

حذف کروم و نیکل از منابع آب آلوده به فاضلاب با استفاده از عصاره میوه بلوط

محمدرضا مسعودی نژاد* (Ph.D)، احمدرضا یزدان بخش (Ph.D)

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به رشد روز افزون جمعیت شهرها، هم‌چنین افزایش سالیانه مصرف سرانه در این جوامع به‌ویژه در کشورهایی که در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارند، امکان استفاده از منابع سطحی به منظور تأمین آب شرب شهرها رو به کاهش نهاده است؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۰ به علت کاهش ذخیره آب در سد لتیان، کرج و لار بیش از ۷۰ درصد از آب آشامیدنی مردم تهران از منابع زیرزمینی تأمین گردید و این ارقام در سایر شهرهای ایران نیز رو به افزایش است. از طرفی به علت تخلیه فاضلاب‌های صنعتی حاوی کروم و نیکل در چاه‌های جذبی و قدرت انتشار این ترکیبات در منابع آب‌های زیرزمینی با توجه به خاصیت تجمع‌پذیری این ترکیبات در بافت‌های مختلف بدن و خواص سرطان‌زایی آن‌ها که در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است لزوم کنترل دقیق این منابع احساس می‌گردد. هدف از این تحقیق به‌کارگیری روش مناسب در حذف فلزات سنگین از منابع آب‌های زیرزمینی است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه با استفاده از عصاره میوه بلوط *Quercus Brantii sub Belangri* که حاوی ترکیبات اسید تانیک کندانسه، اسید تانیک قابل هیدرولیز، اسید گالیک و الاژیک اسید می‌باشد، اقدام به حذف کروم و نیکل از منابع آب‌های زیرزمینی آلوده به فاضلاب گردید. ابتدا در شرایط آزمایشگاهی تعداد ۶۰ نمونه آب حاوی مقادیر مختلف کروم و نیکل با غلظت معلوم در ۱۲ گروه با ۵ غلظت و شرایط محیطی مختلف تهیه شد. با روش نمونه‌برداری غیراحتمالی و تجربی اثرات متقابل عصاره تانن، هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به‌صورت جداگانه و هم‌زمان مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به غلظت‌های اولیه معلوم مقدار غلظت باقیمانده از طریق دستگاه جذب اتمی به‌وسیله شعله تعیین مقدار گردید. از بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم یا غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم به همراه ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره تانن‌دار ۱۰ درصد با راندمان ۸۰ تا ۸۶ درصد بهترین شرایط در حذف کروم و نیکل از محیط واکنش می‌باشد. صحت و دقت نتایج به‌دست آمده به کمک آزمون آنالیز واریانس دو عامله با یک تکرار در هر خانه ارزیابی گردید.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، کاربرد هم‌زمان دو عامل چیلیت‌کننده هیدروکسید کلسیم و عصاره تانن دار تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر روش‌های مقایسه دارد. هم‌چنین ثابت گردید که عصاره تانن‌دار در یک محیط قلیایی با تشکیل سری کامل از سرشاخه‌های (OH) که در محیط واکنش با یون‌های کروم و نیکل ترکیب شده به علت بزرگی مولکول‌های تانن و اشباع شدن آن‌ها با کاتیون‌های موجود به صورت توده فلوک در آمده و به علت سنگینی، بلافاصله در محیط راسب می‌شود. هم‌چنین عصاره موجود قادر است یون‌های مورد نظر را در غلظت‌های کم تا زیاد از محیط واکنش خارج نماید و غلظت یون‌ها تفاوت معنی‌داری در راندمان حذف ندارد.

