

1 دانشجو، استادان راهنما و مشاور

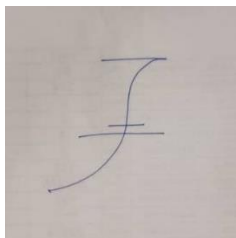
1-1 دانشجو

نام و نام خانوادگی	شماره دانشجویی	رشته و گرایش	دانشکده
عباس بنی سعید	4010621503	مهندسی شیمی - پلیمر	نفت، گاز، پتروشیمی

1-2 استادان راهنما و مشاور

نقش	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	تخصص	دانشگاه خدمت
استاد راهنما 1	دکتر محسن عباسی	دانشیار	مهندسی شیمی	دانشگاه خلیج فارس
استاد راهنما 2	سید عبداللطیف هاشمی فرد	دانشیار	مهندسی شیمی	دانشگاه خلیج فارس

1-3 امضا و تاریخ

استاد راهنما 1	استاد راهنما 2	دانشجو:
تاریخ	تاریخ	 تاریخ: 1404.02.06

هشدار: امضاء فراموش نشود

2 کلیات پژوهش

1-2 عنوان به فارسی

استفاده از منعقدکننده‌های سبز در فرایند انعقاد به عنوان کمک منعقدکننده جهت کاهش کدورت آب های نامتعارف: مطالعه موردی آب خلیج فارس و رودخانه کارون.

2-2 عنوان به انگلیسی

utilization of green coagulants as coagulant aids in the coagulation process to reduce turbidity of unconventional waters: a case study of the Persian Gulf and Karun River water.

3-2 واژگان کلیدی به فارسی

منعقد کننده سبز، کمک منعقد کننده، فرایند انعقاد، کدورت، آب های نامتعارف

4-2 واژگان کلیدی به انگلیسی

green coagulant, coagulant aid, coagulation process, turbidity, unconventional waters

5-2 نوع پژوهش

☒ توسعه‌ای

☒ کاربردی

☐ بنیادی

3-1) مقدمه، بیان مسئله و اهمیت آن

3-1-1) مقدمه

با افزایش جمعیت جهانی، توسعه صنعتی و تغییرات اقلیمی، تأمین آب تمیز و بهداشتی به یکی از چالش‌های اساسی در جهان امروز تبدیل شده و تقاضا برای آب تمیز نیز افزایش یافته است، که این امر نیازمند راه‌حل‌های پایدار برای تصفیه آب است. با کاهش منابع آبی قابل دسترس، استفاده از آب‌های نامتعارف به عنوان منابع جدید آبی مورد توجه قرار گرفته است. تصفیه این آب‌ها به منظور تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی، نیازمند استفاده از روش‌های نوین و کارآمد است. این آب‌ها به دلیل ورود انواع فاضلاب‌ها و آلودگی‌های ناشی از ترکیبات آلی و معدنی، قابل استفاده مستقیم نیستند. از این رو قبل از استفاده یا تخلیه این آب‌ها به محیط زیست، تصفیه مؤثر برای حذف آلودگی‌ها ضروری است.

آب بزرگ‌ترین هدیه طبیعت برای پایداری سیستم‌های اکولوژیکی¹ و انسان‌ها است. چرخه آب روی زمین تضمین می‌کند که منابع آب به طور مداوم برای همه موجودات زنده، از قله کوه‌ها تا اقیانوس‌ها و کوچک‌ترین رودخانه‌ها، تأمین شود. به طور کلی، 71 درصد از سطح زمین با آب پوشیده شده است، اما تنها 2.5 درصد از آب‌های زمین، آب شیرین هستند. شهرنشینی گسترده منجر به افزایش جمعیت جهانی خواهد شد و انتظار می‌رود که تا سال 2050 از 9 میلیارد نفر فراتر رود، با افزایش 1 تا 1.4 میلیارد نفری تنها در یک دهه که از افرادی که در مناطق حاشیه‌نشین زندگی می‌کنند، ناشی می‌شود. [2]

رشد جمعیت باعث مصرف بیشتر آب و در نتیجه تولید حجم بیشتری از فاضلاب خواهد شد. انسان‌ها از آب شیرین به روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند و آن را برای فعالیت‌های اقتصادی، کشاورزی و معیشتی منحرف می‌کنند، که متأسفانه فشار زیادی بر منابع طبیعی آب وارد می‌کند. آب شیرین استفاده شده به محیط زیست به عنوان فاضلاب بازگردانده می‌شود، اما دیگر در شرایط اولیه خود نیست. کیفیت منابع آب در حال کاهش است، که فشار بیشتری بر توانایی خودپالایی² رودخانه‌ها و جریان‌های آبی وارد می‌کند. [2]

آب‌های نامتعارف به منابع آبی اطلاق می‌شود که به طور سنتی به عنوان منابع بهره‌برداری شناخته نمی‌شوند و معمولاً شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی با کیفیت پایین هستند. آب دریای خلیج فارس به دلیل آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، نفت‌کش‌ها و سایر منابع انسانی، به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است. این آلودگی‌ها شامل فلزات سنگین، مواد شیمیایی و باکتری‌ها می‌شوند که می‌توانند بر اکوسیستم دریایی و همچنین بر کیفیت آب شرب تأثیر منفی بگذارند.

آب دریا و آب رودخانه می‌توانند تحت شرایط خاص به عنوان منابع آب نامتعارف در نظر گرفته شوند. سیستم‌های آبی با توجه به منبع تأمین و قابلیت استفاده از آنها طبقه‌بندی می‌شوند؛ به طوری که آب‌های متعارف شامل منابعی هستند که به راحتی قابل دسترسی و قابل استفاده برای مصارف انسانی هستند، مثل آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی. از سوی دیگر، آب دریا و آب رودخانه به دلیل ویژگی‌ها و چالش‌هایی که دارند می‌توانند به عنوان منابع آب نامتعارف نیز در نظر گرفته شوند.

آب دریا به طور طبیعی شور است و این شوری موجب نمی‌شود که این آب برای استفاده انسانی یا کشاورزی به صورت مستقیم قابل بهره‌برداری باشد. برای اینکه آب دریا مورد استفاده قرار گیرد، نیاز به فرآیندهای نمک‌زدایی دارد که معمولاً به دلیل مصرف بالای انرژی و هزینه‌های بالا به عنوان یک منبع آب نامتعارف در نظر گرفته می‌شود. این فرآیند می‌تواند شامل روش‌های مختلفی مانند تقطیر، الکترودیالیز یا اسمز معکوس باشد. در سال‌های اخیر، با توجه به توسعه تکنولوژی‌های جدید و

¹ ecological system² self-purification

بهبود کارایی سیستم‌های نمک‌زدایی، آب دریا به عنوان یک منبع پایدار و غیرمعارف برای تأمین نیازهای آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد توجه قرار گرفته است. [3]

همانگونه که گفته شد آب رودخانه می‌تواند به عنوان یک منبع آب نامتعارف شناخته شود، به خصوص در مناطقی که با آلودگی‌های ناشی از صنایع، کشاورزی یا دیگر فعالیت‌های انسانی مواجه هستند. این آب‌ها معمولاً نیاز به فرآیندهای تصفیه پیشرفته دارند تا بتوانند به آب‌های قابل شرب تبدیل شوند. تکنیک‌های تصفیه می‌توانند شامل روش‌های میکرو فیلتراسیون، اولترا فیلتراسیون، و استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی برای بهبود کیفیت و کاهش کدورت آب رودخانه باشند. این روش‌ها به‌ویژه در مواقعی که آب رودخانه با مواد آلاینده مواجه است، ضروری می‌شوند. [4]

کیفیت آب رودخانه کارون در اهواز تحت تأثیر پارامترهای مختلفی مانند کدورت، ترکیبات آلی و بسیاری از آلاینده‌های دیگر تغییرات زیادی می‌کند. بسته به فصل‌های سرد و گرم و وجود یا عدم وجود باران، میزان این آلاینده‌ها متفاوت است. بنابراین، استفاده از فرآیند انعقاد برای تصفیه آب با استفاده از دوزهای بهینه منعقدکننده و کمک منعقدکننده در شرایط pH مناسب می‌تواند مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌ها را از آب حذف کند. [1]

از منظر اقتصادی، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تصفیه آب و بهبود کیفیت آن می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های درمانی، افزایش بهره‌وری و بهبود شرایط زیست‌محیطی شود. در واقع، حفظ کیفیت آب و مدیریت منابع آبی به معنی کاهش هزینه‌های مرتبط با مدیریت آلودگی و افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و دریایی است، که همگی به رشد اقتصادی پایدار کمک می‌کنند. بنابراین، استفاده از منعقدکننده‌های سبز در فرایند تصفیه آب‌های نامتعارف نه تنها بهبود کیفیت آب را در پی خواهد داشت، بلکه تأثیرات مثبت اجتماعی و اقتصادی را نیز به همراه خواهد داشت.

کدورت عموماً به عنوان یک شاخص کلیدی برای ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و سطوح بالای آن نشان‌دهنده غلظت بالای ذرات معلق است. صنایع مختلف، از جمله کشاورزی و تولید، به تنوعی از آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین، مواد آلی، رنگ‌ها و سموم کشاورزی منجر می‌شوند که به روش‌های مؤثری برای تصفیه نیاز دارند.

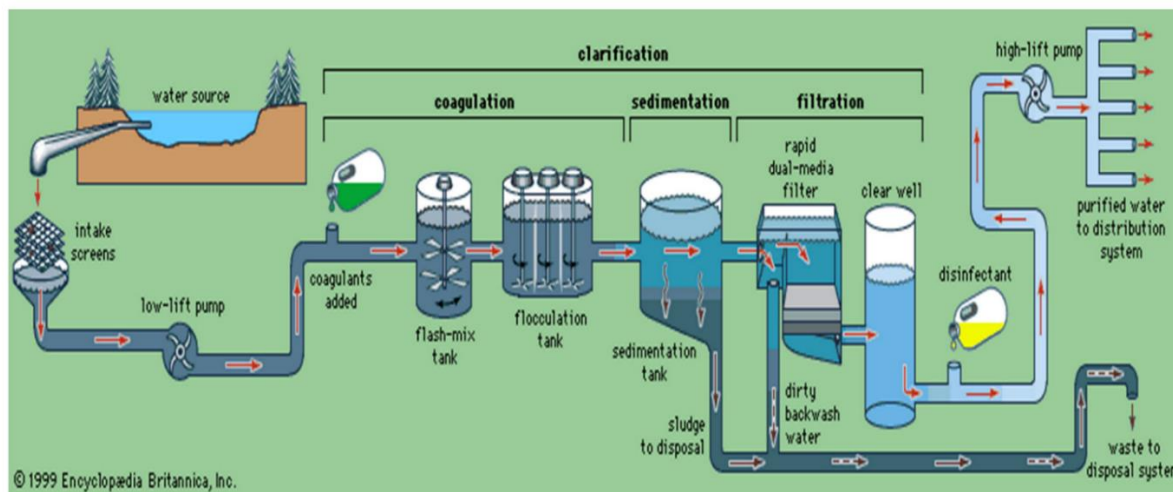
لخته‌سازی و فلوکولاسیون دو فرآیند کلیدی در تصفیه آب هستند که به کاهش کدورت و حذف ذرات معلق در آب کمک می‌کنند. این فرآیندها به‌ویژه در تصفیه آب‌های سطحی و پساب‌های صنعتی اهمیت زیادی دارند. لخته‌سازی، مرحله‌ای است که در آن مواد منعقدکننده به آب اضافه می‌شوند تا ذرات ریز معلق با هم ترکیب شوند و بزرگ‌تر شوند. منعقدکننده‌ها با ایجاد بار مثبت، بار منفی ذرات معلق را خنثی می‌کنند و باعث کاهش دافعه الکتروستاتیک بین ذرات می‌شوند. این فرآیند به ذرات اجازه می‌دهد تا به هم بچسبند و لخته‌های بزرگ‌تری تشکیل دهند. این ذرات با افزودن منعقدکننده‌هایی مانند آلومینیوم سولفات و پلی‌اکریل آمید به صورت لخته درمی‌آیند. این فرایند نه تنها به کاهش کدورت آب کمک می‌کند بلکه می‌تواند تعداد میکروارگانیسم‌ها و آلاینده‌های شیمیایی را نیز کاهش دهد. [3, Error! Reference source not found.]

