

مقایسه جاذب های معدنی و آلی بر پایه پلیمر زیست سازگار در حذف کدورت آب

مریم خائف^۱

افشار علی حسینی^{۲*}

Afs.alihosseini@iauctb.ac.ir

سیدامین میر محمدی^۳

فرهاد امانی زاده فینی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: کاهش غلظت ذرات معلق کلوئیدی به عنوان عامل کدورت آب همواره یکی از اهداف اصلی در طراحی تصفیه خانه های آب می باشد. هدف از تحقیق حاضر مقایسه منعقد کننده های آلی پلیمری زیست سازگار و معدنی در حذف کدورت موجود در آب است. روش بررسی: در دامنه زمانی دی تا اسفند سال ۱۳۹۹ نمونه های مورد آزمایش از رودخانه کرج پس از مرحله آشغالگیری در تماس با مقادیر متفاوت از جاذب ها در موقعیت و شرایط یکسان قرار گرفت، تا علاوه بر پیدا کردن غلظت بهینه مقایسه درستی بین عملکرد جاذب در جذب کدورت انجام گیرد. همچنین برای طراحی آزمایش، تحلیل و بررسی داده ها، آنالیز واریانس از نرم افزار Minitab استفاده گردید.

یافته ها: آب رودخانه کرج با کدورت NTU ۸۵/۸۶ در تماس با غلظت های مختلفی از آلومینیوم سولفات و کلورفریک به عنوان منعقد کننده معدنی، نشاسته و کیتوسان مدیوم به عنوان منعقد کننده های آلی پلیمری زیست سازگار قرار گرفت. غلظت های ۶/۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب بهترین غلظت های کلورفریک و آلومینیوم سولفات و غلظت های ۵/۲ mg/lit از کیتوسان و نسبت ۶ به ۴ میلی گرم بر لیتر از مخلوط کیتوسان - نشاسته بهترین غلظت ها در جذب کدورت می باشد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج حاصل از داده های آزمایش نشان می دهد ترکیب درصد های مختلفی از کیتوسان-نشاسته بهترین عملکرد را در حذف کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی از آب دارا می باشند. به گونه ای که ترکیب ۶۰٪ کیتوسان مدیوم و ۴۰٪ نشاسته دارای بهترین درصد حذف ذرات کلوئیدی و کدورت (۰/۹۰٪) می باشد و در مقایسه با جاذب هاب معدنی عملکرد بهتری دارد.

واژه های کلیدی: تصفیه آب، ذرات کلوئیدی، جاذب معدنی، جاذب آلی کیتوسان.

- ۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران.
- ۲- دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)
- ۲- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران.
- ۴- مربی آزمایشگاه نفت و گاز، گروه مهندسی نفت، دانشکده نفت و مهندسی شیمی واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Comparison of Inorganic and Organic Adsorbents Based on Biocompatible Polymer in Removal of Water Turbidity

Maryam Khaef¹

Afshar Alihosseini² *

Afs.alihosseini@iauctb.ac.ir

Sayed Amin Mirmohammady³

Farhad Amanizade Fayni⁴

Admission Date: June 23, 2021

Date Received: June 12, 2020

Abstract

Background and Objective: Decreasing the concentration of colloidal suspended particles, the turbidity factor of water, has always been one of the main goals in the design of water treatment plants. The aim of this study was to compare two types of biocompatible polymeric and inorganic organic coagulants in removing turbidity in water.

Material and Methodology: The experimental samples of Karaj River after the garbage collection stage were carried out in the same amount of water and were in the same condition to identify the best percentage of colloidal particle removal and turbidity. Also for experimental design, data and variance analysis were used Minitab software.

Findings: Karaj River water with 85.86 NTU turbidity in different concentration contact with inorganic coagulants (Aluminum sulfate and chloric ferric) and the organic polymeric coagulants (Starch and chitosan medium). The best concentrations of inorganic coagulants as chloric ferric is 6.5 mg/lit and aluminum sulfate is 10mg/lit and for organic polymeric coagulant as: chitosan is 5.2 mg/lit and starch- chitosan medium is 40% of chitosan and 60% starch.

Discussion and Conclusion: The results of experimental data are shown that the combination of chitosan-starch has the best performance in removing turbidity from water. So that finally 60%-40% of chitosan and starch had the best percentage of turbidity removal and up to 99% were able to remove the remaining turbidity.

Keyword: Treatment, Colloidal particles, Inorganic absorbent, Organic absorbent, Chitosan.

1- Master of Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

3- Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

4- Department of Petroleum Engineering, Oil and Gas Laboratory, Faculty of Petroleum and Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

اهمیت تصفیه آب زمانی نقش خود را نشان می دهد که بدانیم منابع آبی موجود با کیفیت مطلوب به دلیل رشد جمعیت دیگر پاسخگوی نیاز جوامع بشری فعلی نیست. از جمله تقاضای روز افزون مصرف آب به عواملی از قبیل: افزایش جمعیت همگام با گسترش مصارف کشاورزی می توان نسبت داد که بهره برداری از منابع آب موجود به اوج خود می رساند. کشورهای مختلف تلاش نموده اند با بهبود کمیت و کیفیت منابع آبی موجود جهت تامین نیازهای رو به افزایش خود به بهترین نحو از آن استفاده کنند. آب طبیعی موجود در کره زمین همواره برای مصارف آشامیدنی یا صنعتی نیاز به تصفیه دارد تا ناخالصی ها و آلاینده های موجود در آن حذف شوند (۱-۳). یکی از مشکلات بخش تصفیه آب و فاضلاب و حتی تصفیه لجن ته نشینی ذرات کلوئید به دلیل بار الکتریکی منفی آنها می باشد. در واقع این ذرات به دلیل بار الکتریکی منفی در هنگام نزدیک شدن به ذره ای دیگر نیروی دافعه ایجاد کرده و مانع اتصال دو ذره می شوند و نهایتاً عمل ته نشینی را بسیار مشکل می نمایند. حذف ذرات معلق و کلوئیدی علاوه بر حذف کدورت آب و تهیه آب زلال باعث حذف میکروارگانیزم ها و گندزدایی آن می شود (۴ و ۵). پرکاربردترین روش برای حذف مواد کلوئیدی و معلق در صنایع تصفیه آب و فاضلاب استفاده از منعقد کننده ها می باشد. مواد منعقد کننده شامل موادی هستند که جهت ناپایدار سازی ذرات و چسباندن آن ها به یکدیگر استفاده می شوند (۶). استفاده از منعقد کننده های پلیمری آلی و معدنی یکی از راه های مفید برای حل مشکل ته نشینی ذرات کلوئید است. وجود ذرات کلوئیدی باعث عوارض نامطلوبی مانند رنگ، طعم، رشد میکروبی، کاهش زمانی فاصله بین دو شستشوی فیلترها، ازدیاد مصرف مواد اکسیدکننده، غلظت و ایجاد فرآورده های جانبی خطرناک در فرایندهای اکسیداسیون می شود (۷ و ۸). این ذرات را می توان توسط فرایندهای انعقاد لخته سازی ته نشینی و فیلتراسیون از آب حذف نمود. تاکنون در فرایند انعقاد، منعقدکننده های معدنی همچون نمک های آهن و آلومینیوم به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از این

