مقاله اصیل پژوهشی

کاربرد عصاره دانه مورینگا پرگرینا (Moringa peregrine) به عنوان یک منعقدکننده طبیعی در حذف فنل از محلول‌های آبی

ادریس بذرافشان[۱]، فردوس کرد مصطفی‌پور[۲]، حامد فریدی[۳]، بهنام باریک‌بین[۴]

چکیده

زمینه و هدف: فنل و مشتقّات آن، آلاینده‌هایی سمی هستند که حضورشان در آب‌های سطحی، آب‌های شیر برداشت و پساب‌های فرایندهای مختلف صنعتی نظیر: پتروشیمی، فراوری زغال سنگ، تولید لاستیک، پلاستیک، کاغذ، پالایش نفت و صنایع تولید فنل، به طور مکرّر گزارش شده است. در مطالعه حاضر، کارایی عصاره میوه گیاه مورینگا پرگرینا در حذف فنل، مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق: مطالعه حاضر که یک مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی است در یک سیستم ناپیوسته و به منظور بررسی کارایی عصاره میوه گیاه مورینگا پرگرینا به عنوان یک منعقدکننده طبیعی در حذف فنل از محلول های آبی انجام پذیرفت. در این راستا اثر متغیرهای مهم بهره‌برداری از قبیل غلظت منعقدکننده (۴ml/L–۰/۰۵)، غلظت اولیه فنل (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰mg/L) و pH اولیه محلول (۳– ۹) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که pH بهینه جهت حذف فنل توسط منعقدکننده طبیعی عصاره مورینگا پرگرینا، معادل ۵ با غلظت منعقدکننده ۰/۱ml/L بود و بالاترین میزان حذف در این شرایط، معادل ۹۴/۱۳۲، ۹۵/۶۹، ۹۸/۰۴، ۹۸/۱۴ و ۹۹/۳۴٪ برای غلظت‌های اولیه فنل ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ mg/L و به دنبال وقوع فرآیندهای ته‌نشینی، ترسیب همزمان و جذب سطحی، حاصل شد.

نتیجه‌گیری: عصاره دانه گیاه مورینگا پرگرینا با توجه به کارایی بالا، می‌تواند به عنوان منعقدکننده‌ای مؤثّر و کارآمد و در عین حال ارزان قیمت، در حذف فنل از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حذف فنل، مورینگا پرگرینا، منعقدکننده طبیعی

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۳۹۱؛ ۱۹ (۴): ۳۸۹- ۳۹۸

دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۳۰ پذیرش:۱۳۹۱/۱۰/۱۷

[۱] دانشیار، عضو مرکز تحقیقات ارتقای سلامت، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

[۲] استادیار، عضو مرکز تحقیقات ارتقای سلامت، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

آدرس: زاهدان– میدان مشاهیر–دانشکده بهداشت– کدپستی: ۹۸۱۶۹۱۳۳۹۶

تلفن: ۰۵۴۱-۲۴۲۱۲۵۸ نمابر: ۰۵۴۱-۲۴۲۵۳۷۵ پست الکترونیکی: ferdos_66@yahoo.com

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

[۴] عضو مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، استادیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

مقدمه

فنل، یک ترکیب آلی است که در فرایندهای مختلف صنعتی نظیر ساخت رزین‌های فنلی و دیگر ترکیبات شیمیایی مشتق‌شده از فنل، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیب همچنین به عنوان حلال، ضدّ عفونی‌کننده و به عنوان یک ماده افزودنی در مواد گندزدا کاربرد دارد (۱). فنل، ترکیبی قابل اشتعال، با بوی شیرین و تند، شبیه بوی دارو یا مواد قیری است که از حلالیّت بالایی در آب، روغن‌ها، دی‌سولفیدکربن و انواع حلال‌های آلی برخوردار است (۲، ۳).

ترکیبات فنلی، توسط صنایع مختلفی از قبیل واحدهای تولید دارو، پتروشیمی و پالایشگاه‌های نفت، واحدهای فرآوری زغال سنگ، تولید کاغذ، پلاستیک، لاستیک، سرامیک، فولاد، رزین و واحدهای پردازش مواد غذایی، به منابع آبی اعم از منابع سطحی و زیرزمینی وارد می‌شوند (۴). این صنایع در منطقه‌ای وسیع گسترش دارند و با توجه به ماهیت سمّی، تجزیه‌پذیری بیولوژیکی ضعیف و پتانسیل انباشت بیولوژیکی در گیاهان و بافت‌های انسانی و حیوانی نظیر آبزیان موجود در دریاچه‌ها و رودخانه‌های آلوده به این ترکیبات، زمینه بروز مشکلات و معضلات زیست‌محیطی بسیار جدّی را فراهم می‌نمایند.