کمک منعقدکننده‌ها موادی هستند که به همراه منعقدکننده‌های اصلی استفاده می‌شوند تا کارایی فرآیند انعقاد را بهبود بخشند. این مواد به تشکیل لخته‌های بزرگ‌تر، متراکم‌تر و با سرعت ته‌نشینی بیشتر کمک می‌کنند. کمک منعقدکننده‌ها با ایجاد پل‌های مولکولی بین ذرات، لخته‌های کوچک را به هم متصل می‌کنند و لخته‌های بزرگ‌تر و پایدارتری ایجاد می‌کنند. این فرآیند به بهبود جداسازی ذرات از آب کمک می‌کند. [3]

فلوکولاسیون، مرحله بعد از لخته‌سازی است که در آن لخته‌ها با هم ادغام می‌شوند و بزرگ‌تر می‌شوند تا به راحتی از آب جدا شوند. این فرآیند معمولاً با هم زدن ملایم آب برای مدت زمان مشخصی انجام می‌شود. فلوکولاسیون به افزایش سطح تماس لخته‌ها و تسهیل فرایند تصفیه کمک می‌کند. در نهایت، لخته‌ها با عملیات مانند ته‌نشینی یا فیلتراسیون جدا می‌شوند. [1]

در سال‌های اخیر، استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی و سبز به عنوان جایگزینی برای مواد شیمیایی سنتی توجه زیادی را جلب کرده است. مواد طبیعی مانند عصاره دانه‌های موریگا و پکتین از میوه‌ها می‌توانند به عنوان منعقدکننده‌های مؤثر عمل کنند. این مواد مزایای زیادی از جمله کاهش هزینه‌های تصفیه، کاهش اثرات جانبی بر محیط زیست و بهبود کیفیت نهایی آب دارند. [5]

در شکل زیر شماتیکی از فرایند تصفیه آب با استفاده از منعقدکننده‌ها آورده شده است:



شکل 1: این تصویر یک دیاگرام از فرآیند تصفیه آب را نشان می‌دهد. مراحل مختلفی در این فرآیند وجود دارد که آب از یک منبع طبیعی گرفته شده و به آب آشامیدنی ایمن تبدیل می‌شود. مراحل مطابق با تصویر شامل موارد زیر هستند:

1. **صفحه‌های ورودی:** آب از یک منبع آب با استفاده از صفحه‌های ورودی برای حذف آشغال‌های بزرگ جمع‌آوری و پس از عبور از فیلترهایی وارد مخزن ذخیره می‌شوند.
 2. **پمپ کم فشار:** سپس آب با استفاده از یک پمپ کم فشار پمپاژ می‌شود.
 3. **مخزن فلش میک سر:** در این مرحله از تصفیه آب، مواد منعقدکننده به جریان آب به سرعت و به صورت یکنواخت به مخزن فلش میکس اضافه می‌شوند تا ذرات در آب تجمع کنند.
 4. **همزن:** آب به مخزن لخته‌سازی منتقل می‌شود و بوسیله یک همزن، همزده می‌شود تا ذرات تجمع یافته به تجمع‌های بزرگتر تبدیل شوند.
 5. **رسوب‌گذاری:** در مخزن رسوب‌گذاری، این تجمع‌ها به ته مخزن فرو می‌روند و لجن تشکیل می‌دهند که سپس دور انداخته می‌شود.
 6. **فیلتراسیون:** آب از طریق یک فیلتر دوگانه سریع عبور داده می‌شود تا هر ذره باقی مانده حذف شود.
 7. **مخزن ذخیره:** آب تصفیه شده در مخزن ذخیره به عنوان آب پاک ذخیره می‌شود.
 8. **ضد عفونی:** مواد ضد عفونی کننده به آب اضافه می‌شوند تا هر پاتوژن باقی مانده را بکشند.
 9. **پمپ پر فشار:** آب تصفیه شده با استفاده از یک پمپ پر فشار پمپاژ می‌شود.
 10. **توزیع:** نهایتاً آب تصفیه شده به سیستم توزیع فرستاده می‌شود.
- در زیر به معرفی تعدادی از منعقد کننده‌ها که در تحقیقات اخیر مورد استفاده قرار گرفته اند و ویژگی‌های آن‌ها پرداخته می‌شود:

1. منعقدکننده‌های شیمیایی

این دسته از منعقدکننده‌ها به صورت مصنوعی تولید می‌شوند و به طور گسترده در صنعت تصفیه آب و فاضلاب استفاده می‌شوند. این مواد به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

الف) منعقدکننده‌های معدنی (Inorganic Coagulants):

- ❖ سولفات آلومینیوم ($Al_2(SO_4)_3$ Alum): یکی از رایج‌ترین منعقدکننده‌ها که برای حذف کدورت و ذرات معلق استفاده می‌شود. [3]
- ❖ پلی‌آلومینیوم کلراید $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]$ (PAC): یک منعقدکننده پلیمری که نسبت به آلوم کارایی بیشتری دارد و pH آب را کمتر تغییر می‌دهد. [8]
- ❖ کلرید فریک $FeCl_3$ (Ferric Chloride): برای حذف فسفات و ذرات معلق استفاده می‌شود. [9]
- ❖ سولفات فریک $Fe_2(SO_4)_3$ (Ferric Sulfate): مشابه کلرید فریک، اما با کارایی متفاوت در شرایط خاص. [9]
- ❖ آهک $Ca(OH)_2$ (Lime): برای تنظیم pH و حذف فلزات سنگین استفاده می‌شود. [3]

ب) منعقدکننده‌های پلیمری مصنوعی (Synthetic Polymer Coagulants):

- ❖ پلی‌آکریل آمید (Polyacrylamide): یک پلیمر مصنوعی که به عنوان کمک منعقدکننده (Coagulant Aid) استفاده می‌شود. [3]
- ❖ پلی‌دی‌آلیل‌دی‌متیل‌آمونیم کلراید (PolyDADMAC): یک پلیمر کاتیونی که برای حذف ذرات بار منفی استفاده می‌شود. [3]

2. منعقدکننده‌های طبیعی (سبز) (Natural/Green Coagulants)

این دسته از منعقدکننده‌ها از منابع طبیعی مانند گیاهان، حیوانات یا مواد زائد کشاورزی استخراج می‌شوند و به دلیل سازگاری با محیط زیست و عدم تولید مواد سمی، به عنوان جایگزین منعقدکننده‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. اخیراً توجه زیادی به استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی نظیر دانه‌های لیمو، پینشماگ‌های³ بزرگ و جلبک‌ها معطوف شده است. آنها به دلیل عدم ایجاد آثار جانبی مضر به عنوان گزینه‌های سبز و پایدار معرفی شده‌اند. [19]

الف) منعقدکننده‌های گیاهی:

- ❖ نشاسته: نشاسته از منابع گیاهی متعددی مانند سیب‌زمینی، ذرت و گندم استخراج می‌شود. نشاسته به دلیل داشتن خاصیت ژل‌سازی و قابلیت ایجاد پیوند بین ذرات، به عنوان یک منعقدکننده طبیعی استفاده می‌شود. این ماده می‌تواند در حذف ذرات معلق و کدورت آب مؤثر باشد. فرآیند تصفیه آب، نشاسته می‌تواند با به هم پیوستن ذرات معلق، به تشکیل فлак و تسهیل روند جداسازی آنها کمک کند. [20]
- ❖ پودر صمغ گوار (Guar Gum): این ماده طبیعی به دلیل خاصیت ژل‌سازی و جذب آب دارای ویژگی‌های منعقدکنندگی است و می‌تواند در تصفیه آب به کار گیرد. این منعقدکننده از دانه‌های گیاه گوار استخراج می‌شود و می‌تواند در کاهش کدورت آب و حذف ذرات معلق کاربرد داشته باشد. [20]
- ❖ کتیرا: کتیرا یک صمغ طبیعی است که از درختان خاصی استخراج می‌شود و به عنوان یک ماده ژل‌سازی طبیعی شناخته می‌شود. کتیرا دارای خاصیت چسبندگی و ژل‌سازی است که باعث می‌شود به عنوان یک منعقدکننده در تصفیه آب مورد استفاده قرار گیرد. این صمغ می‌تواند به شکل مؤثری به جذب و ایجاد پیوند بین ذرات کدورت کمک کند و بنابراین در تصفیه آب و حذف مواد معلق کاربردی باشد. [23]

³ macromolecules

- ❖ دانه‌های موریس (*Moringa oleifera*): دانه‌های این گیاه، حاوی پروتئین‌هایی هستند که می‌توانند به‌عنوان منعقدکننده‌های طبیعی عمل کنند. کارایی این دانه‌ها در حذف ذرات معلق و ترکیبات آبی در چندین مطالعه ثابت شده است. تحقیقاتی نشان می‌دهد که دانه‌های موریکا به‌طور مؤثری کدورت را کاهش می‌دهند و خطر رشد باکتری‌ها را نیز کم می‌کنند. [21]
- ❖ گلوکومانان (*Glucomannan*): این پلی ساکارید در ریشه‌های گیاه کنجاک یافت می‌شود. گلوکومانان به عنوان یک منعقدکننده در تصفیه آب استفاده می‌شود و می‌تواند به کاهش کدورت و حذف مواد معلق کمک کند. مطالعات نشان می‌دهند که این ماده در جذب ذرات معلق و باکتری‌ها موثر است. [24]
- ❖ عصاره هویج: مشابه سیب‌زمینی، عصاره هویج نیز نشان داده مشابهت‌های قابل قبولی از خود نشان داده و می‌تواند به تصفیه آب کمک کند. [22]
- ❖ کیلیت‌ها (*Chelatants*): این مواد معمولاً از گیاهان و جلبک‌ها استخراج می‌شوند و می‌توانند شامل اسیدهای هیومیک و کلات‌های طبیعی باشند. کیلیت‌ها به حذف مواد سمی و فلزات سنگین در آب کمک می‌کنند و می‌توانند به عنوان منعقدکننده‌های طبیعی عمل کنند. [22]
- ❖ دانه‌های مورینگا اولیفر (*Moringa oleifera*): یک منعقدکننده طبیعی که از دانه‌های درخت مورینگا استخراج می‌شود و برای حذف کدورت و باکتری‌ها استفاده می‌شود. [10]
- ❖ چیتوزان (*Chitosan*): یک پلیمر طبیعی که از پوسته سخت‌پوستان (مانند میگو و خرچنگ) استخراج می‌شود و به عنوان منعقدکننده و کمک منعقدکننده استفاده می‌شود. [11]
- ❖ عصاره دانه‌های نیم (*Strychnos potatorum*): یک منعقدکننده سنتی که در هند و میانمار استفاده می‌شود. [10]
- ❖ عصاره دانه‌های جاتروفا (*Jatropha curcas*): یک منعقدکننده طبیعی که از دانه‌های گیاه جاتروفا استخراج می‌شود. [10]
- ❖ پوست موز (*Banana Peel*): یک منعقدکننده طبیعی که از ضایعات کشاورزی به دست می‌آید. [10]

منعقد کننده های گیاهی ا ستفاده شده به عنوان نمونه آزمای شگاهی در این مقاله شامل موارد زیر هستند:

- ❖ سبوس برنج (*Rice Husk*): سبوس برنج به‌عنوان یکی از پسماندهای کشاورزی رایج در کشور، حاوی مقادیر قابل توجهی از سیلیکا، لیگنین و سلولز است. این ترکیبات به دلیل داشتن گروه‌های عاملی فعال، توانایی جذب ذرات معلق و ترکیبات کدورت‌زا را دارند. استفاده از سبوس برنج در تصفیه آب، علاوه بر کاهش کدورت، به کاهش هزینه‌های فرآیند و ارتقاء پایداری زیست‌محیطی کمک می‌کند. خاصیت فیلتراسیون و توانایی بالا در حذف آلاینده‌ها، این ماده را به یک منعقدکننده سبز مناسب برای منابع آبی متنوع تبدیل کرده است. [10]

- ❖ برگ درخت کنار (*Ziziphus Spina-Christi Leaves*): برگ‌های درخت کنار حاوی ترکیبات فعالی چون ساپونین‌ها، فلاونوئیدها و پلی ساکاریدها هستند که دارای خواص سطح‌فعال و چسبندگی طبیعی می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند در ایجاد پیوند میان ذرات معلق و تشکیل فاک‌های قابل ته‌نشینی نقش داشته باشند. استفاده از برگ کنار به‌عنوان یک منبع طبیعی و بومی در فرآیند تصفیه آب، رویکردی