منعقدکننده ها در تصفیه خانه آب باعث ایجاد عوارض نامطلوبی در آب می شود. نگرانی های موجود در زمینه مصرف منعقد کننده های معدنی در آب باعث شده اخیراً استفاده از مواد آلی طبیعی همچون کیتوسان و نشاسته به عنوان منعقد کننده در صنعت تصفیه آب مورد توجه بیشتر قرار گیرد (۹-۱۱). این نوع منعقد کننده ها به دلیل کاهش میزان مصرف کننده و خوراکی بودن آن ها قسمت عمده ای از نگرانی های بهداشتی مربوط به منعقد کننده های معدنی برطرف می کنند. تاکنون تحقیقات متنوعی در زمینه مصرف مواد آلی طبیعی به عنوان منعقد کننده و کمک منعقد کننده صورت گرفته است. تحقیقات نشان می دهد مصرف نشاسته به همراه آلومینیوم سولفات می تواند مصرف آلومینیوم سولفات را تا ۲۰٪ کاهش دهد (۱۲-۱۴). از جمله جاذب های آلی طبیعی می توان به کیتوسان و نشاسته اشاره کرد که در حذف مواد کلوئیدی آب های سطحی کیتوسان عملکرد بهتری نسبت به آلومینیوم سولفات داشته و همچنین نشاسته می تواند جایگزین خوبی برای کلرورفریک و آلومینیوم سولفات باشد (۱۵-۱۸). مطالعات مانی و تائی نشان می دهد راندمان حذف کدورت توسط کیتوسان در آب های با کدورت پایین کم است و با افزایش کدورت افزایش می یابد، اما کیتوسان قادر است به طور کلی در کدورت های مختلف آب همواره کدورت را ت NTU ۱۵ کاهش دهد (۱۹ و ۲۰). رمضانیان باجگیران و همکارانش نشان دادند آهک به میزان بیشتری نسبت به آلومینیوم سولفات و کلرورفریک کدورت را حذف می کند (۲۱). در این تحقیق هدف مقایسه عملکرد جاذب های پلیمری آلی (کیتوسان و ترکیب کیتوسان- نشاسته) و جاذب های معدنی (کلرور فریک و آلومینیوم سولفات) در حذف کدورت می باشد. برتری زیست سازگار بودن جاذب های پلیمری طبیعی و اقتصادی بودن ترکیب کیتوسان- نشاسته بر حسب گرم جذب شونده به گرم جاذب بر جاذب های معدنی از اهمیت انتخاب موضوع می باشد که با به دست آوردن راندمان حذف کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی معلق توسط هر کدام از

رودخانه کرج در البرز مرکزی و شمال باختری تهران واقع شده است که از کوه‌های جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرد. جدول (۱) خصوصیات شیمیایی آب این رودخانه را نشان می‌دهد.

جاذب های ذکر شده مناسب ترین ماده جاذب شناسایی می گردد.

مواد و روش ها

۱- نمونه مورد مطالعه

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی نمونه آب

Table 1_Chemical properties of water samples.

Turbidity(NTU)	TSS(mg/lit)	TDS(mg/lit)	pH	پارامتر
۸۵/۸۶	۱۷۰	۲۰۲	۷/۸	مقدار

۴- روش انجام آزمایش

تحقیق حاضر که در دامنه زمانی دی تا اسفند سال ۱۳۹۹ انجام گرفت، ابتدا هر کدام از جاذب ها با مقادیر متفاوت از غلظت اندازه گیری شده در ۲۰۰ میلی لیتر آب با مشخصات شیمیایی ذکر شده در جدول ۱ مخلوط گردید. نمونه ها ابتدا با دور rpm ۲۰۰ به مدت دو دقیقه سپس دور همزن را به rpm ۲۰ کاهش داده و به مدت ۲۰ دقیقه توسط همزن مکانیکی تحت اختلاط قرار گرفتند. زمان ته نشینی و لخته سازی برای هر کدام از نمونه ها ۳۰ دقیقه منظور شد. پس از تشکیل رسوب جهت صاف کردن از کاغذی واتمن و برای اندازه گیری میزان کدورت از دستگاه کدورت سنج استفاده گردید. مقایسه کاهش غلظت کدورت در نمونه ها میزان اثر گذاری جاذب های معدنی و آلی را نشان می دهد. با تکرار آزمایش ها در مقادیر متفاوت جاذب مقدار بهینه آن و حداکثر حذف ذرات کلوئیدی مشخص گردید. در این تحقیق از نرم افزار Minitab با داشتن خروجی های مناسب در زمینه آمار توصیفی رگرسیون روش های چند متغیره پیوسته و گسسته طرح آزمایش ها سری های زمانی کنترل کیفیت آماری می باشد استفاده شد (۲۲). برای تحلیل داده ها از دو روش Anova (آنالیز واریانس) و S/N (نسبت سیگنال به نویز) استفاده شده است که در آن مقدار کمتر انتخاب شده که از رابطه زیر به دست می آید.

$$SB = \frac{1}{n} \sum (y_i)^2 \quad (1)$$

در این رابطه n تعداد تکرار ها و y خروجی های اندازه گیری شده است. این رابطه در مواردی کاربرد دارد که یک خصوصیت نامنفی را بررسی می کنیم و ایده آل آن برای ما صفر است در

