

## کاربرد بنتونیت احیا شده به روش اسیدی- گرمایی و سورفکتانت کاتیونی در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی فسفات و سولفات در پساب آبی‌پرووری

ظہیر شکوه سلجوقی<sup>۱\*</sup>، غلامرضا رفیعی<sup>۲</sup>، اکبر ملک پور<sup>۳</sup>، امیر شکوه سلجوقی<sup>۴</sup>، امید صفری<sup>۵</sup>

۱- مری گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریاوردی و علوم دریایی چابهار  
۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران ghrafiee@ut.ac.ir  
۳- استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان a.malekpour@chem.ui.ac.ir  
۴- استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد amir.saljooghi@yahoo.com  
۵- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد omid\_safary@yahoo.com  
تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۷

### چکیده

استفاده از روشهای تصفیه‌ای فاضلاب در آبی‌پرووری یکی از مهمترین راههای کاهش آثار زیست محیطی این صنعت و اجرای بهترین عملیات مدیریتی است. استفاده از جاذب‌های یونی از جمله رس‌ها در صنایع تصفیه فاضلاب در مقیاس وسیع صورت می‌گیرد، در حالی که در سیستم‌های پرورشی تاکنون گزارشی در زمینه استفاده از این ترکیبات صورت نگرفته است. رس‌ها بیشتر به دلیل منفی بودن ساختار شبکه‌ای خود هیچ تمایلی از خود نسبت به جذب آنیون‌ها نشان نمی‌دهند، از این رو با تغییر ساختار سطحی آنها می‌توان افزودن بر جذب کاتیون‌ها به جذب آنیون‌ها نیز مبادرت ورزید. در این تحقیق با استفاده از ترکیب آلی به نام تترا دسیل تری متیل آمونیوم برماید و تیمارهای اسیدی- گرمایی به اصلاح ساختار سطحی و لایه‌ای رس‌ها پرداخته شد تا به جذب آنیون‌های فسفات و سولفات موجود در سیستم پرورشی پرداخته شود. در این بررسی از سه سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰) و پنج سطح pH (۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵، ۸) استفاده شد. اثر افزایش دما بر میزان جذب آنیونی در نمونه پساب آبی‌پرووری و در نمونه استاندارد بر جذب فسفات دارای اثر معنی‌داری بر روند جذبی توسط دو جاذب بود ( $p < 0.05$ )، در حالی که pH بر میزان جذب آنیون سولفات با دو جاذب روند افزایشی را از خود نشان نداد. نتایج مشخص کرد که عوامل محیطی از قبیل دما، pH، غلظت آنیونی، حضور سایر آنیون‌ها و یون‌های مزاحمتی در ظرفیت جذب مؤثرند. همچنین استفاده از تعویض‌گرهای یونی اصلاح شده جذب آنیون‌های مضر در مدار بسته، می‌تواند به عنوان ابزاری جدید مورد استفاده قرار گیرد.

### کلید واژه

سیستم مدار بسته، ترکیبات آنیونی، بنتونیت، سورفکتانت، جذب آنیونی، BMPs

### سر آغاز

عمده ناشی از آبی‌پرووری و همچنین غذایی مصرفی است (Liao and Mayo, 2003). این آلاینده‌ها می‌توانند شامل ترکیبات نیتروژنی، فسفات‌ها، سولفات‌ها و ... باشند. تغذیه و مدیریت آن در آبی‌پرووری نقش بسیار اساسی در کیفیت آب مصرفی و آثار آن بر محیط از طریق پساب حاوی مواد غذایی و نوترینت‌ها خواهد داشت و طبق نظر محققان که اتکا به یک روش معقول و مؤثر به منظور بهبود وضعیت آبی‌پرووری از طریق به کارگیری بهترین عملیات مدیریتی (BMPs)<sup>۱</sup> برای به حداقل رساندن آثار زیست محیطی آبی‌پرووری می‌تواند مؤثر باشد (Chen, et al., 1993; Summerfelt and Vinci, 2004a, b). به منظور حذف آثار نامطلوب این ترکیبات

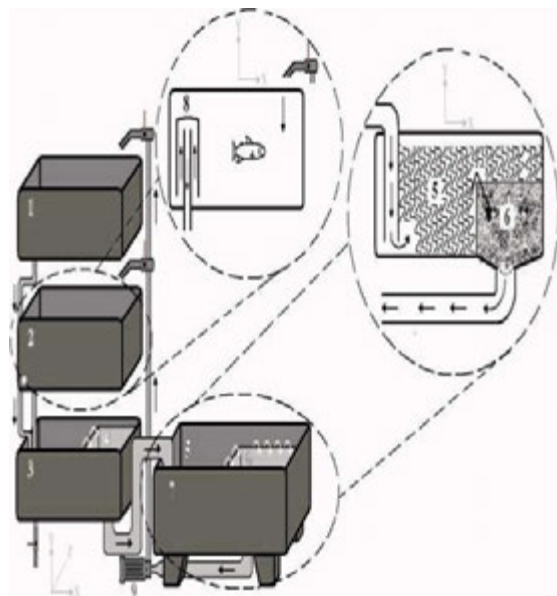
در آبی‌پرووری، کنترل کیفی آب به منظور کاهش آثار زیست محیطی آلاینده‌های موجود در سیستم‌های پرورشی از مهمترین دغدغه‌های آبی‌پرووران محسوب می‌شود. در سیستم‌های مدار بسته پرورشی آبی‌پرووری، آب به طور دائم با آبی‌پرووری آلوده شده و با سیستم‌های پالایش‌کننده تمیز می‌شود، در حالی که سیستم‌های پالایش‌کننده آلودگی را تا حد ممکن حذف می‌کنند، آب را به منظور استفاده مجدد وارد سیستم مدار بسته می‌کند. سیستم‌های پالایشگر مقدار مشخصی از آلودگی را برای برگشت کیفیت آب به سطوح قابل قبول حذف می‌کند. در سیستم‌های مدار بسته آلودگی‌ها به طور