نوآورانه برای کاهش وابستگی به مواد شیمیایی و ارتقاء پایداری زیست محیطی محسوب می شود. سهولت دسترس به این ماده و قابلیت تجزیه پذیری زیستی بالا، از جمله مزایای کلیدی آن در کاربردهای تصفیه آب است. [10]

ب) منعقدکننده های حیوانی (Animal-Based Coagulants):

❖ ژلاتین (Gelatin): یک پروتئین طبیعی که از استخوان و پوست حیوانات استخراج می شود و به عنوان منعقدکننده استفاده می شود. [3]

❖ ج) منعقدکننده های حاصل از ضایعات کشاورزی (Agricultural Waste-Based Coagulants):

❖ پوست کاساوا (Cassava Peel): یک منعقدکننده طبیعی که از ضایعات کشاورزی به دست می آید. [10]

❖ نشاسته سیب زمینی (Potato Starch): یک منعقدکننده طبیعی که از ضایعات کشاورزی استخراج می شود. [10]

❖ نشاسته ذرت (Corn Starch): یک منعقدکننده طبیعی که از ضایعات کشاورزی به دست می آید. [10]

3. منعقدکننده های ترکیبی (Composite Coagulants)

این دسته از منعقدکننده ها ترکیبی از مواد شیمیایی و طبیعی هستند تا کارایی بهتری در فرآیند تصفیه داشته باشند. برخی از نمونه ها عبارتند از:

❖ ترکیب پلی آلومینیوم کلراید و چیتوزان (PAC + Chitosan): این ترکیب برای بهبود کارایی حذف کدورت و کاهش مصرف مواد شیمیایی استفاده می شود. [10]

❖ ترکیب سولفات آلومینیوم و عصاره مورینگا (Alum + Moringa): این ترکیب برای کاهش حجم لجن و بهبود کارایی تصفیه استفاده می شود. [10]

4. منعقدکننده های معدنی اصلاح شده (Modified Inorganic Coagulants)

این دسته شامل منعقدکننده های معدنی است که با مواد طبیعی یا پلیمری اصلاح شده اند تا کارایی بهتری داشته باشند. برخی از نمونه ها عبارتند از:

❖ پلی آلومینیوم سیلیکات (Polyaluminum Silicate): یک منعقدکننده ترکیبی که برای بهبود کارایی حذف کدورت استفاده می شود. [10]

❖ پلی فریک سیلیکات (Polyferric Silicate): یک منعقدکننده ترکیبی که برای حذف فلزات سنگین و کدورت استفاده می شود. [10]

علاقه به منعقدکننده های سبز به دلیل ویژگی های غیرسمی، قابل تجزیه و ایمن برای حمل و نقل افزایش یافته است. در مناطقی با منابع محدود، مانند کشورهای در حال توسعه، منعقدکننده های سبز به عنوان گزینه ای عملی برای تاسیسات کوچک تصفیه فاضلاب مطرح هستند. این روش ها نه تنها از نظر هزینه مؤثرند، بلکه با محیط زیست سازگار بوده و باقیمانده سمی کمی تولید می کنند. تحقیقات اخیر بر روی انواع مختلف گیاهان محلی برای استخراج منعقد کننده ها، پتانسیل زیادی را نشان داده است. به عنوان مثال، برگ های 13 نوع درخت رایج در عراق برای خواص لخته سازی مورد بررسی قرار گرفته و

نشان داده‌اند که می‌توانند بدون افزودن مواد شیمیایی مضر منجر به کاهش کدورت شوند. این امر با اصول اساسی مدیریت پایدار آب مطابقت دارد و تضمین می‌کند که دسترسی به آب تمیز برای نسل‌های آینده حفظ شود. [34]

تحقیقات نقش منعقدکننده‌های سبز را در کاهش کدورت و دیگر آلاینده‌ها در فاضلاب‌های ناشی از صنایع مختلف تجزیه و تحلیل کرده‌اند. به عنوان مثال، موریگا اولیفر نشان داده شده که در کاهش کدورت فاضلاب‌های نساجی تا 82.2 درصد مؤثر است. روش‌های استخراج مختلف، شامل استفاده از محلول‌های نمکی (NaCl)، قلیایی (NaOH) و اسیدی (HCl) نیز نشان داده‌اند که می‌توانند قابلیت‌های لخته‌سازی این لخته‌سازهای طبیعی را بهبود بخشند. [34]

منعقدکننده‌های سبز حاوی پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و گروه‌های عملکردی (مانند هیدروکسیل و کربوکسیل) هستند که در جذب ذرات معلق با بار منفی مؤثر می‌باشند. پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها می‌توانند به دلیل ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خود، به تجمع و رسوب‌گذاری ذرات معلق کمک کنند و منجر به بهبود کیفیت آب شوند. استفاده از منعقدکننده‌های سبز نه تنها به افزایش کارایی حذف آلاینده‌ها کمک می‌کند، بلکه این امکان را نیز دارد که لجن حاصل از فرآیندهای اولیه نیز به عنوان کود مورد استفاده قرار گیرد. [34]

مطالعات متعددی در زمینه استفاده از فرآیند انعقاد-لخته‌سازی سبز در تصفیه انواع آب‌های نامتعارف انجام شده است. این فرآیند به‌ویژه در تصفیه آب‌های سطحی، مانند آب رودخانه‌ها و دریاها، به عنوان ذخایر ارزشمند آب، کاربرد گسترده‌ای دارد. با توجه به چالش‌های رو به افزایش ناشی از آلودگی آب و کمبود منابع آبی پاک، استفاده از روش‌های کارآمد و اقتصادی همانند انعقاد-لخته‌سازی برای حفاظت از این ذخایر حیاتی اهمیت زیادی دارد.

آب‌های رودخانه‌ای و دریاها به عنوان منابع اصلی برای تأمین آب شرب و آب مورد نیاز در کشاورزی و صنایع مختلف محسوب می‌شوند. به دلیل ورود فاضلاب‌ها، مواد زائد و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی به این منابع، کیفیت آب‌های سطحی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. استفاده از فرآیند انعقاد-لخته‌سازی در تصفیه آب‌های رودخانه‌ای و دریاها می‌تواند به بهبود کیفیت آب‌های این منابع کمک کند. با این روش، می‌توان ذرات معلق، کدورت و ترکیبات سمی را به شکل مؤثری کاهش داد و آب را برای مصارف مختلف آماده‌سازی کرد.

در این راستا، تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از لخته‌سازهای طبیعی، مانند موریگا نشاسته، کتیرا، اولیفر و برخی گیاهان دیگر، در فرآیند انعقاد-لخته‌سازی می‌تواند به کاهش کدورت و بهبود کیفیت آب رودخانه‌ها و دریاها منجر شود. این مواد نه تنها به لحاظ زیست‌محیطی سازگار هستند، بلکه هزینه‌های تصفیه را نیز کاهش می‌دهند. به‌ویژه در فصل‌های بارانی، که ورودی آلاینده‌ها به آب‌های سطحی افزایش می‌یابد، این روش می‌تواند نقش کلیدی در حفظ کیفیت آب‌های رودخانه‌ای و دریاها ایفا کند.

علاوه بر این، باید به این نکته تأکید کرد که تصفیه آب‌های سطحی، به‌خصوص از رودخانه‌ها و دریاها، به سلامت عمومی و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک می‌کند. زیرا این منابع نه تنها زیرساخت‌های حیاتی برای تأمین آب شرب هستند، بلکه در حفظ اکوسیستم‌های آبی نیز نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. به همین دلیل، استفاده پایدار از این منابع و به‌کارگیری فرآیندهای تصفیه به یادگیری و آموزش در زمینه مدیریت آب و حفاظت از محیط زیست نیاز دارد.

مواد منعقدکننده یا کواگولانت‌ها موادی شیمیایی هستند که در فرآیندهای تصفیه آب و پساب‌های فاضلاب برای حذف ذرات معلق، کلوئیدها، و مواد آلی استفاده می‌شوند. این مواد باعث کاهش کدورت، حذف مواد آلاینده و بهبود کیفیت آب یا پساب می‌شوند. فرآیند انعقاد به ترکیب این مواد شیمیایی با ذرات ریز معلق در آب اشاره دارد که منجر به تشکیل لخته‌ها (Flocs) می‌شود. این لخته‌ها به دلیل وزن بیشتر، به راحتی در مراحل بعدی تصفیه (مانند ته‌نشینی یا فیلتراسیون) از آب یا پساب توسط فیلتر پرس جدا می‌شوند.

با وجود کارایی ثابت شده منعقدکننده‌های آلی، معدنی و مصنوعی مانند پلی‌آلومینیوم کلرید (PAC) و کلرید فریک ($FeCl_3$) در کاهش کدورت آب، این مواد دارای معایبی هستند که انگیزه جستجو برای کمک منعقدکننده‌های طبیعی را فراهم کرده است. تأثیرات محیطی ناشی از استفاده از مواد مصنوعی ممکن است به تلوث محیط زیست منجر شود و قابلیت

تجدید پویا نیز محدود باشد. همچنین، هزینه‌های تولید و نگهداری این مواد معمولاً بالا است و در شرایط خاص ممکن است کارایی خود را از دست بدهند. برخی از این مواد نیز می‌توانند اثرات بهداشتی منفی داشته باشند. در مقابل، کمک منعقدکننده‌های سبز از منابع تجدیدپذیر تهیه می‌شوند، اثرات منفی کمتری بر محیط زیست دارند، هزینه کمتری دارند و قابلیت تطابق بیشتری با شرایط مختلف نشان می‌دهند. این معایب، جستجو برای روش‌های جدید و طبیعی‌تر در تصفیه آب را تشویق کرده است. مزایای اصلی منعقد کننده های طبیعی در تجدید پذیری آنها (مواد اولیه را می توان به راحتی به دست آورد)، زیست تخریب پذیری، غیر سمی بودن، و مقرون به صرفه بودن نسبی نهفته است. [34]

کمک منعقد کننده‌های طبیعی به موادی اشاره دارند که از منابع طبیعی مانند گیاهان، دانه‌ها، سخت‌پوستان دریایی، زیست‌توده صدف دریایی (میگو و خرچنگ) و ارگانوسم‌های میکروبی استخراج می‌شوند و در فرآیند تصفیه آب برای تجمع و رسوب‌گذاری ذرات معلق استفاده می‌شوند. منابع اصلی کمک منعقد کننده‌های طبیعی شامل گیاهان، دانه‌ها، سخت‌پوستان دریایی و ارگانوسم‌های میکروبی است. گیاهانی مانند مورینگا اولیفرای دارای پروتئین‌های منعقد کننده طبیعی هستند که می‌توانند ذرات معلق را تجمع کنند. دانه‌های خاصی مانند دانه‌های مورینگا نیز می‌توانند در فرآیند تصفیه آب مورد استفاده قرار گیرند. سخت‌پوستان دریایی نیز نقش مهمی در این فرآیند دارند. کیتوسان، که از پوسته‌های میگو و خرچنگ به دست می‌آید، یک منعقد کننده طبیعی مؤثر است. همچنین، برخی از میکروب‌ها تولید کننده مواد منعقد کننده هستند که می‌توانند به بهبود کیفیت آب کمک کنند. [34]

جنبه اجتماعی پایداری منعقد کننده های طبیعی شامل پذیرش صنعتی و بهبود سلامت عمومی است. پذیرش صنعتی شامل توانایی منعقد کننده های طبیعی برای ارائه نتایج مشابه منعقد کننده های شیمیایی و استفاده به عنوان جایگزین می شود. با این حال، به دلیل عدم استفاده واقعی یا آزمایشی از منعقد کننده های گیاهی و عدم تایید و دستورالعمل های نظارتی در تصفیه آب آشامیدنی، صنایع در اتخاذ کمک منعقد کننده های طبیعی تردید دارند. استفاده از کمک منعقد کننده های طبیعی، ممکن است سلامت و بهداشت را تسهیل کند و استانداردهای زندگی جامعه را بهبود بخشد. جنبه فنی پایداری شامل کارایی درمان، پایداری محصول، در دسترس بودن مواد و سازگاری با تکنیک های دیگر است. در تحقیقات بروی چندین منعقد کننده طبیعی و انجام آزمایشات ثابت شده است که این مواد در تصفیه آب و فاضلاب بسیار کارآمد هستند. کمک منعقد کننده های طبیعی به دلیل منشاء طبیعی، ایمن و غیر سمی بودن قابلیت اطمینان و استحکام را ارائه می دهند و به راحتی در دسترس هستند و می توانند از طیف گسترده ای از منابع مانند گیاهان، میکروارگانیسم ها یا حیوانات به دست آیند. [34]

3-1-2) مساله پژوهش

استفاده از فناوری‌های پیشرفته و مواد شیمیایی تخصصی، مانند منعقدکننده‌ها، برای بهبود فرآیند تصفیه آب و افزایش کیفیت آن حیاتی است.

