فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۳۱، زمستان ۹۳

کاربرد و کارایی پسماندهای کشاورزی در حذف فلزات سنگین و رنگ از آب و پساب : مطالعات جذب بهینه

محمدصادق نیکنام [۱]

افسانه شهبازی [۲*]

a_shahbazi@sbu.ac.ir

جواد فرجلو [۳]

چکیده

فرایند جذب سطحی به عنوان یکی از کاراترین و پرکاربردترین فناوری‌های تصفیه آب و پساب در جهان به شمار می‌رود. تاکنون تلاش‌های ارزنده‌ای به منظور توسعه جاذب‌های ارزان قیمت با استفاده از پسماندهای کشاورزی، صنعتی و شهری انجام شده است. استفاده از پسماندهای کشاورزی به عنوان جاذب‌های کم هزینه، باتوجه به سهم خود در کاهش هزینه‌ها برای دفع پسماند و کمک به حفاظت از محیط‌زیست، مناسب می‌باشند. در این تحقیق کارایی و ظرفیت جذب انواع پسماندهای کشاورزی در حذف آلاینده‌های خطرناک مانند فلزات سنگین و رنگ‌های آلی از محیط‌های آبی گردآوری و مورد مقایسه قرار گرفته است. بررسی منابع نشان داد که پسماندهای کشاورزی پتانسیل خوبی برای حذف آلاینده‌های مورد نظر دارند. از میان منابع مورد بررسی، در مورد فلزات سنگین، بیشترین کارایی جذب مربوط به سبوس برنج، پوست سبز پسته و پوست پرتقال با کارایی بیش از ۹۹ درصد جذب و کمترین آن مربوط به پوست انار با ۵۵ درصد حذف می باشد. در مورد رنگ‌ها، بیشترین کارایی حذف رنگ مربوط به پوست فندق، ساقه ذرت و پوست پسته با بازدهی بیش از ۹۹ درصد و کم‌ترین کارایی حذف رنگ مربوط به پسماند پوست سیب زمینی با ۴۴ درصد حذف رنگ انتخابی می‌باشد.

کلمات کلیدی: تصفیه پساب، پسماند کشاورزی، فلز سنگین، رنگ، جذب سطحی، راندمان جذب.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۲- استادیار پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران *(مسئول مکاتبات).

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

مقدمه

محدودیت منابع آبی، خطر بحران آب در کشور و اهمیت بازیابی مجدد آب به همراه افزایش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به وسیله فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های حاصل از فاضلاب‌ها، یافتن راه حل‌های مؤثر و اقتصادی محیط‌زیستی را در جهت حذف این مواد از منابع آبی ضروری می‌سازد. در این راستا استفاده از پسماندهای ارزان قیمت می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد. (۱) پسماندهای کشاورزی در میان بیوجاذب‌ها بیشترین کاربرد را دارند. مزیت‌های این ترکیبات شامل هزینه کم، بازده مناسب، حداقل ضایعات و مواد باقیمانده و قابل بازیافت کردن می‌باشد (۲). پسماندهای میوه و گیاهی تولید شده در مقادیر نجومی در فرآیند صنایع کشاورزی و غذایی اغلب باعث مزاحمت در لندفیل‌ها به علت زیست تخریب پذیری بالا می‌شوند . جذب زیستی توسط این پسماندها می‌تواند به عنوان تکنیک موثری برای حذف فلزات سنگین و رنگ از پساب باشد(۳). حذف رنگ از پساب یک موضوع نگران کننده‌ای است که از نقطه نظر حس زیبایی شناختی و بهداشت اهمیت دارد و به همین دلیل حذف رنگ از فاظلاب نساجی در مقیاس صنعتی در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است (۴). امروزه با گسترش کاربرد رنگ‌ها در صنایعی نظیر نساجی، صنایع غذایی، کاغذ، فرش بافی، پلاستیک، لاستیک، لوازم بهداشتی- آرایشی و با در نظر گرفتن این مطلب که حدود ۱۵ درصد از این رنگ‌ها که غالبا به دلیل پایداری زیاد زیست تخریب ناپذیر بوده و آلوده‌کننده‌های محیط‌زیست به شمار می‌آیند، در مراحل مختلف تولید، در قالب پساب‌های رنگی، وارد محیط زیست می‌گردند. رنگینه‌های مصرفی در صنایع شامل دو گروه محلول در آب و نامحلول در آب هستند. که این رنگینه‌ها موجب تغییر رنگ پساب در آب شده که حتی در غلظت‌های بسیار پایین هم توسط هر شخصی قابل شناسایی هستند. بسیاری از رنگ‌ها به دلیل داشتن ساختمان آروماتیکی، در برابر تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند. برخی از این رنگینه‌ها علاوه بر سمی بودن بر حیات ماهی‌ها، سیستم بیولوژیک آن‌ها را نیز تهدید می‌کنند. همچنین رنگینه‌ها بر روی محیط زیست (اکوسیستم) رودخانه تاثیر غیرمستقیم داشته و خطر جدی محسوب می‌شوند. رنگینه‌ها حتی در غلظت بسیار پایین هم موجب کاهش زلالی و شفافیت آب می‌شوند و با کاهش نفوذ نور بر روی فعالیت‌های فتوسنتزی و فتوشیمیایی اثر می‌گذارند. وجود رنگینه‌ها در رودخانه‌ها و آب‌های سطحی به دلیل قابل رویت بودنشان حتی در غلظت‌های بسیار پایین (میلی گرم در لیتر) از نظر زیبایی‌شناسی غیر قابل قبول هستند. بنابراین کارخانه‌های استفاده کننده از این رنگ ها همیشه ملزم به استفاده از تکنیک‌های موثر و مناسب از نظر اقتصادی برای حذف این رنگینه‌ها می‌باشند (۵).

حضور فلزات سنگین در فاضلاب‌های صنعتی، مشکلی عمده در تخلیه آنها به آب‌های سطحی به حساب می‌آید. برخی از فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیوم، مس، کروم و نیکل حتی در مقادیر بسیار جزیی نیز سمی می باشند. (۶،۷). فلزات سنگین عناصری هستند که به علت پایداری و خاصیت تجمع بیولوژیکی، اثرات مضری بر سلامتی انسان داشته و به عنوان آلاینده‌های مقدم توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالت- متحده لیست شده‌اند. تجمع فلزات سنگین در زنجیره غذایی و پایداری آن‌ها در طبیعت، و همچنین تخلیه آن‌ها توسط بسیاری از فعالیت‌های صنعتی، پدیده ای شناخته شده می‌باشد. افزایش فعالیت صنعتی همواره دلیل اصلی اغلب مشکلات الودگی محیط‌زیستی و تخریب اکوسیستم بوده و موجب تجمع آلاینده‌هایی نظیر فلزات سمی (کروم، مس، سرب، کادمیوم، روی، نیکل و غیره) می‌گردد. آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی، رسوبات، آب‌های سطحی و هوا با مواد شیمیایی خطرناک و سمی، مشکلات اساسی را هم برای سلامت انسان و هم برای محیط‌زیست ایجاد می‌نماید که مخصوصا فلزات سنگین به عنوان آلاینده های خطرناک مورد توجه می‌باشند. حضور آن‌ها در فاضلاب برخی فرآیندهای صنعتی نظیر آبکاری،

پرداخت فلزات، عملیات استخراج و ذوب فلزات، دباغی، کارخانجات تولید مواد شیمیایی، معدن‌کاری و ساخت باتری، سبب ایجاد نگرانی‌های محیط‌زیستی بیشتری بواسطه سمیت آنها حتی در غلظت‌های کم شده است. (۸) انواع روش‌های حذف فلزات سنگین شامل رسوب دهی شیمیایی، تبادل یونی، استخراج با حلال، اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، نانو فیلتراسیون و روش جذب سطحی می‌باشد که خود روش جذب سطحی با مواد گوناگونی صورت می گیرد که مهم‌ترین آنها شامل کربن فعال، اکسید فلزات، نانو لوله های کربنی و بیو جاذب‌ها می‌باشد (۹).

