

بررسی کارایی حذف ۲ و ۴-دی کلروفنل از فاضلاب به روش ترکیبی شیمیایی و بیولوژیکی

داریوش نقی پور^۱ , سید داود اشرفی^۱ , فریبا عقیلی فر^۱ , کامران تقوی^{۱*} ^۱گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، گیلان، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و اهداف: ترکیبات خطرناک کلروفنل در فاضلاب حاصل از پالایشگاه‌ها، تولید حشره‌کش و صنایع دارویی وجود دارد. در این مطالعه حذف ۴و۲-دی کلروفنل به روش ترکیبی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه برای حذف آلاینده از فاضلاب سنتتیک در غلظت‌های ۱۵-۵ mg/L از فرآیند شیمیایی به عنوان پیش تصفیه و فرآیند بیولوژیکی برای تصفیه تکمیلی فاضلاب استفاده گردید. در فرآیند شیمیایی از آلوم در غلظت ۲۵۰-۱۵۰ mg/L و کلروفریک با غلظت ۳۵۰-۱۵۰ mg/L استفاده شد. در فرآیند بیولوژیکی روش لجن فعال با رشد معلق و چسبیده از گیاه لופا سیلیندریکا به عنوان رشد چسبیده استفاده شد. رعایت ملاحظات اخلاقی در تمام مراحل اجرای مطالعه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در فرآیند شیمیایی pH بهینه برای آلوم برابر ۳ و برای کلروفریک رقم ۵ و ۷ بدست آمد. همچنین غلظت بهینه برای آلوم ۱۰۰۰ mg/L و برای کلروفریک ۳۵۰ mg/L به دست آمد. بیشترین کارایی حذف آلاینده توسط آلوم و کلروفریک، در غلظت ۱۵ mg/L و به ترتیب ۳۰ و ۳۵ درصد به دست آمد. در فرآیند بیولوژیکی کارایی حذف COD برای راکتور ترکیبی ۹۱ درصد و برای راکتورهای دارای ۱۰، ۵ و ۱۵ mg/L آلاینده به ترتیب ۷۴، ۸۱ و ۸۶/۵ درصد به دست آمد. کارایی حذف COD راکتور ترکیبی ۸۹ درصد و در لجن فعال رشد چسبیده با گیاه لופا و بدون تصفیه شیمیایی ۶۷ درصد بود.

نتیجه‌گیری: عملکرد راکتور لجن فعال با محیط رشد چسبیده با بستر گیاه لופا سیلیندریکا در حذف ۴و۲-دی کلروفنل بهتر از لجن فعال معمولی بدست آمد.

کلید واژه‌ها: کلروفنل، انعقاد، لجن فعال، لופا سیلیندریکا

Please cite this article as: Naghipour D, Ashrafi SD, Aghilifar F, Taghavi K. Efficacy of combined chemical and biological methods for the removal of 2, 4-dichlorophenol from wastewater. Journal of Health in the Field 2024; 12(2):45-52. Doi: <https://doi.org/10.22037/jhf.v12i2.45445>.

*نویسنده مسئول: گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، گیلان، ایران.

Email: k.taghavi@gums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱

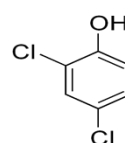
مقدمه

تامین آب سالم و بهداشتی از نظر میکروبی، فیزیکی و شیمیایی امروزه یکی از مهمترین چالش‌های انسان در جوامع و به ویژه در جوامع در حال توسعه می‌باشد [۱]. علی‌رغم اینکه ۲/۳ سطح کره زمین را آب فراگرفته، امروزه مسئله بحران آب در جوامع انسانی وجود دارد که ناشی از افزایش جمعیت، تحول جوامع صنعتی و پیشرفت‌های فراوان در علم بوده است [۲]. همراه با افزایش جمعیت، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به ترکیبات مختلف آلی و معدنی باعث افزایش شدید نگرانی‌ها در این باره شده است. در بین ترکیبات شیمیایی موجود در پساب‌های صنعتی، فنل و مشتقات آن یکی از ترکیبات فراگیر است. این ماده به دلیل ساختمان فیزیکی در اکثر ترکیبات شیمیایی و حتی در فاضلاب‌های شهری نیز وجود دارد. ۲ و ۴-دی‌کلروفنل یکی از ترکیبات بسیار سمی کلروفنل‌ها می‌باشد که در درجه حرارت هوای آزاد، جامد و به حالت کریستال‌های بدون رنگ و قابلیت انحلال بالایی در الکل دارد [۳، ۴]. تحقیقات متاآنالیز فوت‌شدگان سرطان کلیه در اثر تماس مزمن با ترکیبات کلروفنل نشان داد، کلروفنل‌هایی که با TCDD مخلوط می‌گردند، احتمال مرگ و میر کارگران در صنایع تولید این آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهند [۵]. ویژگیهای ۲ و ۴-دی‌کلروفنل در جدول شماره ۱ آورده شده است. این آلاینده در مناطق کشاورزی، آب ضدعفونی شده توسط کلر، فاضلاب خروجی صنایع خمیر کاغذ و صنایع تولید چوب در دامنه ۲۰۰-۱۵۰ mg/L به محیط زیست وارد می‌شود. کلروفنل‌ها باعث آسیب بر روی کلیه‌ها، کبد، پانکراس، تضعیف سیستم اعصاب مرکزی و انعقاد ملکولی پروتئین می‌شود [۴].