تقریباً تمامی ترکیبات فنلی، سمّی بوده و ماهیت سرطان‌زایی برخی از آنها برای انسان مشخص شده است. این ترکیبات، به زنجیره غذایی انسان وارد شده و در عین حال، سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی مهمی می‌شوند (۵)؛ علاوه بر این فنل، به صورت بالقوّه برای انسان سرطان‌زا است و مشکلات بهداشتی قابل ملاحظه‌ای را حتی در غلظت‌های پایین برای انسان به وجود می‌آورد. این ترکیبات، با توجه به دارابودن اثرات سمّی از جمله Permeabilisation سلولی و انعقاد سیتوپلاسمی، می‌توانند سبب آسیب سلول‌های حساس شده و از این رو، مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی شدید و در مواردی غیر قابل جبران را موجب شوند (۶، ۷). همچنین حضور فنل در منابع آبی، با طعم و بوی بدی همراه است. در حضور کلر در آب آشامیدنی، فنل، ترکیباتی از قبیل کلروفنل را تشکیل داده که طعم دارویی کاملاً مشخص و نامطلوبی را به دنبال دارد. بر این اساس، با توجه به انواع مخاطرات ناشی از حضور فنل در محیط، این آلاینده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) به عنوان یکی از آلاینده‌های مقدّم، شناسایی و طبقه‌بندی گردیده است و حدّ مجاز آن در پساب خروجی، معادل یک میلی‌گرم در لیتر تعیین مقدار شده است (۸).

فاضلاب‌های حاوی فنل و دیگر ترکیبات سمّی، نیازمند تصفیه کامل و مطمئن، قبل از هرگونه تخلیه به منابع آبی پذیرنده هستند. مکانیسم‌های متعدّدی جهت حذف ترکیبات فنلی از محیط‌های آبی، مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به تصفیه بیولوژیکی، تخریب توسط امواج صوتی، تخریب فتوکاتالیستی، فیلتراسیون غشایی، تصفیه آنزیمی، استخراج حلال، اکسیداسیون شیمیایی و روش‌های الکتروشیمیایی و اکسیداسیون مرطوب اشاره نمود.

منعقدکننده‌های طبیعی دارای منشأ طبیعی و یا معدنی، قبل از ظهور و ورود نمک‌های شیمیایی، در تصفیه آب مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند، اما با توجه به حقیقت فقدان یک درک و بینش علمی در خصوص میزان اثربخشی و مکانیسم عمل خود، قادر به رقابتی کارآمد با ترکیبات شیمیایی نبوده‌اند. از این رو، استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی، بدون هرگونه ارزیابی علمی به حداقل رسید؛ به عبارتی به دنبال پیشرفت‌های عظیم علمی، کاربرد این ترکیبات طبیعی، با استقبالی سرد مواجه گردید و تنها در مناطق دور افتاده برخی از کشورهای در حال توسعه، همچنان مورد استفاده قرار می‌گرفت (۹). با این وجود، طی سال‌های اخیر، در خصوص استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی در تصفیه آب، در کشورهای در حال توسعه، علاقه‌مندی خاصّی پدیدار شده است که این مهم، ناشی از مزایایی از قبیل قابلیت تجزیه بیولوژیکی منعقدکننده، تولید لجن کمتر و نیز حداقل مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی آنها می‌باشد (۱۰).

عصاره گیاه مورینگا اولیفرا *(Moringa oleifera)*، از جمله ترکیباتی است که طی سال‌های اخیر، به عنوان منعقدکننده مورد استفاده قرار گرفته است. برتری استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی نظیر مورینگا اولیفرا نسبت به منعقدکننده‌های شیمیایی، در موارد متعدّدی گزارش شده است (۱۱، ۱۲)؛ علاوه بر این، کاربرد مورینگا اولیفرا به عنوان یک منعقدکننده طبیعی در تصفیه آب، در مقایسه با منعقدکننده‌های شیمیایی، لجن کمتری تولید می‌نماید (۱۳). بر اساس مطالعات صورت‌گرفته توسط Ndabigengesere و همکاران، مکانیسم انعقاد با مورینگا اولیفرا، شامل جذب سطحی و خنثی‌سازی بارهای کلوئیدی می‌باشد (۲۰). مصرف مورینگا اولیفرا به عنوان یک منعقدکننده طبیعی، توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۴).

در مطالعه حاضر، عصاره میوه گیاه مورینگا پرگرینا (Moringa peregrina) که یک گونه بیابانی بوده و در جنوب شرقی ایران در استان سیستان و بلوچستان رشد می‌کند، به عنوان یک منعقدکننده طبیعی، مورد استفاده قرار گرفته است. در مقیاس جهانی، این گیاه در شمال شرقی آفریقا و جنوب غرب آسیا رشد می‌کند. زمینی که گیاه مورینگا پرگرینا در آن رشد می‌کند، معمولاً پوشیده از سنگ بوده و در قسمت‌های شیب‌دار کوه‌ها مشاهده می‌شود (۱۵).