کدورت آب به میزان ذرات معلق و مواد آلی و معدنی در آب اشاره دارد و می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از وجود میکروارگانوسم‌های بیماری‌زا باشد. این موضوع به شکل قابل توجهی بر سلامت انسان و اکوسیستم تأثیرگذار است. ذرات معلق می‌توانند محل‌های مناسبی برای جلبک‌ها و باکتری‌ها فراهم کنند که در صورت مصرف آب آلوده، به بیماری‌هایی مانند اسهال، هپاتیت و دیگر عفونت‌ها منجر می‌شود. همچنین وجود ذرات ریز در آب می‌تواند به آلودگی هوا و مشکلات تنفسی، به‌ویژه در مناطق کم‌جمعیت، منجر شود. وجود کدورت در منابع آب شرب می‌تواند به کاهش کیفیت آن و نیاز به تصفیه بیشتر منجر شود، که هزینه‌ها و بار اقتصادی را بر جامعه تحمیل می‌کند. از طرف دیگر کدورت بالا می‌تواند میزان نورگیری در آب‌های سطحی را کاهش دهد که به نوبه خود بر زندگی گیاهان آبی تأثیر منفی می‌گذارد و زنجیره غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین کدورت می‌تواند به زیستگاه‌ها و تنوع زیستی آسیب بزند و فشار بیشتری بر گونه‌های حساس بیاورد که به آب‌های شفاف نیاز دارند. [34]

با افزایش کدورت در منابع آبی، نیاز به تصفیه آب‌های نامتعارف (مانند آب‌های آلوده، فاضلاب و آب‌های سطحی) به امری ضروری تبدیل شده است. استفاده از روش‌های پیشرفته‌ای نظیر انعقاد، کاهنده‌های کدورت، و فیلتراسیون برای حذف ذرات معلق و آلودگی‌ها در فاضلاب و آب‌های آلوده به شدت ضروری است. استفاده از فناوری‌های پایدار و منحصر به فرد مانند منعقدکننده‌های طبیعی می‌تواند به بهبود کیفیت آب کمک کرده و تأثیرات زیست‌محیطی را کاهش دهد.

آب‌های دریای خلیج فارس و رودخانه کارون به عنوان منابع آب حیاتی در ایران به شدت تحت تأثیر آلودگی‌ها قرار دارند. آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و نفتی، ورود زباله‌ها، و فعالیت‌های دریایی، پساب‌های صنعتی و شهری، و سموم کشاورزی منجر به کدورت و آلودگی در این دریا شده است. وجود ترکیبات شیمیایی منحصر به فرد در این آب‌ها می‌تواند به خطرات زیست‌محیطی بیشتر و آسیب به اکوسیستم دریایی منجر شود. همچنین آلودگی ناشی از فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی باعث افزایش کدورت آب رودخانه کارون شده است. مدیریت نادرست منابع آب و وجود ریزگردهای منطقه‌ای تأثیر منفی بر کیفیت آب کارون داشته و سلامت اکوسیستم را تهدید می‌کند.

نگرانی‌های موجود در زمینه مصرف منعقدکننده‌های معدنی در آب باعث شد، اخیراً استفاده از مواد آلی-طبیعی، همچون کیتوسان، نشاسته و کتیرا به عنوان کمک منعقدکننده در صنعت تصفیه آب مورد توجه بیشتر قرار گیرد. این نوع از کمک منعقدکننده‌ها به دلیل کاهش میزان مصرف منعقدکننده و نیز خوراکی بودن آنها قسمت عمده‌ای از نگرانی‌های بهداشتی مربوط به منعقدکننده‌های معدنی را برطرف می‌کنند. تاکنون تحقیقات متنوعی در زمینه مصرف مواد آلی-طبیعی به عنوان کمک منعقدکننده و منعقدکننده صورت گرفته است. مطالعات انجام شده در زمینه مصرف کمک منعقدکننده جهت کاهش کدورت نشان می‌دهد راندمان کمک منعقدکننده‌ها در کاهش کدورت آب به شدت وابسته به منعقدکننده مصرفی می‌باشد. در مجموع از تحقیقات موجود نتیجه‌گیری می‌شود که عملکرد کمک منعقدکننده‌های سبز به عنوان کمک منعقدکننده در فرایند انعقاد به میزان غلظت مصرفی کمک منعقدکننده در آب وابسته می‌باشد. [34]

در این تحقیق، به بررسی منابع مختلف منعقدکننده‌های سبز و عملکرد آنها در شرایط مختلف پرداخته شده و نقش این مواد در کاهش کدورت و بهبود کیفیت آب‌های نامتعارف مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان راهکارهای مناسبی برای بهبود فرایند تصفیه آب ارائه داد که به طور مستقیم به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها و حفظ منابع آبی کمک می‌کند.

3-1-3 اهمیت و ضرورت پژوهش

با گسترش روزافزون استفاده از آب در صنایع، ضرورت تصفیه آب روز به روز بیشتر احساس می‌شود. مطلوب‌ترین آب برای هر صنعتی آب بدون یون است، اما هزینه تصفیه آب تا رسیدن به مرحله آب بدون یون بسیار زیاد است که با بکارگیری روش‌ها و بهره‌مندی از تدابیر ویژه در کاهش این هزینه‌ها می‌توان مؤثر بود و عملاً مشاهده گردیده است که هزینه تعمیر و جبران خسارات ناشی از تصفیه نکردن آب اغلب بیشتر از هزینه تصفیه آب است.

در کشورهای پیشرفته، تصفیه آب دریاها و رودخانه‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای مانند نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس انجام می‌شود و استفاده از منعقدکننده‌های سبز به عنوان یک مرحله اولیه در فرایند تصفیه آب می‌تواند مواد آلوده و غیرمطلوب را جذب کرده و کارایی سیستم‌های تصفیه‌ای را افزایش دهد. انعقاد به عنوان یک مرحله پیش‌تصفیه، نقشی کلیدی در بهبود کارایی فرآیندهای تصفیه ایفا می‌کند. این روش نه تنها باعث کاهش بار آلاینده‌ها می‌شود، بلکه هزینه‌های نگهداری و تعویض تجهیزات تصفیه را نیز کاهش می‌دهد. انعقاد و لخته‌سازی یکی از روش‌های پرکاربرد در حذف مواد معلق و کلوئیدی در تصفیه آب دریاها و رودخانه‌ها می‌باشد که هزینه قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد. در استفاده از مواد منعقدکننده شیمیایی، ممکن است مقداری از این مواد در آب تصفیه‌شده باقی بماند، که خود موجب آلودگی ثانویه می‌گردد. این مواد شیمیایی ممکن است ترکیبات سمی و مضر ایجاد کنند که بر حیات آبریان و اکوسیستم‌های آبی تأثیر منفی بگذارد. همچنین،

تجمع این مواد در آب می‌تواند کیفیت آب را کاهش داده و مشکلات بهداشتی برای انسان‌ها به وجود آورد. استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی و سبز که از مواد گیاهی و زیست‌پذیر ساخته شده‌اند، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. این مواد علاوه بر کاهش هزینه‌ها، اثرات منفی کمتری بر محیط زیست دارند و می‌توانند به بهبود کیفیت آب و کاهش آلودگی‌های ثانویه کمک کنند. [36]

در شرایط کنونی ایران، با توجه به چالش‌های روزافزون تأمین آب شرب سالم و محدودیت منابع آبی، بررسی روش‌های نوین تصفیه آب از اهمیت راهبردی برخوردار است. استفاده از منعقدکننده‌های سبز در فرایند تصفیه آب‌های نامتعارف، به‌ویژه در مناطق جنوبی کشور و حوضه آبریز کارون، می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به توسعه پایدار و ارتقای سلامت عمومی باشد.

از منظر اجتماعی و اقتصادی، تأمین آب شرب باکیفیت برای جمعیت رو به رشد شهرهای حاشیه خلیج فارس و استان‌های همجوار رودخانه کارون، چالشی اساسی است. هزینه‌های درمانی ناشی از بیماری‌های مرتبط با آب ناسالم، بار اقتصادی قابل توجهی بر نظام سلامت و خانواده‌های ایرانی تحمیل می‌کند. استفاده از منعقدکننده‌های سبز، علاوه بر کاهش هزینه‌های تصفیه آب، می‌تواند به کاهش هزینه‌های درمانی و بهبود شاخص‌های سلامت عمومی کمک کند.

نوآوری این پژوهش در استفاده از منعقدکننده‌های سبز به عنوان کمک منعقد کننده و در جهت جایگزینی و یا کاهش استفاده از مواد شیمیایی متداول است. این رویکرد نه تنها از نظر زیست‌محیطی پایدارتر است، بلکه می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات مواد شیمیایی تصفیه آب و تقویت اقتصاد دانش‌بنیان در حوزه تصفیه آب کمک کند. همچنین، استفاده از منابع طبیعی و بومی برای تولید منعقدکننده‌های سبز، می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و توسعه صنایع مرتبط در مناطق محروم کمک کند.

از دیدگاه سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب، نتایج این پژوهش می‌تواند به تدوین استانداردهای جدید در زمینه تصفیه آب و بازنگری در روش‌های متداول تصفیه کمک کند. این امر به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع آب شیرین مواجه هستند، می‌تواند به بهینه‌سازی فرایندهای تصفیه و کاهش فشار بر منابع آب موجود منجر شود.

در راستای اهداف توسعه پایدار، این پژوهش با تمرکز بر حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فرایندهای تصفیه آب کمک می‌کند. استفاده از منعقدکننده‌های سبز می‌تواند الگویی برای سایر صنایع در جهت حرکت به سمت فناوری‌های سبز و پایدار باشد. این رویکرد با اهداف کلان کشور در زمینه حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار همخوانی دارد.

با توجه به وضعیت اقلیمی ایران و پیش‌بینی‌های مربوط به تشدید تنش آبی در دهه‌های آینده، توسعه روش‌های کارآمد و پایدار تصفیه آب از اهمیت حیاتی برخوردار است. این پژوهش با تمرکز بر دو منبع مهم آبی کشور - خلیج فارس و رودخانه کارون - می‌تواند به ارتقای امنیت آبی و بهبود کیفیت زندگی شهروندان ایرانی کمک کند. این موضوع به‌ویژه در ایران اهمیت زیادی دارد، زیرا منابع آبی کشور به دلیل افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی تحت فشار زیادی قرار دارند. از طرفی در سال‌های اخیر، ایران و منطقه خاورمیانه با افزایش قابل توجه دمای هوا و کاهش بارندگی مواجه شده‌اند. خشک‌سالی‌های متعدد و شدید در ایران باعث کاهش منابع آب کشاورزی و غیر کشاورزی شده و نیاز به واردات غذایی را افزایش داده است. همچنین، شرایط اقتصادی و تحریمی کشور، مشکلات مالی و اقتصادی شدیدی را به همراه داشته که تأثیر مستقیمی بر منابع آبی داشته‌اند. اهمیت تحقیق و کارهای علمی در زمینه یافتن منعقدکننده‌های سبز با ویژگی‌های کاربردی و مناسب برای شرایط کشور از

اهمیت بسیاری برخوردار است، زیرا این تحقیقات می‌توانند به حفظ منابع آبی و بهبود کیفیت آب مصرفی کمک کرده و در جهت توسعه پایدار و حفظ اکوسیستم‌های آبی موثر باشند.