در حال حاضر علاقه رو به رشدی در استفاده از مواد تجاری در دسترس و کم هزینه برای حذف فلزات سنگین وجود دارد. مزایای عمده تکنولوژی‌های جذب تاثیر آن‌ها در کاهش یون‌های فلزات سنگین به سطح خیلی پایین با استفاده از مواد جاذب ارزان قیمت می‌باشد (۱۰). در صورتی که استفاده از کربن فعال که متداول است نسبت به روش ایمن و اقتصادی استفاده از پسماندهای کشاورزی بسیار پر هزینه می‌باشد (۱۱). علاوه بر این مجموعه وسیعی از مواد بیولوژیکی، بویژه باکتری‌ها، جلبک‌ها ، مخمرها و قارچ‌ها توجه زیادی را برای حذف و بازیابی فلزات سنگین با توجه به عملکرد خوب خود، هزینه کم و مقادیر در دسترسشان دریافت کرده اند (۱۲).

مطالعات متعددی در این زمینه در سطح جهان انجام شده است که در ادامه به چند مورد از این مطالعات اشاره می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط Patel در سال ۲۰۱۲ انجام گرفت، پتانسیل پسماندهای میوه و گیاهی به عنوان بیوجاذب‌های جدید مورد بررسی قرار گرفت (۳). مطالعه دیگری که توسط Wang و Chen در سال ۲۰۰۹ انجام گرفت، بررسی جاذب‌های زیستی برای حذف فلزات سنگین مورد توجه قرار گرفت و ظرفیت بیوجاذب های مختلف برای حذف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت (۱۲). مطالعات دیگری نیز در این رابطه انجام پذیرفته است که می‌توان به قابلیت پسماندها و محصولات فرعی کشاورزی یرای حذف فلزات سنگین از پساب توسط Nguyen و همکاران در سال ۲۰۱۳(۱۱) حذف فلزات سنگین از پساب با استفاده از پسماندهای کشاورزی به عنوان جاذب توسط Ahmad Khan و همکاران در سال ۲۰۰۴ (۲) و در نهایت حذف رنگ با استفاده از پسماندهای کشاورزی به عنوان جاذب‌های کم هزینه توسط Bharathi و Ramesh در سال ۲۰۱۳ (۴) اشاره کرد. و لذا هدف از انجام این مطالعه، بررسی کاربرد و کارایی پسماندهای کشاورزی به عنوان جاذب‌های کم‌هزینه در حذف آلاینده‌های فلزی و آلی از پساب و شرایطی که حداکثر جذب آلاینده را به دنبال دارد و نیز مقایسه بین جاذب‌های مختلف در حذف فلزات سنگین و رنگ می‌باشد تا بتوان در انتخاب جاذب برای حذف آلاینده مورد نظر مناسب‌ترین تصمیم را اتخاذ کرد. همچنین می‌توان کارایی جاذب‌های کم‌هزینه از قبیل پسماندهای کشاورزی در حذف آلاینده‌ها و استفاده از آن‌ها به عنوان جایگزین مناسب جاذب‌های هزینه بر را اثبات کرد.

۲- حذف رنگ و فلز از آب و پساب

۲-۱ روشهای حذف

با استفاده روز افزون از آب برای مصارف شهری و صنعتی ارزیابی مداوم کیفیت آب اهمیت زیادی دارد. انتخاب فرایند تصفیه آب کار پیچیده ای است که باید عواملی از قبیل فضای در دسترس برای ساخت و ساز تاسیسات تصفیه خانه، قابلیت تجهیزات تکنولوژیکی، محدودیت‌های دفع زباله، کیفیت آب تصفیه شده، سرمایه و هزینه‌های عملیاتی در نظر گرفته شود. در تصفیه پساب فرایندهایی از جمله فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز است. برای کنترل آلودگی آب تکنیک‌های مختلف با درجه موفقیت‌های مختلف وجود دارد که می‌توان به انعقاد، فوم شناور، فیلتراسیون ، تبادل یونی، فرایندهای پیشرفته اکسیداسیون ، استخراج با حلال، جذب سطحی، الکترولیز، کاهش میکروبی و لجن فعال نام برد. با این حال بسیاری از آنها هزینه‌های زیادی را می‌طلبد و استفاده از آن‌ها فارغ از بازدهی بالا در کنترل آلودگی، محدود شده است. در میان تکنولوژی‌های موجود تصفیه آب، فرایند جذب سطحی

به‌دلیل راحتی، سهولت عمل و سادگی طراحی مناسب‌تر است. واژه جذب سطحی به تجمع ماده در رابط بین دو فاز از قبیل جامد و مایع یا جامد و گاز اشاره دارد. ماده‌ای که در رابط تجمع می‌یابد جذب شونده و جامدی که در آن جذب سطحی اتفاق می‌افتد جاذب نام دارد. به طور کلی فرایند جذب عمدتا برای حذف حل شونده از محلول و گازها از هوا استفاده می‌شود. در سطح مواد جامد نیروهای جاذبه نامتعادلی وجود دارد که مسئول جذب سطحی می‌باشد. در مواردی نیز جذب سطحی به‌دلیل نیروهای ضعیف واندروالسی جذب فیزیکی نامیده می‌شود. از سوی دیگر ممکن است یک پیوند شیمیایی بین مولکول‌های جاذب و جذب شونده بر قرار شود که به این نوع جذب، جذب شیمیایی می‌گویند (۱۳).

۲-۲ جاذب‌های تجاری

تعدادی از مواد به طور گسترده به عنوان جذب کننده در کنترل آلودگی آب مورد مطالعه قرار گرفتند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها شامل سیلیکا ژل ، آلومینای فعال، زئولیت، کربن فعال و غیره می‌باشند که در زیر مختصری از خصوصیات آنها آمده است.

۲-۲-۱ سیلیکا ژل

سیلیکا ژل به سه نوع طبقه بندی می شود: ژل‌های با تراکم منظم، متوسط و کم. سیلیکا ژل با تراکم منظم در اسید آماده می‌شود و سطح متوسط و بالایی دارد(به عنوان مثال $۷۵۰ m^۲/g$). سیلیکا ژل با تراکم متوسط و کم سطح پایینی دارند(به ترتیب ۳۰۰ -۳۵۰ و ۱۰۰-۲۰۰$m^۲/g$). این نوع ژل در بسیاری از صنایع به عنوان جاذب خوب مطرح است. همچنین فرم اصلاح شده سیلیکا ژل برای حذف آلاینده های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۱۴).

۲-۲-۲ آلومینای فعال

آلومینای فعال شامل یکسری از اشکال غیر تعادلی از اکسید آلومینیم نیمه هیدروکسیله می‌باشد. این ماده برای حذف آب از مایعات آلی از جمله بنزین، نفت سفید، روغن، هیدروکربن‌های آروماتیک و بسیاری از هیدروکربن‌های کلره استفاده می‌شود و سطح آن ۲۰۰-۳۰۰ $m^۲/g$ می باشد (۱۵).