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کارایی عصاره میوه (دانه) گیاه مورینگا پرگرینا در حذف فنل از محلول‌های آبی انجام پذیرفت. در این راستا، اثر پارامترهای مختلف از قبیل pH محلول، غلظت منعقدکننده و غلظت اولیه فنل مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق

آماده‌سازی عصاره دانه مورینگا پرگرینا

دانه‌های خشک مورینگا پرگرینا، از منطقه‌ای در نزدیکی شهرستان نیکشهر واقع در جنوب استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری گردید. فرایند آماده‌سازی و استخراج عصاره دانه این گیاه به شرح زیر انجام پذیرفت:

پس از جداسازی پوسته‌های دانه گیاه مورینگا پرگرینا، دانه‌ها توسط یک دستگاه آسیاب خانگی، به پودر تبدیل شدند. در ادامه ۵ گرم از پودر حاصل، در یک محلول ۱/۰NaCl مولار به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر حل شد. نمونه حاصل، برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه (حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، جهت استخراج اجزای فعال انعقاد (۲۵). محلول حاصل دارای pH حدود ۷ بود. سپس محلول تهیه شده، دو بار توسط صافی صاف شد (صافی ۰/۴۵ میکرونی). محلول عبوری از صافی، ظاهری شفاف و شبیه شیر داشت. تولید محلول استوک مورینگا پرگرینا به صورت روزانه بود و در همان روز مورد استفاده قرار می‌گرفت؛ هر چند که برخی محققین بر پایداری عصاره تولیدی تأکید کرده بودند (۱۰).

آماده‌سازی محلول فنل

تمامی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در پژوهش حاضر، از نوع آزمایشگاهی بودند. محلول استوک فنل (۱۰۰۰mg/L) از طریق انحلال مقدار معین فنل در آب مقطر دو بار تقطیر، تهیه و محلول‌های رقیق‌تر مورد نیاز برای انجام آزمایشات (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با رقیق‌سازی محلول استوک تهیه شد.

فرایند انعقاد

آزمایشات جارتست، رایج‌ترین روش مورد استفاده در ارزیابی و بهینه‌سازی فرایندهای انعقاد و لخته‌سازی محسوب می‌شود. مطالعه حاضر، شامل آزمایشاتی در سیستم بسته (ناپیوسته) همراه با اختلاط سریع، اختلاط آرام و ته‌نشینی بود. ظروف آزمایش جار (۶ ظرف)، توسط یک لیتر محلول فنل با غلظت مورد نظر پر شد و نمونه‌ها به طور همزمان جهت انجام فرایند انعقاد و لخته‌سازی، تحت عملیات اختلاط قرار گرفتند. در آغاز عملیات اختلاط، منعقدکننده طبیعی با غلظت مورد نظر افزوده شد و نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، تحت عمل اختلاط سریع و سپس برای مدت ۲۰ دقیقه تحت عمل اختلاط کند قرار گرفتند. در ادامه،

نمونه‌ها برای مدت ۳۰ دقیقه جهت وقوع فرایند ته‌نشینی، به صورت راکد نگه داشته شدند. در پایان عملیات ته‌نشینی، توسط پی‌پت، نمونه‌ای با حجم معین برداشته و از صافی ۰/۴۵ میکرونی عبور داده شد. نمونه عبوری، تا زمان سنجش غلظت فنل باقیمانده، در یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. لازم به ذکر است که تمامی آزمایش‌ها در دمای آزمایشگاه (۲۰ درجه سانتی‌گراد) انجام پذیرفت. گستره پارامترهای مورد بررسی در جدول یک ارائه شده است. در پایان، راندمان حذف فنل (E) بر حسب درصد به صورت زیر محاسبه شد:

$$E = \frac{(Ci - C_f)}{C_i}.100$$

که در این رابطه، C_i غلظت اولیه (mg/L) و C_f غلظت نهایی فنل (mg/L) است، علاوه بر این، پس از تعیین شرایط بهینه برای انجام فرایند (pH و غلظت منعقدکننده عصاره دانه مورینگا پرگرینا) جهت حذف فنل، اثر متغیر کدورت اولیه نیز بر حذف فنل، در غلظت‌های اولیه فنل معادل ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین مقدار شد. نمونه‌های سنتتیک حاوی کدورت، با افزودن سوسپانسیون استوک کائولین به آب مقطر تهیه شد. سوسپانسیون استوک کائولین، حاوی ۱۰ گرم کائولین در یک لیتر آب مقطر بود. در پایان، یک سری از آزمایش‌های جارتست با استفاده از یک لیتر آب شیر برداشت (نمونه آب طبیعی) حاوی غلظت‌های فنل ۵- ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر انجام پذیرفت. مشخصات نمونه آب واقعی مورد استفاده برای این منظور در جدول ۲ آورده شده است.

آنالیز نمونه ها

غلظت فنل باقیمانده در محلول‌های مورد آزمایش، با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VI, GBC Cintra 202) در طول موج ۵۰۰ نانومتر، مورد سنجش قرار گرفت. pH نمونه‌ها با استفاده از pH متر مدل Denver Ultra basic-UB10 و کدورت توسط کدورت‌سنج مدل WTW 355 IR سنجش شد. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها به صورت دو بار تکرار انجام پذیرفت و نتایج ذکرشده بر حسب میانگین است.