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ۲ و ۴-دی‌کلروفنل

Table 1- Physical and chemical properties of 2 and 4-dichlorophenol

عنوان	ویژگی
فرمول ملکولی	$C_6H_4Cl_2O$
وزن ملکولی	۱۶۳
اسم شیمیایی	۲,۴-Dichlorophenol (۲,۴-DCP)
نقطه ذوب	۴۵°C
نقطه جوش	۲۱۰/۰°C
فشار بخار	۱۶ Pa (۲۵°C)
چگالی مخصوص	۱/۳۸۳ g/cm ^۳



ساختار شیمیایی

برای حذف آلاینده‌های مقاوم تاکنون فرایندهای مختلفی از جمله فرایندهای جذب سطحی، اکسیداسیون سطحی، استخراج توسط حلال‌ها، سوزاندن، اسمز معکوس، روشهای الکتروشیمیایی و تجزیه بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۶-۱۰]. طی یک فرایند اکسیداسیون، زونگمو و همکارانش برای حذف ۲ و ۴-دی‌کلروفنل از فاضلاب از آهن صفر ظرفیتی (ZVI) اسید آمینوتری استیک (NTA) را به عنوان یک عامل کمپلکس‌کننده استفاده نمودند و پس از زمان ماند ۱۲۰ دقیقه آن را با کارایی ۹۴ درصد حذف نمودند [۱۱]. فاراگ و همکارانش تخریب ۲ و ۴-دی‌کلروفنل توسط سلول‌های بی‌حرکت باسیلوس سوبتیلیس هالوفیلیک دریایی و آنزیم لاکاز مورد بررسی قرار دادند. بیشترین میزان حذف ۲ و ۴-دی‌کلروفنل از نمونه‌های پساب خمیر و کاغذ تلقیح شده به ترتیب ۹۰ و ۹۵ درصد در ۵۰ ساعت و ۵۲ ساعت انکوباسیون در مقایسه با سلول‌های آزاد و آنزیم آزاد بود. آنان نتیجه گرفتند که استفاده مجدد از بیوکاتالیست و آنزیم لاکاز آن، تصفیه‌ای اقتصادی محسوب می‌شود [۱۲].

استفاده از روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی مانند انعقاد (استفاده از آلوم و کلرور فریک)، لخته‌سازی و ترسیب شیمیایی معمولاً به عنوان پیش تصفیه، قبل از فرایندهای زیستی به وسیله محققین مورد استفاده قرار گرفته است. روش رسوب‌دهی شیمیایی جهت حذف مواد سمی، امکان تبدیل مواد محلول به واسطه یک واکنش شیمیایی به رسوبات نامحلول و قابل جداسازی را به وجود می‌آورد.

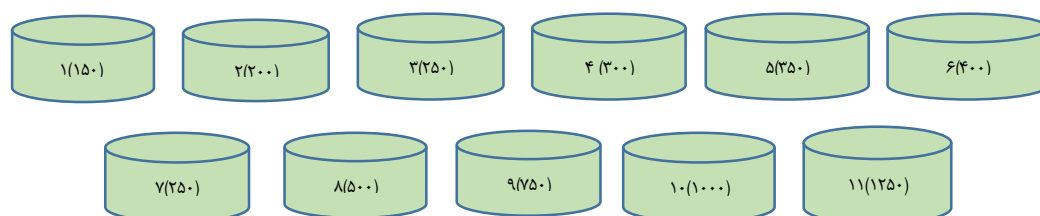
این روش‌ها نه تنها دارای هزینه‌های بسیار بالا اقتصادی هستند؛ بلکه به تنهایی قادر به حذف کامل و یا رسیدن به مقادیر استانداردها نیست؛ لذا لازم است که تصفیه ثانویه‌ای روی آن صورت گیرد. همچنین استفاده از مقادیر زیاد مواد شیمیایی در این فرایندها منجر به خطرات زیست محیطی فراوانی می‌شود [۱۳]. لجن فعال، متداولترین سیستم برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر است. در این فرایند مواد آلوده‌کننده آلی موجود در فاضلاب بر اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها شروع به تجزیه شدن می‌کنند و به دی اکسید کربن، آب و لجن تبدیل می‌شوند [۱۲]. در این فرایند بستر حاوی میکروارگانیسم‌ها می‌تواند به صورت چسبیده و یا معلق باشد [۱۴]. استفاده از گیاهان و باقیمانده آنها در فرایند لجن فعال در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه بود است. گیاه لوف سیلیندریکا یک گیاه ارزان قیمت و قابل دسترس در کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری است و به طور گسترده در قسمت‌های شمال ایران رشد می‌کند و با توجه به خصوصیات مرفولوژیکی خود پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان بستر در فرایندهای تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال دارد [۱۳]. در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۳ توسط سالاری و همکاران حذف ۲ و ۴-دی‌کلروفنل با استفاده از کیتوزان از محیط‌های آبی بررسی شد، pH بهینه ۳، زمان تعادل ۷۵ دقیقه و کارایی حذف ۷۶٪ به دست آمد [۱۵].