۲-۲-۳ زئولیت‌ها

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌هایی با نسبت آلومینیوم به سیلیکات (Si/Al) ۱ و بی‌نهایت هستند. ۴۰ نوع زئولیت طبیعی و بیش از ۱۰۰ نوع زئولیت مصنوعی وجود دارد که به عنوان زئولیت‌های انتخابی در نظر گرفته می‌شوند. مواد زئولیت پایه بسیار متنوع هستند و استفاده عمده آن‌ها شامل تولید شوینده، رزین‌های تبادل یونی، استفاده‌های کاتالیتیکی در صنعت نفت، فرایند جداسازی(به عنوان مثال غربال مولکولی) و به عنوان یک جاذب برای آب، دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن است. زئولیت‌های گوناگون برای حذف آلاینده‌ها نیز به کار برده می‌شوند (۱۶).

۲-۲-۴ کربن فعال

بی‌شک کربن فعال به عنوان محبوب‌ترین جاذب شناخته می‌شود و به طور گسترده‌ای در تصفیه خانه‌های فاضلاب سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیش از استفاده از کربن فعال امروزی از زغال چوب به عنوان جذب کننده در تصفیه پساب استفاده می‌شد. کربن فعال با فرایند دهیدریداسیون و کربنه شدن مواد اولیه و سپس فعال‌سازی آن تولید می‌شود. محصول بدست آمده به عنوان کربن فعال شناخته می‌شود و به طور کلی دارای ساختار بسیار متخلخل با سطح بزرگ در محدوده ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ $m^۲/g$ می‌باشد. کربن فعال به عنوان یک جذب کننده چند منظوره تلقی می‌شود که می‌تواند انواع مختلف آلاینده‌ها را از قبیل یونهای فلزی، آنیون‌ها، رنگ‌ها، فنل‌ها، پاک کننده‌ها، افت‌کش‌ها، هیدروکربن‌های کلره و بسیاری از مواد شیمیایی دیگر را حذف کند. با وجود استفاده فراوان از کربن فعال، کاربردهای آن با توجه به هزینه بالای آن محدود شده است. بنابراین محققان به دنبال جذب کننده‌های سطحی کم هزینه برای کنترل آلودگی

آب هستند که فاکتور هزینه نقش برجسته‌ای را ایفا کند که برای این منظور تلاش‌هایی نیز برای جایگزین کردن جاذب‌های کم هزینه نیز صورت گرفته است. جاذب‌های کم هزینه جایگزین می‌تواند توسط طیف گسترده ای از مواد خام ارزان و فراوان، حاوی مواد آلی بالا و مواد معدنی کم تهیه شود که این‌ها به آسانی می تواند فعال شوند (۱۷).

۳- استفاده از پسماندهای کشاورزی در حذف فلز و رنگ از آب و پساب

محصولات کشاورزی بویژه آن‌هایی که حاوی سلولز هستند، ظرفیت بالقوه‌ای برای جذب آلاینده‌های مختلف از خود نشان می‌دهند. اجزای اصلی پسماندهای کشاورزی شامل همی سلولز، لیگنین، لیپیدها، پروتئین‌ها، قندهای ساده، آب، هیدروکربن‌ها، و نشاسته می‌باشد. از خصوصیات بارز پسماندهای کشاورزی می‌توان به اقتصادی بودن، سازگاری با محیط زیست با توجه به ترکیب شیمیایی منحصر به فرد، در دسترس بودن به مقدار زیاد، تجدید پذیر بودن، و هزینه کم می‌باشد که این موارد باعث شده است که این مواد به عنوان گزینه‌ای برای پالایش آب و پساب مطرح شوند. پسماندهای کشاورزی یک منبع غنی برای تولید کربن فعال به دلیل میزان کم خاکستر و سختی مناسب می‌باشد (۱۸). در نتیجه تبدیل پسماندهای کشاورزی به جاذب‌های کم هزینه، جایگزینی مطمئن برای حل مشکلات زیست محیطی و کاهش هزینه‌ها می‌باشد.

از میزان ضایعات محصولات کشاورزی در کشور ما برآوردهای متفاوتی ارایه می‌شود و در آخرین برآورد وزارت جهاد-کشاورزی، حجم ضایعات محصولات کشاورزی ۱۸/۸۵درصد اعلام شده است که از کل ۸۵ میلیون تن تولید محصولات کشاورزی، ۱۵/۳میلیون تن آن را ضایعات تشکیل می‌دهد. روند افزایشی ضایعات مواد غذایی، یکی از چالش‌های جدی اکثر کشورها به ویژه، کشورهای درحال توسعه می‌باشد و به همین سبب سیاستمداران و اندیشمندان مجامع علمی در جهان سوم درصدد برآمده‌اند تا برای کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در مراحل کاشت، داشت وبرداشت و مراحل توزیع و مصرف چاره اندیشی کنند. در کشور ما در حدود ۲۵ درصد درآمد نفتی، هر سال در قالب ضایعات محصولات کشاورزی از دست می رود به طوری که بی توجهی به صنایع تبدیلی و تکمیلی موجب شده است که هر سال معادل غذای ۱۵ میلیون نفر بر اثر ضایعات کشاورزی از بین برود. یکی از راهکارها برای کاهش هدررفت منابع استفاده‌های مجدد ممکن از این ضایعات است (۱۹،۲۰). در اینجا ضایعات مورد استفاده به عنوان جاذب در فرایند تصفیه آب و پساب اکثرا ضایعات مراحل برداشت و فراوری می‌باشد که دراینجا با نام پسماندهای کشاورزی مطرح است.

۳-۱ حذف فلزات سنگین با استفاده از پسماندهای کشاورزی

گونه‌هایی مختلفی از پسماندهای کشاورزی وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها فلزات سنگین را از آب و پساب حذف کرد. ازجمله پسماندهایی که در این رابطه کاربرد بسزایی دارند می‌توان به برگ، ساقه، هسته، پوست، میوه و غیره اشاره کرد که می‌توان از هر یک از این پسماندها در حذف فلزات سنگین بهره برد. در جدول (۱) به چند از این پسماندها و کارایی آن‌ها در حذف فلزات سنگین اشاره شده است. از میان فلزات سنگین اشاره شده در این جدول بیشترین حذف کروم، مس، نیکل، سرب،روی، کادمیوم، جیوه و کبالت به ترتیب توسط سبوس برنج، پوست پرتقال، زغال الیاف نارگیل، پوست پرتقال، زغال پوست پسته، پوست موز، زغال پوست بادام و کمپوست چای اتفاق افتاد. در نهایت از بین پسماندهای کشاورزی زیر بیش‌ترین کارایی جذب مربوط به سبوس برنج، پوست سبز پسته و پوست پرتقال با کارایی بیش از ۹۹ درصد جذب فلزات سنگین و کم‌ترین آن در مورد پوست انار با ۵۵ درصد حذف اتفاق افتاد.