جدول ۱- گستره مقادیر پارامترهای مورد بررسی

pH	غلظت منعقد کننده، ml/L	غلظت اولیه فنل mg/L	اختلاط سریع، اختلاط آرام، ته نشینی	کدورت، NTU
۳-۹	۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴	۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰	۲ دقیقه (۱۰۰ rpm)، ۲۰ دقیقه (۴۰ rpm)، ۳۰ دقیقه	۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰

جدول ۲- مشخصات کیفیت نمونه آب واقعی مورد استفاده برای برخی آزمایشات

پارامتر مورد بررسی	غلظت
pH	۷/۸۲
هدایت الکتریکی، µS/cm	۶۲۷
کدورت، NTU	۰/۴
آهن، mg/L	۰/۰۴
منگنز، mg/L	۰/۰۱۱
سولفات، mg/L	۴۱
کلرور، mg/L	۵۳
سدیم، mg/L	۲۶
نیترات، mg/L	۶

یافته‌ها

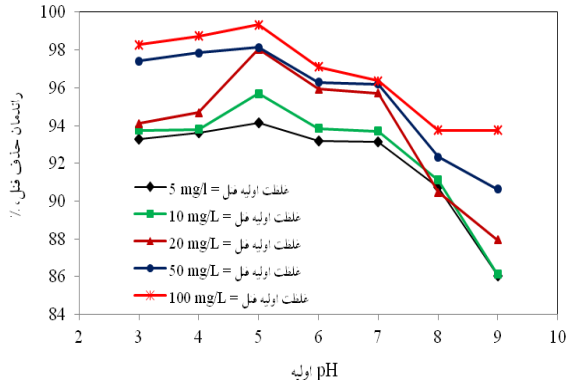
بررسی اثر pH اولیه محلول، بر کارایی فرایند انعقاد

در پژوهش حاضر، اثر pH محلول، به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر فرایند انعقاد مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین مقدار بهینه pH جهت انجام فرایند انعقاد، آزمایش‌هایی در گستره pH معادل ۳- ۹ با غلظت منعقدکننده معادل ۰/۱ میلی‌لیتر در لیتر (عصاره دانه گیاه مورینگا پرگرینا) و غلظت‌های اولیه فنل در گستره ۵- ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر انجام پذیرفت. همان طور که در نمودار یک نمایش داده شده است، حداکثر راندمان حذف فنل در غلظت‌های متفاوت فنل، در pH معادل ۵ حاصل شد و افزایش و کاهش بیشتر pH ،کاهش راندمان حذف را به دنبال داشت.

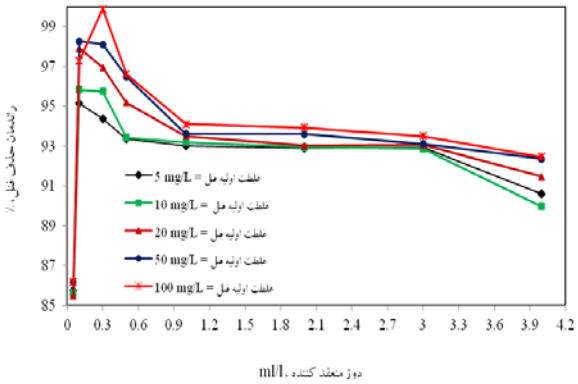
مطابق نمودار یک، راندمان حذف در pH معادل ۳ برای غلظت اولیه فنل ۵ میلی‌گرم در لیتر، ۹۳/۲۷٪ بود که در pH معادل ۵، به حداکثر ۹۴/۱۳٪ رسید و با افزایش بیشتر pH به ۹، راندمان حذف به ۸۶/۰۴٪ کاهش یافت. همچنین مطابق نمودار یک، برای سایر غلظت‌های اولیه فنل نیز روندی مشابه مشاهده گردید. از دیگر نکات قابل توجه، افزایش راندمان حذف فنل با افزایش غلظت اولیه آن می‌باشد؛ به نحوی که مطابق نمودار یک، راندمان حذف در pH اولیه معادل ۵، برای غلظت‌های اولیه فنل ۵، ۲۰، ۵۰، ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به ترتیب برابر ۹۴/۱۳، ۹۵/۶۹، ۹۸/۰۴، ۹۸/۱۴ و ۹۹/۳۴ ٪ تعیین مقدار گردید.

اثر غلظت اولیه منعقدکننده بر راندمان حذف فنل

در مطالعه حاضر، اثر غلظت اولیه منعقدکننده (عصاره دانه مورینگا پرگرینا) در حذف فنل، در گستره ۰/۰۵ تا ۴ میلی‌لیتر در لیتر مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، حداکثر راندمان حذف فنل برای غلظت‌های حداقل و حداکثر، در غلظت منعقدکننده ۰/۱ و ۰/۳ میلی‌لیتر در لیتر حاصل شد؛ به عبارت دیگر، بالاترین راندمان حذف معادل ۹۵/۱۶، ۹۵/۸۴، ۹۷/۹۱ و ۹۸/۲۷ ٪ به ترتیب در غلظت‌های اولیه ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در غلظت منعقدکننده ۰/۱ میلی‌لیتر در لیتر و راندمان ۹۹/۹٪ در غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت منعقدکننده ۰/۳ میلی‌لیتر در لیتر حاصل شد.