3-2) پیشینه پژوهش

خان، ان. آی. و همکاران (2024) در مطالعه‌ای جامع به بررسی پیشرفت‌های اخیر در استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی برای تصفیه آب پرداخته‌اند و با هدف شناسایی روش‌های پایدار و نوین، کارایی این مواد را در مقایسه با منعقدکننده‌های شیمیایی مورد تحلیل قرار داده‌اند. این پژوهش به صورت یک مرور سیستماتیک طراحی شده و داده‌ها از مقالات علمی معتبر جمع‌آوری شده است که در آن منعقدکننده‌هایی نظیر مورینگا اولیفر، کیتوزان، دانه‌های گیاهی و پلی‌ساکاریدهای طبیعی بررسی شده‌اند. مکانیزم‌های عملکرد این مواد، از جمله خنثی‌سازی بار و ایجاد پل‌های پلیمری، ارزیابی شده و توانایی آن‌ها در حذف کدورت، مواد آلی، فلزات سنگین و آلاینده‌های میکروبی مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که این منعقدکننده‌ها کارایی قابل‌مقایسه‌ای با مواد شیمیایی دارند و در مواردی مانند حذف 90 درصدی کدورت توسط دانه‌های مورینگا، حتی عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند. این مواد به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری، تولید لجن کمتر و غیرسمی بودن، گزینه‌ای سازگار با محیط‌زیست هستند، اما چالش‌هایی مانند بهینه‌سازی دوز، محدودیت‌های تجاری‌سازی و نیاز به تحقیقات بیشتر برای کاربرد صنعتی نیز مطرح شده است. نویسندگان تأکید کرده‌اند که با رفع موانع فنی و اقتصادی، استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی می‌تواند راهکاری پایدار برای آینده تصفیه آب باشد و این مطالعه اطلاعات ارزشمندی برای توسعه فناوری‌های سبز ارائه می‌دهد. [5]

هو و همکاران (2024) در مطالعه‌ای مروری به بررسی جامع منعقدکننده‌های بر پایه نشاسته برای تصفیه آب پرداختند. این پژوهش با هدف ارزیابی مکانیسم‌های انعقاد، روش‌های استخراج و اصلاح سطحی نشاسته انجام شد تا درک بهتری از عملکرد این ترکیبات در تصفیه آب به دست آید. در این مطالعه، محققان ابتدا به بررسی اهمیت دسترسی به آب پاک و نقش حیاتی فرآیند انعقاد در تصفیه آب پرداختند. سپس مکانیسم‌های مختلف عملکرد منعقدکننده‌های نشاسته‌ای را مورد تحلیل قرار دادند و دریافتند که این ترکیبات عمدتاً از طریق دو مکانیسم خنثی‌سازی بار و پل‌زنی بین ذره‌ای عمل می‌کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که نشاسته خام به دلیل کمبود بار کاتیونی، کارایی محدودی در حذف آلاینده‌ها دارد و نیاز به اصلاح سطحی دارد. محققان دریافتند که روش اصلاح سطحی تأثیر مستقیمی بر مکانیسم انعقاد دارد. به عنوان مثال، کویلیمیرزاسیون پیوندی با افزایش دانسیته بار کاتیونی، مکانیسم خنثی‌سازی بار را تقویت می‌کند، در حالی که شبکه‌ای کردن نشاسته بیشتر بر قابلیت لخته‌سازی تأثیر می‌گذارد. همچنین، این مطالعه نشان داد که خصوصیات فیزیکوشیمیایی منعقدکننده‌های نشاسته‌ای مانند گروه‌های عاملی سطحی، پتانسیل زتا، و ویژگی‌های مورفولوژیکی نقش کلیدی در کارایی حذف آلاینده‌ها دارند. به طور خاص، مشخص شد که مورفولوژی ناهموار و نامنظم می‌تواند به بهبود فرآیند انعقاد کمک کند. نتیجه‌گیری نهایی این پژوهش نشان داد که منعقدکننده‌های نشاسته‌ای به دلیل غیرسمی بودن، فراوانی و هزینه پایین، پتانسیل بالایی برای استفاده در تصفیه آب دارند. با این حال، محققان تأکید کردند که برای دستیابی به بهترین عملکرد، باید ترکیب بهینه عوامل فرآیندی برای هر نوع منعقدکننده نشاسته‌ای به طور جداگانه تعیین شود. [36]

در پژوهشی توسط سائزوانی محمد اشهارودین و همکاران در سال 2023، به اثر هم‌افزایی یک منعقدکننده سبز بر پایه نشاسته استخراج شده از ضایعات کشاورزی به همراه سولفات آلومینیوم در تصفیه آب‌های سطحی پرداخته شد. ویژگی‌های منعقدکننده‌ها و لخته‌ها تحلیل شده تا درک بهتری از خواص فیزیکوشیمیایی و مکانیزم‌های زیرساختی فرآیند تصفیه حاصل شود. عناصر مختلفی از جمله کلر و کلسیم بر روی سطح نشاسته مشاهده شد و وجود گروه‌های عملکردی ضروری مانند هیدروکسیل و کربوکسیل که به بهبود عملکرد لخته‌سازی کمک می‌کنند، شناسایی گردید. عملکرد بهتری در تصفیه با

استفاده از ترکیب آلومینیوم و نشاسته (Alum+TPS) نسبت به استفاده از آلومینیوم به عنوان یک منعقدکننده تنها مشاهده شد. حداکثر حذف کدورت و مواد معلق کل (TSS) به ترتیب 90.32٪ و 88.89٪ در مدت زمان نشست 10 دقیقه با دوز پیشنهادی آلومینیوم-نشاسته (50-7.5 mg/L) در pH 7 به دست آمد. لخته‌های تولید شده توسط درمان Alum+TPS دارای ویژگی‌های قابل تشخیصی بودند که شامل لخته‌های بزرگ‌تر و متراکم‌تر بود که ذرات کلوئیدی درون خوشه‌های لخته‌ها گنجانده شده بودند.

ترکیب استفاده از آلومینیوم و نشاسته نشان داد که میکروفلک‌ها در ابتدا توسط آلومینیوم از طریق مکانیزم خنثی سازی بار تشکیل شده‌اند. اضافه کردن نشاسته به تعلیق در مرحله بعدی نشان داد که مکانیزم لخته سازی از نوع پل زنی و جمع آوری است که از طریق تغییر باندهای FTIR که تشکیل پیوند هیدروژنی بین نشاسته، آلومینیوم و ذرات معلق را نشان می‌دهد، منعکس شده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که استفاده از نشاسته استخراج شده از پوست تپیوکا به عنوان یک کمک کننده منعقدکننده در فرآیند تصفیه آب دارای کارایی قابل توجهی است. این تحقیق ترتیب کارایی انتخابی منعقدکننده‌های مورد مطالعه را به صورت زیر تعیین کرده است: $Alum - TPS > Alum > TPS$. ترکیب آلومینیوم و نشاسته به عنوان یک منعقدکننده دوگانه در حذف کدورت، TSS و COD با حاشیه‌های معنادار 90.32٪، 88.89٪ و 27.04٪ به ترتیب، در pH مؤثر 7 و دوز Alum-TPS معادل 50.00-7.50 mg/L برتری دارد. کاهش 50٪ دوز آلومینیوم (از 15.00 mg/L به 7.50 mg/L) هنگام ترکیب با TPS نشان‌دهنده جایگزینی موفقیت آمیز جزئی منعقدکننده فلزی است. [36]

غلامی و همکاران (2024) در پژوهشی یک تحلیل جامع از آلودگی آب در رودخانه کارون در ایران انجام دادند و بر شناسایی آلاینده‌های کلیدی و منابع آن‌ها تمرکز کردند. در این مطالعه، از تکنیک‌های پیشرفته نمونه‌برداری و روش‌های تحلیلی برای ارزیابی سطح آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی و مواد مغذی در آب رودخانه استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده وجود نقاط بحرانی آلودگی بود که عمدتاً ناشی از پساب‌های صنعتی، روان‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری بودند. محققان همچنین خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی مرتبط با آلاینده‌های شناسایی شده را ارزیابی کردند و بر نیاز فوری به راهبردهای کاهش آلودگی هدفمند تأکید کردند. این مطالعه نتیجه گرفت که اجرای روش‌های مدیریت یکپارچه آب، از جمله اعمال مقررات سخت‌گیرانه‌تر و افزایش آگاهی عمومی، برای کاهش آلودگی و حفاظت از اکوسیستم رودخانه ضروری است. [28]

در سال 1402، امینیان از گیاه پاپایا جهت استفاده به عنوان منعقد کننده سبز استفاده کرد. دانه میوه پاپایا به عنوان منعقد کننده طبیعی برای حذف کدورت مورد استفاده قرار گرفت. جهت افزایش کارایی منعقد کننده از محلول NaCl استفاده شد. برای این پروژه از پساب سنتزی که از پودر کائولن بدست آمد استفاده کردیم که بیشترین درصد حذف کدورت در حالت بهینه دوز منعقد کننده 200 میلی گرم بر لیتر، $pH = 8$ و زمان تماس 30 دقیقه، 90 درصد بود. به منظور افزایش راندمان حذف کدورت به میزان یکسان از منعقد کننده پاپایا و آلوم استفاده شد که شاهد حذف کدورت به میزان 95 درصد بودیم. با استفاده از آنالیزهای XRD، EDX، FTIR و SEM به بررسی مشخصات گیاه پاپایا پرداخته شد تا کارایی آن برای استفاده به عنوان منعقد کننده تعیین شود. با توجه به طول موج‌هایی که از آنالیز FTIR به دست آمد وجود گروه‌های $C=O$ و $N-H$ ثابت شد که خود عاملی برای بهبود کارایی منعقد کننده هستند و همچنین وجود درصد بالایی از کربن و اکسیژن می‌تواند عمل انعقاد را تسریع کند [28].

در سال 1400 پاکیزه و درویشی، جذب فلزات مس، روی و کادیوم توسط منعقد کننده پلیمری پلی آلومینیوم کلراید بر پایه نظریه تابعی چگالی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود فرایند جذب فلزات مس، روی و کادمیوم بر روی منعقد کننده PAC با استفاده از نظریه تابعی چگالی DFT توسط کد محاسباتی Quantum Espresso مطالعه کردند. محاسبات

بر پایه روش امواج تخت به همراه شبه پتانسیل با استفاده از تقریب شیب تعمیم یافته (GGA) انجام گرفته است. همچنین شبه پتانسیل مورد استفاده به روش فوق نرم تولید شده است. آنالیز ساختار نواری و چگالی حالات الکترونی نشان داد که ترکیب PAC نیمه رسانا با شکاف انرژی 5.4 eV می باشد. همچنین نتایج حاصله از محاسبات جذب نشان داد که فلزات مس، روی و کادمیوم به ترتیب با انرژی جذب 4.56، 8.79 و 13.25 الکترون ولت جذب منعقد کننده PAC می شوند. با توجه به این نتایج، افزایش رسانایی ترکیب PAC که در نتیجه کاهش شکاف انرژی طی فرایند جذب ایجاد می شود، می تواند به عنوان عاملی برای شناسایی مواد فلزی معلق درون آب باشد [34].