۲- مواد

کلرورفریک ۶ آبه یکی از جاذب های معدنی تهیه شده از شرکت Merck آلمان با فرمول شیمیایی $FeCl_3$ ، وزن مولکولی 270.3 g/mol و چگالی $1.8/2 \text{ g/cm}^3$ با شکل ظاهری جامد و به رنگ زرد است. جاذب معدنی دوم مورد استفاده در این تحقیق آلومینیوم سولفات ۱۸ آبه تهیه شده از شرکت Merck آلمان با فرمول شیمیایی $Al_2(SO_4)_3$ ، وزن مولکولی 342.15 g/mol ، چگالی 2.672 g/cm^3 ، شکل ظاهری جامد بلوری و به رنگ سفید است. کیتوسان مدیوم جاذب آلی پلیمری تهیه شده از شرکت سیگما آلدریج با فرمول شیمیایی $C_6H_{11}NO_4$ و شکل ظاهری پودر جامد سفید رنگ است. مدیوم بودن آن به خاطر وزن مولکولی آن است که از واحدهای تکرارشونده کیتین تشکیل شده است. دومین جاذب آلی پلیمری مورد استفاده در این تحقیق نشاسته می باشد که از شرکت Merck آلمان با فرمول شیمیایی $C_6H_{10}O_5$ ، جرم مولکولی آن $162/11 \text{ g/mol}$ و شکل ظاهری پودر سفید رنگ تهیه شده است.

۳- تجهیزات

برای اختلاط نمونه ها از همزن مکانیکی هایدولف ساخت کشور آلمان، کدورت نمونه ها توسط دستگاه کدورت سنج Hach، وزن نمونه ها از ترازوی بادقت ۴ رقم اعشار Aczet ساخت کشور آمریکا و دمای نمونه ها توسط دماسنج Zeal ساخت کشور انگلستان و برای صاف کردن نمونه ها از فیلتر کاغذی ساخت کارخانه Whatman استفاده گردید.

کدورت توسط کلروفریک و آلومینیم سولفات را نشان می دهند همانگونه که نمودار ۱ نشان می دهد راندمان حذف کدورت توسط کلروفریک در حدود غلظت ۶/۵ میلی گرم در لیتر به ماکزیمم اولیه خود می رسد و سپس با افزایش میزان غلظت مصرفی به بیش از این مقدار راندمان حذف کاهش می یابد و ماکزیمم راندمان حذف در حدود ۹۷٪ می باشد. نمودار ۲ نشان می دهد که راندمان حذف کدورت توسط آلومینیم سولفات در حدود غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به ماکزیمم اولیه خود می رسد و سپس با افزایش میزان غلظت مصرفی به بیش از این مقدار راندمان حذف کاهش یافته و راندمان حذف در حدود ۹۷٪ می باشد. میزان لخته های تشکیل شده آلومینیم سولفات نسبت به کلروفریک کمتر است، اما میزان حذف کدورت آن ها تقریباً دارای سطح یکسانی است با این تفاوت که غلظت آن ها متفاوت است.

این حالت هرچه مقدار بدست آمده کمتر باشد بهتر است. در رابطه (۱) به طور کلی زمانی که از مقدار S/N برای تحلیل استفاده می کنیم آزمایش ها چند بار تکرار می شوند و در نهایت شرایط بهینه برای آزمایش را بدست می آوریم. البته ممکن است این شرایط بهینه جزو آزمایش هایی نباشد که ما انجام داده ایم.

یافته ها

جدول ۳ و ۲ غلظت های بهینه در جاذب های معدنی را نشان می دهد همان گونه که مشاهده می شود غلظت های ۶/۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب بهترین غلظت های کلروفریک و آلومینیم سولفات هستند. کلروفریک از لحاظ هزینه های مصرفی به صرفه تر اما شرایط نگهداری آن نسبت به آلومینیم سولفات سخت تر است و همین موضوع باعث شده تا در همه موارد نتوان از آن استفاده کرد. نمودارهای (۱ و ۲) راندمان حذف

جدول ۲- بهینه سازی غلظت های کلروفریک

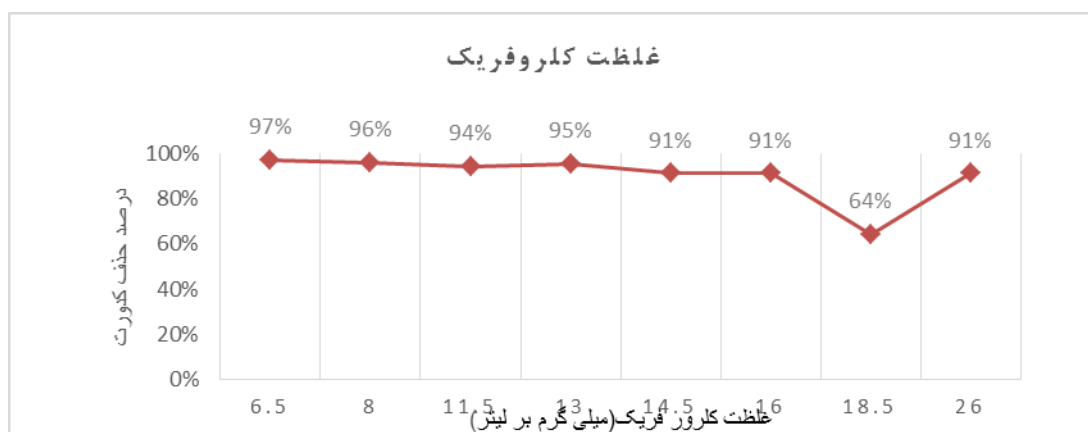
Table 2. Optimization of chloric ferric concentrations

مقدار کدورت پس از انجام آزمایش	مقدار کدورت اولیه	زمان ته نشینی (دقیقه)	سرعت اختلاط کند(دور بر دقیقه)	سرعت اختلاط سریع(دور بر دقیقه)	غلظت مصرف کلروفریک (mg/lit)	برنامه آزمایش
۱/۹۶	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۶/۵	۱
۳/۲۱	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۸	۲
۴/۸۰	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۱/۵	۳
۴/۸۰	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۳	۴
۷/۲۰	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۴/۵	۵
۷/۴۵	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۶	۶
۷/۱۰	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۲۶	۷