حذف آلاینده ابتدا روش انعقاد شیمیایی به کمک دستگاه جارتست مدل JTR 90 و سپس از تصفیه بیولوژیکی به کمک لجن فعال استفاده گردید. مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک تهیه شد. در فرآیند تصفیه شیمیایی غلظت آلاینده 15 mg/L در نظر گرفته شد و از مواد منعقدکننده کلروفریک در غلظت $150-300 \text{ mg/L}$ در راکتورهای ۱ تا ۶ و آلوم در غلظت $250-1250 \text{ mg/L}$ در راکتورهای ۷ تا ۱۱ و pHهای ۳ تا ۱۱ استفاده شد. در فرآیند تصفیه شیمیایی ابتدا اختلاط سریع به مدت ۲ دقیقه و 150 دور بر دقیقه؛ سپس مرحله اختلاط کند به مدت ۲۵ دقیقه و 35 دور بر دقیقه و در نهایت مرحله ته نشینی که مدت زمان آن 30 دقیقه بود، استفاده گردید (شکل شماره ۱). پس از مرحله ته نشینی از عمق ۲ سانتیمتری بالای مایع به وسیله پیپت نمونه برداری شد و برای آنالیز شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. بعد از اتمام مرحله شیمیایی و بررسی داده های حاصل از این مرحله، محتویات بشری که دارای بالاترین درصد حذف ۲ و 4 -دی کلروفل بود به راکتورهای ۱۲ و ۱۶ بیولوژیکی منتقل گردید و این راکتورها ترکیبی نامیده شد. فرآیند تصفیه بیولوژیکی با استفاده از لجن فعال تهیه شده از تصفیه خانه فاضلاب رشت انجام شد. جهت تنظیم pH اولیه در محدوده ۷، از محلول یک دهم نرمال اسید کلریدریک و سود استفاده گردید. در تصفیه به کمک لجن فعال از روش هوادهی عمقی با راکتورهای رشد معلق و رشد چسبیده و زمان ماند هیدرولیکی 192 ساعت استفاده شد.

همچنین در مطالعه ای توسط Bodechiche و همکاران در سال ۲۰۱۶ از لوفاسیلندریکا به عنوان بیوجاذب در حذف رنگ متیلن بلو استفاده شد و سینتیک جذب از مدل لانگمیر پیروی کرد. در نتیجه آزمایشات انجام شده لوفاسیلندریکا به عنوان یک بیوجاذب قابل توجه در مقایسه با سایر جاذب های گران قیمت که امروزه مورد استفاده قرار می گیرد، معرفی شد [۱۶]. در مطالعه انجام شده توسط Pan حذف بیولوژیکی COD بوسیله راکتورهای لجن فعال با رشد معلق مورد بررسی قرار گرفت. COD فاضلاب دارای آفت کش از $2500-5000 \text{ mg/L}$ به $420-350 \text{ mg/L}$ رسید و کارایی حذف $95-85\%$ گزارش شد [۱۷]. همچنین در مطالعه انجام شده توسط Goodwin و همکارانش، آلاینده ۲ و 4 -دی کلروفل از طریق روش بیولوژیکی RBC با کارایی بالای 90% حذف گردید [۱۸]. با توجه به وجود مقادیر بالای آلاینده 2 و 4 -دی کلروفل در خروجی پساب کارخانه ها که در محدوده $200-150 \text{ mg/L}$ می باشد؛ لذا با توجه به مطالب ارایه شده، هدف از این مطالعه بررسی کارایی حذف ۲ و 4 -دی کلروفل و COD از فاضلاب به روش ترکیبی شیمیایی و بیولوژیکی می باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی بر روی فاضلاب مصنوعی دارای آلاینده (۲ و 4 -دی کلروفل) در غلظت $15-5 \text{ mg/L}$ انجام شد. اندازه گیری آلاینده یا ماده آلی ۲ و 4 -دی کلروفل به کمک اسپکتروفتومتر DR-5000 در طول موج 280 نانومتر انجام گرفت. برای



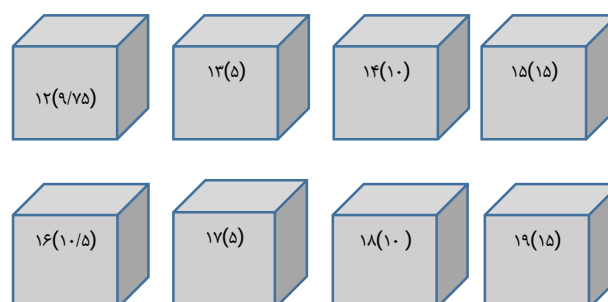
شکل ۱- آزمایش جارتست، غلظت اولیه ۲ و 4 -دی کلروفل در همه راکتورها 15 mg/L است. راکتورهای شماره ۱-۶ دارای کلروفریک با غلظت $150-400 \text{ mg/L}$ و راکتورهای ۷-۱۱ دارای آلوم با غلظت $250-1250 \text{ mg/L}$

