



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1137P-NWWCE

## حذف یون کلراید از محلول آبی سنتتیک و طبیعی با استفاده از جاذب گیاهی پوست لیمو

ترش

حسین عبادی<sup>۱</sup>، فرزانه دانایی<sup>۲</sup>، پروانه تیشه زن<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی مهندسی عمران-محیط زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشجوی مهندسی عمران-محیط زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

Hu\_ebadiir@yahoo.com

### خلاصه

استفاده از کلر به عنوان یکی از مؤثرترین و بهترین راه‌های گندزدایی از آب به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. گندزدایی با کلر در اکثر موارد باعث به وجود آمدن ترکیبات جانبی (BDPs) می‌گردد که به خاطر اکسیداسیون مواد آلی موجود در منابع آب می‌باشد. وجود مواد جانبی گندزدایی با کلر که عمده‌ترین آن‌ها تری هالو متان‌ها (THMs) می‌باشد، در آب‌های آشامیدنی باعث بروز بیماری‌های نظیر سرطان می‌شود و آثار مخربی بر روی سیستم اعصاب دارند. تمرکز پژوهش پیش رو به حذف یون کلراید از آب و فاضلاب توسط جاذب گیاهی پوست لیمو اختصاص دارد که با بهینه‌سازی pH، زمان ماند در حالت خنثی، زمان ماند در حالت اسیدی، بازی و خنثی، بهینه‌سازی میزان جاذب، تکرر پذیری و ساخت نمونه واقعی به در صد حذفی حدود ۷۰٪ دست یافتیم.

کلمات کلیدی: یون کلراید، جذب سطحی، جاذب گیاهی، THMs، پوست لیمو ترش

### ۱. مقدمه

کم بودن متوسط بارش سالیانه با پراکنش زمانی و مکانی ناهمگون و نامناسب به طور کلی پتانسیل کم آبی و احتمال خشکسالی را در ایران افزایش داده، بنابراین لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت تأمین نیاز این ماده حیاتی از یک طرف و محدودیت منابع آب شیرین در دسترس از طرف دیگر، بهره‌گیری از منابع آب غیرمتعارف موجود، همچون منابع آب‌های شور را در کانون توجه مدیران و کارشناسان قرار می‌دهد [۱]. استفاده از کلر به عنوان یک ضدعفونی‌کننده مؤثر برای از بین بردن باکتری‌های ناقل بیماری و نیز به عنوان یک اکسیدکننده قوی از سابقه طولانی در صنعت آب برخوردار است. کلرزنی به آب، به دلیل سهولت کاربرد، پایین بودن نسبی هزینه آن در مقایسه با سایر مواد ضدعفونی‌کننده از منظر اقتصادی و تأثیرپذیری زیاد کلر در نابودی میکروارگانیسم‌ها موجود در آب، یک روش موفق و رایج در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۲]. گندزدایی با کلر در اکثر موارد باعث به وجود آمدن ترکیبات جانبی<sup>۱</sup> (BDPs) می‌گردد که به خاطر اکسیداسیون مواد آلی موجود در منابع آب می‌باشد [۳].

یکی دیگر از معایب استفاده از کلر تشکیل و تولید ترکیبات مضر و سرطان‌زایی به نام تری هالو متان‌ها (THMs) می‌باشد. تری هالو متان‌ها در منابع آب خام وجود ندارد و یا غلظت آن‌ها بسیار ناچیز می‌باشد ولی در اثر واکنش کلر آزاد با ترکیبات هوموسی (که به طور طبیعی در آب حضور دارند) که مهم‌ترین آن اسید هیومیک (HA) و بعد از آن اسید فولیک می‌باشد، به وجود می‌آیند [۴][۶]. این واکنش که باعث جایگزینی اتم‌های هالوژن (I, Cl, Br, F) به جای هیدروژن مولکول متان می‌شود، به طور آبی صورت نمی‌گیرد بلکه تا چند روز ادامه می‌یابد. و متأثر از درجه حرارت، pH،

غلظت کربن آلی موجود در آب خام، (TOC)، غلظت برم در آب خام ( $Br^-$ ) و غلظت کلر باشد [۵] به دلایل ذکر شده، همواره محققان به دنبال راه‌حلی جامع و در عین حال به‌صرفه جهت حذف کلر باقیمانده در آب بوده‌اند. به طور مثال ترادی [۵] هوادهی را برای حذف کلر باقیمانده از آب پیشنهاد داد.