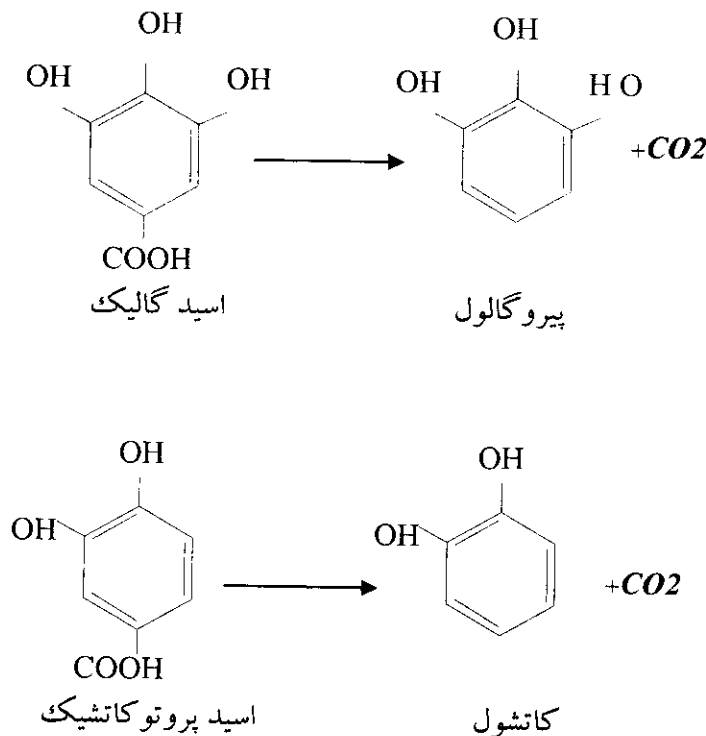
نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه روش استفاده از کنترل‌کننده‌های PH به عنوان یک روش قدیمی در حذف فلزات سنگین مطرح شده است، اما به علت حجم زیاد لجن تولیدی، مشکلاتی را در فرایند تصفیه خواهد داشت حال آن‌که به کمک عصاره تانن‌دار میزان مصرف این مواد به شدت کاهش یافته و راندمان حذف ارتقاء می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کروم، نیکل، تصفیه فاضلاب، میوه بلوط.

یکی از مشکلات عمده در تخلیه پساب‌های صنعتی به ویژه صنایع آب‌کاری وجود ترکیبات شیمیایی پیچیده و فلزات سنگین (Heavy metals) می‌باشد که در مقادیر کم، آثار سوء بسیار شدیدی در اکوسیستم‌های حیاتی داشته و به طرق مختلف وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند. روش‌های متعددی در جهت حذف این آلاینده‌ها ارائه و مورد استفاده قرار می‌گیرند، که اکثراً پرهزینه بوده و با تهیه مواد شیمیایی خاص در جهت تغییر در PH فاضلاب و استفاده از انواع کمپلکس کننده‌ها به منظور واکنش با فلزات سنگین و کمک به رسوب دادن آنان به‌کار گرفته می‌شوند [۱].

یکی از این ترکیبات، ساختار موجود در جواهر بلوط است که حاوی اسید گالیک و اسید تانیک یا تانن می‌باشد. از نظر شیمیایی تانن‌ها ترکیبات بسیار پیچیده‌ای هستند. جدا کردن آن‌ها بسیار مشکل بوده و غیرقابل تبلور می‌باشند. تشکیل تانن‌های پیچیده معمولاً از پلیمریزه شدن پلی‌فنل‌های ساده حاصل می‌گردد. هم‌چنین تانن‌ها در اثر هیدرولیز، تولید فنل‌های ساده پلی‌هیدریک نظیر پروگالول، کاتشول و یا اسید الازیک می‌غایند [۶].

نوعه این تغییرات هیدرولیزی در شکل ۱ مشخص گردیده است.

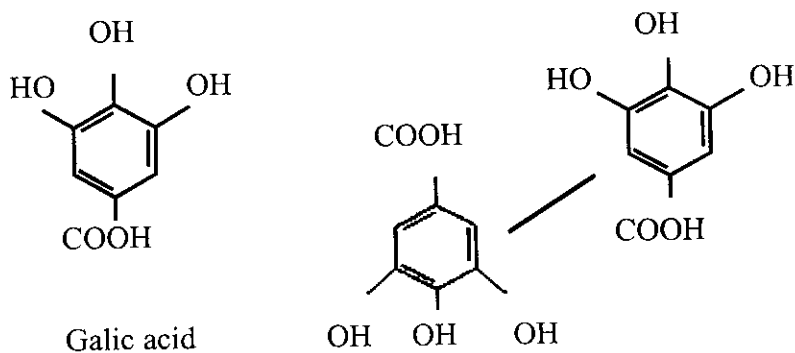


شکل ۱. هیدرولیز تانن و تبدیل به فنل‌های ساده [۶]