## مواد و روشها

### ساخت سیستم مدار بسته آبی پروری

در ابتدای آزمایش به ساخت سیستم مدار بسته آبی پروری پرداخته شد. این سیستم همان طور که در شکل شماره (۱) نیز آورده شده است دارای سه مخزن است که دو مخزن حاوی ۳۰ عدد ماهی ۱۲۰ گرمی و مخزن سوم، مخزن جمع آوری پساب بود. قسمت دیگر سیستم مخزن حاوی فیلتر شنی و بیوفیلتر بود، که به ترتیب نقش جمع آوری کننده مدفوع و سایر ذرات معلق موجود در سیستم و تصفیه زیستی را بر عهده داشتند.

آب پس از تصفیه در این مرحله مجدداً با پمپ گردش آب به داخل هر یک از مخازن پروری برگشت داده می شد. ماهیان دو بار در طول شبانه روز با جیره تجاری تغذیه می شدند. تعویض آب، به مقدار ۱۰ درصد آب کل سیستم صورت می گرفت. از مخزن جمع آوری کننده پساب به منظور انجام آزمایشها نمونه برداری شد



شکل شماره (۱): تصویر شماتیک از سیستم مدار بسته

مورد استفاده در آزمایش (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

### تهیه بتونیت احیا شده توسط سورفکتانت<sup>۲</sup>

رسها در ابتدا خالص سازی شده و سپس با نسبت ۴ گرم رس به محلول سورفکتانت ۰/۰۱ مولار در ۳۰۰rpm در دمای ۶۰ C به مدت ۳ ساعت هم زده می شوند، سپس رس حاصل را صاف کرده با آب مقطر چندین بار آنرا شسته و سپس ارگانوبتونیت حاصله را

می باید به طریقی آنها را از سیستم پروری حذف کرد. استفاده از روشهای تصفیه فاضلاب یکی از این اهداف است و با اعمال این روشهای تصفیه ای، می توان به بهبود وضعیت کیفیت آب قبل از ورود به محیط طبیعی پرداخت (Dosdat, et al., 1993; Summerfelt and Penne, 2007).

آلاینده های فسفات و سولفات ناشی از سوخت و ساز آبزیان و غذای مصرف نشده از عمده آلودگی های سیستم های پروری محسوب می شوند که دارای آثار سوئی بر آبی و محیط زیست هستند (Arbiv and van, 1994).

روشهای متنوعی به منظور کاهش این آثار در آبی پروری ابداع شده است (Kiussis, et al., 1999; Barak and Rijn, 2000; Kiussis, et al., 2000; Barak, et al., 2003; Koffinas and Kiussis, 2003; Chubar, et al., 2005; Summerfelt and Penne, 2007).

هر یک از روشهای استفاده شده در کاهش آثار زیست محیطی این آبیونها دارای نقاط قوت و ضعف مخصوص به خود هستند. از روشهای تصفیه ای استفاده شده در سیستم های پروری مدار بسته، روش تصفیه ای تعویض یون است که از رزین های تعویض کننده (معدنی، آلی) که موجب کاهش میزان ترکیبات باردار می شود، می توان اشاره کرد (Mumpton, and Fishman, 1977). احتمالاً حذف آمونیاک مرسوم ترین مواد تعویض گر یونی در آبی پروری است.

رسها و زئولیتها از جمله موادی هستند که در سیستم های پروری مورد استفاده قرار گرفته اند. عمده مصرف این مواد به دلیل ساختار منفی لایه ای آنها در حذف ترکیبات با بار مثبت، یونهای فلزی است. به منظور جذب آمونونی می توان به اصلاح ساختار این مواد پرداخت (Hajjaligol, et al., 2006; Bowman, 2003).

در این پژوهش به اصلاح ساختار سطحی و لایه ای رس بتونیت با استفاده از سورفکتانت کاتیونی تترا دسیل تری متیل آمونیوم بر ماید و روش اسیدی - گرمایی پرداخته شد تا بدین وسیله به جذب آمونونی در سیستم پروری و کاهش آثار سوء زیست محیطی آنها بر اکوسیستم پرداخته شود.

این آزمایش در سه تکرار و با تأکید اثر عوامل محیطی (دما و pH) بر میزان جذب در دو حالت استفاده از نمونه پساب آبی پروری و حالت استاندارد انجام و کارایی جذبی هر یک از این مواد ارزیابی شد.

اختلاف بین غلظت اولیه و تعادلی آنیون فسفات تعیین شد. ضریب توزیع ( $K_d$ ) با استفاده از معادله زیر تعیین شد:

$$K_d = \frac{(C_i - C_e)V}{m}$$

که در اینجا  $C_i$  و  $C_e$  به ترتیب غلظت اولیه و نهایی آنیونی برحسب ( $mg/l$ ) بود و  $V$  بر حسب لیتر حجم محلول و  $m$  میزان جاذب مورد استفاده بر حسب گرم بود.

### روشهای آماری مورد استفاده

این مطالعه به صورت تصادفی با ۲ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. میزان جذب یون‌ها با بنتونیت‌های اصلاح شده در pH های ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ و ۸ و دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد به صورت جداگانه و مستقل در ۳ تکرار مطالعه شد.

از آزمون‌های Shpiro-Wilk به منظور تعیین نرمالی داده‌ها استفاده شد. آزمون همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene صورت پذیرفت (Zar, 2004).