Figure 1- Jar test, the initial concentration of 2,4-dichlorophenol in all reactors is 15 mg/L . Reactors No. 1-6 have ferric chloride with a concentration of $150-400 \text{ mg/L}$ and reactors 7-11 have alum with a concentration of $250-1250 \text{ mg/L}$

شستشو داده شد. سپس برای ایجاد پوشش و جلوگیری از تجزیه بیولوژیکی سیلندر در داخل محلول لاک الکل قرار گرفت. برای تهیه محلول لاک الکل، 100 گرم لاک را در 5 لیتر الکل متیلیک با درجه خلوص 96% ریخته و به مدت 4 ساعت بر روی لرزاننده قرار گرفت تا حل شود. هر یک از سیلندرها به مدت 5 دقیقه در محلول غوطه ور شده، خشک گردید. سپس به مدت 24 ساعت در فور 105 درجه قرار گرفت، تا کاملاً خشک شده و الکل تبخیر گردید [۱۹]. نمونه ها از هر دو سیستم پس از 24 ، 120 و 192 ساعت هوادهی، جهت تعیین COD، 2 و 4 -

مطابق شکل شماره ۲ برای انجام تصفیه بیولوژیکی، ۸ راکتور از جنس پلاستیک و با حجم 6 لیتر برای رشد معلق و چسبیده فراهم شد (راکتورهای ۱۲ تا ۱۹). راکتورهای ۱۲ و ۱۶ با نام راکتور ترکیبی که پساب حاصل از تصفیه شیمیایی با بالاترین راندمان حذف، به این راکتورها منتقل شد. همانطور که در شکل شماره ۳ و ۴ مشاهده می شود، از سیلندرهایی گیاه لوفاسیلندریکا به عنوان بستر رشد میکروبی در راکتورهای ۱۶-۱۹ استفاده شد. به این منظور اسفنج های به دست آمده از میوه های رسیده و خشک شده به مدت 30 دقیقه با آب و شوینده

دی کلروفنل و MLSS تهیه گردید. آزمایشات مطابق با روش‌های استاندارد متد انجام گرفت [۲۰].



شکل ۲- رآکتورهای ۱۲-۱۵ لجن فعال رشد معلق (غلظت ۲ و ۴-دی کلروفنل در رآکتور ترکیبی شماره ۱۲ برابر 9.75 mg/L و در رآکتورهای ۱۳-۱۵ به ترتیب ۵، ۱۰ و 15 mg/L) است. رآکتورهای ۱۶-۱۹ لجن فعال رشد چسبیده با گیاه لوف (غلظت ۲ و ۴-دی کلروفنل در رآکتور ترکیبی ۱۶ برابر 10.5 mg/L و در رآکتورهای ۱۷-۱۹ به ترتیب ۵، ۱۰ و 15 mg/L است).

Figure 2- reactors 12-15 activated sludge (the concentration of 2,4-dichlorophenol in combined reactor No. 12 is 9.75 mg/L and in reactors 13-15 is 5, 10, 15 mg/L , respectively). Reactors 16-19 activated sludge growth with Luffa plant (2, 4-dichlorophenol concentration in combined reactor 16 times 10.5 mg/L and in reactors 17-19; 5, 10, 15 mg/L , respectively).



شکل ۴- محیط رشد به دست آمده از گیاه لوف

Figure 4- Growth medium obtained from Luffa plant



شکل ۳- گیاه لوف

Figure 3- Luffa plant

یافته‌ها

این غلظت به بعد روند کاهشی داشته است و برای غلظت 10 mg/L از آلاینده بیشترین میزان حذف در غلظت 750 mg/L از ماده منعقدکننده اتفاق افتاد. مطابق این شکل در غلظت بهینه 1000 mg/L از آلوم کارایی حذف برای غلظت‌های ۵، ۱۰ و 15 mg/L از ۴ و ۲-دی کلروفنل به ترتیب ۲۲، ۲۵ و ۳۰ درصد بوده است.

در شکل شماره ۶ نیز مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت کلرور فریک تا 350 mg/L میزان حذف روند افزایشی داشته و پس از آن افزایش غلظت کلرورفریک تاثیر چشمگیری در حذف آلاینده نداشته و با ادامه