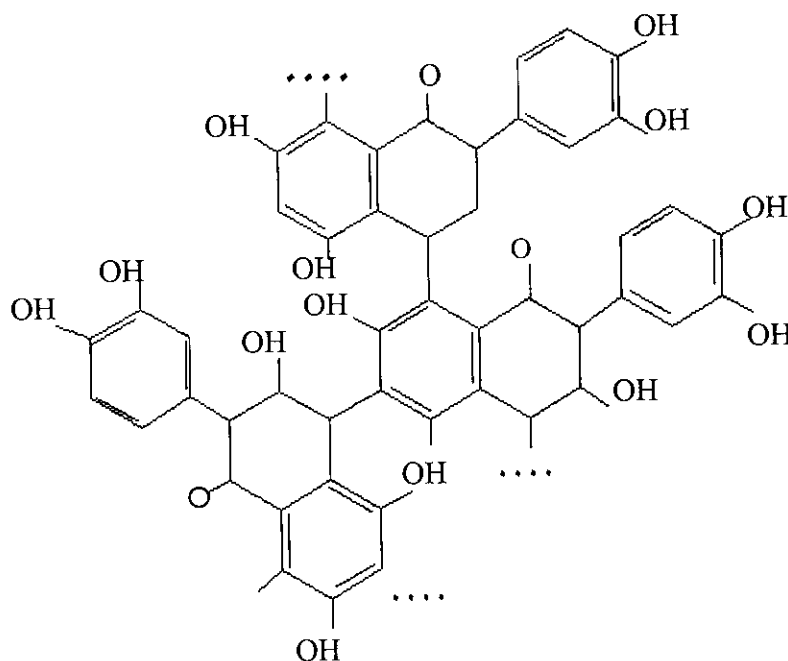
(Proanthocyanidin) نیز گفته می‌شود و اسید تانیک جزء این گروه قرار می‌گیرد، تقسیم نمود. (علت این نام‌گذاری به دلیل به‌کار بردن پروآنتوسیانیدین برای شکستن پیوندهای کربن-کربن توسط اسید گرم می‌باشد) [۱۱].

شکل ۲ ساختمان مولکول‌های تانن قابل هیدرولیز و کندانسه را نشان می‌دهد [۱].

به منظور سهولت در تقسیم‌بندی تانن، می‌توان گروهی از تانن‌ها را که قابلیت هیدرولیز دارند به تانن قابل هیدرولیز (Hydrolyzable tannins) مانند اسید گالیک و یا اسید هگزا هیدروکسی دی‌فنیک (Hexahydroxy diphenic acid) و گروه دوم را به تانن غیرقابل هیدرولیز یا تانن کندانسه (Condensed tannins) که به آن پروآنتوسیانیدین



(هگزا هیدروکسی دیفنیک اسید) Hexahydroxy – diphenic acid



(پروانتوسیانیدین) Proanthocyanidin oligomer

شکل ۲. ساختمان مولکولی تانن‌های قابل هیدرولیز و غیر قابل هیدرولیز یا تانن کندانه [۱]

ایران و ۱۶۴۰۰۰ هکتار جنگل‌های ارسباران واقع در شمال غربی ایران پراکنده شده‌اند؛ از این تعداد، ۱۰ گونه که دارای پراکنش بیشتری می‌باشند انتخاب گردید [۳]. از بین آن‌ها گونه *Quercus Brantii sub Belangri* که حاوی ۹/۷ درصد تانن می‌باشد به عنوان گونه منتخب، برگزیده و در مراحل بعدی از آن استفاده شد [۳].