جدول ۱- ظرفیت و یا کارایی پسماندهای کشاورزی مختلف در حذف فلزات سنگین از آب و پساب

شماره	جاذب	جذب شونده	غلظت فلز(mg/L)	دز جاذب(g)	pH بهینه	کارایی جذب(درصد)	ظرفیت جذب	منبع
۱	پوست موز	Cd	۱۰	۰/۱	۸	۹۷	-	۲۱
۲	پوست پرتقال	Cd	۰/۰۰۱ M	۰/۰۲۵	۶	۹۳/۷۲	-	۲۲
۳	ساقه افتابگردان	Cd	۱۲۰	۰/۵	۶	-	۱۷	۲۳
۴	میانبر پوست پرتقال	Cd	۲۰	۵	۵	۷۶/۴۶	-	۸
۵	میانبر پوست نارنج	Cd	۲۰	۵	۵	۹۱/۱۲	-	
۶	پوست گلابی	Cd	۲۵۰	۰/۲	۵	-	۰/۲۷	۲۴
۷	زغال پوست پسته	Cd	۱۲	۰/۵	۸	۷۴/۱	-	۲۵
۸	ساقه افتابگردان + HCL	Cd	۱۰	۱	۵/۵	۹۶/۴	-	۲۶
۹	سبوس گندم+NAHCO۳	Cd	۴۰	-	۷	۸۸	-	۲۷
۱۰	پوست پرتقال	Zn	۰/۰۰۱ M	۰/۰۲۵	۶	۸۷/۲۳	-	۲۲
۱۱	پوست پرتقال	Zn	۵۰	۰/۱	۵/۵	۸۶/۶	-	۲۸
۱۲	پوسته شلتوک	Zn	۱۰	۱	۵	-	۳۲/۳	۱
۱۳	خاک اره سپیدار	Zn	۱۰	۱	۵	-	۲۲	
۱۴	زغال پوست پسته	Zn	۶	۰/۵	۶	۹۸/۶	-	۲۹
۱۵	پوست پرتقال	Co	۰/۰۰۱ M	۰/۰۲۵	۶	۸۱/۰۶	-	۲۲
۱۶	کمپوست چای	Co	۵۰	۸	۶	۹۷/۵	-	۳۰
۱۷	پوست پرتقال	Ni	۰/۰۰۱ M	۰/۰۲۵	۶	۸۰/۱۱	-	۲۲
۱۸	پوست انار	Ni	۵۰	۱۰	۶	-	۵۲	۳۱
۱۹	پوست موز	Ni	۳۰۰	۱/۵	۵/۵	۹۱	-	۳۲
۲۰	ساقه افتابگردان	Ni	۲۳۰	۰/۵	۶	-	۳۲	۲۳
۲۱	کمپوست چای	Ni	۵۰	۸	۶	۹۷	-	۳۰
۲۲	خاک اره	Ni	۵	۱	۶	-	۵/۴۷	۳۳

۲۳	پوسته فندق	Ni	۵	۱	۶	-	۷/۶۸	
۲۴	پوسته بادام	Ni	۵	۱	۷	-	۵/۳۴	
۲۵	زغال الیاف نارگیل	Ni	۶	۰/۳	۴	۹۸	-	۳۴
۲۶	زغال پوست نارنج +H۳PO۴	Ni	۵۰	۱	۳	۹۵	-	۳۵
۲۷	زغال پوست کدو	Cr	۱۲۵	۶	۱	۹۱	-	۳۶
۲۸	پوست پرتقال	Cr	۱۰	۱	۳	-	۹/۴۳	۳۷
۲۹	سبوس برنج	Cr	۵	۲	۲	۹۹/۸	-	۶
۳۰	ساقه افتابگردان	Cr	۳۵	۰/۵	۶	-	۴۲	۲۳
۳۱	باگاس نیشکر	Cr	۲۰	۸	۱/۳	۶۸	-	۳۸
۳۲	میانبر پوست پرتقال	Cr	۲۰	۵	۵	۷۹/۸۵	-	۸
۳۳	میانبر پوست نارنج	Cr	۲۰	۵	۵	۹۵/۱	-	
۳۴	مخلوط خاک اره بنه و گردو	Cr	۱۰	۰/۴۸	۷	۵۷/۴۶	-	۳۹
۳۵	خاک اره	Cr	۵۰	۰/۰۵	۷	۸۳/۵	-	۴۰
۳۶	پوست سبز بادام	Cr	۲۰	۰/۲	۲	۹۹/۸۴	-	۴۱
۳۷	شلتوک کاساوا	Cu	۰/۰۲۳	۰/۰۲	۵/۵	۰/۱۴ mmol/g	-	۴۲
۳۸	پوست پرتقال	Cu	۵۰	۰/۱	۵/۵	۹۳/۷	-	۲۸
۳۹	پسماند چای	Cu	۱۰۰	۱/۵	۵/۵	۶۴	-	۴۳
۴۰	زغال پوست انار	Cu	۲۰	۰/۲۵	۵/۸	۹۰	-	۴۴
۴۱	پوست موز	Cu	۳۰۰	۱/۵	۵/۵	۸۷	-	۳۲
۴۲	کمپوست چای	Cu	۵۰	۸	۶	۹۸	-	۳۰
۴۳	پوست انار	Cu	۲۰	۰/۲۵	۵/۸	۵۵	-	۴۴
۴۴	سبوس گندم+NAHCO۳	Cu	۴۰	-	۷	۸۰	-	۲۷
۴۵	پوست پرتقال	fe	۳۰	۱	۳	-	۱۸/۱۹	۳۷
۴۶	پوست پرتقال	Th	۲۵۰	۲	۳/۴	-	۸۳/۳۳	۴۵
۴۷	پوست پرتقال	Pb	۲۰۰	۰/۱	۵/۵	۹۹/۴	-	۲۸
۴۸	پسماند چای	Pb	۲۰۰	۱/۵	۵/۵	۹۲	-	۴۳

۴۹	پوست انار	Pb	۵۰	۰/۲۵	۵/۶	۶۴	-	۴۴
۵۰	زغال پوست انار	Pb	۵۰	۰/۲۵	۵/۶	۸۵	-	
۵۱	پوست موز	Pb	۳۰۰	۱/۵	۵/۵	۹۳	-	۳۲
۵۲	پوست نارنج	Pb	۵	۵	۵	۹۵/۸	-	۴۶
۵۳	پوست گلابی	Pb	۲۵۰	۰/۲	۵	-	۰/۲۸	۲۴
۵۴	کمپوست چای	Pb	۵۰	۸	۶	۹۸	-	۳۰
۵۵	پوست پرتقال	Pb	۶۰	۳	۷	-	۲۲۸	۴۷
۵۶	مخلوط خاک اره بنه و گردو	Pb	۱۰	۰/۴۸	۷	۷۰/۱۷	-	۳۹
۵۷	زغال پوست کیوی+H_3PO_4	Pb	۰/۳۷	۰/۴	۵	۷۳	-	۴۸
۵۸	سبوس گندم	Hg	۱۰۰	۴	۶	-	۱۰/۵	۷
۵۹	پوست گلابی	Hg	۲۵۰	۰/۲	۵	-	۰/۲۵	۴۹
۶۰	زغال پوست گردو+H_3PO_4	Hg	۵	۰/۲	۶	۶۳/۲۸	-	۵۰
۶۱	زغال پوسته بادام	Hg	۵	۰/۲	۸	۶۶/۳۴	-	۵۱
۶۲	زغال پوسته گردو	Hg	۵	۰/۲	۶	۶۳/۲۸	-	

۳-۲ حذف رنگ با استفاده از پسماندهای کشاورزی

یکی دیگر از آلودگی‌هایی که می‌تواند بالقوه توسط پسماندهای کشاورزی توسط فرایند جذب سطحی حذف شود رنگ‌ها می‌باشد که در جدول (۲) به اختصار به چند نمونه از پسماندهای کشاورزی و کارایی آنها در حذف رنگ از آب و پساب اشاره شده است. از بین رنگ‌های اشاره شده در جدول زیر بیش‌ترین کارایی حذف رنگ مربوط به پوست فندق، ساقه ذرت و پوست پسته با بازدهی بیش از ۹۹ درصد و کمترین کارایی حذف رنگ در مورد پسماند پوست سیب زمینی با ۴۴ درصد حذف رنگ انتخابی اتفاق افتاد.