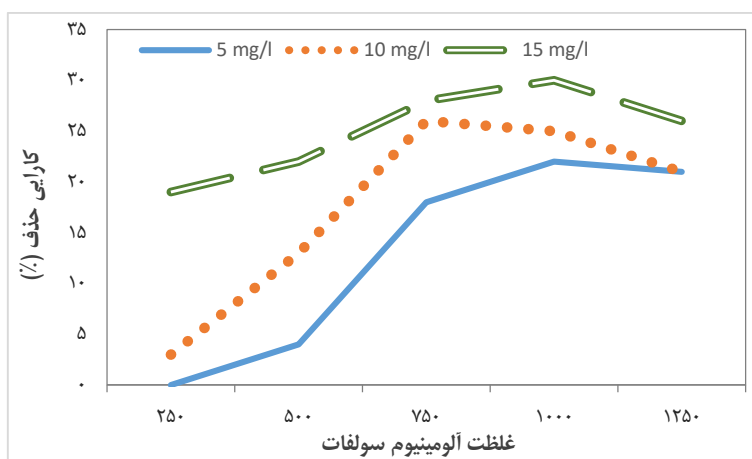
در فرآیند انعقاد، pH بهینه برای عملکرد آلوم و کلرورفریک برای غلظت‌های مختلف آلاینده به ترتیب برابر ۳ و ۵ بدست آمد. غلظت‌های بهینه برای آلوم و کلرورفریک مطابق اشکال ۵ و ۶ به ترتیب 1000 mg/L و 350 mg/L بدست آمد. نتایج حاصل از ترسیب شیمیایی آلاینده در سه غلظت ۵، ۱۰ و 15 mg/L با دو ماده منعقدکننده آلوم و کلرورفریک در اشکال ۶ و ۵ آورده شده است.

مطابق شکل ۵ می‌توان دریافت که برای غلظت‌های ۵ و 15 mg/L از آلاینده میزان حذف تا غلظت 1000 mg/L از آلوم روند افزایشی و از

نتایج تصفیه بیولوژیکی

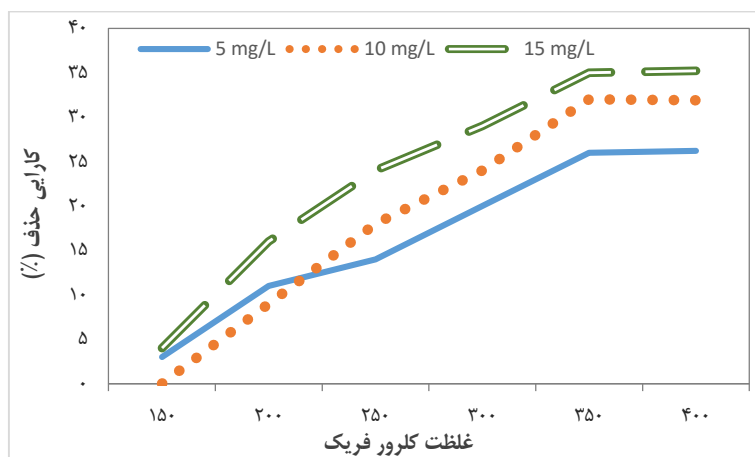
در شروع به کار راکتورهای آزمایشگاهی مقدار MLSS بعد از ۲۴ ساعت هوادهی و افزودن لجن فعال با COD برابر ۶۸ mg/L و ۴۰۲ دی کلروفلن با غلظت ۱۵ mg/L اندازه گیری شد.

افزایش منعقدکننده میزان حذف کاهش یافته است. کارایی حذف برای غلظت های ۵، ۱۰ و ۱۵ mg/L از ۴۰۲ دی کلروفلن در غلظت بهینه ۳۵۰ mg/L کلروفریک، به ترتیب ۲۶، ۳۲ و ۳۵ درصد به دست آمد.



شکل ۵- کارایی حذف ۲ و ۴-دی کلروفلن توسط آلوم در pH=۳

Figure 5- Removal efficiency of 2, 4-dichlorophenol by alum at pH=3



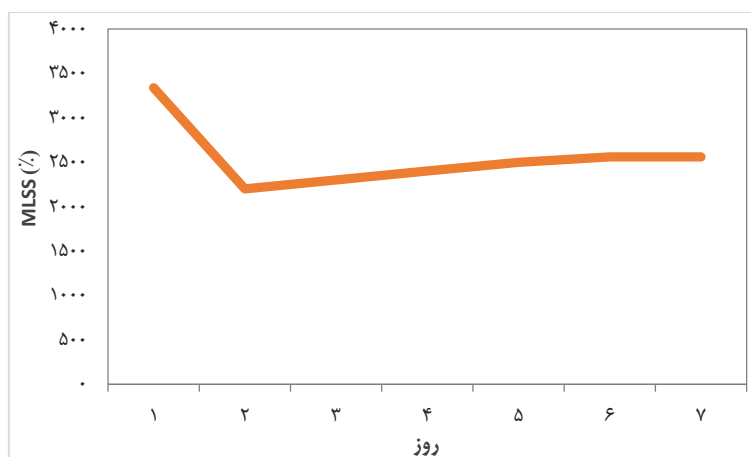
شکل ۶- کارایی حذف ۲ و ۴-دی کلروفلن توسط آهن (III) کلراید در pH=۵

Figure 6- Removal efficiency of 2, 4-dichlorophenol by iron (III) chloride at pH=5

در جداول ۲ و ۳ مقادیر حذف COD و آلایندہ ۲ و ۴-دی کلروفلن در راکتورهای رشد معلق و رشد چسبیده با هم مورد مقایسه قرار گرفته است. مطابق جدول شماره ۲ در روز هشتم با افزایش غلظت آلایندہ در راکتورهای رشد معلق از ۵ به ۱۵ mg/L، کارایی حذف COD از ۸۲/۴ به ۶۷/۸ درصد کاهش یافت ولی در راکتور ترکیبی با غلظت آلایندہ برابر ۹/۷۵ mg/L کارایی حذف COD برابر ۸۵/۳ درصد گردید.