نمودار ۱- اثر pH اولیه محلول بر راندمان حذف در غلظت‌های مختلف فنل (غلظت منعقدکننده معادل ۰/۱ml/L)

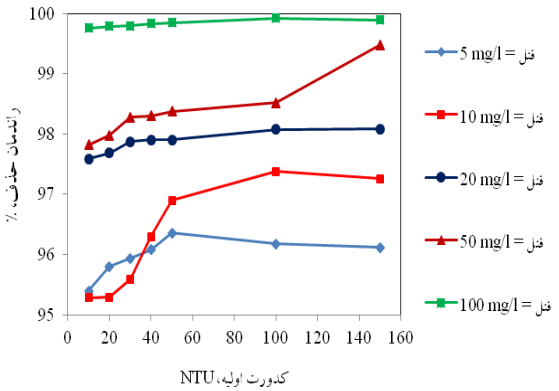


نمودار ۲- اثر غلظت اولیه منعقدکننده مورینگا پرگرینا بر حذف فنل در غلظت‌های مختلف (pH اولیه معادل ۵)

اثر کدورت اولیه محلول بر راندمان حذف فنل

اثر کدورت اولیه محلول بر راندمان حذف فنل در غلظت‌های متفاوت فنل، در نمودارهای ۳- ۴ نمایش داده شده است. مطابق نتایج ارائه‌شده در نمودار ۳ برای غلظت اولیه فنل ۵ میلی‌گرم در لیتر، با افزایش مقدار کدورت اولیه محلول از ۱۰ واحد به ۵۰ واحد، راندمان حذف فنل، روندی صعودی داشت؛ به نحوی که در کدورت اولیه ۵۰ واحد، به

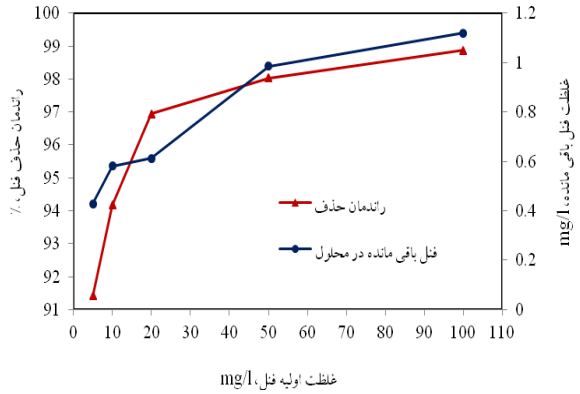
۹۶/۳۶٪ رسید. افزایش بیشتر کدورت اولیه، تا حدودی کاهش راندمان حذف فنل را به دنبال داشت و در کدورت ۱۵۰ واحد، راندمان حذف به ۹۶/۱۲٪ رسید؛ همچنین مطابق این نمودار، در کدورت اولیه ۱۰ واحد، راندمان حذف فنل معادل ۹۵/۲۸٪ بود که با افزایش کدورت اولیه به ۱۰۰ واحد راندمان حذف فنل نیز روندی صعودی طی نمود و راندمان حذف به ۹۷/۳۸٪ رسید؛ با این وجود، با افزایش کدورت به ۱۵۰ واحد، راندمان حذف به ۹۷/۲۶٪ کاهش یافت. در نمودار ۳ اثر کدورت اولیه محلول در حذف فنل با غلظت اولیه ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نشان داده شده است که بر این اساس راندمان حذف در کدورت اولیه ۱۰ واحد، معادل ۹۷/۵۹٪ بود و در کدورت اولیه ۱۵۰ واحد به حداکثر مقدار برابر ۹۸/۰۹٪ رسید. در مورد سایر غلظت‌های اولیه فنل نیز روندی مشابه مشاهده گردید.



نمودار ۳- اثر کدورت اولیه بر راندمان حذف فنل از محلول سنتتیک، در غلظت‌های مختلف (pH برابر ۵، غلظت منعقدکننده برابر ۰/۱ml/L)

مطالعات حذف فنل در نمونه‌های آب سنتتیک

به منظور مطالعه کارایی عصاره دانه مورینگا پرگرینا به عنوان منعقدکننده در حذف فنل از نمونه‌های آب واقعی، آزمایشهایی در غلظت‌های متفاوت فنل (۵- ۱۰۰mg/L) انجام پذیرفت. نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت‌گرفته در جارتست، با افزودن غلظت منعقدکننده ۰/۱ml/L، در نمودار ۴ نمایش داده شده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، راندمان حذف فنل با افزایش غلظت اولیه آن افزایش یافته است؛ به نحوی که حداکثر راندمان حذف در غلظت اولیه فنل ۱۰۰mg/L و معادل ۹۸/۸۸ ٪ حاصل شد.



نمودار ٤- راندمان حذف فنل از آب شیر برداشت (نمونه واقعی) در غلظت‌های مختلف فنل (pH برابر ۵، غلظت منعقدکننده برابر ۰/۱ml/L)

بحث

بررسی اثر pH اولیه محلول بر کارایی فرایند انعقاد

pH محلول، به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در فرایند انعقاد و حذف آلاینده‌ها از محلول‌های آبی مطرح می‌باشد؛ به عبارت دیگر در فرایند انعقاد، مقدار pH، بر بار سطحی مواد منعقدکننده و نیز تثبیت و پایداری فرایند، کاملاً مؤثّر است (۱۶، ۱۷). مطابق یافته‌های ارائه‌شده در نمودار یک، مشاهده می‌شود که حداکثر راندمان حذف، در pH معادل ۵ حاصل شده است و راندمان حذف به تدریج برای تمامی غلظت‌های فنل کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، حذف بهینه فنل در pH برابر ۵ حاصل شده است و سپس به تدریج با افزایش یا کاهش pH کاهش می‌یابد. بالاترین میزان حذف معادل ۹۴/۱۳، ۹۵/۶۹، ۹۸/۰۴، ۹۸/۱۴ و ۹۹/۳۴٪ به ترتیب در غلظت‌های اولیه ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و به دنبال وقوع مکانیسم‌های ته‌نشینی، ترسیب همزمان و جذب سطحی حاصل شد. این نتیجه با یافته‌های حاصل از مطالعه Yarahmadi و همکاران در خصوص حذف کدورت توسط عصاره دانه مورینگا اولیفرا مطابقت دارد (۱۸)، علاوه بر این، نتایج مطالعه Patel و