از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه برای مقایسه واریانس تیمارها و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها استفاده شد. این موارد در نرم افزار SPSS 11.5 ویندوز XP اجرا شدند. رسم نمودارها نیز در نرم افزار Excel انجام شد.

### نتایج

#### بررسی نتایج حاصل از XRF و XRD نمونه بنتونیت منطقه

##### دیپوک طبعی

منحنی حاصل از پراش پرتو ایکس نمونه بنتونیت مورد استفاده در شکل شماره (۲) به نمایش گذاشته شده است. نتایج نشان داد که نمونه رس موجود دارای کانی‌های کوارتز (۴۱ درصد)، سیلیکات‌های آبدار سدیم، کلسیم، منیزیوم و آلومینیوم (۳۵/۵ درصد)، سدیم استرلیت (۱۰/۳ درصد)، ایلیت (۵/۹ درصد)، مسکوویت (۲/۲ درصد) و گچ (۱/۶ درصد) است (جدول شماره ۲).

#### بررسی نتایج حاصل از XRD نمونه بنتونیت اصلاح شده با

##### سورفکتانت

منحنی حاصل از پراش پرتو ایکس موجود در شکل شماره (۳) مؤید آن است که با روش اصلاحی موجود و با استفاده از سورفکتانت تترا دیسیل تری متیل آمونیوم برامید و سایر تیمارهای

در دمای  $70^{\circ}C$  خشک کرده و با الک ASEM به اندازه ذرات  $1/2 - 0/8$  mm دانه بندی می‌شوند (شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸، Pushpalettha, et al., 2005)

### تهیه بنتونیت احیا شده با روش اسیدی- گرمایی<sup>۳</sup>

در این روش ابتدا کلیه ناخالصی‌های موجود در نمونه رس بنتونیت به صورت چشمی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با محلول ۱ مولار، کلرید سدیم رس به مدت ۳ ساعت همزده و در آن با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شد.

در مرحله بعد با اسید سولفوریک ۲ مولار به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد هم زده شد و سپس با آب دو بار تقطیر چندین بار شسته و در دمای ۶۰ درجه در اون خشک شد. سپس ذرات به اندازه ۰/۸ تا ۱/۲ در آمدند و در کوره در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند (شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸).

### اندازه‌گیری عوامل فیزیکوشیمیایی مؤثر در روند جذبی

جدول شماره (۱) نشان‌دهنده مشخصات پساب موجود در سیستم مدار بسته آبی‌پروری است. ماهیان قزل آلا با جیره غذایی تجاری حاوی ۳۸ درصد پروتئین خام، ۸ درصد چربی خام و ۵ درصد فیبر خام به مدت ۵۲ روز تغذیه شدند.

پساب موجود به‌طور مستقیم از مخزن جمع‌آوری پساب تهیه و به روزانه عوامل فیزیکوشیمیایی آن مورد سنجش قرار گرفت. اندازه‌گیری میزان ترکیبات با استفاده از دستگاه فوتومتر Palintest<sup>®</sup> 8000 صورت پذیرفت.

### آزمایشات جذبی

تنظیم pH محلول‌ها با دقت زیاد و با اضافه کردن مقادیر بسیار اندک از محلول‌های HCl و NaOH و تنظیم آن با pH متر (orning 120) صورت پذیرفت. دمای محلول‌ها با استفاده از انکوباتور تنظیم شد، در حالی که محلول‌ها در لوله‌های شیشه‌ای با قطر داخلی ۲ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر قرار داده شدند و به مدت یک ساعت با تنظیم عوامل مؤثر بررسی شد.

این آزمایش در سه سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰) و پنج سطح pH (۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵، ۸) استفاده و در سه تکرار انجام شد. نمونه‌ها پس از یک ساعت با کاغذ صافی واتمن فیلتر شدند و غلظت تعادلی با دستگاه فوتومتر Palintest<sup>®</sup> 8000 سنجش شد. میزان آنیون‌های جذب شده با بنتونیت احیا شده توسط سورفکتانت (SMB) و بنتونیت احیا شده توسط روش اسیدی-گرمایی (ATB) از طریق

### بررسی نتایج حاصل از XRD نمونه بتونیت اصلاح شده با روش اسیدی- گرمایی

همانند تغییرات ساختاری که در زمینه اصلاح بتونیت با سورفکتانت مشاهده شد، در اصلاح با روشهای اسیدی- گرمایی نیز تغییرات عمده‌ای، بویژه در ساختار لایه‌ای و بلورین بتونیت حاصل شد. در ترکیب حاصله کانی‌های کریستوبالیت (۲۴/۸ درصد)، هیولاندیت (۸/۵ درصد)، کوارتز (۱۸/۶ درصد)، منتموریولونیت (۸/۵ درصد)، کلسیت (۱۶/۲ درصد)، آلومینیوم سولفات هیدراته (۲۹/۵ درصد) و سیلیکات‌های هیدراته سدیم، کلسیم، منیزیوم، آلومینیوم (۱۰/۱ درصد) مشاهده شد (شکل شماره ۴).

انجام شده تغییرات اساسی در ساختار لایه‌ای و بلورین نمونه بتونیت حاصل شد.