با توجه به شکل شماره ۷ مشخص گردید که در لحظه افزودن آلایندہ با غلظت ۱۵ mg/L به راکتور، میزان MLSS کاهش چشمگیری داشته است. پس از آن طی ۲۴ ساعت اندکی به میزان MLSS افزوده شده و این روند افزایشی تا روز هفتم ادامه داشته و پس از آن به میزان ثابتی رسید.

مقایسه حذف COD و ۲ و ۴-دی کلروفلن در راکتور رشد معلق با راکتور چسبیده



شکل ۷- غلظت MLSS بر حسب mg/L در راکتور رشد معلق

Figure 7- MLSS Concentration in mg/L in Suspended Growth Reactor

COD، ۹۱ درصد گردید. در راکتور ترکیبی با غلظت آلاینده برابر mg/L ۱۰/۵، درصد حذف COD برابر ۸۵/۳ گردید. در راکتور ترکیبی غلظت آلاینده کلروفنل بعد از ۸ روز به mg/L ۱/۶۸ کاهش یافت و در سایر راکتورها این غلظت به mg/L ۱-۵ کاهش یافت. همانطور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، در روز هشتم راکتور رشد چسبیده ترکیبی (شماره ۱۶) میزان COD را ۹۱٪ و ۴۲-دی کلروفنل را ۸۴٪ حذف نمود. راکتور شماره ۱۸، میزان COD را با کارایی ۸۱٪ و آلاینده ۴۲-دی کلروفنل را با کارایی ۷۰٪ حذف نمود.

در راکتور ترکیبی غلظت آلاینده کلروفنل بعد از ۸ روز به mg/L ۱/۹۵ کاهش یافت و در سایر راکتورها این غلظت mg/L ۴۵/۷۵-۱/۶ کاهش یافت. نتایج جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که در روز هشتم راکتور رشد معلق ترکیبی (شماره ۱۲) میزان COD را ۸۵٪ و ۴۲-دی کلروفنل را ۸۰٪ حذف نمود. کارایی حذف COD و ۴۲-دی کلروفنل در راکتور شماره ۱۴، به ترتیب ۷۵٪ و ۶۲٪ بود. مطابق جدول شماره ۳، در روز هشتم در راکتورهای رشد چسبیده با گیاه لופا با افزایش آلاینده از ۵ به mg/L ۱۵، درصد حذف COD از ۸۶/۵ به ۷۴ درصد کاهش یافته است؛ ولی در راکتور ترکیبی درصد حذف

جدول ۲- کارایی حذف COD در راکتورهای ترکیبی و رشد معلق

Table 2- COD removal efficiency in combined reactors and suspended growth

شماره راکتور	غلظت آلاینده (mg/L)	غلظت COD (mg/L)			درصد حذف در روز هشتم	
		روز اول	روز پنجم	روز هشتم	COD	آلاینده
۱۲	۹/۷۵	۶۸	۲۱	۱۰	۸۵/۳	۸۰
۱۳	۵	۹۷	۳۳	۱۷	۸۲/۴	۷۱
۱۴	۱۰	۱۲۳	۴۷	۳۱	۷۴/۸	۶۲
۱۵	۱۵	۱۴۶	۵۷	۴۷	۶۷/۸	۵۵

جدول ۳- کارایی حذف COD در رآکتورهای ترکیبی و رشد چسبیده

Table 3- COD removal efficiency in combined reactors and attached growth

شماره رآکتور	غلظت آلاینده (mg/L)	غلظت COD (mg/L)			درصد حذف در روز هشتم	
		روز اول	روز پنجم	روز هشتم	COD	آلاینده
۱۶	۱۰/۵	۶۸	۱۹	۶	۹۱	۸۴
۱۷	۵	۹۷	۲۶	۱۳	۸۶/۵	۸۰
۱۸	۱۰	۱۲۳	۳۸	۲۴	۸۱	۷۰
۱۹	۱۵	۱۴۶	۵۱	۳۷	۷۴	۶۱

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر آن است که عملکرد رآکتور لجن فعال با رشد چسبیده با بستر گیاه لوفاسیلیندریکا در حذف ۲ و ۴-دی کلروفلن بهتر از لجن فعال معمولی است. نتایج بدست آمده از این تحقیق می تواند برای تصفیه فاضلاب صنایع پالایشگاه ها، پتروشیمی، تولید حشره کش، علف کش ها، تولید عوامل ضد میکروبی و صنایع دارویی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه برگرفته از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط با کد اخلاق IR.GUMS.REC.1396.66 می باشد. نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند از همکاری تمام افراد و سازمان هایی که در انجام پژوهش همکاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایند.

تضاد منافع

در این مطالعه نویسندگان هیچگونه تضاد منافی ندارند.