Vashi در خصوص حذف رنگ کنگو قرمز توسط منعقدکننده طبیعی مورینگا اولیفرا، pH ۴ را به عنوان pH بهینه جهت حذف این ماده رنگی تعیین نمود و افزایش و کاهش بیشتر pH نسبت به مقدار بهینه، کاهش راندمان حذف را به دنبال داشت (۱۹)؛ همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عصاره دانه مورینگا پرگرینای مورد استفاده در این تحقیق، از اثر ناچیزی بر مقدار pH نهایی برخوردار است؛ به نحوی که pH نهایی اندازه‌گیری شده در پایان فرایند، معمولاً کمی بالاتر از pH تنظیمی اولیه بود. تحت شرایط pH بهینه ۵ که محیطی اسیدی محسوب می‌شود، pH نهایی محلول در پایان فرایند به حدود ۶/۷ رسید که بدین ترتیب تخلیه آن در محیط، بدون نگرانی از ماهیت خورنده پساب می‌تواند انجام پذیرد.

اثر غلظت اولیه منعقدکننده بر راندمان حذف فنل

غلظت منعقدکننده مورد استفاده در فرایند انعقاد، یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در تعیین شرایط بهینه برای عملکرد مطلوب منعقدکننده‌ها در فرایند انعقاد و لخته‌سازی است. در واقع، غلظت ناکافی یا اضافه غلظت، کارایی نامطلوب فرایند را به دنبال خواهد داشت؛ بنابراین، تعیین غلظت بهینه جهت به حداقل‌رسانیدن هزینه‌های مصرف منعقدکننده و تولید لجن و نیز کسب شرایط مناسب تصفیه، از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است؛ از این رو در مطالعه حاضر، اثر غلظت منعقدکننده (عصاره دانه مورینگا پرگرینا) در حذف فنل در گستره ۰/۰۵ تا ۴ml/L مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، حداکثر راندمان حذف فنل برای غلظت‌های حداقل و حداکثر، در غلظت منعقدکننده ۰/۱ و ۰/۳ml/L حاصل شد؛ به عبارت دیگر، بالاترین راندمان حذف معادل ۹۵/۱۶، ۹۵/۸۴، ۹۷/۹۱ و ۹۸/۲۶۶ ٪ به ترتیب در غلظت‌های اولیه ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، در غلظت منعقدکننده ۰/۱ml/L و ۹۹/۹۰۴٪، در غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت منعقدکننده ۰/۳ ml/L حاصل شد.

افزایش بیشتر غلظت منعقدکننده مصرفی، بهبود راندمان حذف فنل را به دنبال نداشت. در حقیقت، افزایش بیشتر غلظت منعقدکننده، سبب افزایش غلظت فنل باقیمانده در محلول شد. نتایج حاصله در مقادیر pH بهینه فرایند انعقاد، با مقادیر ارائه‌شده در مطالعات قبلی مطابقت دارد (۲۰، ۲۱)؛ به عبارت دیگر افزایش بیشتر غلظت منعقدکننده مصرفی، سبب تثبیت مجدد ذرات یا پایداری مجدد ذرات کلوئیدی و برگشت بار ذرات می‌شود (۲۲). به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که غلظت‌های منعقدکننده طبیعی پایین‌تر، شرایطی مطلوب‌تر محسوب می‌شود. این نکته نه تنها از نقطه نظر اقتصادی حائز اهمیت است، بلکه سبب ایجاد غلظت‌های مواد آلی کمتری در نمونه آب پردازش‌شده می‌شود که خود احتمال رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها در آب را به حداقل می‌رساند (۲۳). با این وجود، نتایج حاصله تنها برای شرایط واقعی معتبر می‌باشد. بدین ترتیب در مطالعه حاضر غلظت ۰/۱ml/L، به عنوان غلظت بهینه در حذف فنل انتخاب شد.

در عین حال، حذف بالاتر (۹۹٪<) برای نمونه‌های با غلظت حداکثر فنل (۱۰۰mg/L) حاصل شد. این نتیجه با یافته‌های گزارش‌شده توسط Zhang و همکاران هم‌خوانی دارد (۲۴). این محققین، افزایش راندمان حذف کدورت را با افزایش مقدار کدورت اولیه توسط منعقدکننده طبیعی حاصل از گیاه کاکتوس در نمونه‌های مورد بررسی گزارش نمودند. همچنین همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، پس از انجام فرایند انعقاد توسط عصاره دانه مورینگا پرگرینا، غلظت فنل باقیمانده به کمتر از ۱mg/L کاهش یافت که این مقدار معادل حداکثر غلظت مجاز فنل در پساب خروجی تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و انجمن استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است.