ترکیب حاصل دارای کانی‌های :

- کریستوبالیت (۲۷/۸ درصد)،

- هیولاندیت (۹/۲ درصد)،

- کوارتز (۵/۱ درصد)،

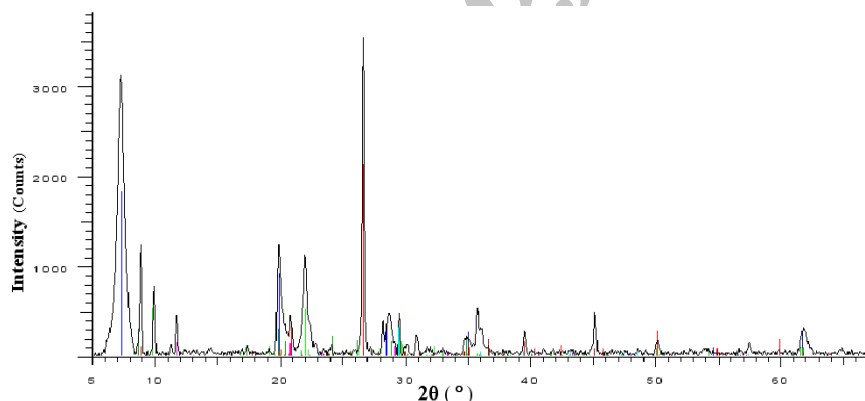
- منتموریولونیت (۲۳/۱ درصد)،

- کلسیت (۱۶/۲ درصد) و آلومینیوم سولفات هیدراته (۱۸/۵

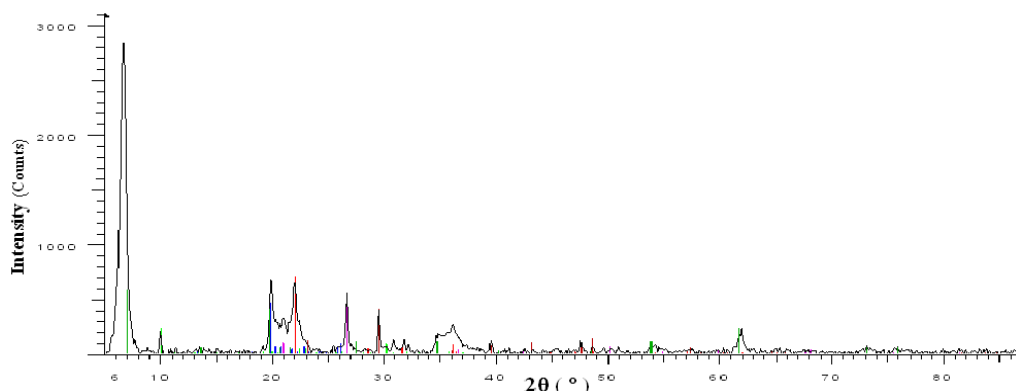
درصد) است.

جدول شماره (۱): مشخصات فیزیکی و شیمیایی ایجاد شده در پساب سیستم مدار بسته آبی پروبی

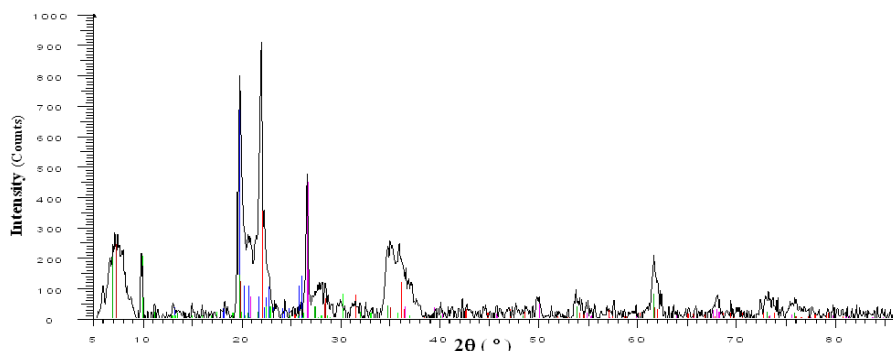
عامل	pH	اکسیژن محلول mg/L	دبی L/min	تعویض روزانه آب %	دمای آب °C	N-NH3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-NO3 mg/L
مقدار	۷/۹۷	۱۱/۱۰	۳ ± ۰/۲۰	۱۰	۱۷/۴ ± ۰/۱۶	۰/۰۷ ± ۰/۰۵	۱/۶ ± ۰/۱۷	۳۸/۰ ± ۳/۰۴



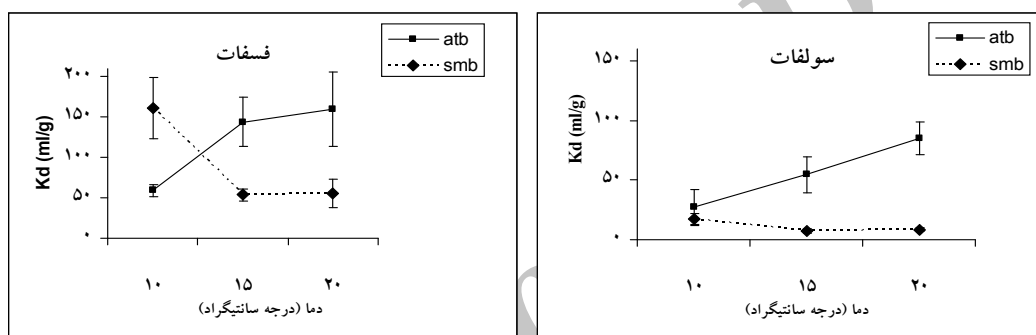
شکل شماره (۲): بررسی نتایج حاصل از XRD نمونه بتونیت منطقه بتونیت منطقه دیهوک طبری (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)



شکل شماره (۳): بررسی نتایج حاصل از XRD نمونه بتونیت اصلاح شده با سورفکتانت (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)



شکل شماره (۴): بررسی نتایج حاصل از XRD نمونه بنتونیت اصلاح شده با روش اسیدی-گرمایی (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)



شکل شماره (۵): بررسی روند تغییرات جذب آنیونی با جاذبها در دماهای مختلف در نمونه پساب آبی‌پروری (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