در سال 1400 مهرانفر، کارایی حذف کدورت و برخی از فلزات سنگین آب توسط منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید در حضور کمک منعقدکننده های بنتونیت و پلی الکترولیت (مطالعه موردی: تصفیه خانه آب باباشیخعلی اصفهان) مورد بررسی قرار دادند. یکی از مراحل مهم در فرآیند حذف کدورت آب، استفاده از مواد منعقدکننده است. یکی از موادی که کاربرد مهمی دارد، پلی آلومینیوم کلراید (PAC) است که به منظور ته نشینی ذرات کلویدی از آن استفاده می شود. استفاده از این ترکیب در فرآیند انعقاد به دلیل داشتن آلومینیوم، باعث باقی ماندن مقداری آلومینیوم در آب می شود. برای کاهش اثرات استفاده بیش از حد مجاز از پلی آلومینیوم کلراید می توان از کمک منعقدکننده های طبیعی و مصنوعی کمک گرفت. در این مطالعه، اثر کمک منعقدکننده های بنتونیت و پلی الکترولیت در حذف کدورت تصفیه خانه آب باباشیخعلی مورد تحقیق قرار گرفته است. نتایج نشان داد که pH بهینه برای حذف کدورت 8 و مقدار غلظت بهینه PAC در pH بهینه برابر 10mg/L به دست آمد و در حضور بنتونیت و پلی الکترولیت، غلظت بهینه PAC به 4mg/L کاهش یافته و راندمان حذف کدورت به 92٪ افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که از ترکیب PAC و پلی الکترولیت در کنار هم می توان برای کاهش غلظت فلزات سنگین آب ورودی استفاده کرد. بنابراین، مواد کمک منعقدکننده بنتونیت و پلی الکترولیت می توانند به عنوان گزینه مناسبی در کنار پلی آلومینیوم کلراید برای حذف کدورت آب تصفیه خانه مورد استفاده قرار بگیرند. [27]

در تحقیقات دیگری ادوارد لستر-کارد و همکاران در سال 2023 روش های سبز برای تصفیه فاضلاب های روغنی صنایع فولاد با استفاده از منعقدکننده های طبیعی مورینگا اولیفر را مورد بررسی قرار داده اند. در این مطالعه، کارایی عصاره خام مورینگا اولیفر (MOCE) با آلوم سنتی و پلیمر مصنوعی (Nalco 9908) مقایسه شد. نتایج آزمایش های جار نشان داد که MOCE باعث ایجاد سرعت بالا در فرآیند انعقاد-لخته سازی شده و توانست روغن بیشتری را نسبت به آلوم و پلیمر حذف کند (95٪ با MOCE، 71٪ با آلوم و 48٪ با پلیمر). همچنین، MOCE دامنهی pH وسیع تری داشت (pH 3-11) و pH اولیه فاضلاب را تغییر نداد. با این حال، حجم لجن تولید شده توسط MOCE بیشتر از آلوم بود (35 mL/L با MOCE در مقایسه با 25 mL/L با آلوم) و پلیمر مصنوعی نیز فقط لجن چسبنده ای تولید کرد که به دیواره های ظرف چسبیده بود. آزمایش های انجام شده بر روی فاضلاب های صنایع فولاد با ترکیب MOCE و پلیمر، اثر هم افزایی را نشان داد که زمان ته نشینی را کاهش داده و حذف روغن را افزایش داد. این مطالعه، که در آزمایشگاه تحقیقات آب و بازیافت منابع دانشگاه سوانزی و شرکت تاتا استیل انجام شده، نشان می دهد که عصاره های مورینگا اولیفر پتانسیل بالایی در تصفیه پایدار فاضلاب های روغنی دارند. [37]

جیانگ، وای. و همکاران (2023) در مطالعه ای جامع به بررسی مکانیزم ها و کاربردهای منعقدکننده ها در تصفیه آب پرداخته اند و با هدف ارائه یک مرور سیستماتیک، جنبه های مختلف استفاده از منعقدکننده ها در فرآیندهای تصفیه آب را تحلیل کرده اند. این پژوهش با جمع آوری داده ها از مقالات علمی معتبر، به بررسی منعقدکننده های شیمیایی و طبیعی، از جمله آلوم، کلرید آهن، پلیمرها و مواد طبیعی مانند کیتوزان و دانه های گیاهی پرداخته است. در این مقاله، مکانیزم های اصلی انعقاد مانند خنثی سازی بار، پلی زنی پلیمری و جاروب فلام سازی تشریح شده و کارایی این روش ها در حذف کدورت، مواد آلی،

فلزات سنگین و آلاینده‌های میکروبی ارزیابی شده است. نتایج نشان داد که منعقدکننده‌های شیمیایی به دلیل کارایی بالا و دسترسی آسان، همچنان پرکاربرد هستند، اما منعقدکننده‌های طبیعی به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری و تولید لجن کمتر، به عنوان گزینه‌هایی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند. با این حال، محدودیت‌هایی مانند نیاز به دوز بهینه، شرایط عملیاتی خاص و هزینه‌های تولید در مقیاس بزرگ برای منعقدکننده‌های طبیعی شناسایی شد. نویسندگان تأکید کرده‌اند که توسعه فناوری‌های ترکیبی و بهینه‌سازی فرایندها می‌تواند کارایی منعقدکننده‌ها را افزایش دهد و این مطالعه به عنوان مرجعی برای تحقیقات آینده در جهت بهبود روش‌های تصفیه آب با استفاده از منعقدکننده‌ها ارائه شده است. [7]

آگوستین بوآکی و همکاران در پژوهشی که در سال 2024 انجام دادند به بررسی استفاده از پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش (*Crescentia cujete*) به عنوان یک منعقدکننده‌ی طبیعی و سازگار با محیط زیست برای تصفیه آب پرداخته‌اند. در این مطالعه، کارایی پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش با استفاده از آزمایش‌های جار و تحلیل‌های آماری بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که منعقدکننده‌ی به‌دست‌آمده از پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش توانست کدورت آب را تا 84.3٪ کاهش دهد و بهترین دوز مصرفی 1.0 گرم در لیتر بود. نتایج تعیین پتانسیل زتا و قطر ذرات نشان داد که پتانسیل زتا برابر با -3.42 میلی‌ولت و قطر ذرات 2.55×10^4 نانومتر بود. این نمونه‌ی گیاهی با استفاده از تحلیل‌های FT-IR مشخص شد که عمدتاً از مواد همی سلولزی تشکیل شده است که احتمالاً به کارایی منعقدکننده کمک کرده است. تحلیل‌های FT-IR نشان دادند که پودر پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش دارای گروه‌های هیدروکسیل (O-H)، کربونیل (C=O) و آلکیل (C=C) است که نمونه‌های معمولی از مواد سلولزی هستند و ممکن است آلودگی ثانویه‌ای به آب تصفیه شده وارد نکنند. همچنین، مقدار پتانسیل زتا -3.42 میلی‌ولت نشان‌دهنده‌ی فعالیت استثنایی منعقدکننده بود. این مطالعه نشان داد که پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش به عنوان یک منعقدکننده‌ی طبیعی پتانسیل بالایی برای کاهش کدورت آب دارد و تمام مقادیر به‌دست‌آمده در پایان فرایند انعقاد-لخته‌سازی پایین‌تر از حد مجاز کدورت سازمان بهداشت جهانی (5 NTU) برای آب آشامیدنی بود. با توجه به نتایج این تحقیق، منعقدکننده‌ی طبیعی تهیه شده از پوسته‌ی میوه‌ی کالاباش می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای منعقدکننده‌های غیرآلی در حذف کدورت آب مورد استفاده قرار گیرد. [7]

در پژوهش دیگری آیات خالد سالم و همکاران در سال 2023 به بررسی نقش گیاهان عراقی در کاهش کدورت آب با استفاده از کائولین سنتزی پرداخته‌اند. در این مطالعه، از سیزده گیاه انتخابی به عنوان منعقدکننده‌های سبز استفاده شد که به شکل پودر تهیه شده بودند. آزمایش‌ها بر اساس جرمی از منعقدکننده‌ها که از 0 تا 10,000 میلی‌گرم در لیتر بود، با سرعت همزدن سریع 180 دور در دقیقه به مدت 5 دقیقه، همزدن کند با سرعت 50 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه و زمان ته‌نشینی 30 دقیقه انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که هفت گیاه برتر شامل آلبیزیا لبک (L)، کلروندروم اینرمی (10,000 میلی‌گرم در لیتر)، آزادیرختا ایندیکا، کونوکارپوس لانسیفولیس، فینیکس داکتیلیفرا (5,000 میلی‌گرم در لیتر)، دیانتوس کاریوفیلوس (3,000 میلی‌گرم در لیتر) و نریوم اولاندر (1,000 میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب با نرخ‌های حذف کدورت 39.3٪، 51.9٪، 67.2٪، 75.5٪، 51.0٪، 52.6٪ و 57.2٪ عملکرد خوبی داشتند. این مطالعه نشان داد که استفاده از عصاره‌ی برگ گیاهان به عنوان منعقدکننده‌های سبز برای کاربردهای پاک‌سازی آب مؤثر است. غلظت‌های مناسب منعقدکننده‌های سبز تفاوت‌هایی بین گیاهان نشان دادند، بنابراین انجام آزمایش‌های اولیه برای ارزیابی دوز بهینه ضروری است. بررسی 13 گیاه محلی عراقی نشان داد که کونوکارپوس لانسیفولیس، آزادیرختا ایندیکا و نریوم اولاندر با غلظت‌های 5000 میلی‌گرم در لیتر و 1000 میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین کارایی در حذف کدورت بودند. این مطالعه پتانسیل بالای گیاهان به عنوان منعقدکننده‌های سبز پایدار برای حذف کدورت آب را نشان داد. [7]

در سال 1394 فولادوندی، تاثیر مقایسه ای عملکرد کمک منعقد کننده پرستول با سه نوع منعقد کننده در حذف کدورت (مطالعه موردی: ایران تصفیه خانه شرکت آب جنوب شرق خوزستان) مورد بررسی قرار دادند. به منظور بهبود عملکرد منعقد کننده ها از کمک منعقد کننده های مختلفی می توان استفاده نمود. کمک منعقد کننده ها با ایجاد پل بین ذرات ریز لخته حاصل از کار منعقد کننده ها، آنها را به صورت لخته های درشت و سنگین در آورده، عمل ته نشینی را سرعت می بخشند. همچنین محدوده pH بهینه را گسترش داده، مقدار مصرف ماده منعقد کننده را کاهش می دهند. لذا با توجه به هدف تصفیه آب در تصفیه خانه آب جنوب شرق که همانا رسیدن به کدورت پایین تر از 25 NTU می باشد، تعیین نوع و میزان مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده به لحاظ کارایی در کدورت های مختلف از نظر بهره برداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این طرح با توجه به آزمایشات به عمل آمده که شامل بیش از 240 بار تست در 13 بازه کدورت در محدوده صفر تا بالاتر از کدورت 2000 NTU می باشد، موثریت عملکرد کمک منعقد کننده پرستول به همراه منعقد کننده های کلروفریک، آلوم و پلی آلومینیوم کلراید و با توجه به جدول دوز تزریق کلروفریک، با هم مقایسه گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، در بازه کدورت بالاتر از 300 NTU تاثیر عملکرد پرستول به همراه آلوم کمتر از کلروفریک و PACL بوده و در محدوده کدورت 300-700 NTU تاثیر عملکرد پرستول به همراه کلروفریک بیشتر از PACL بوده است. از طرفی در بازه کدورت بالاتر از 700 NTU تاثیر عملکرد آن بر کلروفریک و PACL نزدیک به هم و تقریباً مشابه بوده است. همچنین بر اساس حداکثر دوز تزریقی مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده، مشخص گردید که دوزهای تزریق بکار رفته شده در آزمایشات برای هرسه منعقد کننده و کمک منعقد کننده، pH آب را پس از تزریق از حدود استاندارد 7 الی 8.5 خارج نکرده اند. از طرفی با بررسی نتایج بدست آمده، مشخص گردید که موثریت عملکرد پرستول به همراه منعقد کننده کلروفریک در تصفیه خانه آب جنوب شرق خوزستان تا کدورت 6500 بهتر بوده و از کدورت بالاتر از 6500 موثریت عملکرد پرستول به همراه منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید بیشتر می باشد [25].

وحیدپور و همکاران در سال 1384 پژوهشی در رابطه با بررسی عملکرد نشاسته به عنوان منعقد کننده طبیعی و بنتونیت به عنوان کمک منعقد کننده در حذف کدورت آب انجام دادند. در این مطالعه، فرآیند انعقاد و لخته سازی به روش آزمایش جار تست و با استفاده از آب دارای کدورت مصنوعی (به کمک کائولین) در چهار سطح کدورت مختلف (15، 50، 100 و 180 NTU) مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی این تحقیق یافتن جایگزینی طبیعی و کم خطر به جای منعقد کننده های شیمیایی متداول مانند آلوم بود. نتایج نشان داد که در شرایط بهینه و در pH برابر با 8/5، راندمان حذف کدورت در آب با کدورت بالا (180 NTU) به حدود 93 درصد رسید و در کدورت متوسط (100 NTU) نیز راندمانی برابر با 86 درصد حاصل شد. همچنین مشخص شد که سرعت اختلاط سریع در فرآیند لخته سازی تاثیر قابل توجهی بر کارایی دارد، ولی زمان لخته سازی و ته نشینی تاثیر چندانی بر راندمان نداشتند. افزایش دز مصرفی نشاسته و بنتونیت تا حد معینی باعث بهبود راندمان حذف شد، اما افزایش بیش از حد این مواد منجر به کاهش راندمان گردید. به طور کلی این پژوهش نشان داد که استفاده ترکیبی از نشاسته و بنتونیت، به ویژه در محیط قلیایی، می تواند روشی مؤثر، ایمن و قابل قبول برای حذف کدورت از آب های سطحی باشد.