از دیگر روش‌های حذف کلر از آب یا فاضلاب می‌توان به روش اسمز معکوس (استفاده از دستگاه‌های تصفیه خانگی می‌باشد)؛ روش تبادل یونی (استفاده از رزین‌های کاتیونی و آنیونی)؛ تقطیر در خلا (استفاده از روش بخار و میعان مواد)؛ الکترو دیالیز (استفاده از قطب‌های مثبت و منفی و الکترواسیون)؛ استفاده از تیوسولفات سدیم نام برد.

روش‌های فوق اگر چه به‌عنوان روش‌های معمول در حذف کلر و سایر عناصر، ترکیبات و فلزات سنگین به کار گرفته می‌شود اما به دلیل داشتن مشکلات زیاد از جمله هزینه اولیه بالا، هزینه راه‌اندازی و نگهداری زیاد، داشتن پساب با شوری زیاد و... در سطوح وسیع کمتر به کار می‌آید. از دیگر روش‌های حذف کلر؛ اختراع دستگاهی برای از بین بردن کلر از آب آشامیدنی بوده است [۶]. این دستگاه شامل یک ماده جاذب کلر از گروه‌های متشکل از سلولز، کربن فعال یا انتخاب ماده با ظرفیت جذب افزایش یافته برای کلر است. بوسیله Pretreating کربن فعال عادی با یکی از چندین عامل از جمله کربنات آمونیوم و سولفات آمونیوم به واکنش داده می‌شود تا بدین منظور در حذف کلر موثر باشند. شایان ذکر است بر اساس نتایج این پژوهش، کربن فعال ماده ای است که حداقل برای کاهش کلر حتی در مقادیر بسیار کوچک قابل استفاده است. [۶]. از این رو مطالعات و پژوهش‌های متعددی در باب استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های جایگزین انجام گردیده است که از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به استفاده از جلبک دریایی [۷]، خاک اره چوب درختان افرا [۷]، تفاله‌های نیشکر [۸] رسوبات و لجن‌های محل تقطیر [۹]، پسماند‌های حاصله از کارخانجات چای [۷]، خاکستر ناشی از پوسته شلتوک [۱۰] پوشال نیشکر اصلاح شده و پوشال نیشکر [۲] اشاره کرد که با توجه به کم‌هزینه بودن، آسانی در فراهم آوردن و دسترسی ساده و همچنین بی‌نیازی از فرآیندهای پیچیده تولید این مواد مورد توجه روز افزون محققین و دانشمندان قرار دارد.

نتایج حاصل از تحقیق میرزایی و همکاران [۱]، نشان داد که استفاده از جاذب آلی پوسته‌ی بادام معمولی راندمان حذف کلر به میزان ۷/۴ درصد افزایش داد. اترک و همکاران [۴] در مقاله‌ای به بررسی کاربرد های پوست گردو به‌عنوان یک جاذب طبیعی برای حذف آلاننده‌های آلی و فلزی از آب‌های آلوده پرداختند. با توجه به اینکه گردو، مواد سلولزی و گروه‌های عامل مختلف هیدروکسیل، کربونیل و گروه‌های استر را داراست، توانایی بسیار خوبی برای برهم کنش با جذب شونده از خود نشان داد.