جدول ۲- ظرفیت و یا کارایی پسماندهای کشاورزی مختلف در حذف رنگ‌ها از آب و پساب

شماره	جاذب	جذب شونده	غلظت رنگ(mg/L)	دز جاذب(g)	pH بهینه	کارایی جذب(درصد)	منبع
۱	پوست پسته	متیلن بلو	۱۰۰	۰/۱۵	۸	۹۹/۷	۵۲
۲	ساقه ذرت	متیلن بلو	۵۰	۲	۵	۹۹/۹	۵۳
۳	خاکستر شلتوک برنج	متیلن بلو	۵۰	۳	۶/۸	۹۵	۵۴
۴	پوست گردو	متیلن بلو	۰/۵	۵	۷	۶۳/۴۵	۵۵
۵	سبوس برنج+ H_2SO_4	بازی فوشین	۲۵۰	۱	۶	۴۹/۹	۵۶

۶	سبوس برنج + HNO_3	بازی فوشین	۲۵۰	۱	۶	۵۴/۷۳	
۷	سبوس برنج + HCL	بازی فوشین	۲۵۰	۱	۶	۴۷/۸	
۸	پودر قهوه	رودامین بی	۱۵ M	۰/۰۵	۲	۷/۸ µm/g	۵۷
۹	پوست بادام	رودامین بی	۱۰۰	۱	۴	۸۱/۷	۵۸
۱۰	پودر قهوه	رودامین ۶ جی	۱۵ M	۰/۰۵	۲	۲۵/۱ µm/g	۵۷
۱۱	پوست پرتقال	مستقیم قرمز ۸۰	۵۰	۴	۱۰	۹۵	۵۹
۱۲	پوسته بلغور سویا	مستقیم قرمز ۸۰	۵۰	۰/۳	۱۲	۹۲	
۱۳	غشا داخلی پوسته تخم مرغ	مستقیم قرمز ۸۰	۵۰	۰/۸	۱۲	۸۱	
۱۴	پوست پرتقال	مستقیم قرمز ۸۰	۵۰	۴	۲	۹۰/۶	۶۰
۱۵	پوسته بلغور سویا	مستقیم قرمز ۸۰	۵۰	۰/۳	۲	۹۵/۱۲	۶۱
۱۶	پوست سیر	مستقیم قرمز ۱۲بی	۵۰	۰/۳	۲	۹۹	۶۲
۱۷	پوست فندق	مستقیم قرمز ۱۲بی	۵۰	۰/۳	۲/۵	۹۹/۵	۶۳
۱۸	پوست پرتقال	مستقیم قرمز ۲۳	۵۰	۸	۲	۹۲/۴۷	۶۰
۱۹	پوسته بلغور سویا	مستقیم قرمز ۸۱	۵۰	۰/۶	۲	۹۶/۵۴	۶۱
۲۰	پوست موز	اسید اورانژ۷	۱۰	۱	۳	۷۸	۵
۲۱	پسماند کانولا	اسید اورانژ ۷	۲۰۰	۲	۳	۹۵	۶۴
۲۲	ساقه ذرت	اریوکروم بلک	۵۰	۲	۵	۶۶/۸	۵۳
۲۳	خاکستر شلتوک برنج	ایندیگو کارمین	۵۰	۱۰	۶/۵	۹۶	۶۵
۲۴	زغال پوست انار	مستقیم آبی ۱۰۶	۲۰	۲/۵	۲	۷۲	۶۶
۲۵	زغال پوست انار	کنگو قرمز	۳۰	۲۰	۷	۹۸	۶۷
۲۶	پوست پومیلو	راکتیو آبی ۱۱۴	۱۰۰	۲۰	۲	۸۵	۶۸
۲۷	پوسته تمر هندی	بازی آبی ۴۱	۵۰	۰/۸	۸	۷۳/۳۲	۶۹
۲۸	زغال پوست بادام	اسید قرمز ۲۰۶	۵۰	۰/۵	۴	۷۵/۵	۷۰
۲۹	پوسته تخم مرغ	راکتیو قرمز ۱۲۳	۲۵	۵	۷	۸۰/۷	۷۱
۳۰	پوسته تخم مرغ	راکتیو قرمز ۹۸	۲۵	۳	۱۰	۹۲/۱	۷۲
۳۱	پوست سیب زمینی	اسید بلو ۱۱۳	۵۰	۱	۲	۴۴/۱۶	۷۳
۳۲	پوست پسته	نارنجیDF-۳G	۵۰۰	۰/۵	۵/۵	۶۶	۷۴
۳۳	پوست پسته	قرمزDF-۴BL	۵۰۰	۰/۵	۵/۵	۶۰	
۳۴	پوسته بلغور سویا	اسیدی آبی ۹۲	۵۰	۰/۵	۲	۹۸/۰۳	۷۵
۳۵	پوسته بلغور سویا	اسیدی قرمز ۱۴	۵۰	۰/۷	۲	۹۱/۷۹	
۳۶	پوست بادام	اسید بلو ۱۲۹	۱۰	۰/۴	۲	۹۷	۷۶
۳۷	یونجه+HCL	اسید بلو ۱۱۳	۵۰	۰/۲	۳	۵۵/۸۹	۷۷
۳۸	یونجه+HCL	اسید بلک ۱	۵۰	۰/۲	۳	۴۹	

نتیجه گیری

استفاده از جاذب‌های کم هزینه برای حذف رنگ و فلزات سنگین از آب و پساب یک راه معقول و منطقی به نظر می‌رسد، چراکه آنها نسبتا ارزان یا بدون‌هزینه هستند، به راحتی در دسترس قرار دارند یا به عبارتی سهل‌الوصول هستند، تجدید پذیرند و همچنین میل زیادی برای جذب رنگ و فلزات سنگین دارند. حال اگر بخواهیم دلیلی برای تفاوت میزان جذب در جاذب‌های مختلف پیدا کنیم، می‌توان به موارد از قبیل خصوصیات سطح جاذب و شرایطی که جذب در آن اتفاق افتاده است اشاره کرد. از مهم‌ترین خصوصیات سطح جاذب مواردی همچون تخلخل و اندازه سطح جاذب می‌باشد. این دو مشخصه را می‌توان از روی تصاویر SEM[۱] و TEM[۲] تعیین کرد. هر چه میزان تخلخل و اندازه سطح جاذب بیشتر باشد، بالطبع راندمان جذب سطحی نیز افزایش می‌یابد. در مورد شرایط جذب نیز می‌توان به شرایطی همچون pH ، دز جاذب، دما و غلظت رنگ یا فلز سنگین توجه داشت که هر کدام از این موارد می‌توانند باعث تغییر کارایی جاذب طی پروسه جذب شوند. از این‌رو می‌توان با تغییر شرایط فوق راندمان جذب پسماندهای کشاورزی را بهینه کرد. از میان پسماندهای کشاورزی، پسماندی کارایی بهتری از خود نشان می‌دهد که علاوه بر خصوصیات سطحی مناسب، شرایط جذب نیز در حالت بهینه قرار داشته باشد و این دلیلی بر تفاوت راندمان جذب در پسماندهای کشاورزی مختلف می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت که حذف فلزات سنگین توسط پسماندهای کشاورزی بواسطه فرایند جذب سطحی، در رنج بین ۵۵ درصد برای کمینه تا ۹۹ درصد برای بیشینه اتفاق افتاد در صورتی که در مورد رنگ‌ها،کمینه جذب رنگ ۴۴ درصد و بیشینه جذب ۹۹ درصد است که اعداد فوق می تواند چراغ سبزی برای استفاده از پسماندهای کشاورزی برای حذف رنگ و فلزات سنگین از آب و پساب در مقیاس صنعتی باشد. و لذا از این بین می‌توان با توجه به در دسترس بودن پسماند کشاورزی و میزان تولید آن، برای فلزات سنگین پوست پرتقال و پوست سبز پسته و برای رنگ ساقه ذرت و پوست پسته را پیشنهاد نمود.