دو ماده مؤثره در انجام واکنش شیمیایی با کروم و نیکل، اسید گالیک و اسید تانیک می‌باشد [۵]. هر یک از این ترکیبات

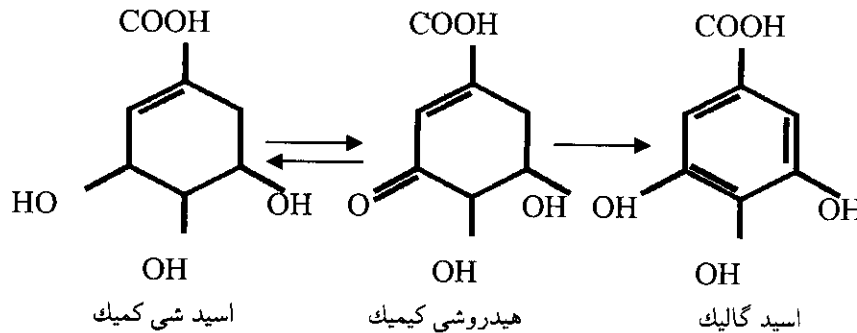
محققین کشور کره با مطالعه بر روی گونه‌های مختلف بلوط موجود در آن کشور در مرحله اول، درصد تانن هرگونه را مورد شناسایی قرار داده سپس گونه منتخب را پس از عصاره‌گیری در تماس با غلظت‌های مشخصی کروم و نیکل قرار داده و راندمان حذف را مورد بررسی قرار داده‌اند [۸].

با توجه به این‌که در حدود ۲۳ گونه و زیرگونه بلوط در ایران شناسایی شده و این گونه‌ها در ۵/۲ میلیون هکتار جنگل‌های غرب ایران، ۱/۸ میلیون هکتار جنگل‌های شمال

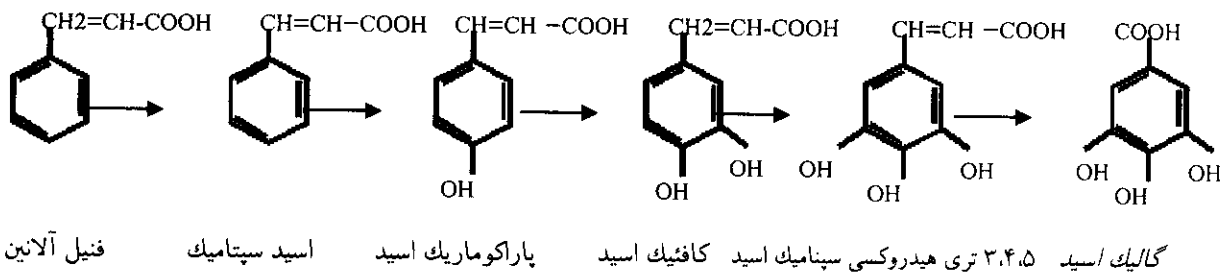
می‌باشد در اثر ترکیب استات و اسید شی‌کیمیک تولید می‌گردد

[۹].

از طریق یک روش بیوسنتزیک تولید می‌گردد. که نمونه این تغییرات در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است [۵]؛ همچنین در بیوسنتز کاتشین که یکی از مواد اولیه تانن‌های کندانسه



شکل ۳. بیوسنتز اسید گالیک از طریق شی‌کیمیک اسید [۵]



شکل ۴. بیوسنتز اسید گالیک از طریق فنیل آلانین [۵]

از میان ۲۳ گونه و زیرگونه بلوط که در مناطق مختلف ایران رویش می‌نماید، ۱۰ گونه و زیرگونه که از نظر پراکنش، سطح وسیع‌تری از جنگل‌ها را پوشش می‌دهد انتخاب و طی سفری به ۱۲ استان کشور به مدت ۳ ماه و نیم، کلیه نمونه‌های لازم جمع‌آوری گردید. میوه بلوط پس از انتقال به آزمایشگاه بر روی سینی‌های فلزی سوراخ‌دار قرار گرفته و در سایه، خشک گردید. پس از خشک شدن اولیه مقدار مشخصی از میوه گونه‌های مختلف با ترازوی دقیق وزن شده سپس با دستگاه فور و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت کاملاً خشک گردید و میزان رطوبت هر نمونه اندازه‌گیری شد [۲].

این طریقه بیوسنتزی در مورد تمام مواد فلاونوئیدی محقق است. به نظر می‌رسد که از تجمع پلی‌فنل ساده نظیر کاتشین (Catechin)، اپی‌کاتشین (Epicatechin)، فلاوان (Flavan) و پروسیانیدین (Procyanidin) ایجاد می‌گردد [۹]. هدف از این بررسی امکان حذف و مطالعه درصد حذف فلزاتی نظیر کروم و نیکل موجود در آب‌های زیرزمینی آلوده و نیکل موجود در آب‌های زیرزمینی آلوده به فاضلاب‌های صنعتی است که در اثر تماس با عصاره تانن‌دار میوه بلوط کیلاته شده از محیط واکنش جداسازی می‌گیرند.