جدول ۳- بهینه سازی غلظت های آلومینیوم سولفات

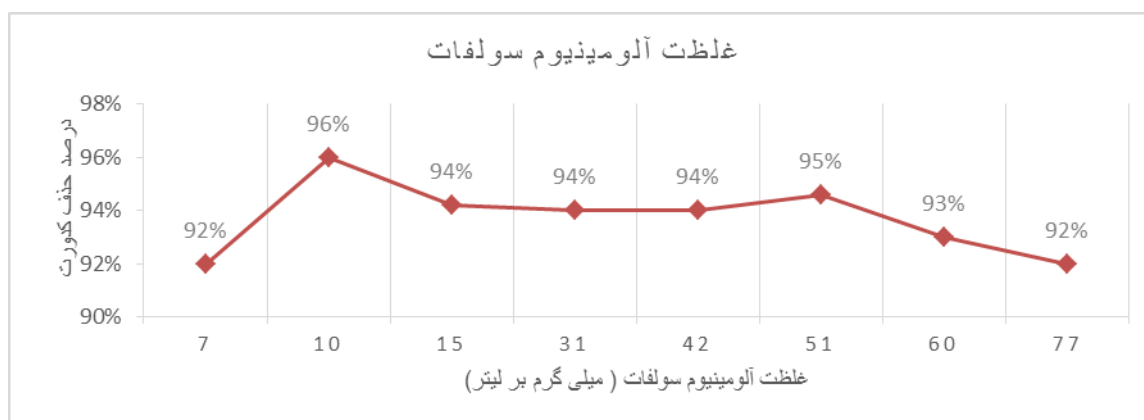
Table 3. Optimization of aluminum sulfate concentrations

مقدار کدورت پس از انجام آزمایش	کدورت اولیه آب	زمان ته نشینی (دقیقه)	سرعت اختلاط کند (دور بر دقیقه)	سرعت اختلاط سریع (دور بر دقیقه)	غلظت مصرف آلومینیوم سولفات (mg/lit)	برنامه آزمایش
۶/۲۷	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۷	۱
۳/۳۹	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۰	۲
۴/۳۱	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۱۵	۳
۴/۹۲	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۳۱	۴
۴/۵۱	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۴۲	۵
۴/۶۴	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۵۱	۶
۵/۷۲	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۶۰	۷



نمودار ۱- درصد حذف کدورت توسط کلر و فریک بر حسب غلظت آن

Figure 1. Removal of turbidity by Ferric Chloric according to its concentration



نمودار ۲- درصد حذف کدورت توسط آلومینیوم سولفات بر حسب غلظت آن

Figure 2. Removal of turbidity by Aluminum Sulfate according to its concentration

کلروفریک و آلومینیوم سولفات در تمام آزمایش های انجام شده عملکرد بهتری داشته است. در کلیه آزمایشات انجام شده راندمان حذف کدورت (درصد حذف کدورت) از رابطه ی زیر به دست آمده است:

$$R = \frac{T_B - T_S}{T_B} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه T_B کدورت باقی مانده در نمونه اصلی، T_S کدورت نمونه های گرفته شده، R راندمان و یا کارایی به دست آمده است. در این رابطه R بالاتر مطلوب تر و نشان دهنده راندمان بالاتر حذف کدورت است. نمودار ۵ مقایسه حذف کدورت توسط جاذب های آلی و معدنی را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود در غلظت های تقریباً یکسان درصد حذف کدورت توسط نشاسته و کیتوسان مدیوم نسبت به دیگر جاذب ها بیشترین کیفیت را داشته است و به ترتیب: کیتوسان به تنهایی، آلومینیوم سولفات و کلروفریک اما در رتبه های بعدی قرار دارند. این درصد ها نزدیک به هم بوده و بسته به نوع استفاده ای که ما از آن ها داریم می توان انتخاب کرد.

جداول ۵۴ غلظت های بهینه در جاذب های آلی را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود غلظت ۵/۲ میلی گرم بر لیتر از کیتوسان و نسبت ۶ به ۴ میلی گرم بر لیتر از مخلوط کیتوسان و نشاسته بهترین غلظت ها در جذب کدورت می باشد. نمودارها ۳ و ۴ میزان جذب کدورت توسط جاذب های آلی پلیمری را نشان می دهد. همانگونه که در نمودار ۳ مشاهده می شود حذف کدورت توسط کیتوسان مدیوم در مقایسه با جاذب های معدنی بیشتر می باشد به عبارتی مقدار ۵/۲ میلی گرم از جاذب کیتوسان مدیوم ۹۹٪ قدرت حذف کدورت را داشته و نسبت به کلروفریک و آلومینیوم سولفات قدرت حذف بالاتری دارا می باشد اما از لحاظ هزینه های مصرفی، به صرفه نبوده و شرایط خاص تری برای مصرف دارد. در نمودار ۴ ترکیبات مختلفی از نشاسته و کیتوسان آزمایش شده که نتایج قالب توجهی به همراه داشته است. همانطور که مشخص است مخلوط ۶۰٪ کیتوسان مدیوم و ۴۰٪ نشاسته توانسته است تا ۹۹٪ کدورت را حذف کند که در مقایسه با جاذب های دیگر مانند

جدول ۴- بهینه سازی غلظت های کیتوسان مدیوم

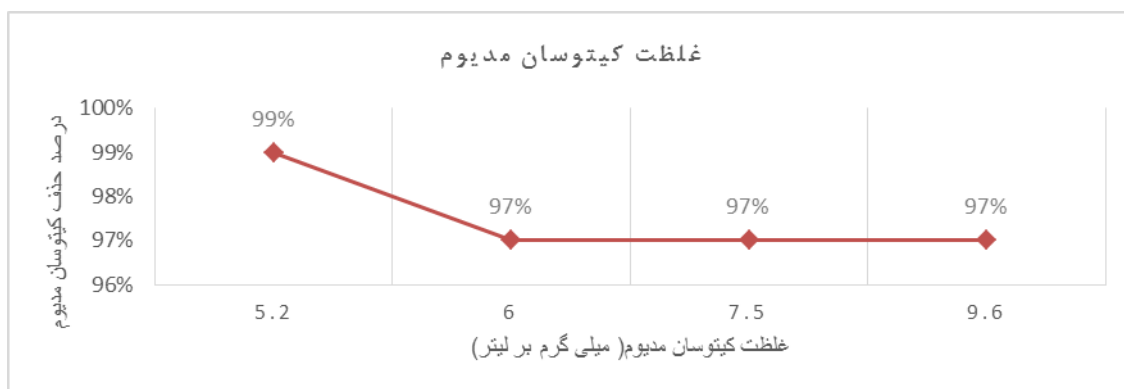
Table 4. Optimization of medium Chitosan concentrations