شمس نجاتی و همکاران [۱۰] در تحقیقی به بررسی کارایی دانه ریحان در حذف COD و رنگ رنگزای کنگورد از فاضلاب سنتیک نساجی پرداختند. در این تحقیق خصوصیات گروه‌های عاملی موجود در ماده ژلاتینی دانه ریحان با استفاده از تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ارزیابی گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که برای ۲۵۰ میلی لیتر از رنگزای کنگورد با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر دانه ریحان، ۲۵٪ از COD و ۵۲٫۵٪ از شدت رنگ در PH بهینه ۵٫۶ را کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج این پژوهش دانه ریحان جاذب مناسبی برای کاهش COD و حذف رنگ از پساب‌های رنگی تشخیص داده شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱- جاذب مورد استفاده

لیمو ترش (*Citrus x limon*) یا به اختصار لیمو، میوه درخت لیمو و از مرکبات است. لیموها حاوی مقدار زیادی اسید سیتریک هستند که موجب طعم ترش آن‌ها می‌گردد. گل آوری آن عملاً مداوم است (لیموترش تنها درختی است که تقریباً همیشه میوه و گل و برگ دارد). برای تهیه جاذب پوست لیموترش پس از قطعه‌قطعه کردن آن به اندازه تقریبی ۵mm در 5mm، جاذب مورد نظر را به جهت کاهش رطوبت به مدت ۴۸ ساعت در آون (oven) و با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا با خشک کردن آن به یک ثابت وزنی از جاذب در طول مدت مطالعه برسد. خشک کردن باعث کاهش ۷۸ درصدی وزن پوست لیموترش شد.

## ۲-۲- تهیه محلول سینتتیک کلر

برای انجام آزمایش دو لیتر محلول 1000ppm یون کلراید که به واسطه حل کردن 1.65 میلی گرم از نمک سدیم کلراید شرکت مرک آلمان (۱,۰۶۴۰۴,۱۰۰۰) در آب مقطر استفاده شد و سپس این محلول با استفاده از آب مقطر رقیق گردید تا محلول ثانویه 500 ppm یون کلراید حاصل شود. در این مرحله با استفاده از روش تیتراسیون رسوبی موهر (Moher) که اغلب برای تعیین غلظت هالوژن ها به کار می رود میزان غلظت اولیه یون کلر برای نمونه های اولیه تعیین گشت. در این گام با استفاده از تیتراسون کلر با استفاده از ماده تیتر کننده نقره نیترات ( $AgNO_3$ ) و ماده شناسگر پتاسیم کرمات ( $K_2CrO_4$ ) میزان یون کلراید نمونه اولیه مورد آزمون قرار گرفت و که این میزان برابر 570 mg/lit یون کلراید ارزیابی گردید.

## ۲-۳- روش انجام آزمایش

برای دستیابی به شرایط بهینه pH سه مقدار (۱۲، ۷ و ۲) مورد بررسی قرار گرفت. مناسبترین مقدار جاذب با ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در لیتر مورد بررسی قرار گرفت و بیشترین حذف کلر به دست آمد. همچنین با توجه به کاربرد اختلاط توسط شیکر زمان تماس (۱/۵، ۱ و ۰/۵ ساعت) با دور ۳۲۰ بر دقیقه مطالعه شد همچنین برای بررسی زمان ماند طولانی یک زمان ۲۴ ساعته نیز آزمایش گشت. و پس از هر مرحله راندمان حذف کلر به دست آمد.

## ۲-۴- تهیه محلول های واقعی

برای بررسی میزان حذف کلر در شرایط واقعی، دو نمونه از آب های سطحی حوزه آبریز فارس و دو نمونه از فاضلاب خانگی و اداری استان بوشهر با مشخصات زیر جمع آوری گردید (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱: مشخصات آب های سطحی مورد استفاده

شماره نمونه	محل نمونه	ایستگاه	تاریخ برداشت نمونه	وضعیت آب	EC(mmohs/cm)	شرایط
1	دالکی	چم چیت	1395/08/18	عادی-صاف	3907	خنثی
2	سیمکان	براک	1395/08/11	عادی-صاف	1462	خنثی

جدول ۲: مشخصات فاضلاب های مورد استفاده

شماره نمونه	نوع نمونه	pH	شرایط نمونه	EC(mmohs/cm)	TDS
1	فاضلاب مسکونی	7.42	خنثی	2080	1357
2	فاضلاب اداری	7.18	خنثی	2120	1382