اثر کدورت اولیه بر راندمان حذف فنل

مطالعه اثر کدورت اولیه بر حذف فنل در غلظت‌های متفاوت فنل، بیانگر آن است که افزودن کدورت به صورت دستی به نمونه، می‌تواند افزایش جزئی حذف فنل نسبت به شرایط کاربرد منعقدکننده به صورت منفرد را به دنبال داشته

باشد. با این وجود، افزودن بیشتر کدورت، با کاهش راندمان حذف فنل همراه بود. در نمونه‌های مورد بررسی، بالاترین راندمان حذف برای غلظت‌های فنل معادل ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقدار کدورت اولیه معادل۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۱۵۰ و NTU ۱۰۰ و pH معادل ۵ حاصل شد. همچنین همان طور که در نمودار ۳ ارائه شده است، غلظت فنل باقیمانده در تمامی نمونه‌های مورد بررسی، به جز غلظت اولیه فنل ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (با کدورت اولیه ۱۰ و NTU ۲۰)، به کمتر از ۱/۰ میلی‌گرم در لیتر رسید که با استانداردهای تخلیه پساب مطابقت دارد. در عین حال نتایج مطالعه Sciban و همکاران در خصوص حذف کدورت توسط منعقدکننده طبیعی حاصل از میوه بلوط، بیانگر کاهش راندمان حذف، با افزایش مقدار کدورت اولیه بود که به این ترتیب با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد (۲۳).

مطالعات حذف فنل در نمونه‌های آب سنتتیک

نتایج حاصل از مطالعه کارایی عصاره دانه مورینگا پرگرینا به عنوان منعقدکننده در حذف فنل از نمونه‌های آب سنتتیک با کیفیت ارائه‌شده در جدول ۲، بیانگر آن است که راندمان حذف فنل با افزایش غلظت اولیه آن افزایش یافته است؛ به نحوی که حداکثر راندمان، در غلظت اولیه فنل ۱۰۰mg/L و معادل ۹۸/۸۸ ٪ حاصل شد؛ همچنین بر اساس نمودار ۴، پس از انجام فرایند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقدکننده مورینگا پرگرینا، غلظت فنل باقیمانده در نمونه‌های مورد بررسی به کمتر از ۱/۰mg/L (حداکثر غلظت مجاز در پساب) کاهش یافت (به استثنای غلظت اولیه فنل معادل ۱۰۰ mg/L). بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای کسب راندمان بالاتر در غلظت‌های فنل بیشتر، به مقادیر زیادتری از منعقدکننده نیاز می‌باشد. نتایج مطالعه Zhang و همکاران نیز، کارایی تقریباً یکسان حذف کدورت را در نمونه‌های سنتتیک و نمونه‌های آب واقعی توسط منعقدکننده طبیعی حاصل از گیاه کاکتوس نشان دادند (۲۴).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، فرایند انعقاد و لخته‌سازی توسط منعقدکننده طبیعی عصاره دانه مورینگا پرگرینا، برای حذف فنل از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بررسی‌های انجام گرفته در این مطالعه، بیانگر آن است که عصاره دانه مورینگا پرگرینا، یک منعقدکننده طبیعی کارآمد و قابل اعتماد جهت حذف فنل محسوب می‌شود. pH بهینه برای حذف فنل، معادل ۵ تعیین مقدار شد. در این pH، درصد حذف فنل با افزودن منعقدکننده، به دلیل وقوع پدیده ناپایدارسازی شیمیایی ذرات کلوئیدی به دنبال خنثی‌سازی بارها، روندی صعودی را از خود نشان داد. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عصاره دانه گیاه مورینگا پرگرینا، توانایی تأمین استاندارد فنل در پساب خروجی را دارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند، از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی زاهدان به دلیل حمایت مالی طرح (شماره طرح: ۲۵۰۶-۹۱) و نیز کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی آب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، برای همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

منابع:

1- Busca G, Berardinelli S, Resini C, Arrighi L. Technologies for the removal of phenol from fluid streams: a short review of recent developments. J Hazard Mater. 2008; 160 (2-3): 265-88.

2- Ahmaruzzaman M. Adsorption of phenolic compounds on low-cost adsorbents: a review. Adv Colloid Interface Sci. 2008; 143 (1-2): 48-67.

3- Amoore JE, Hautala E. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J Appl Toxicol. 1983; 3 (6): 272-90.

4- Tepe O, Dursun AY. Combined effects of external mass transfer and biodegradation rates on removal of phenol by immobilized Ralstonia eutropha in a packed bed reactor. J Hazard Mater. 2008; 151 (1): 9-16.

5- Gomez JL, Bodalo A, Gomez E, Bastida J, Hidalgo AM, Gomez M. Immobilization of peroxidases on glass beads: An improved alternative for phenol removal. ENZYME MICROB TECH. 2006; 39 (5): 1016-22.

6- Aksu Z, Yener J. A comparative adsorption/biosorption study of mono-chlorinated phenols onto various sorbent. Waste Manage. 2001; 21(8): 695-702.