مواد و روش‌ها

شد و در مرحله ته‌نشینی پس از گذشت ۱۵ دقیقه از يك اینچی زیر سطح نمونه به کمک پیست جهت آزمایش کدورت، PH و تعیین مقدار فلز باقی مانده، نمونه‌برداری و بهترین شرایط PH و کدورت برای هر آزمایش ارزیابی گردید [۱۲]. دستگاه کدورت‌سنج مورد استفاده به نام HACH مدل 2001 A و مقادیر اندازه‌گیری شده بر حسب NTU (Nephelometric turbidity unit) بود. همچنین دستگاه بی‌اج متر به نام Beckman مدل 310 برای اندازه‌گیری PH و دستگاه جذب اتمی Oriental Instruments مدل ANA 180 به کار گرفته شد.

برای کلیه فلزات، ۴ مرحله آزمایش به شرح زیر انتخاب گردید. در مرحله اول ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره تانن‌دار به‌علاوه ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم، در مرحله دوم ۵۰ میلی‌گرم عصاره تانن‌دار به‌علاوه ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم، در مرحله سوم ۵۰ میلی‌گرم عصاره تانن به تنهایی و در مرحله چهارم ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسید کلسیم به تنهایی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایشات فوق در جدول ۱ تا ۳ خلاصه گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مجموع اطلاعات جمع‌آوری شده و مقایسه آن‌ها با مدل‌های آماری، مشخص گردید که آنالیز واریانس دو عامله با يك تکرار در هر خانه، قابلیت تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده را دارد [۴]. در این آزمون اگر در هر خانه از آزمایش عاملی مانند $p \times q$ فقط يك مشاهده وجود داشته باشد نمی‌توان هیچ تغییر درون‌خانه‌ای را مشاهده کرد. بنابراین هیچ برآورد مستقیمی از خطای آزمایش نخواهیم داشت. از بین مدل‌های دیگر، می‌توان دو مدل زیر را به عنوان زیربنای داده‌های مشاهده شده پذیرفت.

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij} + \alpha\beta_{ij}$$

در فرمول ۱ هیچ‌گونه اثر متقابل را پذیرا نشده‌ایم، بنابراین

تمام منابع تغییر به غیر از اثرهای اصلی به عنوان قسمتی از

از میان روش‌های متداول در عصاره‌گیری از گیاهان، روش خیساندن (Maceration) انتخاب و به شرح زیر انجام گردید. ۱۰ گرم میوه بلوط نیم کوب شده را پس از توزین در داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتر که حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر می‌باشد، ریخته و مدت ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده می‌شود؛ آن‌گاه نمونه‌ها را روی بن ماری به مدت ۲ ساعت گرم کرده و عمل صاف کردن روی آن انجام شد. تفاله مانده روی فیلتر کاغذی را مجدداً با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت تماس داده و مراحل صاف کردن و شستشوی فیلتر را تکرار و حجم نهایی به ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شود [۵].

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص گردید گونه *Quercus Brantii sub Belangri* که از مناطق نهاوند در ناحیه کوه گرین و پاوه در ناحیه اورامان جمع‌آوری گردیده بیشترین مقدار تانن (حدود ۹/۷ درصد) را شامل می‌شود، لذا در کلیه مراحل آزمایشات بعدی از عصاره بلوط نواحی فوق استفاده گردید.

در این مرحله با توجه به بررسی‌های انجام شده ابتدا در شرایط آزمایشگاهی تعداد ۶۰ نمونه آب حاوی مقادیر مختلف کروم و نیکل با غلظت معلوم در ۱۲ گروه و با غلظت و شرایط محیطی مختلف تهیه شد. با روش نمونه‌برداری غیراحتمالی و تجربی اثرات متقابل عصاره تانن، هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به‌صورت جداگانه و هم‌زمان مورد مطالعه قرار گرفت.