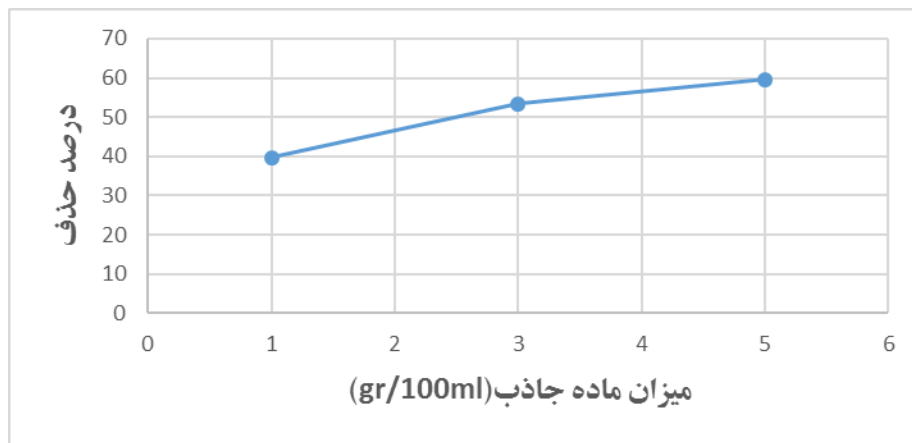
## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- بررسی راندمان حذف کلر با جاذب پوست خشک شده لیموترش

برای ارزیابی اثرات میزان جاذب در حذف مقادیر ۱، ۳ و ۵ گرم ماده جاذب در ۱۰۰ میلی لیتر محلول سنتتیک با غلظت کلر ۵۷۰ میلی گرم بر لیتر در شرایط خنثی و با زمان ماند یکسان ۲۴ ساعت مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج زیر حاصل گردید.

جدول ۳: بررسی میزان جاذب در حذف یون کلراید در مقادیر مختلف جاذب

شماره نمونه	pH	میزان جاذب (mg)	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
1	7	1	570	344.17	39.62%
2	7	3	570	266	53.34%
3	7	5	570	230.75	59.52%



شکل ۱ - بررسی میزان حذف یون کلراید در مقادیر مختلف جاذب

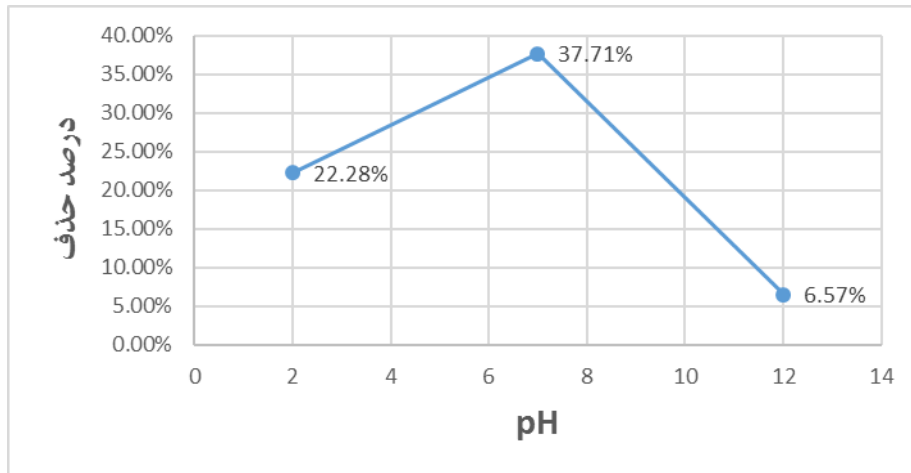
همان گونه که از جدول ۳ و شکل ۱ مشخص است بیشترین درصد حذف مربوط به مقدار ۵۰ گرم در لیتر با حذف حدود ۶۰ درصد به دست آمد. اما با توجه به حذف حدود ۴۰ درصدی ۱۰ گرم بر لیتر و با توجه به هزینه‌های تهیه جاذب، در ادامه از مقدار ۱۰ گرم بر لیتر برای آزمایشات بعدی استفاده شد.