جدول شماره (۲): نتایج تجزیه و تحلیل XRF نمونه طبیعی

#### بنتونیت

Compound	Concentration (%W/W)
SiO <sub>2</sub>	۵۶/۲۴
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۳/۸۰
CaO	۳/۷۱
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳/۳۷
MgO	۲/۹۷
Na <sub>2</sub> O	۲/۹۱
SO <sub>3</sub>	۱/۱۵
K <sub>2</sub> O	۰/۵۴
Cl	۰/۴۹۹
TiO <sub>2</sub>	۰/۵۴۲
BaO	۰/۰۹۵
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۰۸۱
MnO	۰/۰۶۹
SrO	۰/۰۳۵
ZrO <sub>2</sub>	۰/۰۲۲
ZnO	۰/۰۱۱
CuO	۰/۰۱۰
Rb <sub>2</sub> O	۰/۰۰۳
LOI*	۱۴/۰۸
Total	۱۰۰/۰۵

\* Loss on Ignition

#### دماهای مختلف در نمونه پساب آبی‌پروری

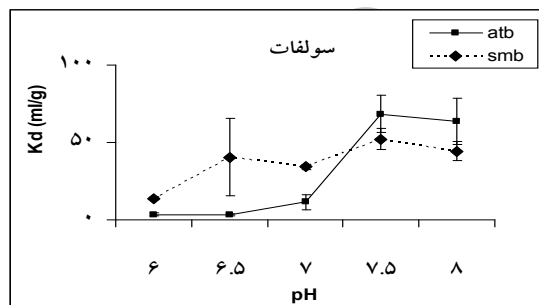
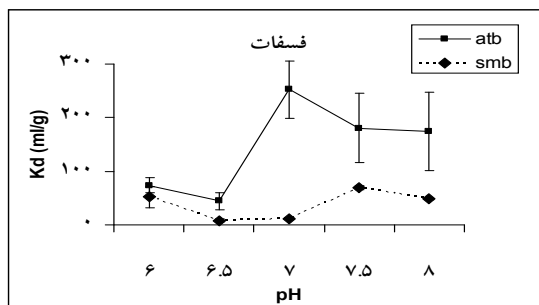
همان‌طوری که در شکل شماره (۵) نشان داده شده است در سه سطح دمایی مورد استفاده، روندهای مختلفی در زمینه جذب آنیونی از خود نشان دادند.

با افزایش دما از ۱۰ درجه به ۲۰ درجه در مورد بنتونیت احیا شده روش اسیدی-گرمایی به تدریج افزایش جذب فسفات مشاهده شد که این روند با افزایش دما معنادار بود ( $p < 0.05$ ) در حالی که این روند جذبی در نوع دیگر جاذب (بنتونیت احیا شده توسط سورفکتانت) سیر نزولی داشت. در مورد جذب آنیون سولفات روند متفاوت دیگری مشاهده شد.

در بنتونیت احیاء شده با روش سورفکتانت روند کاهش مشاهده شد در حالی که در جاذب دیگر روند افزایشی در نمونه پساب آبی‌پروری مشاهده شد. افزایش دما سبب افزایش فعالیت لایه جاذب، افزایش میزان تحرک آنیونی می‌شود که میزان جذب را بالا می‌رود.

به نظر می‌رسد ترکیب اصلاح شده با روش اسیدی-گرمایی تمایل بیشتری نسبت به جذب ترکیبات فسفات و سولفات موجود در سیستم پرورشی از خود نشان می‌دهد.

آنیون فسفات با این جاذب در pH خنثی مشاهده شد که در این تیمار شرایط به سمت یونیزاسیون بهتر آنیونی پیش می‌رود. در حالی که روند افزایشی در مورد جاذب دیگر مشاهده نشد. در مورد آنیون سولفات نیز روند مشابهی مشاهده شد. در مقایسه با اثر دمایی به نظر می‌رسد که pH دارای اثرگذاری بیشتری بر روند جذب سولفات توسط رس احیا شده با سورفکتانت کاتیونی است.



شکل شماره (۶): بررسی روند تغییرات جذب آنیونی با جاذب‌ها در pH های مختلف در نمونه پساب آبی پروری (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

میلی گرم بر لیتر میلی گرم بر لیتر پرداخته شد و به بررسی روند جذبی در دماهای مختلف مبادرت شد. نتایج نشان داد برخلاف نمونه اصلاح شده روند جذب فسفات توسط بنتونیت احیا شده به روش اسیدی-گرمایی و احیا با سورفکتانت با افزایش دما معنادار و افزایشی نبود در حالی که در مورد آنیون سولفات با افزایش دما میزان جذب با رس احیا شده با روش اسیدی-گرمایی معنی دار و افزایشی بود ( $p < 0.05$ ). در مورد جاذب دیگر روند افزایشی مشاهده نشد. (شکل شماره ۸).