برنامه آزمایش	غلظت مصرف کیتوسان (mg/lit)	سرعت اختلاط سریع (دور بر دقیقه)	سرعت اختلاط کند (دور بر دقیقه)	زمان ته نشینی (دقیقه)	مقدار کدورت اولیه آب	مقدار کدورت پس از انجام آزمایش
۱	۵/۲	۲۰۰	۲۰	۳۰	۸۵/۸۶	۱/۵۴
۲	۶	۲۰۰	۲۰	۳۰	۸۵/۸۶	۱/۸۱
۳	۷/۵	۲۰۰	۲۰	۳۰	۸۵/۸۶	۱/۹۱
۴	۹/۶	۲۰۰	۲۰	۳۰	۸۵/۸۶	۱/۸۷

جدول ۵- بهینه سازی غلظت های کیتوسان و نشاسته

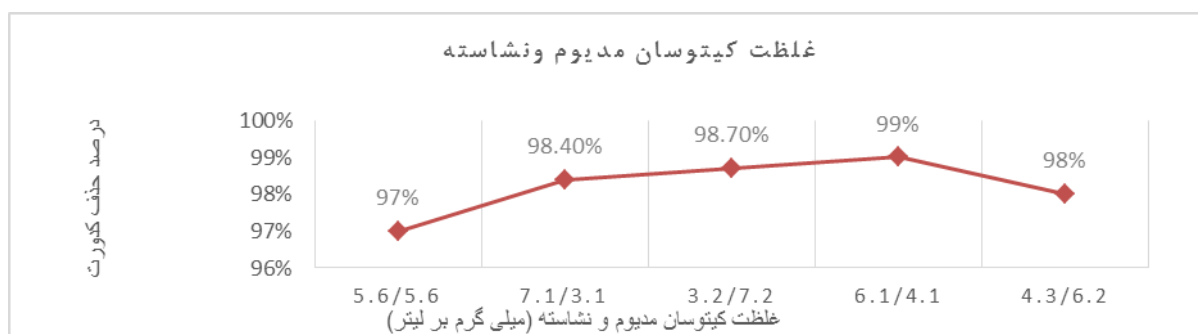
Table 5. Optimization of Chitosan and Starch concentrations

مقدار کدورت آب پس از آزمایش	مقدار کدورت اولیه آب	زمان ته نشینی (دقیقه)	سرعت اختلاط کند (دور بر دقیقه)	سرعت اختلاط سریع (دور بر دقیقه)	غلظت مصرف نشاسته و کیتوسان (mg/lit)	برنامه آزمایش
۱/۹۹	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۵/۶ و ۵/۶	۱
۱/۲۹	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۷ و ۳	۲
۱/۰۶	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۳/۲ و ۷/۲	۳
۰/۹۲	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۶ و ۴	۴
۱/۵۹	۸۵/۸۶	۳۰	۲۰	۲۰۰	۴/۲ و ۶/۲	۵



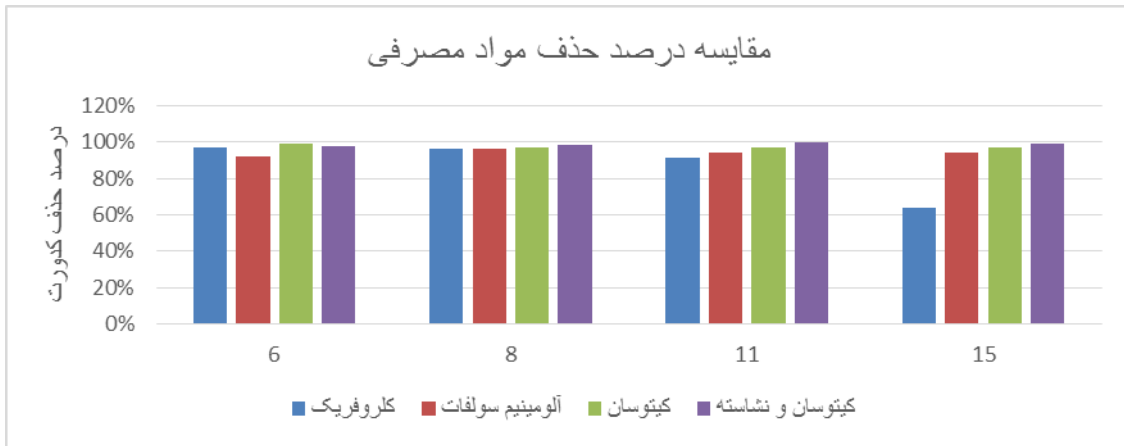
نمودار ۳- درصد حذف کدورت توسط کیتوسان مدیوم بر حسب غلظت

Figure 3. Removal of turbidity by medium Chitosan according to its concentration



نمودار ۴- درصد حذف کدورت توسط کیتوسان و نشاسته بر حسب غلظت

Figure 4. Removal of turbidity by Chitosan-Starch according to its concentration



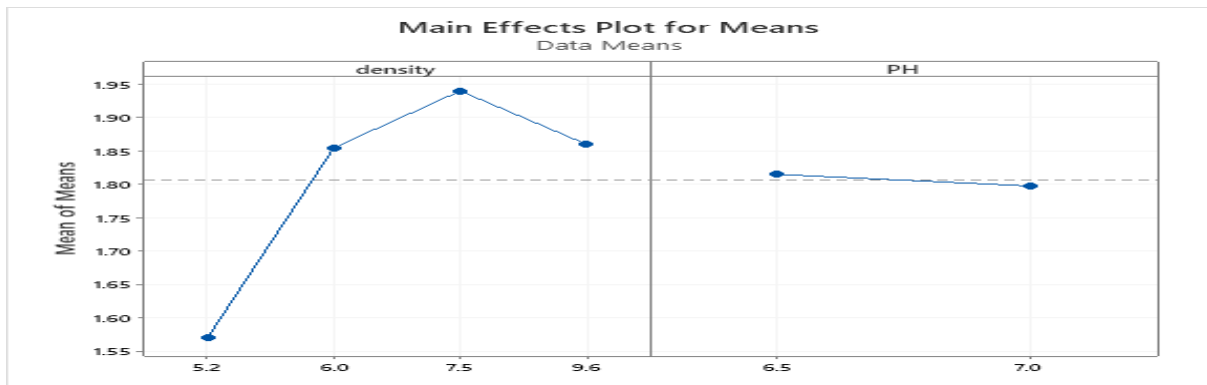
نمودار ۵- مقایسه حذف کدورت توسط جاذب های آلی و معدنی

Figure 5. Comparison of turbidity removal by organic and inorganic adsorbents

بر حذف کدورت نداشته و تاثیر اصلی در غلظت است. همانطور که در Normal Plot پیداست اعداد و داده ها از یک خط پیروی کرده و نرمال هستند. نمودارهای Versus فاقد ساختار خاصی بوده عدم وابستگی به زمان و واریانس باقی مانده ثابت است. از مجموعه نمودارهای بالا مشخص می شود که pH در سطح ۹۵٪ دارای اثر معنی داری نبوده اما غلظت اثر معنی داری است و باقی مانده ها نرمال و دارای واریانس همگن هستند.