### ۳-۲ بهینه‌سازی pH

برای بررسی اثر pH با جاذب ۱۰ گرم بر لیتر و زمان تماس یک ساعت در شیکر با میزان حرکت (motion) 320 یک بر دقیقه، سه میزان pH برابر ۱۲، ۷ و ۲ مورد آزمایش قرار گرفت. برای اسیدی و بازی نمودن نمونه از اسید هیدروکلریک (HCL) و هیدروکسید پتاسیم (KOH) استفاده شد. میزان کلر پس از آزمایش با روش موهر اندازه گیری و راندمان حذف به دست آمد (جدول ۴ و شکل ۲)؛

جدول ۴: بررسی اثرات pH بر میزان حذف یون کلراید و یافتن pH بهینه برای حذف

شرایط	pH	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
اسیدی	2	570	443.5	22.28%
خنثی	7	570	346.125	37.71%
بازی	12	570	532.5	6.57%



شکل ۲- میزان حذف یون کلراید در pHهای مختلف

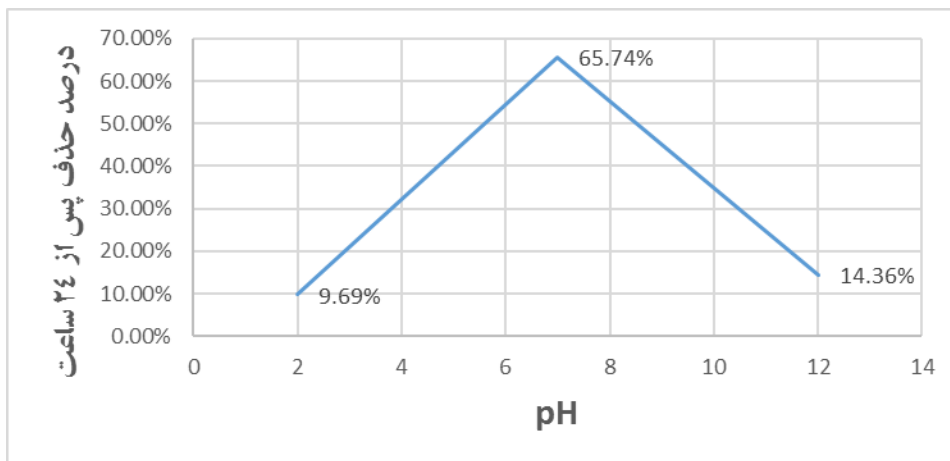
با بررسی میزان حذف یون کلر در مدت زمان یک ساعت به این نتیجه دست می یابیم که بهترین شرایط حذف کلر برای جذب مورد نظر حالت خنثی است.

### ۳-۳- بهینه سازی زمان ماند

برای بررسی بهترین زمان ماند ۵ نمونه از محلول مادر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر را با میزان جاذب ثابت ۱gr و pH برابر ۷ مخلوط کرده و با زمان مانده ای مشخص بر روی دستگاه لرزاننده (shaker) با دور ثابت (motion) ۳۲۰ یک بر دقیقه قرار داده و پس از گذشت زمانهای مشخص شده عملیات تیتراسیون رسوبی موهر (Moher) برای سنجش میزان حذف کلر انجام پذیرفت نتایج حاصله به قرار زیر در جدول شماره ۵ آمده است.

جدول ۵: بررسی اثرات زمانهای ماند بر میزان و درصد حذف یون کلراید

شماره نمونه	شرایط	مقدار جاذب (gr)	زمان ماند (hr)	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
1	خنثی	1	0.5	570	532.5	6.60%
2	خنثی	1	1	570	355	37.72%
3	خنثی	1	1.5	570	343.17	39.80%
4	خنثی	1	4	570	328.38	42.40%
5	خنثی	1	24	570	266.25	53.30%



شکل ۳ - بررسی تاثیرات pH در زمان ماند بلند مدت

با بررسی تاثیر زماند بر میزان جذب یون کلراید این نتیجه دریافت شد که با افزایش زمان ماند به تدریج بر درصد حذف یون کلراید افزوده شد (شکل ۳). اما درصد حذف پس از ۹۰ دقیقه تفاوت فقط ۱۰ درصدی را نشان می دهد.