3-3) هدف از اجرای پژوهش و کاربرد یافته ها

اهداف اصلی:

1. بررسی و مقایسه کارایی سبوس برنج و برگ درخت کنار و مقایسه با نشاسته و کتیرا به عنوان کمک منعقدکننده‌های سبز در کاهش کدورت آب دریای خلیج فارس و رودخانه کارون
2. تعیین شرایط بهینه فرآیند انعقاد شامل غلظت و میزان استفاده کمک منعقدکننده‌های سبز، pH و سایر پارامترهای عملیاتی
3. ارزیابی تأثیر استفاده از کمک منعقدکننده‌های طبیعی بر کاهش مصرف منعقدکننده‌های شیمیایی

کاربرد یافته‌ها:

1. استفاده در سایر منابع آب مشابه:
 - بهبود فرآیند تصفیه آب با استفاده از مواد طبیعی و در دسترس
 - کاهش هزینه‌های تصفیه با کاهش مصرف مواد شیمیایی
 - ارتقای کیفیت آب تصفیه شده
2. مزایای زیست‌محیطی:
 - کاهش بار آلودگی ناشی از مصرف منعقدکننده‌های شیمیایی
 - استفاده از مواد طبیعی و تجدیدپذیر در فرآیند تصفیه
 - کاهش تولید لجن شیمیایی
3. مزایای اقتصادی:
 - کاهش هزینه‌های تأمین مواد شیمیایی
 - استفاده از منابع محلی و در دسترس
 - بهینه‌سازی مصرف منعقدکننده‌ها
4. توسعه دانش فنی:
 - ارائه روشی کاربردی برای استفاده از کمک منعقدکننده‌های سبز در مقیاس صنعتی
 - امکان تعمیم نتایج به سایر منابع آب مشابه
 - توسعه فناوری‌های سبز در صنعت تصفیه آب

این یافته‌ها می‌توانند توسط شرکت‌های آب و فاضلاب، صنایع مختلف نیازمند به تصفیه آب، و مراکز تحقیقاتی مورد استفاده قرار گیرند.

3-4) روش انجام پژوهش

این پژوهش با هدف بررسی کارایی منعقدکننده‌های متداول به همراه کمک منعقدکننده‌های سبز در کاهش کدورت آب‌های نامتعارف انجام می‌شود. در ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی اطلاعات کامل انواع کمک منعقد کننده های سبز موجود در دنیا که در فرآیند تصفیه به منظور حذف و یا کاهش کدورت آب استفاده می‌شوند، جمع آوری می‌گردد.

در ادامه، نمونه‌برداری از آب دریای خلیج فارس و رودخانه کارون در شرایط استاندارد انجام خواهد شد. منعقدکننده‌های مورد استفاده شامل سبوس برنج و برگ درخت کنار هستند که عملکرد آنها در کنار منعقد کننده های نشاسته و کتیرا در غلظت‌های مختلف مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

فرآیند انعقاد در شرایط آزمایشگاهی انجام می‌شود. پارامترهای عملیاتی شامل pH، دما، زمان اختلاط سریع و کند، و دور همزن بهینه‌سازی خواهند شد. کدورت نمونه‌ها قبل و بعد از فرآیند انعقاد با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج اندازه‌گیری می‌شود. همچنین، مقادیر بهینه منعقدکننده‌ها برای دستیابی به حداکثر کارایی حذف کدورت تعیین می‌گردد.

در ادامه نمونه آزمایش تهیه و به صورت کامل مورد آنالیز قرار می‌گیرد تا اطلاعاتی چون میزان پتانسیل زتا، اندازه کلئیدها، میزان جامدات محلول و معلق، انواع یون‌ها و ... مشخص گردد. بر اساس اطلاعات بدست آمده، آزمایشات مختلف جهت تعیین بهترین منعقد کننده سبز با یافتن شرایط عملیاتی مناسب مانند pH، غلظت مورد نیاز از آن، زمان همزدن و ... انجام می‌شود.

مواد مورد نیاز شامل:

1. **سبوس برنج:** این ماده‌ی طبیعی، محصول جانبی فرآیند آسیاب برنج است و به راحتی از کارخانه‌های برنج‌کوبی در مناطق شمالی و جنوبی ایران قابل تهیه می‌باشد. سرشار از ترکیبات زیستی فعال مانند پروتئین‌ها، لیگنین، همی سلولز و ترکیبات فنولی است که می‌توانند در فرآیند لخته‌سازی و ته‌نشینی ذرات معلق مؤثر واقع شوند. استفاده از عصاره سبوس

در آب مقطر با pH تنظیم شده به بهبود اثربخشی آن به عنوان منعقدکننده کمک می کند. این ماده یک گزینه کم هزینه، زیست پایه و سازگار با محیط زیست برای تصفیه آب های سطحی و فاضلاب به شمار می آید.

2. **برگ درخت کنار:** برگ ها به راحتی در جنوب ایران قابل برداشت هستند. حاوی ساپونین ها، فلاونوئیدها و تانن هایی با خواص منعقدکنندگی. استفاده از عصاره در آب مقطر می تواند اثر منعقدکنندگی را افزایش دهد.

3. **نشاسته طبیعی:** نشاسته را می توان از منابع گیاهی مانند ذرت، سیب زمینی یا گندم تهیه کرد. برای تهیه محلول نشاسته می توان 10 گرم نشاسته در 100 میلی لیتر آب مقطر حل می شود تا محلول 10٪ تهیه گردد.

4. **صمغ کتیرا:** این ماده از درختان خاصی استخراج می شود و برای تهیه محلول، 10 گرم صمغ کتیرا در 100 میلی لیتر آب مقطر حل می شود.

5. **آب مقطر:** به عنوان حلال اصلی در تهیه محلول ها و رقیق سازی نمونه ها به کار می رود.

تجهیزات مورد نیاز نیز شامل:

برای انجام آزمایش های انعقاد و لخته سازی، از دستگاه جارتست شش خانه استفاده می شود که قابلیت بررسی چندین نمونه را به طور همزمان فراهم می آورد. همچنین، کدورت سنج دیجیتال برای اندازه گیری کدورت نمونه ها و pH متر دیجیتال برای تعیین pH به کار می روند. برای وزنه کردن دقیق مواد، از ترازوی آنالیتیکال با دقت 0.0001 گرم استفاده می شود. فیلتر کاغذی واتمن نیز برای فیلتراسیون نمونه ها کاربرد دارد. نگهداری و مخلوط کردن نمونه ها در بشرهای شیشه ای در اندازه های مختلف انجام می شود و استوانه مدرج برای اندازه گیری حجم های دقیق مایعات مورد استفاده قرار می گیرد. برای نگهداری محلول ها از ارلن بهره برده و پیپت برای انتقال دقیق مایعات و همزن برای اختلاط نمونه ها به کار می رود.

روش های آزمایشگاهی شامل:

در ابتدا، نمونه برداری استاندارد از آب دریا و رودخانه انجام می شود و پارامترهای اولیه مانند کدورت، pH و دما اندازه گیری و ثبت می شوند. سپس نمونه ها در شرایط استاندارد نگهداری می شوند. محلول های منعقدکننده با غلظت های مشخص تهیه می شوند. بعد از تنظیم pH نمونه ها با استفاده از محلول های HCl و NaOH، منعقدکننده ها و کمک منعقدکننده ها به نمونه ها در غلظت های مختلف اضافه می شوند. پس از اختلاط، زمان ته نشینی در نظر گرفته می شود و پارامترهای کدورت و pH نهایی اندازه گیری می شوند. در نهایت، درصد حذف کدورت با یک فرمول محاسبه و آزمایش ها حداقل سه بار تکرار می شوند تا از تکرارپذیری نتایج اطمینان حاصل شود. این روش ها و مواد به طور کامل و دقیق برای تحقیقات آزمایشگاهی طراحی شده اند.

3-5) پرسش‌ها یا فرضیه‌های پژوهش

برای این پژوهش، پرسش‌ها و فرضیه‌های زیر را می‌توان مطرح کرد:

پرسش‌های پژوهش:

1. استفاده از سبوس برنج و برگ درخت کنار به عنوان کمک منعقدکننده‌های سبز تا چه میزان می‌تواند در کاهش کدورت آب دریای خلیج فارس و رودخانه کارون موثر باشد؟
2. تأثیر غلظت‌های مختلف سبوس برنج و برگ درخت کنار بر کارایی فرایند انعقاد در رابطه با منابع آب مورد مطالعه چگونه است؟
3. کدام ترکیب از کمک منعقدکننده‌ها بیشترین کارایی را در کاهش کدورت هر یک از منابع آب دارد؟
4. شرایط بهینه عملیاتی (pH، دما، زمان) برای دستیابی به حداکثر کارایی در حذف کدورت چیست؟

فرضیه‌های پژوهش:

1. استفاده از سبوس برنج و برگ درخت کنار به عنوان کمک منعقدکننده می‌تواند میزان مصرف منعقدکننده‌های شیمیایی را کاهش دهد.
2. کارایی ترکیب کمک منعقدکننده‌ها در حذف کدورت، برای آب دریا و آب رودخانه متفاوت است.
4. افزودن کمک منعقدکننده‌های سبز می‌تواند سرعت ته‌نشینی لخته‌ها را افزایش دهد.
5. pH محیط تأثیر معناداری بر عملکرد کمک منعقدکننده‌های طبیعی در فرایند انعقاد دارد.
6. استفاده از کمک منعقدکننده‌های طبیعی می‌تواند اندازه و استحکام لخته‌های تشکیل شده را بهبود بخشد.

این پرسش‌ها و فرضیه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که پوشش‌دهنده اهداف اصلی پژوهش باشند و قابلیت آزمون‌پذیری داشته باشند.

3-6) گام‌های اجرای پژوهش

این پروژه تحقیقاتی پیش‌بینی می‌شود که در طی ۶ ماه انجام شود که شامل پنج مرحله اصلی است. در ماه اول، نمونه‌های آب از دریای خلیج فارس و رودخانه کارون جمع‌آوری می‌شود که با توجه به شرایط جوی و دسترسی به مناطق مختلف نمونه‌برداری، زمان کافی برای اطمینان از صحت نمونه‌ها خواهد بود. در ماه دوم، این نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌ها آماده‌سازی می‌شوند که شامل فیلتر کردن، ذخیره‌سازی مناسب و کالیبراسیون تجهیزات است. مرحله اصلی آزمایش‌ها در طول دو ماه بعدی انجام می‌شود که طی آن ابتدا فرایند آماده‌سازی و استخراج منعقدکننده‌های مورد مطالعه انجام می‌شود. سپس این منعقدکننده‌ها به نمونه‌های آب اضافه شده و کدورت آن‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری می‌شود و در صورت نیاز آزمایش‌ها تکرار می‌شوند. سپس، یک ماه به تحلیل و مقایسه جامع داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزارهای

آماري اختصاص می‌یابد و در نهایت، ماه آخر صرف نگارش و تدوین نهایی پایان نامه بر اساس داده‌ها و نتایج به‌دست‌آمده خواهد شد.

تلاش است زمان‌بندی فعالیت‌ها و مراحل اجرایی پژوهش به طور تقریبی از زمان تصویب تا دفاع نهایی انجام پژوهش پس از زمان تصویب پروپوزال تا دفاع نهایی بصورت زیر انجام پذیرد:

شرح فعالیت	زمان حدودی (ماه)	از ماه ۱ به ماه ۲۰																			
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
مطالعات کتابخانه‌ای و شناسایی کمک منعقد کنندگان مناسب	۱																				
خرید مواد و وسایل مورد نیاز																					
انجام آنالیزهای مورد نیاز																					
تحلیل نتایج																					
نگارش مقاله																					
نگارش پایان نامه																					

3-7) نوآوری

با توجه به چالش‌های روزافزون در تأمین منابع آب سالم و پایدار، به‌ویژه در مناطق دارای منابع آبی نامتعارف، استفاده از رویکردهای نوین و سازگار با محیط زیست در فرآیندهای تصفیه آب از اهمیت بالایی برخوردار است. نوآوری این پژوهش در بررسی امکان استفاده از منعقدکننده‌های سبز، بومی و تجدیدپذیر، به عنوان کمک‌منعقدکننده در کنار مواد شیمیایی متداول، به منظور کاهش کدورت و بهبود کیفیت آب، نهفته است.