## بررسی نتایج حاصل از جذب آنیون فسفات و سولفات در

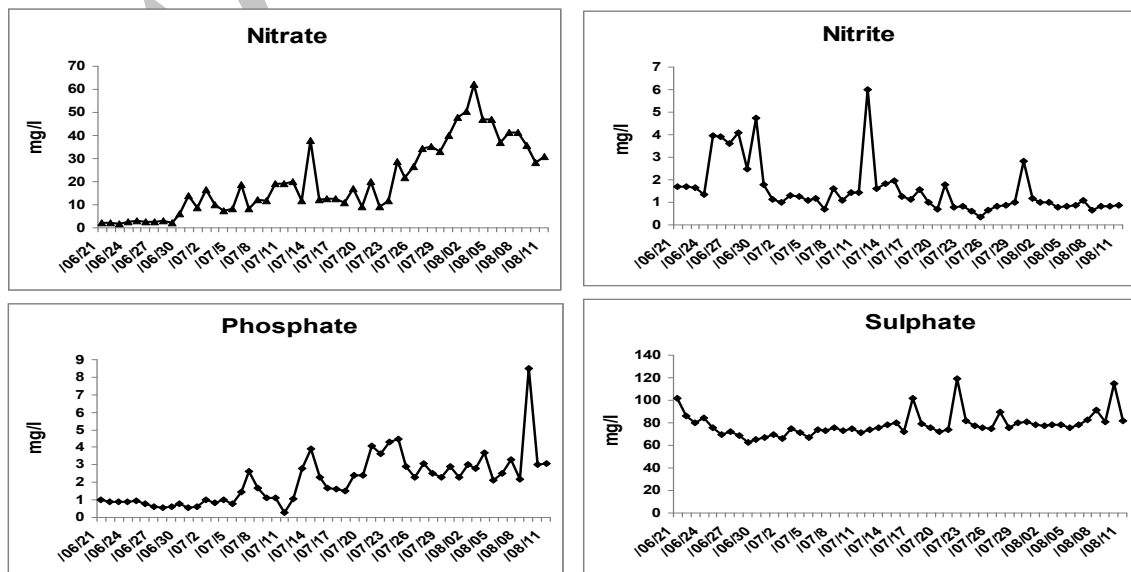
### pH های مختلف در نمونه پساب آبی پروری

شکل شماره (۶) مبین اثر pH بر میزان جذب فسفات توسط دو جاذب است. همانطوری که در شکل مشاهده می‌شود با افزایش pH همانند آنچه در مورد دما مشاهده شد در مورد بنتونیت احیا شده روش اسیدی-گرمایی بتدریج افزایش جذب مشاهده شد که این روند با افزایش pH معنادار بود ( $p < 0.05$ ), بیشترین میزان جذب

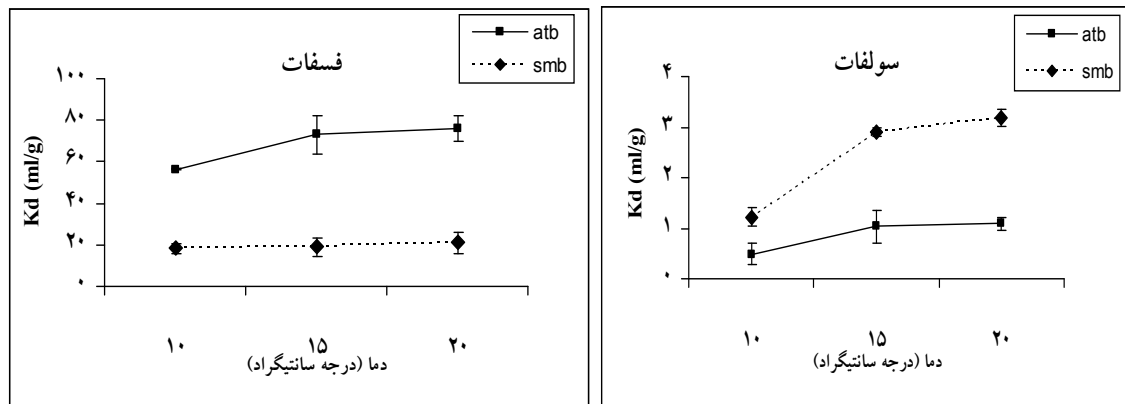
## بررسی نتایج حاصل از جذب آنیون فسفات و سولفات در

### دماهای مختلف در نمونه استاندارد

به منظور تعیین اثر شاخص‌های مزاحمتی و سایر عوامل موجود در محیط و مؤثر بر روند جذبی و همچنین تعیین توانایی جذب این جاذب‌ها با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده در طول دوره آزمایشی (شکل شماره ۷) به تعیین محلول استاندارد با استفاده از نمک فسفات سدیم و سولفات سدیم به ترتیب با غلظت‌های ۱۰ و ۱۵۰



شکل شماره (۷): روند تغییرات آنیونی سیستم پروری در طی دوره آزمایش (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

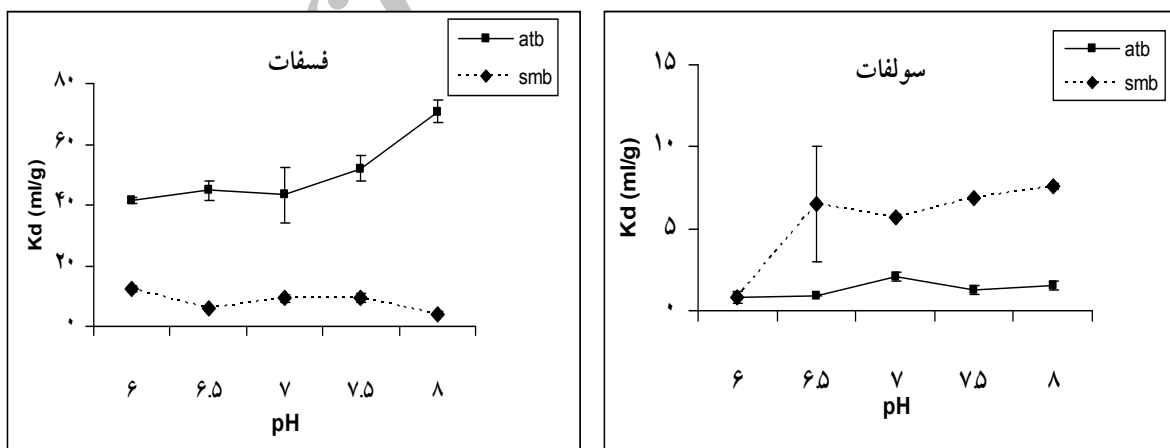


شکل شماره (۸): بررسی روند تغییرات جذب آنیونی با جاذب‌ها در دماهای مختلف در نمونه استاندارد (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