۱- Scanning electron microscope

۲- Transmission electron microscopy

منابع

۱. اسدی فاطمه ، شریعتمداری-ح، میر غفاری-ن ، استفاده از ضایعات کشاورزی در تصفیه تکمیلی فاضلابها، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، ۱۳۸۷، خوراسگان

۲. Ahmad Khan. N, Ibrahim. SH , Subramaniam. P, ۲۰۰۴ , Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents, Malaysian Journal of Science , vol ۲۳ , pp. ۴۳ - ۵۱

۳. Patel seema , ۲۰۱۲ , Potential of fruit and vegetable wastes as novel biosorbents : summarizing the recent studies , rev environ sci biotechnol , Rev Environ Sci Biotechnol , vol ۱۱ , pp. ۳۶۵–۳۸۰

۴. baharathi K. s , ramesh s. t , ۲۰۱۳, removal of dyes using agricultural waste as low-cost adsorbents : a review , appl water sci , pp. ۱-۱۸ , DOI ۱۰,۱۰۰۷/s۱۳۲۰۱-۰۱۳-۰۱۱۷-y

۵. منکچیان کیوان ، عادل زاده-ع ، سخایی-ف علیا-م ،حذف رنگ حاصل از پساب نساجی با استفاده از جاذب طبیعی و ارزان قیمت پوست موز، ۱۳۹۰، ایران

۶. نامنی محبوبه ، علوی مقدم-م ، آرامی-م ، مطالعه جذب تعادلی کروم شش ظرفیتی از محلول آبی با استفاده از سبوس برنج ،علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳۸۶، دوره دهم، شماره چهار

۷. نیک اذر منوچهر، حمید علی جانی، امیر حسین حقیقی، ۱۳۸۸، حذف جیوه از محلول های آبی توسط سبوس گندم، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره دو

۸. زولی محمد علی، ابراهیمی-پ ، باقری اردبیلیان-م، کاربرد مواد زائد کشاورزی (پوست مرکبات) در حذف کادمیم و کروم از محیط های آبی: تعیین ایزوترم های جذب، ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند، ۱۳۹۱، مشهد

۹. محمدی ثانی علی، تجلی-ف، علیزاده گلستانی-ح، و سعیدفرجی-م، حذف فلزات سنگین از آب با استفاده از ضایعات کشاورزی، همایش ملی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، ۱۳۹۰، قوچان

۱۰. Saka,c. sahin,o . kucuk, m, ۲۰۱۲, application on agricultural and forest waste adsorbents for the rimoval of lead (II) from contaminated waters, Int. J. Environ. Sci. Technol, vol ۹, pp.۳۷۹–۳۹۴

۱۱. Nguyen. T.a h, ngo. H, guo. W, zhang. J, liang. S, yue. Q, li. Q, nguyen. T.v , ۲۰۱۳, Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater , bioresource wastewater , Bioresource Technology , vol ۱۴۸ , pp. ۵۷۴–۵۸۵

۱۲. Wang. J , chen. C , ۲۰۰۹, biosorbent for heavy metals removal and their future , biotechnology advances , Biotechnology Advances vol ۲۷, pp. ۱۹۵–۲۲۶

۱۳. A. D abrowski, ۲۰۰۱ , Adsorption—from theory to practice, Adv. Colloid Interface Sci , vol ۹۳ , pp. ۱۳۵–۲۲۴.

۱۴. H. Wang, J. Kang, H. Liu, J. Qu, ۲۰۰۹ , Preparation of organically functionalized silica gel as adsorbent for copper ion adsorption, J. Environ. Sci., vol ۲۱, pp. ۱۴۷۳–۱۴۷۹.

۱۵. T.K. Naiya, A.K. Bhattacharya, S.K. Das, ۲۰۰۹ , Adsorption of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solutions on activated alumina, J. Colloid Interface Sci. , vol ۳۳۳ , pp. ۱۴–۲۶.

۱۶. T. Motsi, N.A. Rowson, M.J.H. Simmons, ۲۰۰۹, Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite, Int. J. Miner. Process. ,Vol ۹۲ , pp. ۴۲–۴۸

۱۷. A. D˛abrowski, P. Podko´scielny, Z. Hubicki, M. Barczak , ۲۰۰۵ ,Adsorption of phenolic compounds by activated carbon—a critical review, Chemosphere , vol ۵۸ , pp. ۱۰۴۹–۱۰۷۰

۱۸. M. Ahmedna, W.E. Marshall, R.M. Rao, ۲۰۰۰ , Production of granular activated carbons from selected agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties, Bioresour. Technol. , Vol ۷۱ , pp. ۱۱۳–۱۲۳.

۱۹. طوطیایی عبد الحسین، سلیمانی-الف، ۱۳۸۸، گزارش درباره اصلاح الگوی مصرف،کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، مطالعات زیر بنایی (گروه کشاورزی)، شماره مسلسل ۹۹۸۱

۲۰. شادان عبدالرحمن، بررسی ابعاد اقتصادی ضایعات محصولات کشاورزی در ایران، موسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، انجمن اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۶، مشهد

۲۱. Jamil R. Memon , Saima Q. Memon , M.I. Bhanger , G. Zuhra Memon , A. El-Turki , Geoffrey C. Allen , ۲۰۰۸ , Characterization of banana peel by scanning electron microscopy and FT-IR spectroscopy and its use for cadmium removal , Colloids and Surfaces B: Biointerfaces , vol ۶۶ , pp.۲۶۰–۲۶۵

۲۲. Xiaomin Li , Yanru Tang , Xiuju Cao , Dandan Lu , Fang Luo , Wenjing Shao , ۲۰۰۸ , Preparation and evaluation of orange peel cellulose adsorbents for effective removal of cadmium, zinc, cobalt and nickel , Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects , vol ۳۱۷ , pp. ۵۱۲–۵۲۱

۲۳. دهقانی سارا، موسوی-ف، مصطفی زاده-ب، استفاده از ساقه آفتابگردان به دو صورت خام و اصلاح شده برای حذف نیکل، کروم، و کادمیم از پساب صنعتی، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،۱۳۹۱، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۲۴. محمدی ثانی علی ، تجلی-ف ، علیزاده گلستانی-ح ، سعید فرجی-م ، جذب سطحی سرب و کادمیم توسط پوست گلابی از محلول آبی ، دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، ۱۳۹۲، خراسان شمالی

۲۵. ارمی اول ازاده، اسماعیل زاده-م، واسعی چهار محالی-س، بررسی جذب فلز سنگین کادمیم از محلول آبی با استفاده از رزین تبادلی یونی معدنی (زئولیت) و آلی (کربن فعال شده از پوست پسته)، اولین همایش محیط زیست و آلاینده ها، ۱۳۹۰، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، خوزستان

۲۶. دهقانی سارا ، موسوی-ف، استفاده از بقایای ساقه افتابگردان ، برای حذف کادمیم از محلول های آبی، سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۹، خوزستان

۲۷. ملکی افشین، زندی-ش، محوی-الف، جذب بیولوژیکی یونهای کادمیم و مس از محیط آبی توسط سبوس گندم اصلاح شده به روش شیمیایی، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۱۳۹۱، دوره هفدهم

۲۸. Feng Ning-chuan , GUO Xue-yi , ۲۰۱۲ , Characterization of adsorptive capacity and mechanisms on adsorption of copper, lead and zinc by modified orange peel , Trans. Nonferrous Met. Soc. China , vol ۲۲ , pp. ۱۲۲۴_۱۲۳۱