در این آزمایش از ۶ بشر ۱/۵ لیتری یکنواخت با يك لیتر نمونه استفاده شد و با آزمایشات متعدد مشخص گردید بهترین غلظت، جهت تشکیل فلوک (Floc) و ته‌نشینی مطلوب طبق زمان استاندارد با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیدروکسید کلسیم، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیدروکسید سدیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جوهر بلوط قابل دست‌یابی است [۱۰]. در مرحله اول (اختلاط سریع)، نمونه‌ها به مدت يك تا دو دقیقه و با سرعت ۸۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه کاملاً مخلوط گردید. سپس در مرحله اختلاط کند، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۲۰ دور در دقیقه به منظور افزایش حجم فلوک‌های تشکیل شده، مخلوط

می‌دهد. هم‌چنین چنان‌چه از دو ماده کمک منعقدکننده هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به منظور کنترل PH استفاده گردد و غلظت‌های یک تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به محیط نمونه اضافه شود؛ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در هر دو ماده کمک منعقدکننده با راندمانی در حدود ۸۰ تا ۸۶ درصد میزان ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کروم +۶ ظرفیتی را به ۱۰ تا ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر کاهش می‌دهد. هم‌چنین نتایج بدکارگیری هیدروکسید سدیم نشان می‌دهد که کدورت نمونه را از ۸ تا ۲۸ واحد NTU را به صفر کاهش داده است.

خطای آزمایش به حساب می‌آیند. در فرمول ۲ یک جمله اثر متقابل پذیرفته شده است. انتخاب مقیاس اندازه‌گیری، ملاک اصلی است که تا حدی مناسب بودن فرمول‌های ۱ یا ۲ را توجیه می‌کند. با توجه به مجموع آزمون‌های مقدماتی نظیر آزمون توکی، فرمول ۱ برای حالتی که در هر خانه یک تک مشاهده وجود داشته باشد انتخاب گردید [۴].

با توجه به آزمون آنالیز واریانس دو عامله با یک تکرار در هر خانه نتایج زیر ارزیابی گردید.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که استفاده از غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره تانن‌دار، بهترین راندمان حذف را نشان

جدول ۱. بررسی تغییرات pH، کدورت کروم (+۶) با غلظت اولیه ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به کمک هیدروکسید کلسیم و عصاره تانن‌دار هیدروکسید سدیم و عصاره تانن‌دار

ردیف	pH اولیه	کدورت اولیه NTU	عصاره تانن‌دار PPM	تغییرات غلظت PPM ^{(1),(2)*}	Ca(OH) ₂ ⁽¹⁾			NaOH ⁽²⁾		
					pH اولیه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه	pH ثانویه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه
۱	۵/۹	۸	۵۰	۱	۵/۶	۷	۴۱	۵/۸	۰	۴۵
۲	۶/۱	۵	۵۰	۵	۵/۷	۴	۲۴	۶	۰	۳۹
۳	۶/۴	۷	۵۰	۱۰	۶/۱	۶	۲۳	۶/۲	۰	۲۷
۴	۶/۷	۱۵	۵۰	۲۰	۶/۴	۱۰	۱۷	۶/۴	۰	۲۳
۵	۸/۶	۲۸	۵۰	۵۰	۶/۷	۰	۱۰	۶/۹	۰	۱۲
۶	۱۱/۳	۱۸	۵۰	۱۰۰	۱۰/۹	۸	۰	۱۰/۶	۰	۰

* تغییرات غلظت هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم اضافه شده در ستون‌های (۱) و (۲) به محیط واکنش به عنوان عامل کنترل کننده pH

میزان ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، کروم +۳ ظرفیتی را به ۱۴ تا ۱۸ میلی‌گرم بر لیتر کاهش می‌دهد و در صورتی که بخواهیم میزان راندمان را به ۸۰ تا ۸۶ درصد افزایش دهیم باید میزان کمک منعقدکننده‌ها را به ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برسانیم. هم‌چنین با اضافه کردن ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ماده کمک منعقدکننده، میزان کدورت نمونه تا ۱۰۰ درصد حذف می‌گردد.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که استفاده از غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره تانن‌دار، بهترین راندمان حذف را نشان می‌دهد. هم‌چنین چنان‌چه از دو ماده کمک منعقدکننده استفاده گردد و غلظت‌های یک تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به محیط اضافه شود؛ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در هر دو ماده کمک منعقدکننده با راندمانی در حدود ۶۴ تا ۷۲ درصد