7- Bodalo A, Gomez E, Hidalgo AM, Gomez M, Murcia MD, Lopez I. Nanofiltration membranes to reduce phenol concentration in wastewater. Desalination. 2009; 245 (1-3): 680-6.

8- Eahart JP, Won KW, Wong HY, Prausnitz JM, King CJ. Recovery of organic pollutants via solvent extraction. Chem Eng Prog. 1977; 73: 67-73.

9- Ndabigengesere A, Narasiah KS. Quality of water treated by coagulation, using Moringa oleifera seeds. Water Res. 1998; 32(3): 781-91.

10- Katayon S, Noor MM, Asma M, Abdul Ghani LA, Thamer AM, Azni I, et al. Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation. Bioresour Technol. 2006; 97(3): 1455-60.

11- Ndabigengesere A, Narasiah KS, Talbot BG. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa Oleifera. Water Res. 1995; 29 (2): 703-10.

12- Ndabigengesere A, Narasiah KS. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with Moringa oleifera seeds. Environ Technol. 1996; 17 (10): 1103-12.

13- McConnachie GL, Folkard GK, Mtawali MA, Sutherland JP. Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes. Water Res. 1999; 33 (6): 1425-34.

14- Muyibi SA, Okuofu CA. Coagulation of low turbidity surface waters with Moringa oleifera seeds. Int J Environ Stud. 1995; 48 (3-4): 263-73.

15- Hegazy AK, Hammouda O, Lovett-Doust J, Gomaa NH. Population dynamics of Moringa peregrina along altitudinal gradient in the northwestern sector of the Red Sea. J Arid Environ. 2008; 72 (9): 1537-51.

16- Sciban M, Klasnja M, Antov M, Skrbic B. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. Bioresour Technol. 2009; 100 (24): 6639-43.

17- Chu W. Dye removal from textile dye wastewater using recycled alum sludge. Water Res. 2001; 35 (13): 3147-52.

18- Shi B, Li G, Wang D, Feng C, Tang H. Removal of direct dyes by coagulation: the performance of preformed polymeric aluminum species. J Hazard Mater. 2007; 143 (1-2): 567-74.

19- Yarahmadi M, Hossieni M, Bina B, Mahmoudian MH, Naimabadie A, Shahsavani A. Application of Moringa Oleifer Seed Extract and Polyaluminum Chloride in Water Treatment. World Applied Sciences Journal. 2009; 7 (8): 962-7.

20- Patel H, Vashi RT. Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants. Journal of Saudi Chemical Society. 2012; 16 (2): 131-6.

21- Donmez M, Akbal F. The Removal of As (V) from Drinking Waters by Coagulation Process using Iron Salts. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011; 54: 437-9.

22- Sanghi R, Bhattacharya B, Dixit A, Singh V. Ipomoea dasysperma seed gum: An effective natural coagulant for the decolorization of textile dye solutions. J Environ Manage. 2006; 81 (1): 36-41.

23- Duan JM, Gregory J. Coagulation by hydrolysing metal salts. Adv Colloid Interface Sci. 2003; 100-102: 475-502.

24- Zhang J, Zhang F, Luo Y, Yang H. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. Process Biochem. 2006; 41 (3): 730–3.

Abstract *Original Article*

Application of Moringa Peregrina seed extract as a natural coagulant for Phenol removal from aqueous solutions

Edris Bazrafshan[1], Ferdos Kordmostafapour[2], Hamed Faridi[3], Behnam Barikbin[4]

Background and Aim: Phenol and its derivatives are toxic pollutants, frequently found in surface and tap waters, and in aqueous effluents from various manufacturing processes such as petroleum and petrochemical, coal conversion, synthetic rubber, plastics, paper, oil refineries and phenol-producing industries. In the present study efficacy of Moringa peregrina seed extract in phenol removal was investigated.

Materials and Methods: The present research was an experimental one performed in a batch system to find out the efficacy of Moringa peregrina seed extract, as a natural coagulant, in removing phenol from aqueous solutions. To do so, the effects of major operating variables such as coagulant dose (0.05–4 ml/L), initial phenol concentration (5, 10, 20, 50 and 100 mg/l) and pH (3-9) were also investigated.

Results: It was found that the optimum pH for phenol removal through coagulation using Moringa peregrina seed extract was 5 with coagulant dose 0.1 ml/L and the highest removal was found to be 94.13%, 95.69%, 98.04%, 98.14% and 99.34% at initial phenol concentration 5, 10, 20, 50 and 100 mg/L respectively, as a result of precipitation, co-precipitation and adsorption mechanisms.

Conclusion: According to the obtained results, Moringa peregrina seed extract, with respect to its high efficacy, can be used as an effective, efficient, and inexpensive coagulant in removing phenol from aqueous environments.

Key Words: Phenol removal, Moringa Peregrina, Coagulation, Natural coagulants

Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2013; 19 (4):389- 398

Received: August 24, 2012 ***Accepted: January 6, 2013***

[1] Associate professor, Member of Health Promotion Research Center, Environmental Health Department, Health School, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.
[2] Corresponding author, Assistant Professor, Member of Health Promotion Research Center, Environmental Health department, Health school, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran ferdos_66@yahoo.com
[3] Postgraduate in Environmental Health, Health School, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.
[4] Social determinants of Health Research Center member, Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.