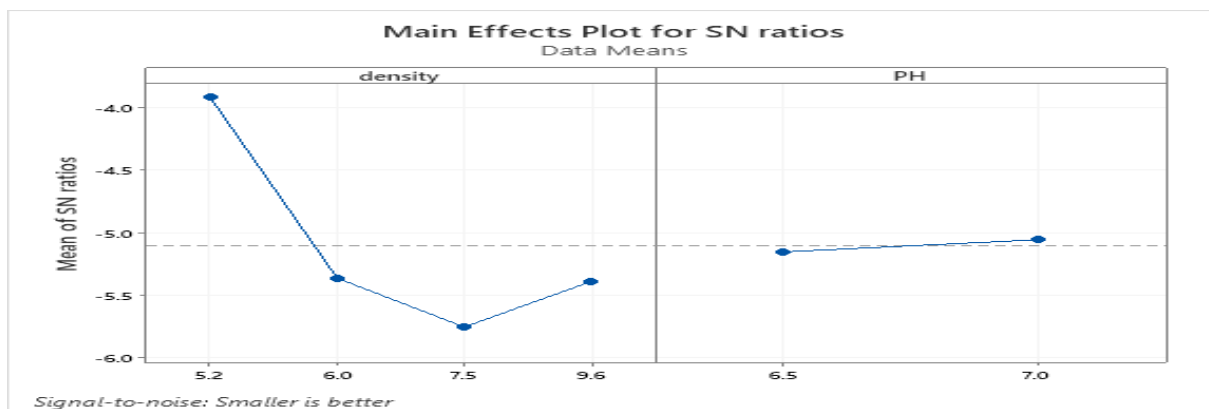
تجزیه و تحلیل داده های حاصل از نرم افزار Minitab

کیتوسان مدیوم: میانگین نسبت سیگنال به نویز، میانگین داده ها و باقی مانده ها برای دو فاکتور غلظت و pH برای جاذب کیتوسان مدیوم در نمودارهای ۶ تا ۸ با فرض نرمال بودن و همگنی واریانس در باقی مانده ها بررسی شده است. میانگین کیتوسان مدیوم در غلظت ۵/۲ از همه کمتر، در غلظت ۷/۵ از بقیه بیشتر و در غلظت ۶/۶ با هم برابر است. همچنین از نمودارهای ذکر شده مشاهده می شود که pH تاثیر چندانی



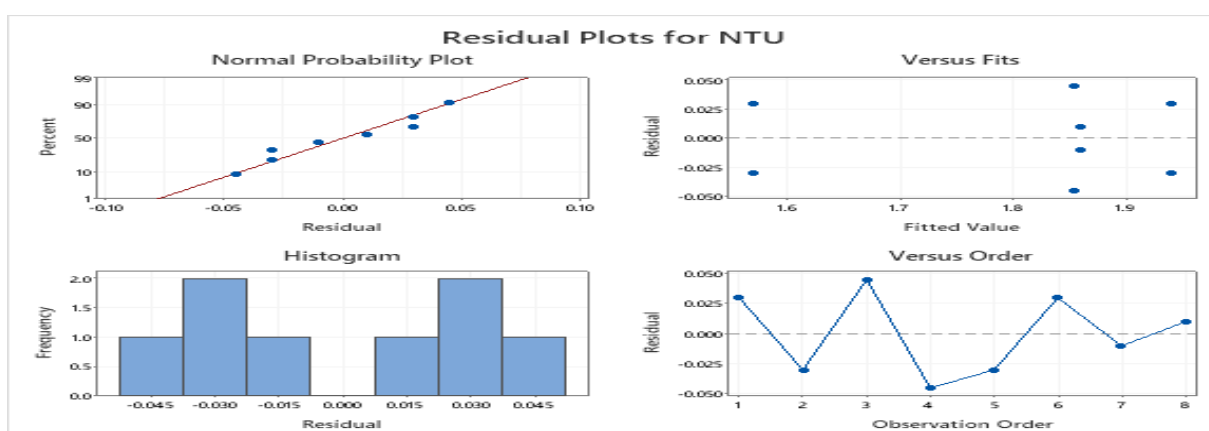
نمودار ۶- میانگین pH و غلظت برای جاذب کیتوسان