بحث

نتایج به دست آمده از این مطالعه حاکی از آن است که در فرآیند تصفیه شیمیایی ۴و۲-دی کلروفلن با منعقدکننده آلوم، در pH برابر ۳، بالاترین کارایی حذف آلاینده ۳۰ درصد و بیشترین کارایی منعقدکننده کلروفریک در حذف آلاینده در pH برابر ۵، ۳۵ درصد بود. با توجه شکل های شماره ۵ و ۶ می توان دریافت که در غلظت های بهینه ۱۰۰۰ mg/L آلوم و ۳۵۰ mg/L کلروفریک بالاترین کارایی حذف ۴و۲-دی کلروفلن با غلظت ۵ mg/L به ترتیب برابر ۳۰٪ و ۳۵٪ بدست می آید.

مطابق جدول شماره ۲ کارایی رآکتور ترکیبی رشد معلق در حذف COD و ۴و۲-دی کلروفلن به ترتیب ۱۰ و ۱۸ درصد بیشتر از رآکتور ۱۴ است. مطابق جدول شماره ۳ کارایی رآکتور ترکیبی رشد چسبیده در حذف COD و ۴و۲-دی کلروفلن به ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد بیشتر از رآکتور ۱۶ است. یافته های این تحقیق در حذف بیولوژیکی COD بوسیله رآکتورهای لجن فعال با رشد معلق و چسبیده یافته های قبلی Jin و Mcallister را تایید نمود [۱۷، ۲۱]. همچنین نتایج این مطالعه یافته های Radwon و همکارانش که طی آن آلاینده ۴و۲-دی کلروفلن از طریق روش بیولوژیکی RBC با کارایی بالای ۹۰٪ حذف گردید را تایید نمود [۲۲].

References

- 1- Ribeiro AR, Nunes OC, Pereira MFR, Silva A MT. An overview on the advanced oxidation processes applied for the treatment of water pollutants defined in the recently launched directive 2013/39/EU. *Environment International* 2015; 75:33–51. Doi: 10. 1016/j.envint.2014.10.027.
- 2- WHO. World health report: 2002: Reducing risks, promoting healthy life. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9241562072>. Accessed September 11, 2002.
- 3- Kermani M, Pourmoghaddas H, Bina B, Khazaei Z. Removal of phenol from aqueous solutions by rice husk Ash and activated carbon. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 2006; 9(10):1905-10.
- 4- Mohammadi AS, Asgari Gh, Ebrahimi A, Movahedian Attar H, Sharifi Z. Application of several advanced oxidation processes for degradation of 4-chlorophenol from aqueous solution. *International Journal of Environmental Health Engineering* 2013; 2(1):38. Doi: 10.4103/2277-9183.122423.
- 5- Zendehelel R, Tayefeh-Rahimian R, Kabir A. Meta-analysis of kidney cancer mortality among manufacturing workers chronically exposed to chlorophenol compounds. *Journal of Health in the Field* 2013; 1(3):41-47 (In Persian).
- 6- Mota JA, Chagas RA, Vieira EFS, Cestari AR. Synthesis and characterization of a novel fish scale-immobilized chitosan adsorbent— Preliminary features of dichlorophenol sorption by solution calorimetry. *Journal of Hazardous Materials* 2012; 229–230:346–53.
- 7- Jonidi A, Moslemzadeh M. Adsorption of lead (Pb 2 +) onto salicylic acid-methanol modified steel slag from aqueous solution : A cost analysis. *Desalination and Water Treatment* 2020; 198:200–210. Doi: 10. 5004/ dwt. 2020. 26086.