۲۹. ارمی اول آزاده و مرجان اسماعیل زاده ، بررسی جذب فلز روی از فاضلاب های صنعتی توسط جاذب آلی (کربن فعال از پوست پسته)، اولین همایش ملی دانشجویی مدیریت و فناوریهای نوین در علوم بهداشتی، سلامت و محیط زیست، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۸۹، تهران

۳۰. محمد پور الهامه، زمانی-ع، یافتیان-م، تهیه بیوفیلتر ستونی با کمپوست چای برای حذف برخی یون هاب فلزی سنگین از محلول های آبی، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست ، ۱۳۹۱، تهران

۳۱. Amit Bhatnagar , A.K. Minocha , ۲۰۱۰ , Biosorption optimization of nickel

removal from water using Punica granatum peel waste , Colloids and Surfaces B: Biointerfaces , vol ۷۶ , pp. ۵۴۴–۵۴۸

۳۲. پور رجب محمد ، شریفی-س ، سخایی-ف ، جوادیان-س و ابراهیم علیا-م ، بکارگیری پوست موز در حذف فلزات سنگین سرب ،مس و نیکل از پساب پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست ، ۱۳۹۰، تهران

۳۳. محمدی گله زن مسلم و شا محمدی-ش، مقایسه جاذب های کربن فعال، خاک اره، پوسته فندق و پوسته بادام در حذف نیکل از محیط آبی، آب و فاضلاب ،۱۳۹۲، شماره سه

۳۴. ارمی اول ازاده، بررسی جذب فلز سنگین نیکل از فاضلاب های صنعتی با استفاده از رزین تبادل کاتیونی و الی (کربن فعال شده از الیاف نارگیل)، دوازدهمین همایش ملی بهداشت ایران، دانشگاه علو پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ۱۳۸۸، تهران

۳۵. نرجس مصلی نژاد و احمد آرامی، جذب سطحی فلز سنگین نیکل بر روی کربن فعال آماده شده با پوست نارنج حاصل از فعال سازی با اسید فسفریک، دومین همایش علوم و فناوریهای نوین در صنعت پالایش نفت، ۱۳۹۰، اصفهان

۳۶. K.M. Sreenivas, M.B. Inarkar, S.V. Gokhale, S.S. Lele , ۲۰۱۴ , Re-utilization of ash gourd (Benincasa hispida) peel waste for chromium (VI) biosorption: Equilibrium and column studies , Journal of Environmental Chemical Engineering , vol ۲ , pp. ۴۵۵–۴۶۲

۳۷. V. Lugo-Lugo , C. Barrera-Díaz , F. Ureña-Núñez , B. Bilyeu , I. Linares-Hernández , ۲۰۱۲ , Biosorption of Cr(III) and Fe(III) in single and binary systems onto pretreated orange peel , Journal of Environmental Management , vol ۱۱۲ , pp. ۱۲۰-۱۲۷

۳۸. نیا کوثری مهرداد ، جوادیان-ش، باگاس نیشکر، پتانسیل بالقوه جهت حذف ترکیبات کروم از فاضلاب های صنعتی ، اولین کنفرانس پتروشیمی ایران، ۱۳۸۸، تهران

۳۹. هاشمی شرف اباد ساعد، رحیمی-م، قاعدی-م ، دانایی-م، حذف فلزات) سرب، کروم و کبالت (از محیط آبی بوسیله مخلوطی از جاذب های خاک اره وساقه درخت بنه، همایش ملی مهندسی آب و فاضلاب، ۱۳۹۱، کرمان

۴۰. شامحمدی حیدری زمان، خواجه-م، اثر تغییرات جرم جاذب خاک اره بر سینتیک جذب کروم در محیط آبی، محیط شناسی، ۱۳۸۹، سال سی و ششم، شماره پنجاه و ششم

۴۱. باریک بین بهنام، تقوی-ت، حریفی مود-ع و ناصح-ن ،حذف کروم شش ظرفیتی از فاضلاب صنعتی با استفاده از پوست سبز بادام، اولین همایش بحران های زیست محیطی و راهکار های بهبود آن، ۱۳۹۱، دانشگاه آزد واحد خوزستان، خوزستان

۴۲. A.O. Jorgetto , R.I.V. Silva , M.J. Saeki , R.C. Barbosa , M.A.U. Martines , S.M.A. Jorge , A.C.P. Silva , J.F. Schneider , G.R. Castro , ۲۰۱۴ , Cassava root husks powder as green adsorbent for the removal of Cu(II) from natural river water , Applied Surface Science , vol ۲۸۸ , pp. ۳۵۶–۳۶۲

۴۳. B.M.W.P.K. Amarasinghe , R.A. Williams , ۲۰۰۷ , Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater , Chemical

Engineering Journal , vol ۱۳۲ , pp. ۲۹۹–۳۰۹

۴۴. E.-S.Z. El-Ashtoukhy , N.K. Amin , O. Abdelwahab , ۲۰۰۸ ,Removal of lead (II) and copper (II) from aqueous solution using pomegranate peel as a new adsorbent , Desalination , vol ۲۲۳ , pp. ۱۶۲–۱۷۳

۴۵. احمد موفق پور، قربانپور خمسه-ع و موسویان-م ، بررسی حذف توریم از پسابهای صنعتی طی فرایند بیوجذب با استفاده از جاذب زیستی Citrus Sinensis (پوست پرتقال) ، اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در شیمی و مهندسی شیمی، ۱۳۹۲، تهران

۴۶. صالحی خو فاطمه، ناصر نژاد-ب، ربانی-م، خرمایی-م، جذب سرب از محلول های آبی بر روی جاذب پوست نارنج، یازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۱۳۸۵ ، تهران

۴۷. راوری سید مجتبی، عارفی شهربابک-ن و جمعه آریانی-ه ، بررسی میزان جذب فلز سرب از پسابها و محلول های آبی با استفاده از پوست پرتقال، اولین کنفرانس ملی راهکار های دستیابی به توسعه پایدار در بخش های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، ۱۳۹۱

۴۸. رحیم نژاد مصطفی، سنتز جاذب کربن فعال از پوست کیوی و کاربرد آن در حذف سرب از پسابها در فرآیند ناپیوسته، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست،۱۳۹۱، تهران

۴۹. محمدی ثانی علی، تجلی-ف، علیزاده گلستانی-ح، سعید فرجی-م، بررسی توانایی پوست گلابی در حذف جیوه از محلول های آبی به روش جذب سطحی، دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، ۱۳۹۲، خراسان شمالی

۵۰. هادی عبدالهی، مهدوی-الف و لاری مجرد-ص، بررسی قابلیت کربن فعال تولید شده از پوسته سخت گردو در حذف فلزات سنگین سرب و جیوه از پساب ها ،اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، ۱۳۹۱، تهران

۵۱. عبدالهی هادی و سید مجتبی طباطبایی قمشه، بررسی جذب جیوه از پسابها توسط کربن فعال تهیه شده از پوسته بادام و گردو، اولین کنفرانس ملی راهکار های دستیابی به توسعه پایدار در بخش های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، ۱۳۹۱، تهران

۵۲. Gholamreza Moussavi, Rasoul Khosravi, ۲۰۱۱, The removal of cationic dyes from aqueous solutions by adsorption onto pistachio hull waste, chemical engineering research and design, vol ۸۹ , pp. ۲۱۸۲–۲۱۸۹