Figure 6. Concentration and pH Mean for chitosan adsorbent



نمودار ۷- سیگنال به نویز pH و غلظت برای جاذب کیتوسان

Figure 7. Signal to noise for pH and concentration by Chitosan adsorbent

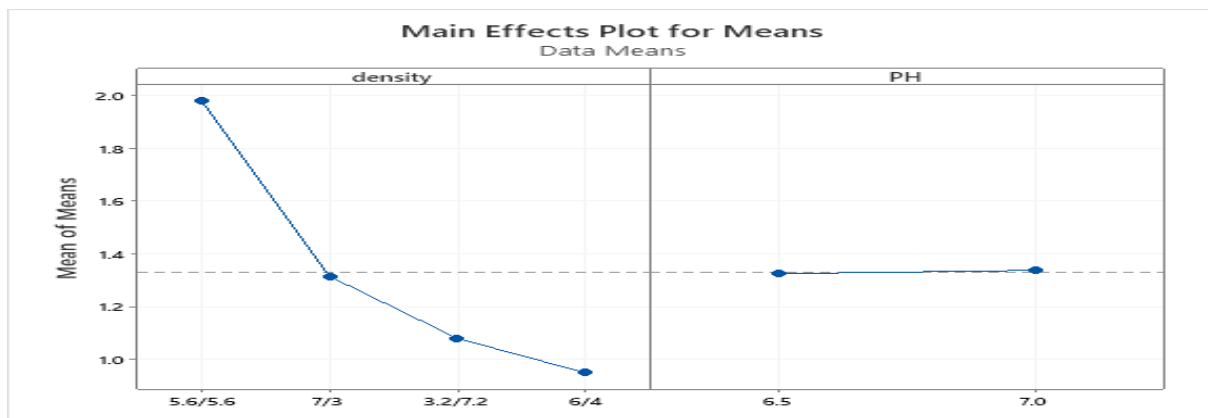


نمودار ۸- باقی مانده ها برحسب زمان و غلظت برای جاذب کیتوسان

Figure 8. Residues versus time - concentration for Chitosan adsorbent

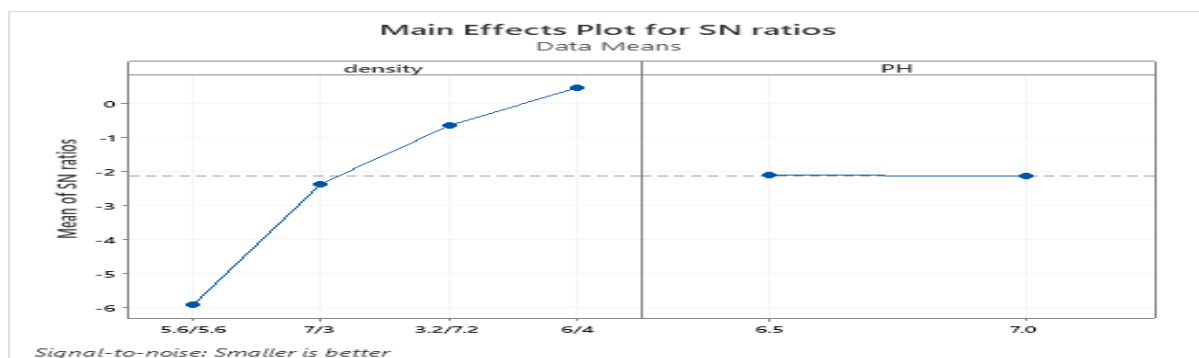
ندارد. در نمودار Normal Plot داده ها از یک خط تبعیت کرده و نشان دهنده ی نرمال بودن آن هاست نمودارهای ذکر شده نشان می دهند که در میانگین متغیر کیتوسان و نشاسته در هر ۴ سطح غلظت با هم متفاوت هستند اثر pH بی معنی و اثر غلظت معنی دار است و باقی مانده ها دارای توزیع نرمال و واریانس همگن هستند.

کیتوسان و نشاسته: میانگین نسبت سیگنال به نویز، میانگین داده ها و باقی مانده ها برای دو فاکتور غلظت و pH برای مخلوطی از جاذب کیتوسان - نشاسته فرض نرمال بودن و همگنی واریانس در باقیمانده ها در نمودارهای ۹ تا ۱۱ بررسی شده است. همان گونه که مشاهده می شود، میانگین ها در سطوح مشخص شده باهم متفاوت هستند و تفاوتشان در سطح ۹۵٪ معنی دار است؛ لذا pH تاثیر چندانی در حذف کدورت



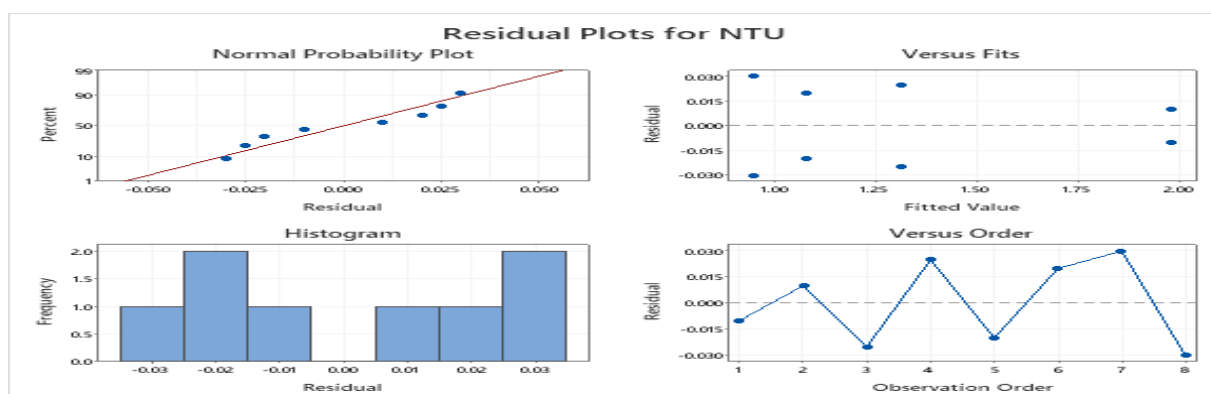
نمودار ۹- میانگین pH و غلظت برای جاذب کیتوسان و نشاسته

Figure 9. Concentration and pH Mean for Chitosan-Starch adsorbent



نمودار ۱۰- سیگنال به نویز برای pH و غلظت برای جاذب کیتوسان و نشاسته

Figure 10. Signal to noise for pH and concentration by Chitosan-Starch adsorbent



نمودار ۱۱- باقی مانده ها بر حسب زمان و غلظت برای جاذب کیتوسان و نشاسته

Figure 11. Residues versus time - concentration for Chitosan-Starch adsorbent

کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی از آب را دارامی باشد. با توجه به این که ترکیب پلیمر کیتوسان- نشاسته یک پلیمر زیست سازگار می باشد بر دیگر جاذب ها مزیت دارد و از لحاظ اقتصادی نسبت به کیتوسان مقرون به صرفه می باشد.

جدول ۶- نتایج مقایسه جذب کدورت ناشی از حذف ذرات کلوئیدی توسط جاذب های آلی پلیمری و معدنی را نشان می دهد. همان گونه که از جدول ۶- مشاهده می شود ترکیب کیتوسان- نشاسته به نسبت ۶۰ به ۴۰ بیشترین بازده در حذف

جدول ۶- مقایسه حذف کدورت توسط جاذب های معدنی و پلیمری زیست سازگار

Table 6. Comparison of turbidity removal by mineral adsorbent and Bio-polymeric adsorbents

نام ماده	مقدار غلظت	درصد حذف کدورت	نام ماده	مقدار غلظت	درصد حذف کدورت
کلور فریک	۶/۵	۹۷	کیتوسان	۵/۲	۹۹
آلومینیوم سولفات	۱۰	۹۶	کیتوسان و نشاسته	به نسبت ۶۰ به ۴۰	۹۹/۵