جدول ۲. بررسی تغییرات pH، کدورت کروم (+۳) با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر به کمک هیدروکسید کلسیم و عصاره تانن دار هیدروکسید سدیم و عصاره

تانن دار

NaOH ⁽²⁾			Ca(OH) ₂ ⁽¹⁾			تغییرات غلظت PPM ^(1,2)	عصاره تانن دار PPM	کدورت اولیه NTU	pH اولیه	شماره
غلظت ثانویه	کدورت ثانویه	pH ثانویه	غلظت ثانویه	کدورت ثانویه	pH اولیه					
۴۵	۰	۲/۷	۴۳	۰	۲/۶۸	۱	۵۰	۲	۳/۷	۱
۳۷	۰	۲/۸	۳۱	۰	۲/۷۵	۵	۵۰	۲	۳/۸	۲
۳۴	۰	۳/۹	۲۴	۰	۴/۱۵	۱۰	۵۰	۲	۴/۲	۳
۲۷	۰	۴/۷۵	۱۹	۱	۴/۹	۲۰	۵۰	۳۴	۵/۴	۴
۱۸	۰	۵/۳	۱۴	۱	۵/۵	۵۰	۵۰	۳۷	۵/۹	۵
۱۳	۰	۶/۲	۱۰	۱	۸/۷	۱۰۰	۵۰	۹۰	۹/۸	۶

با راندمانی در حدود ۸۲ تا ۸۶ درصد میزان ۵۰ میلی گرم بر لیتر، نیکل را به ۸ تا ۹ میلی گرم بر لیتر برسانیم. همچنین با اضافه کردن ۱۰ میلی گرم بر لیتر ماده کمک منعقدکننده، میزان کدورت تا ۸۴ درصد حذف می گردد.

نتایج جدول ۳ نشان می دهد که استفاده از غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار، بهترین راندمان حذف را نشان می دهد. همچنین چنانچه از دو ماده منعقدکننده استفاده گردد و غلظت های یک تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر به محیط اضافه شود؛ در غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر در هر دو ماده کمک منعقدکننده

جدول ۳. بررسی تغییرات pH، کدورت و نیکل با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر به کمک هیدروکسید کلسیم و عصاره تانن دار هیدروکسید سدیم و عصاره

تانن دار

NaOH ⁽²⁾			Ca(OH) ₂ ⁽¹⁾			تغییرات غلظت PPM ^(1,2)	عصاره تانن دار PPM	کدورت اولیه NTU	pH اولیه	شماره
غلظت ثانویه	کدورت ثانویه	pH ثانویه	غلظت ثانویه	کدورت ثانویه	pH اولیه					
۲۳	۱۰	۷/۵	۱۵	۹	۷/۵	۱	۵۰	۱۱	۷/۵	۱
۱۶	۱۲	۷/۹	۱۲	۱۱	۸/۰	۵	۵۰	۱۵	۷/۹	۲
۹	۸	۸/۴	۸	۱۸	۸/۵	۱۰	۵۰	۲۵	۸/۳	۳
۰	۸	۸/۹	۵	۲۵	۹/۱	۲۰	۵۰	۳۲	۸/۷	۴
۰	۴	۱۱/۳	۰	۴۵	۱۱/۵	۵۰	۵۰	۵۲	۱۱/۱	۵
۱۵	۱۰	۱۱/۶	۵	۵۸	۱۱/۷	۱۰۰	۵۰	۶۵	۱۱/۵	۶

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی که امکانات مالی و آزمایشگاهی لازم جهت انجام این تحقیق فراهم نموده اند اعلام می‌نمایم.