۳-۳- بررسی تاثیر زمان ماند بر شرایط اسیدی، بازی و خنثی

محلول‌های مورد نظر برای بررسی تاثیر زمان ماند بر هر شرایط به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و راندمان حذف کلر را در شرایط اسیدی، بازی و خنثی بررسی شد (جدول ۶)

جدول ۶: بررسی تاثیرات pH در زمان ماند بلند مدت

شرایط	pH	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
اسیدی	2	570	514.75	9.69%
خنثی	7	570	195.25	65.74%
بازی	12	570	488.12	14.36%

همان گونه که نمودار ۴ نیز نشان می دهد زمان ماند طولانی باعث گشت تا شرایط اسیدی در حذف کلر نتیجه عکس داده و لذا اثر کوتاه مدت آن را خنثی کند. همچنین نمودار موفق مؤید این موضع است که شرایط خنثی بیشترین راندمان حذف را می دهد. در مورد شرایط بازی ذکر این نکته حیاتی به نظر می رسد که با افزایش زمان ماند و بر خلاف شرایط اسیدی میزان حذف کلر با افزایش چشم گیری رو به روست. لذا با بررسی دو پارامتر مهم تأثیر گذار pH و همچنین زمان ماند بر روی مقدار جذب یون کلر بهترین شرایط برای حذف شرایط خنثی ارزیابی گردید.

### ۳-۴ بررسی تکرار پذیری آزمایش

با توجه به نتایج مثبت حذف کلر به وسیله پوست لیمو ترش و با توجه به یافتن این مسئله که شرایط خنثی و زمان ۹۰ دقیقه مناسبترین راندمان حذف را به همراه دارد، لذا جهت بررسی تکرار پذیری آزمایش سه نمونه از محلول اولیه را با شرایط مشابه خنثی و با استفاده از میزان مشابه ۱gr/100ml از ماده جاذب به مدت ۹۰ دقیقه و با شدت حرکت ۳۲۰ یک بر دقیقه بر روی شیکرقرار داده و پس از پایان آزمایش مجدداً راندمان حذف محاسبه شد (جدول ۷).

**جدول ۷: بررسی تکرار پذیری آزمایش**

شماره نمونه	pH	میزان جاذب (gr)	زمان ماند (Min)	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
1	7	1	90	570	301.75	47.06%
2	7	1	90	570	355	37.72%
3	7	1	90	570	375.75	34.61%
میانگین						39.80%
انحراف از معیار						0.052906

با توجه به انحراف معیار به دست آمده تکرار پذیری آزمایش قابل قبول می‌باشد لذا می‌توان نتیجه گرفت که جاذب توانایی حذف حدود ۴۰٪ یون مورد نظر را در شرایط خنثی پس از ۹۰ دقیقه را خواهد داشت.

برای این منظور ابتدا میزان کلر اولیه نمونه‌های واقعی با روش موهر سنجیده و pH آن‌ها تعیین گردید سپس جاذب با بالاترین راندمان حذف (۵ gr/100ml) به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکریا حرکت ۳۲۰ یک بر دقیقه قرار داده و پس از پایان مدت راندمان حذف کلر تعیین شد (جدول ۸ و ۹).

