate (SDBS) under microwave irradiation in the presence of modified activated carbon powder with ferreous sulfate. Journal of Desalination, 249: 3. 1022-1029.
25. Vadivelan, V., and Kumar, K.V. 2005. Equilibrium, kinetics, mechanism, and process design for the sorption of methylene blue onto rice husk. Journal of Colloid and Interface Science, 286: 1. 90-100.