نتایج جدول ۴ که بر مبنای آنالیز واریانس دو عامله با یک تکرار در هر خانه، تدوین گردیده نشان می‌دهد که اثر کنترل‌کننده‌های PH برای حذف نیکل دارای تفاوت معنی‌داری است، در حالی که این اثر برای کروم +۳ و +۶ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد. همچنین تأثیرات نوع غلظت در رابطه با هر دو نوع کمک منعقدکننده، دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۴. آنالیز واریانس میزان غلظت‌های ثانویه کروم (+۳) و (+۶) و نیکل با در نظر گرفتن دو ماده هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم در مجاورت عصاره تان‌دار

منابع تغییرات	مجموع مربعات خطا	درجه آزادی	میانگین مربعات خطا	مقدار F	P-Value*
میانگین تأثیرات (۱)	۱۵۲۲/۵	۶	۲۵۲/۷۵	-	-
اثر کنترل کننده های PH (۲)	۹۰/۷۵	۱	۹۰/۷۵	۱۹/۱۱	۰/۰۰۶
اثر نوع غلظت (۳)	۱۴۳۱/۷۵	۵	۲۸۶/۳۵	۶۰/۲	۰/۰۰۰
میزان خطا (۴)	۲۳/۷۵	۵	۴/۷۵	-	-
کل برای نیکل	۱۵۴۶/۲۵	۱۱	۱۴۰/۵۷	-	-
(۱)	۲۳۷۷/۸۳	۶	۳۹۶/۳۱	-	-
(۲)	۸۰/۱	۱	۸۰/۱	۵/۸۵	۰/۰۰۶
(۳)	۲۲۹۷/۷۵	۵	۴۵۹/۵۵	۲۳/۵۹	۰/۰۰۰۱
(۴)	۶۸/۴۲	۵	۱۳/۶۸	-	-
کل برای کروم (+۶)	۲۴۴۶/۲۵	۱۱	۲۲۲/۳۹	-	-
(۱)	۵۷۶/۸۳	۶	۹۶/۱۴	-	-
(۲)	۱۴/۱	۱	۱۴/۱	۱/۳۷	۰/۱۸۶
(۳)	۵۶۲/۷۵	۵	۱۱۲/۵۵	۱۰/۹۴	۰/۰۲۶
(۴)	۵۱/۴۲	۵	۱۰/۲۸	-	-
کل برای کروم (+۳)	۶۲۸/۲۵	۱۱	۵۷/۱۱	-	-

*P>0.05 دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد

منابع

- [6] Hegnauer R. Chemotaxonomie der Pflanzen. Basel, Stuttgart: Birkhäuser Verlag; 1966. p. 141 – 155.
- [7] Jennet CJ, Wixson BG. Industrial treatment of heavy metals to protect aquatic systems in the new Belt area. Proceeding of the 30th Annual Purdue Industrial Waste Conference; 1973; West Lafayette, Indiana. p.1173-1179.
- [8] Myung WY, Jang JP. Treating wastewater to remove heavy metal ions, patent, Korea Atomic Energy Research Institute, Republic of Korea, 1995; 73: 135-142.
- [9] Robbers JE, (editor) Pharmacobiotechnology, 5th ed. New York: Williams & Wilkins; 1966, p. 140-145.
- [10] Weber TJ. Industrial wastewater treatment. 1st ed. Indiana: McGraw Hill books company; 1985. p. 794 – 818.
- [11] Evans WC, Evans D. (editors) Trease and Evans. Pharmacognosy, 14th ed. W.B. Saunders; 1966. p. 232-224.
- [12] Walter J, Weber JR. (editors) Physicochemical processes for water quality control. 2nd ed. England: Wiley – Interscience; 1972. p.120-130.

- [۱] آئینه‌چی یعقوب، مفردات پزشکی و گیاهان دارویی ایران. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲، صفحات ۱۳۵-۱۳۰.
- [۲] پورشفیغ زنگنه هوشنگ. گالهای قابل بهره‌برداری بلوط. پایان‌نامه فوق‌لیسانس، کرج: دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.
- [۳] سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، دفتر جنگل‌های خارج از شمال، گزارش اجمالی از عمل‌کرد طرح طوبی، دفتر روابط عمومی و بین الملل، ۱۳۷۸، صفحات: ۱۴۱-۱۵۶.
- [۴] سرمد زهره، اسفندیاری مهتاش. اصول آماری در طرح آزمایش‌ها. جلد اول، تهران: انتشارات نشر دانشگاهی، ۱۳۶۹.
- [۵] متوسلیان محمود. اندازه‌گیری مواد موجود در مغز دانه بلوط. پایان‌نامه دکتری داروسازی، تهران: دانشکده داروسازی علوم پزشکی تهران، ۱۳۵۹.