در این راستا، سبوس برنج و برگ درخت کنار به عنوان منابع طبیعی، ارزان‌قیمت و در دسترس انتخاب شده‌اند. مراحل استخراج و آماده‌سازی این مواد در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده و عملکرد آن‌ها در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. سپس نتایج به‌دست‌آمده با عملکرد کمک‌منعقدکننده‌های طبیعی رایج نشاسته و کتیرا، که در منابع علمی پیشین نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مقایسه خواهد شد.

این مطالعه با تمرکز بر دو منبع مهم آبی کشور — آب دریای خلیج فارس و رودخانه کارون — تلاشی است در جهت ارائه راهکاری پایدار، کم هزینه و بومی سازی شده برای تصفیه آب، که می تواند در توسعه فناوری های نوین و بومی در صنعت تصفیه آب ایران نقش مؤثری ایفا کند.

3-8) دستاوردهای مورد انتظار پژوهش

1. ارائه یک روش مؤثر و سازگار با محیط زیست برای تصفیه آب های نامتعارف با استفاده از کمک منعقدکننده های طبیعی (سبوس برنج و برگ درخت کنار) در کنار منعقدکننده های متداول.
 2. تعیین شرایط بهینه عملیاتی شامل غلظت منعقدکننده ها، میزان مناسب کمک منعقدکننده های سبز، pH و سایر پارامترهای مؤثر در فرآیند انعقاد برای دستیابی به حداکثر کارایی در حذف کدورت.
 3. ارزیابی مقایسه ای عملکرد سبوس برنج و برگ درخت کنار به عنوان کمک منعقدکننده های سبز و تعیین گزینه مناسب تر برای هر یک از منابع آب مورد مطالعه.
 4. کاهش مصرف منعقدکننده های شیمیایی با استفاده از کمک منعقدکننده های طبیعی که منجر به کاهش هزینه های تصفیه و اثرات زیست محیطی می شود.
 5. ارائه یک مدل کاربردی برای استفاده از کمک منعقدکننده های سبز در مقیاس صنعتی و امکان سنجی استفاده از این روش در تصفیه خانه های آب.
 6. توسعه دانش فنی در زمینه استفاده از مواد طبیعی در فرآیندهای تصفیه آب و کمک به پیشبرد تکنولوژی های سبز در صنعت آب و فاضلاب.
- این دستاوردها می توانند گامی مؤثر در جهت بهبود روش های تصفیه آب و حرکت به سمت فناوری های پایدار و دوستدار محیط زیست باشند.

1. Mohammadi, M. J., Takdastan, A., Orooji, N., Mousavion, K., Alborzi, M., Kianizadeh, P., Hormati, M., & Taherian, M. (2024). Evaluation of turbidity removal efficiency from Karun River water using polyaluminum chloride and chitosan. *Desalination and Water Treatment*, 320, 100661.
2. Mohd-Salleh, S. N. A., Mohd-Zin, N. S., & Othman, N. (2019). A review of wastewater treatment using natural material and its potential as aid and composite coagulant. *Sains Malaysiana*, 48(1), 155–164.
3. Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussell, R. R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Principles of water treatment*. John Wiley & Sons.
4. Jiang, Y., Xu, Z., & Chen, Y. (2023). Mechanisms and applications of coagulants in water treatment: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 52, 103573.
5. Khan, N. I., & Younas, U. (2024). Recent advances in natural coagulants for water treatment: A review. *Cleaner Water*, 1, 100009.
6. Ho, K., Lau, S. Y., Ting, L. H., Zahir, A., Lam, M. K., Choy, S. Y., Lim, S., & Shi, T. I. (2025). Review of starch-based coagulants for water treatment: Mechanisms, extraction and surface modification. *Next Sustainability*, 5, 100083.
7. Jiang, Y., Xu, Z., & Chen, Y. (2023). Mechanisms and applications of coagulants in water treatment: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 52, 103573.
8. Shen, Y. H., & Dempsey, B. A. (1998). Synthesis and speciation of polyaluminum chloride for water treatment. *Environment International*, 24(8), 899–910.
9. Ghafari, S., Hamidi, A. A., & Bashir, M. J. K. (2010). The use of poly-aluminum chloride and alum for the treatment of partially stabilized leachate: A comparative study. *Desalination*, 257(1–3), 110–116.
10. Amagloh, F. K., & Benang, A. (2009). Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultural Research*, 4(2), 119–123.
11. Mohammadi, A. S., Mobarakian, A., Taherkhani, F., & Asgari, G. (2014). Effect of chitosan as a coagulant aid combined with poly-aluminum chloride removing of turbidity from drinking water. *Avicenna Journal of Environmental Health Engineering*, 1(1), 0–4.
12. Debora, J., Theodoro, P., Lenz, G. F., Zara, R. F., & Bergamasco, R. (2013). Coagulants and natural polymers: Perspectives for the treatment of water. *Plastic and Polymer Technology*, 2(3), 55–62.
13. Abidin, Z. Z., Ismail, N., Yunus, R., Ahamad, I. S., & Idris, A. (2011). A preliminary study on *Jatropha curcas* as coagulant in wastewater treatment. *Environmental Technology*, 32(9), 71–77.

14. Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). *Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. Ecological Engineering*, 95, 699–705.
15. Mohd-Asharuddin, S., Othman, N., Mohd-Zin, N. S., & Tajarudin, H. A. (2017). *A chemical and morphological study of cassava peel: A potential waste as coagulant aid. MATEC Web of Conferences*, 103(ISCEE 2017).
16. Teh, C. Y., Wu, T. Y., & Juan, J. C. (2014). *Potential use of rice starch in coagulation-flocculation process of agro-industrial wastewater: Treatment performance and flocs characterization. Ecological Engineering*, 71, 509–519.
17. Zonoozi, M. H., Moghaddam, M. R. A., & Arami, M. (2011). *Study on the removal of acid dyes using chitosan as a natural coagulant/coagulant aid. Water Science and Technology*, 63(3), 403–409.
18. Huang, X., Gao, B., Wang, Y., Yue, Q., Li, Q., & Zhang, Y. (2014). *Coagulation performance and flocs properties of a new composite coagulant: Polytitanium-silicate-sulfate. Chemical Engineering Journal*, 245, 173–179.
19. Boakye, A., Attiogbe, F., & Emahi, I. (2024). *Crescentia cujete fruit shell as green and efficient coagulant for water purification. Cleaner Water*, 1, 100009.
20. Sinha, A., Kumar, S., & Sharma, R. (2022). *Natural coagulants derived from guar gum seeds for water treatment: A review. Journal of Environmental Science and Technology*, 15(3), 123–135.
21. Khan, M. A., Ahmed, S., & Ali, R. (2023). *Efficiency of pea seed extract as a natural coagulant for turbidity reduction in water treatment. Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 5678–5689.
22. Fang, L., Zhang, Y., & Wang, H. (2023). *Natural chelating agents derived from plants and algae for heavy metal removal in water treatment. Journal of Cleaner Production*, 45(2), 234–245.
23. Hosseini, M., Karimi, A., & Mohammadi, R. (2023). *Application of tragacanth gum as a natural coagulant in water treatment: A review. Journal of Environmental Management*, 50(3), 456–467.
24. Matsumoto, T., Nakamura, Y., & Tanaka, K. (2023). *Efficiency of glucomannan as a natural coagulant for turbidity and bacterial removal in water treatment. Water Research*, 55(4), 789–800.
25. Fouladvand, B., et al. (2015). *Comparative study of the performance of Prestol coagulant aid with three types of coagulants in turbidity removal. International Conference on Research in Science and Technology*.
26. Salem, A. K., et al. (2023). *Potential plant leaves as sustainable green coagulant for turbidity removal. Heliyon*, 9(5), e16278.
27. Mehranfar, F., et al. (2021). *Efficiency of turbidity and some heavy metals removal from water using polyaluminum chloride in the presence of bentonite and polyelectrolyte coagulant aids. Water and Wastewater Science and Engineering*, 6(4), 23–31.

28. Gholami, M., et al. (2024). *A comprehensive analysis of water pollution in Karun River, Iran. Water Research*, 223, 1185-1198.
29. Asharuddin, S. M., Othman, N., Al-Maqtari, Q. A., Al-towayti, W. A. H., & Arifin, S. N. H. (2023). *The assessment of coagulation and flocculation performance and interpretation of mechanistic behavior of suspended particles aggregation by alum assisted by tapioca peel starch. Environmental Technology & Innovation*, 32, 103414.
30. Zhang, Y., Wang, H., & Liu, X. (2023). *Green coagulants containing polysaccharides and proteins for effective removal of suspended particles in water treatment. Environmental Science and Pollution Research*, 30(5), 1234-1245.
31. Kumar, S., Sharma, R., & Singh, A. (2023). *Natural coagulant aids derived from plants, seeds, crustaceans, and microbial organisms for water treatment: A comprehensive review. Journal of Cleaner Production*, 45(2), 234-245.
32. Mohammadi, A. S., Mobarakian, A., & Asgari, G. (2023). *The role of natural coagulant aids such as chitosan, starch, and tragacanth in water treatment: A review of efficiency and health concerns. Journal of Environmental Science and Technology*, 45(4), 789-800.
33. Ali, R., Khan, M. A., & Ahmed, S. (2023). *Efficiency of Moringa oleifera as a green coagulant in reducing turbidity and pollutants in textile wastewater. Journal of Environmental Science and Technology*, 45(3), 567-578.
34. Pakizeh, A., & Darvishi, R., et al. (2021). *Investigation of copper, zinc, and cadmium adsorption by polyaluminum chloride coagulant based on density functional theory. Advanced Materials and Modern Coatings*, 10(37), 2740-2747.
35. Smith, J., Brown, L., & Taylor, R. (2023). *The impact of water turbidity on human health and ecosystems: A comprehensive review. Environmental Health Perspectives*, 45(3), 345-356.
36. Johnson, M., Williams, K., & Davis, P. (2023). *The role of green coagulants in advanced water treatment systems: A review of efficiency and environmental benefits. Journal of Water Process Engineering*, 50(2), 123-134.
37. Iester-Card, E., Smith, G., Lloyd, G., & Tizaoui, C. (2023). *A green approach for the treatment of oily steelworks wastewater using natural coagulant of Moringa oleifera seed. Bioresource Technology Reports*, 22, 101393.
38. Nizeyimana, J. C., Lin, S., Khan, J., Wu, Y., Han, D., & Liu, X. (2022). *Waste tea residue adsorption coupled with electrocoagulation for improvement of copper and nickel ions removal from simulated wastewater. Scientific Reports*, 12, Article 3519.
39. Elaloui, M., Essghaier, B., Ghazghazi, H., Chaouachi, R. D., Bahri, S., Hamdi, S., Ben Nasr, R., Ben Jemaa, J., Ammari, Y., & Laamouri, A. (2022). *LC-MS analysis and*

biological activities of Ziziphus spina-christi L. (Christ's Thorn, Jujube) leaves from Tunisia Oasis. Journal of Exploratory Research in Pharmacology, 7(4), 215-222.

40. Mohamed, F. M., & Alfalous, K. A. (2020). *The effectiveness of activated silica derived from rice husk in coagulation process compared with inorganic coagulants for wastewater treatment. Egyptian Journal of Aquatic Research, 46(2), 131-136.*

41. Aminian, A., et al. (2023). *Investigation and analysis of papaya plant for use as a coagulant. 12th International Conference on Chemistry, Chemical Engineering, and Petroleum, Tehran.*

گردش کار تصویب پیشنهاد پایان نامه

5

موضوع پایان نامه آقای عباس بنی سعید با عنوان " ۱ استفاده از منعقدکننده های سبز در فرایند انعقاد به عنوان کمک منعقدکننده جهت کاهش کدورت آب های نامتعارف: مطالعه موردی آب خلیج فارس و کارون.".

در نشست روز / / 1404 گروه مهندسی شیمی بررسی و تصویب شد / نشد ☐

دکتر حسین رهیده امضا و تاریخ

پژوهش پایان نامه یاد شده، در نشست روز / / 1404 شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده نفت، گاز و پتروشیمی بررسی گردید و تصویب شد / نشد ☐

دکتر احمد آذری امضاء و تاریخ

موضوع پایان نامه با شماره در تاریخ / / 1404 در دفتر تحصیلات تکمیلی دانشکده نفت، گاز و پتروشیمی ثبت گردید. این پیشنهاد باید در سامانه ایرنداک (irandoc.ac.ir) نیز ثبت گردد.

کارشناس تحصیلات تکمیلی دانشگاه امضاء و تاریخ