- 8- Shurair M, Almomani F, Bhosale R, Khraisheh M, Qiblawey H. Bioresource technology harvesting of intact microalgae in single and sequential conditioning steps by chemical and biological based- flocculants : Effect on harvesting efficiency, water recovery and algal cell morphology. *Bioresour Technology* 2019; 281:250-59. Doi: 10. 1016 /j. biotech. 2019.02.103.
- 9- Pourzad A, Sobhi HR, Behbahani M, Esrafil A, Kalantary RR, Kermani M. Efficient visible light-induced photocatalytic removal of paraquat using N-doped TiO₂@SiO₂@Fe₃O₄ nanocomposite. *Journal of Molecular Liquids* 2020; 299:112167. Doi: 10. 1016/ j. molliq. 2019.112167.
- 10- Soleimani H, Mahvi AH, Yaghmaeian K, Abbasnia A, Sharafi K, Alimohammadi M, et al. Effect of modification by five different acids on pumice stone as natural and low-cost adsorbent for removal of humic acid from aqueous solutions- Application of response surface methodology. *Journal of Molecular Liquids* 2019; 290:111181. Doi: 10. 1016 /j. molliq. 2019.111181.
- 11- Liu Zh, Shi Z, Zhang P, Wang Y, Li J. Simultaneous removal of Cr(VI) and 2,4-dichlorophenol from water using the zero-valent iron-aminotriacetic acid system. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2023; 11(3):110066. Doi: 10. 1016/ j. jece. 2023. 110066.
- 12- Farag AM, El-Naggar MY, Ghanem KM. 2,4-Dichlorophenol biotransformation using immobilized marine halophilic bacillus subtilis culture and laccase enzyme: Application in wastewater treatment. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 2022; 20(1):134. Doi: 10. 1186/ s43141-022-00417-1.
- 13- Abdelwahab O, Amin NK, El-Ashtoukhy ESZ. Electrochemical removal of phenol from oil refinery wastewater. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 163(2-3):711-16.
- 14- Daraei H, Kamali H. Synthesis of iron nanoparticles and evaluation of their operation in phenol and 2-chlorophenol removal from aqueous solution. *Journal of Health in the Field* 2013; 1(3):31-40 (In Persian).
- 15- Fytianos K, Voudrias E, Kokkalis E. Sorption-desorption behaviour of 2,4-dichlorophenol by marine sediments. *Chemosphere* 2000; 40(1):3-6.
- 16- Bodechiche N, Mokaddem H, Sadaoui Z, Trari, M. Biosorption of cationic dye from Aqueous solutions onto lignocellulosic biomass (luffa cylindrical). *International Journal of Industrial Chemistry* 2016; 7:176-80. Doi: 10.1007/s40090-015-0066-4.
- 17- Jin Z, Pan Zh, Yu Sh, Lin Ch. Experimental study on pressurized activated sludge process for high concentration pesticide wastewater. *Journal of Environmental Sciences* 2010; 22(9):1342-47.
- 18- Goodwin L, Carra I, Campo P, Soares A. Treatment options for reclaiming wastewater produced by the pesticide industry. *International Journal of Water and Wastewater Treatment* 2017; 4(1):1-15. Doi: 10. 16966/2381-5299.149.
- 19- Nabizadeh R, Naddafi K, Nafez AH, Mesdaghinia AR, Vaezi F, Kheiri A, et al. Application of luffa as an innovative packing media in an aerated submerged fixed-film reactor. *Journal of Water and Wastewater; Ab & Fazilab* 2007; 18(4):2-8 (In Persian).
- 20- Rice EW, Baird RB, Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation 2017.
- 21- Mcallister PJ, Rao Bhamidimarri SM, Chong R, Manderson GJ. Activated sludge treatment of phenoxy herbicides and chlorophenols. *Water Science and Technology* 1993; 28(7):111-15.
- 22- Radwan KH, Ramanujam TK. Studies on organic removal of 2,4-dichlorophenol wastewaters using a modified RBC. *Bioprocess Engineering* 1997; 16:219-23. Doi: 10. 1007/ s004490050311.



Journal homepage: <https://journals.sbmu.ac.ir/jhf>



Efficacy of combined chemical and biological methods for the removal of 2,4-dichlorophenol from wastewater

Dariush Naghipour¹ , Seyed Davoud Ashrafi¹ , Fariba Aghilifar¹, Kamran Taghavi^{1*} 

¹Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Guilan, Iran

Abstract

Background and Aims: Hazardous chlorophenol compounds are present in wastewater generated from refineries, pesticide production, and pharmaceutical industries. In this study, the removal of 2, 4-dichlorophenol using a combined method was investigated.

Materials and Methods: In this study, a chemical process, as a pre-treatment, was used to remove pollutants from synthetic wastewater at concentrations of 5–15 mg/L. This was followed by a biological process for further treatment of wastewater. In the chemical process, alum and ferric chloride were used at concentrations of 150–250 mg/L and 150–350 mg/L, respectively. In the biological process, the activated sludge method with suspended and attached growth using the plant *Luffa cylindrica* was employed as the attached growth. Ethical considerations were taken into account at all stages of the study.

Results: The optimum pH for alum in the chemical process was found to be 3. Similarly, ferric chloride performed well at pH 5 and 7. Also, the optimum concentrations for alum and ferric chloride were 1000 mg/L and 350 mg/L, respectively. The highest removal efficiencies obtained by alum and ferric chloride were respectively 30% and 35% at a concentration of 15 mg 2,4-dichlorophenol per liter. In the biological process, COD removal efficiency was 91% for the combined reactor and 74%, 81% and 86.5% for the reactors containing 5, 10, and 15 mg/L pollutants, respectively. The COD removal efficiency of the combined reactor was 89%, while in the activated sludge with attached growth using *Luffa* and without chemical treatment, it was 67%.

Conclusion: The activated sludge reactor with attached growth using *Luffa cylindrica* outperformed the conventional activated sludge in the removal of 2, 4-dichlorophenol.

Keywords: Chlorophenol, Coagulation, Activated sludge, *Luffa cylindrica*

Please cite this article as: Naghipour D, Ashrafi SD, Aghilifar F, Taghavi K. Efficacy of combined chemical and biological methods for the removal of 2, 4-dichlorophenol from wastewater. *Journal of Health in the Field* 2024; 12(2):45-52. Doi: <https://doi.org/10.22037/jhf.v12i2.45445>.

Corresponding Author: Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Guilan, Iran.

Corresponding Author: Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Guilan, Iran

Email: k.taghavi@gums.ac.ir

Received: 29 May 2024

Accepted: 22 August 2024