**جدول ۸: راندمان حذف کلر در دو نمونه از آب‌های سطحی با استفاده از جاذب مورد نظر**

شماره نمونه	محل نمونه	ایستگاه	شرایط	میزان جاذب (gr)	میزان کلر اولیه (mg/l)	میزان کلر ثانویه (mg/l)	درصد حذف
1	دالکی	چم جیت	خنثی	5	1136	248.5	78.13%
2	سیمکان	براک	خنثی	5	124.25	49.7	60%

**جدول ۹: راندمان حذف کلر برای دو نمونه فاضلاب با استفاده از جاذب مورد نظر**

شماره نمونه	نوع نمونه	pH	شرایط نمونه	میزان کلر اولیه	میزان کلر ثانویه	درصد حذف
1	فاضلاب مسکونی	7.42	خنثی	319.5	67.45	79.01%
2	فاضلاب اداری	7.18	خنثی	323.05	71	78%

#### ۴- نتیجه گیری

بررسی حذف کلر به کمک جاذب گیاهی پوست لیموترش نشان داد که بهترین شرایط حذف از لحاظ گستره pH مربوط به شرایط خنثی است. راندمان حذف کلر با افزایش زمان تماس تا ۲۴ ساعت افزایش یافت ولی با توجه به افزایش کم حذف از ۹۰ دقیقه به بعد، این زمان (۹۰ دقیقه) را می‌توان بهترین زمان ماند در نظر گرفت مانند رشد چشمگیری پیدا کرد و این رشد تا زمان ماند ۲۴ ساعت ادامه یافت البته ۲۴ ساعت زمان ماند بهینه ما لقب گرفت هرچند امکان افزایش میزان حذف در مدت زمان‌های بیشتر از ۲۴ ساعت نیز محتمل است هرچند به ویژه در بحث فاضلاب امکان قرار گرفتن پیش از ۲۴ ساعت به دلیل مشکلات اقتصادی و بهداشتی میسر نیست. بیشترین میزان حذف یون کلراید در مجاورت 5g/100 ml از میزان جاذب اتفاق افتاد. تکرار پذیری آزمایش فوق با داشتن انحراف از معیار کمتر از ۰/۰۵، از شرایط قابل قبولی برخوردار بود. ارزیابی این جاذب با نمونه های واقعی راندمان حذف حدود ۸۰-۶۰ درصد را نشان داد.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



## ۵- مراجع

۱. میرزایی ج، قربانی ب، معاضده، عابدی کوپایی ج، صلاحی الف، پوراعظمی ر، ۱۳۹۱، حذف یون های کلسیم، منیزیم، کلر و بی کربنات از آب شور با استفاده از جاذب آلی، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران
۲. نوشادی م، طالب بیدختی ن، نجاتی الف، بررسی تشکیل تری هالومتان در شبکه آب شرب شیراز، مجله مهندسی منابع آب، سال پنجم، پاییز ۱۳۹۱، ۲۹-۳۹
3. Matamoros V., Mujeriego R., Bayona J. M. 2007. Trihalomethane occurrence in chlorinated reclaimed water at full-scale wastewater treatment plant in NE Spain. *Water Res.* 41 (15): 3337-3344
4. Montgomery, J.M. 1985. *Water treatment principles and design*, John Wiley, Newyork. 696 p.
5. Stevens, A.A., and Symons, J.M. 1977. Measurement of trihalomethane and precursor concentration changes. *J. AWWA*, 69 (10): 546-554.
6. Dojlido, j. 1993. *Chemistry of water and water pollution*. John wiley, Newyork. Pp:363
7. Malkoc E. and Nuhoglu Y. 2005. Investigations of nickel (II) removal from aqueous solutions using tea factory waste. *Journal of Hazardous Materials*. 127(1-3):120-128.
8. Gupta V. K. and Sharma S. 2003. Removal of zinc from aqueous solutions using bagasse fly ash: a low cost adsorbent. *Ind. Eng. Chem. Res.* 42(25): 6619-6624.
9. Selvaraj K. Manonmani S. and Pattabhi S. 2003. Removal of hexavalent chromium using distillery sludge. *Biores Technol.* 89(2):207-211.
۱۰. شمس نجاتی، سرور؛ سام حایری پور و علیرضا پنداشته، ۱۳۹۲، بررسی کارایی دانه ریحان در حذف COD و رنگ رنگزای کنگورد از فاضلاب سنتتیک نساجی، همایش ملی پژوهشهای محیط زیست ایران، همدان، دانشگاه شهید مفتح