نتیجه گیری

از جمله روش های حذف ذرات معلق ریز کلوئیدی که باعث کدورت آب می شوند می توان به انعقاد، لخته سازی، ته نشینی و فیلتراسیون اشاره کرد. در تحقیق حاضر به بررسی مقایسه جاذب های معدنی (کلورفریک و آلومینیوم سولفات) و جاذب های آلی پلیمری (کیتوسان و ترکیب کیتوسان-نشاسته) در حذف وانعقادسازی ذرات معلق کلوئیدی پرداخته شده است. نتایج حاصل از داده های آزمایش نشان می دهد ترکیب درصد های مختلفی از کیتوسان-نشاسته بهترین عملکرد را در حذف کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی از آب دارا می باشند. به گونه ای که جاذب کیتوسان-نشاسته با ترکیب درصد ۶۰٪ کیتوسان و ۴۰٪ نشاسته می تواند به طور کامل عامل کدورت ناشی از مواد کلوئیدی از آب را حذف کند. اگر چه برای رسیدن به بهترین حذف کدورت و مواد کلوئیدی و همچنین دارا بودن کمترین مقدار مصرفی ماده کیتوسان مدیوم به تنهایی بهترین نتیجه را داشت اما از لحاظ اقتصادی استفاده از کیتوسان مقرون به صرفه نمی باشد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد جاذب های آلی پلیمری (کیتوسان و نشاسته) عملکرد بهتری نسبت به جاذب های معدنی (کلورفریک و آلومینیوم سولفات) در حذف کدورت از آب در غلظت مصرفی کمتر و راندمان حذف بالاتر دارند.

References

- bioabsorption isothermal heavy metal from industrial wastewater by *Olotrix zonata algae*” J. Ilam Univ. Med. Sci, 2011; 19(4):26-37 (In Persian)
- Emmanuel K.T., Sudesh R., “Application of organic coagulants in water and wastewater” Intechopen, 2020; DOI: 10.5772/intechopen.84556.
- Heng.Li.,Ming-Kai. H., Shih-Hsiang.C., Jason D. M., David A.D., Radisav D.V.,“Control of mineral scale deposition in cooling systems using secondary-treated municipal wastewater” Water Research, Volume 45, Issue 2, January 2011: 748-760
- Nourmoradi, H., Karimi, H., Alihosseini, A. and Baghi, A., Farokhi moghadam K. “Survey on the performance of Ilam wastewater treatment plant in the removal of total coliform, fecal coliform and other factors influencing the quality of water”. J. Ilam Univ. Med. Sci, 2014; 22(1): 77-83
- Karimi F, Aroji N, Takdastan A., “Comparison of poly-diamine dimethyl ammonium chloride with ferric chloride in the coagulation drinking water treatment in the Ahvaz city” J. Environmental Health Engineering ,2016; 5(1): 43-56
- Heiderscheidt E., Leiviska T., Ronkanen A.N., Klove. B, “Evaluating the suitability of synthetic organic polymers to replace iron salts in the
- Hasheminezhad H, Sabeti herandi A, Paidary P., “Evaluation of tannic acid as a coagulant in turbidity reduce of water in preliminary treatment” J. Water and soil sciences 2018; 22(2):189-198. (In Persian)
- Malakoteian M, Mousavi S.G, Toulabi A., “Study of Kinetic and

- Ecology, 2009; 25(24): 19-28. (In Persian)
15. Amini A, Zeyaie M, Madboni M, Sharifi A., "Investigating the Potential of Cadmium Ions Removal from Aqueous Solutions using Date-palm Leaf Ash" J. Environmental Science and Technology, 2019; 20(4):153-161. (in Persian)
 16. Paserh F, Borghei S.M, Hosseini S. N, Javid A., "Effective removal of phosphorus from sewage using a modified biological method" J. Environmental Science and Technology, 2018; 19(4):1-13. (In Persian)
 17. Fockaert L.I, Ankora M.V.E, Vandam J.P.B., "Effect of organic in fluoacid-based Ti and Zr-treatments for glavinized steel on the stability of a polymer coated interface, peogress in organic coatings" Progress in Organic Coatings; 2020, vol.146:105738
 18. Wenjun Zhu, Jiayue Zhao, Nanoscale metal-organic frameworks and coordination polymers as theranostic plat forms for cancer treatment" coordination chemistry reviews, 2019; vol.398: 113009
 19. Maany E, Sabeti A., "Investigation of chitosan as coagulant in removing water turbidity of surface water sources" 2th national Conference Water Resources Management ,2006; Tehran,Iran. (In Persian)
 20. Pedroni, V.I., Schulz, P.C., Gschaidner, M.E., Andereucetti, N.," Chitosan structure in aqueous solution, Colloid Polymer Science", 2015. Vol.282 (9): 100-102,
 21. Ramezani Bajgiran S, Delghandi S, Zamiri S., "Assessing the application of coagulation and flocculation process purification of humic and sediment-rich runoff" Desalination and water treatment, 2015; 10948-10957
 8. Alihosseini.A., Zolfaghari.S., Pirouzfard.V., "Qualitative and quantitative characterization of urban wastewater in order to assess its performance (case study: Ilam sewage treatment plant" Journal of global ecology and environment, 2016, pp:212-219
 9. Ahangar Noucolaei M.A, Ayati B, Ganjidoost H, Tofigi M., "Application of natural and synthetic polymers in water treatment" 7th Conference and Specialized Environment Exhibition, 2014; Tehran, Iran. (In Persian)
 10. Mallevalle, Bruchet, Fiessinger, "How safe are organic polymers in water treatment?", American water works association, 2015; 6, pp.3-12
 11. Assou. M., Madinzi.A., Aboulhassan. M. A., Souabi. S., Removal of Turbidity in Tannery Waste Water: Modelling by the Experimental Design" International Journal of Civil and Environmental Engineering ,2014; 36(2): 1290-1296
 12. Okuda, T., Aloysius, U.B., Wataru, N., Okada, M., "Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed" Water Research, 2016; 33(15): 33-41
 13. Takdastan A, Pazoki M, Baghi F, Azizpour L., "Removing turbidity and coliforms of Karun river water by starch as a coagulant" 10th National Conference on Environmental Health, 2006; Tehran, Iran. (In Persian)
 14. Godarzy N, Nasery S., "Study of Economic the using of starch as a coagulant aid in water treatment" J.

22. Chu, Fang-I, “Statistical methods for treatment effects with treatment switching” Scholarship, 2015; Corpus ID: 78115796.

in the water Physical treatment of Zoshk Shandiz River flow” J. Environ. Water Eng., 4(3), 266–273. DOI: 10.22034/jewe.2018.99952.1188 (In Persian)