حضور یون‌های رقابتی و عوامل مزاحم موجود در محیط بر میزان جذب مؤثر است. به طور کلی بنتونیت احیا شده با روش اسیدی-گرمایی تحت شرایط دما و pH، نسبت به بنتونیت احیا شده توسط سورفکتانت توانایی جذبی بهتری از خود نشان داد. در شرایط نمونه‌های آزمایشگاهی اثر دما بر میزان جذب با بنتونیت احیا شده با سورفکتانت مؤثر بود، در حالی که pH اثر معناداری بر روند جذب نشان نداد، ولی با وجود این با حذف عوامل مزاحم میزان جذب بهبود یافت مکان‌های فعال شده با سایر یون‌های موجود در نمونه واقعی اشغال نمی‌شوند.

### بررسی نتایج حاصل از جذب آنیون فسفات و سولفات در pH های مختلف در نمونه آزمایشگاهی

همانند آنچه که در مورد اثر دما بر روند جذبی آنیون فسفات و سولفات مشاهده شد، در مورد pH نیز روند مشابهی مشاهده شد (شکل شماره ۹). به نظر می‌رسد در نمونه‌های آزمایشگاهی با افزایش غلظت آنیونی، روند جذبی تغییر یافت. بررسی مقایسه‌ای بین دو حالت واقعی و نمونه‌های آزمایشگاهی نشان داد که افزون بر عوامل مورد بررسی (دما و pH) عواملی از قبیل غلظت آنیونی،



شکل شماره (۹): بررسی روند تغییرات جذب آنیونی با جاذب‌ها در pH های مختلف در نمونه استاندارد (منبع: شکوه سلجوقی، ۱۳۸۸)

ساختار بلورین و لایه‌ای بنتونیت می‌شود. همان‌طوری که در اشکال شماره (۳ و ۴) مشخص است، تیمارهای اعمال شده بر روی نمونه بنتونیت موجب ایجاد این تغییرات می‌شود. گرما در روش اصلاحی با

### بحث و نتیجه‌گیری

#### اثر روش‌های اصلاحی بر ساختار و ترکیب بلورین

از بررسی مقایسه‌ای بین دو ساختار اصلاح شده و نشده بنتونیت این طور استنباط می‌شود که روش‌های اصلاحی سبب تغییر

های بالاتر باشد که این دلیل با یافته‌های قبلی برای سایر آنیون‌ها مطابقت دارد (Gok, Ozcan, 2008).

در مورد جذب سولفات با بنتونیت احیا شده به وسیله سورفکتانت روند افزایشی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که این عامل به دلیل حضور سایر یون‌های موجود در محیط و همچنین تمایل کمتر لایه سورفکتانت برای جذب آنیون سولفات باشد. افزایش دما سبب افزایش فعالیت لایه جاذب، افزایش میزان تحرک آنیونی می‌شود و بدین ترتیب میزان جذب را بالا می‌رود. نتایج این آزمایش نشان داد که بنتونیت‌های اصلاح شده به دلیل ارزان بودن مواد اولیه آن و همچنین به علت سادگی در تهیه آن به عنوان یک جاذب دو گانه کاتیونی و آنیونی و به عنوان ابزار قدرتمند جذبی در جذب آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سیستم پرورشی مورد استفاده قرار گیرد.

بدین ترتیب ضمن اینکه به عنوان سیستم پالایش‌دهنده پشتیبان عمل می‌کند و آلودگی‌های حاصل از مواد مختلف موجود در سیستم را تا حد ممکن کاهش می‌دهد. در نتیجه از آثار سوء فسفات و سولفات موجود در طبیعت از قبیل یوتریفیکاسیون، تغییر در جامعه جلبکی و باکتریایی و ... کاسته می‌شود

شایان ذکر است که جاذبه آب مورد استفاده پس از انجام عملیات تصفیه‌ای خود توانایی احیا شدن مجدد و استفاده داشته و عوارض سوئی برای محیط زیست ندارند. به طور کلی این طور می‌توان گفت که استفاده از تعویض گرهای یونی بنا به دلایل زیر می‌تواند به عنوان ابزاری توانمند و مؤثر در سیستم‌های پرورشی در نظر گرفته شود:

۱- ابزاری جدید با کارایی دو گانه جذب همزمان آنیون‌ها و کاتیون‌ها.

۲- فراوانی تعویض‌کننده‌های یونی همچون بنتونیت طبیعت و ارزان بودن آنها.

۳- سادگی تهیه فرم اصلاح شده آنها.

۴- توانایی بالای جذبی آنها.

۵- سیستم پشتیبان پالایش‌کننده زیستی.

## یادداشت‌ها

- 1-Best Management Practices
- 2-Surfactant Modified Bentonite (SMB)
- 3-Acid Thermo activation Bentonite (ATB)

سورفکتانت سبب افزایش فاصله بین لایه‌ای و نفوذ بهتر سورفکتانت و در نتیجه افزایش میزان جذب می‌شود.

در روش اصلاحی اسیدی- گرمایی، استفاده از اسید قوی در اصلاح ساختار موجب حذف برخی از عوامل مزاحم از سیستم شبکه‌ای شده و نیز گرما سبب افزایش فاصله لایه‌ای، بهبود ترکیب ساختاری و در نتیجه افزایش میزان جذب آنیونی نسبت به حالت اصلاح نشده می‌شود.