۵۳. Vesna M. Vucˇurovic´, Radojka N. Razmovski, Urosˇ D. Miljic´, Vladimir S. Pusˇkas, ۲۰۱۴, Removal of cationic and anionic azo dyes from aqueous solutions by adsorption on maize stem tissue, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.jtice.۲۰۱۳,۱۲.۰۲۰

۵۴. Sathy Chandrasekhar · P. N. Pramada , ۲۰۰۶, Rice husk ash as an adsorbent for methylene blue-effect of ashing temperature , Adsorption , vol ۱۲ , pp. ۲۷-۴۳

۵۵. الماسی علی ، درگاهی-ع ، پیرصاحب-م ، شرفی-ک، خدادادی-ت ، بررسی کارایی پودر و گرانول فراوری

شده پوست گردو در حذف رنگ متیلن بلو از پساب، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۱۳۸۹، تهران

۵۶. عمادی معصومه، زارع-م، جداسازی رنگ بازی فوشین از آبهای آلوده با کاربرد پوسته ی برنج به عنوان یک جاذب زیستی ارزان، مجله مهندسی منابع اب، ۱۳۹۱ ، سال چهارم

۵۷. Kai Shen , M.A. Gondal , ۲۰۱۳ , Removal of hazardous Rhodamine dye from water by adsorption onto exhausted coffee ground , Journal of Saudi Chemical Society, http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.jscs.۲۰۱۳,۱۱,۰۰۵

۵۸. علی آبادی مجید، خزاعی-الف، حاجی آبادی-م و آرش-ح، مطالعه تئوری و تجربی فرایند جذب رنگزای رودامین بی از آب آلوده با استفاده از جاذب طبیعی پوست بادام، کنفرانس بین المللی آب و فاضلاب، ۱۳۹۰، تهران

۵۹. آرامی مختار و نرگس یوسفی لیمائی، مطالعه سینتیک و تعادل جذب سطحی رنگزای مستقیم قرمز ۸۰ با بکارگیری جاذبهای پوست پرتقال، پوسته بلغور سویا و غشاء داخلی پوست تخم مرغ: مطالعه مقایسه ای، دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۱۳۸۴، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

۶۰. آرامی مختار، یوسفی لیمایی-ن، سلمان بریزی-ن و محمودی-ن، رنگبری رنگزاهای مستقیم قرمز ۲۳ و قرمز ۸۰ از پسابهای نساجی توسط جاذب طبیعی پوست پرتقال، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۲، مشهد

۶۱. آرامی مختار، یوسفی لیمایی-ن، سلمان تبریزی-ن و محمودی-ن، رنگبری رنگزای مستقیم قرمز ۸۰ و قرمز ۸۱ از پسابهای نساجی توسط جاذب طبیعی پوسته بلغور سویا، اولین سمینار تخصصی محیط زیست و رنگ، پژوهشکده صنایع رنگ ، ۱۳۸۲، تهران

۶۲. A. Asfaram, M.R. Fathi, S. Khodadoust, M. Naraki, ۲۰۱۴, Removal of Direct Red ۱۲B by Garlic Peel as a cheap adsorbent: kinetics, thermodynamic and equilibrium isotherms study of removal, Molecular and Biomolecular Spectroscopy, doi: http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.saa.۲۰۱۴,۰۲,۰۹۲

۶۳. فتحی عماد آبادی محمد رضا، اسفرم-الف ، حذف رنگ دایرکت رد دوازده بی از محلول های آبی بوسیله جذب برروی کربن فعال پوسته فندق، سومین همایش ملی تحقیقات نوین در شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه ازاد اسلامی واحد ماهشهر، ۱۳۹۰، خوزستان

۶۴. همزه یحیی، ایزد یار-س، آزاده-الف، ابیض-ع، عبداللهی-ی، استفاده از پسماند کانولا به عنوان جاذب رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول ابی، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، ۱۳۹۰، دوره چهارم، شماره اول

۶۵. Uma R. Lakshmi, Vimal Chandra Srivastava, Indra Deo Mall, Dilip H. Lataye, ۲۰۰۹, Rice husk ash as an effective adsorbent: Evaluation of adsorptive characteristics for Indigo Carmine dye, Journal of Environmental Management, vol ۹۰ , pp. ۷۱۰-۷۲۰

۶۶. Nevine Kamal Amin, ۲۰۰۹,Removal of direct blue-۱۰۶ dye from aqueous

solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: Adsorption equilibrium and kinetics, Journal of Hazardous Materials, vol ۱۶۵, pp. ۵۲–۶۲

۶۷. Mehrorang Ghaedi, Hossein Tavallali, Mahdi Sharifi, Syamak Nasiri Kokhdan, Alireza Asghari, ۲۰۱۲, Preparation of low cost activated carbon from Myrtus communis and pomegranate and their efficient application for removal of Congo red from aqueous solution, Spectrochimica Acta Part A, vol ۸۶, pp. ۱۰۷– ۱۱۴

۶۸. Mehmet Emin Argun, Du¨ nyamin Gu¨ clu¨, Mustafa Karatas, ۲۰۱۴, Adsorption of Reactive Blue ۱۱۴ dye by using a new adsorbent: Pomelo peel , Journal of Industrial and Engineering Chemistry , vol ۲۰ , pp. ۱۰۷۹–۱۰۸۴

۶۹. خرم فر شوکا، نیاز محمودی-م، ارامی-م، قرنجیگ-ک، رنگبری پساب رنگی نساجی با جاذب طبیعی پوسته تمر هندی: بررسی ایزوترم و سینتیک جذب، نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ، ۱۳۸۸، شماره سه

۷۰. مهانپور کاظم، جمشیدی راد-الف، بررسی میزان جذب الاینده رنگی اسید رد ۲۰۶ از محلول آبی با استفاده از زغال فعال تهیه شده از پوست بادام، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۱۳۸۹، تهران

۷۱. غنی زاده قادر، قانعیان-م، غلامی-م، قادری نسب-ف، کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک نساجی، طبیب شرق ، ۱۳۸۸، دوره یازدهم ، شماره چهار

۷۲. قانعیان محمد تقی، احرامپوش-م، غنی زاده-ق، ممتاز-م، بررسی کارایی پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول های آبی، فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، ۱۳۹۰، سال دهم، شماره اول

۷۳. حسین زاده ادریس، سمر قندی-م، سید جواد جعفری ، روشنایی-ق، بیو جذب یک رنگ اسیدی از محلول های آبی با استفاده از پوست سیب زمینی: مطالعه سینتیکی و تعادلی، سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ۱۳۸۹، کرمان

۷۴. رشتچی مریم، دیزجی-ن، بررسی پتانسیل پوست پسته در جذب سطحی پسابهای واحد های رنگرزی، چهاردهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۱، تهران

۷۵. آرامی مختار، یوسف لیمانی-ن، محمودی-ن، سامان تبریزی-ن، استفاده از جاذب طبیعی پوسته بلغور سویا در رنگبری رنگزا های اسیدی: بررسی سینتیک و تعادل، نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۱۳۸۳، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۷۶. محمدرضا فتحی عمادآبادی و آناهیتا هادی پور، حذف رنگ اسید بلو ۱۲۹ با استفاده از پوستبادام، سومین همایش ملی تحقیقات نوین در شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر،۱۳۹۰، خوزستان

۷۷. شکوهی رضا، جعفری-ج، حسین زاده-ت، ضرابی-م و روشنایی-ق، بررسی قابلیت بیو جذب گیاه آلفاآلفا (یونجه) در حذف رنگهای اسید بلو ۱۱۳ و اسید بلک ۱ از محیط های آبی : مطالعه تعادلی، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۹۰، یزد