## اثر دما بر جذب آنیونی

همان طوری که از شکل‌های شماره (۵ و ۷) مشخص است، گرما می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنیونی و لایه فعال سطحی و در نتیجه افزایش میزان جذب آنیونی شود. شکل شماره (۷) به بررسی میزان جذب آنیونی با دو جاذب اشاره دارد که مبین آن است در نمونه استاندارد به دلیل حذف عوامل مزاحم دیگر موجود در محلول جذب به صورت منظم صورت پذیرفته است. در هر دو محلول بنتونیت احیا شده به روش اسیدی- گرمایی توانایی حذف بهتری از خود نشان داد که نشان‌دهنده اثر نوع روش اصلاحی بر میزان جذب آنیونی است.

## اثر pH بر جذب آنیونی

افزایش pH سبب افزایش قطبی شدن آنیونی و لایه سورفکتانت شده و در نتیجه موجب افزایش میزان جذب می‌شود. روند تقریباً منظم با بنتونیت احیا شده با سورفکتانت مشاهده شد، اما این میزان جذب در مقایسه با جاذب دیگر بسیار کمتر بود. به نظر می‌رسد که روش احیایی اسیدی- گرمایی و تیمارهای اعمال شده در این روش سبب فعال تر شدن ساختار لایه ای و سطحی بنتونیت مورد استفاده در مقایسه با روش دیگر شد که جذب بیشتر آنیونی را سبب شد (اشکال شماره ۶ و ۹).

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های محیطی دیگری به غیر از دما و pH مانند حضور یون‌های مزاحمتی و رقابتی، غلظت آنیونی، حضور ترکیبات آلی باردار و ... بر میزان جذب آنیونی مؤثرند که می‌باید مد نظر قرار گیرند.

اثر pH و دما بر میزان جذب فسفات در نمونه پساب آبی پروری مؤثرتر از نمونه آزمایشگاهی بود. نتایج نشان داد که افزایش pH بر میزان جذب فسفات با جاذب احیا شده به وسیله روش اسیدی- گرمایی سبب افزایش جذب شد. این عامل می‌تواند به دلیل درجه یونیزاسیون بالاتر آنیون و همچنین بار سطحی جاذب در pH



## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات آقای مهندس عاشوری کارشناس گروه شیلات و محیط زیست دانشگاه تهران که در انجام این تحقیق همکاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود

## منابع مورد استفاده

شکوه سلجوقی، ظ. ۱۳۸۸. بررسی مقایسه‌ای عملکرد تعویض گرهای یونی معدنی و آلی در حذف ترکیبات آنیونی (نیتريت، نترات، فسفات، سولفات) از پساب سیستم مدار بسته آبی پروری با تأکید بر اثر عوامل محیطی (دما و pH). پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

Arbiv,R., Rijn,J.V. 1994. Performance of a Treatment System for Inorganic Nitrogen Removal in Intensive Aquaculture Systems. *Aquaculture Engineering*, 14:189-203.

Barak,Y., et al .2003. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 220 : 313–326.

Barak,Y., Rijn,J.v. 2000. Biological phosphate removal in a prototype recirculating aquaculture treatment system. *Aquacultural Engineering* 22: 121–136.

Bowman,R.S. 2003. Application of surfactant-modified zeolites to environmental remediation. *Microporous and mesoporous materials*.61:43-56.

Chen,S., et al .1993. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. *Aquaculture*, 112:143-155.

Chubar,N.I., et al .2005. Adsorption of phosphate ions on novel inorganic ion exchangers. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 255: 55–63.

Dosdat,A., et al .1993. Marine Aquaculture affluent Monitoring: Methodological Approach to the Evaluation of Nitrogen and Phosphorus Excretion by Fish. *Aquaculture Engineering*, 14:59-84.

Gök,O., et al .2008. Adsorption kinetics of naphthalene onto organo-sepiolite from aqueous solutions. *Desalination*, 220:96-107.

Hajjaligol, S., et al .2006. A New Method for the Selective Removal of Cadmium and Zinc Ions from Aqueous Solution by Modified Clinoptilolite. *Adsorption Science & Technology*, 24:487-496.

Kioussis,D.R., B.F.W.,Wheaton, P.,Kofinas .2000. Reactive nitrogen and phosphorus removal from aquaculture wastewater effluents using polymer hydrogels. *Aquacultural Engineering* 23 : 315–332.

Kiussis,D.R., et al .1999. Phosphate binding polymeric hydrogels for aquaculture waste water remediation. *Aquaculture Engineering*, 19, 163-178.

Koffinas,P., D.R.,Kiussis .2003. Reactive Phosphorus Removal from Aquaculture and Poultry Productions Systems Using Polymeric Hydro gels. *Environ. Sci. Technol*, 37, 423-427.

Liao,P.B., R.B.,Mayo. 2003 Intensified fish culture combining water recirculation with pollution abatement ,*Aquaculture*, 3:61-85.

Mumpton, F.A., P.h.,Fishman. 1977. The application of natural zeolite in animal science and aquaculture. *Journal of Animal science*, 45:1188-1202.

Pushpaletha,P., et al .2005. Correlation between surface properties and catalytic activity of clay catalysts. Applied Clay Science 30 : 141– 153

Summerfelt,S.T. , B.J.,Vinci .2004a. Avoiding water quality failures: Part 1-Carrying capacity and water flow in intensive aquaculture systems. World Aquaculture 35(4):6–8, 70.

Summerfelt,S.T. , B.J.,Vinci .2004b. Avoiding water quality failures: Part 2-Recirculating systems. World Aquaculture 35(4):9–11, 71.

Summerfelt,R.C. , C.R.,Penne .2007. Septic tank treatments of the effluent from a small-scale commercial recycle aquaculture system. North American Journal of Aquaculture 69:59–68.

Zar,R. 2004. Biostatistical analysis. John wily & sons. London. P. 109.

Archive of SID