

بررسی استفاده از کاه و کلش در حذف آلودگی نفتی از آب

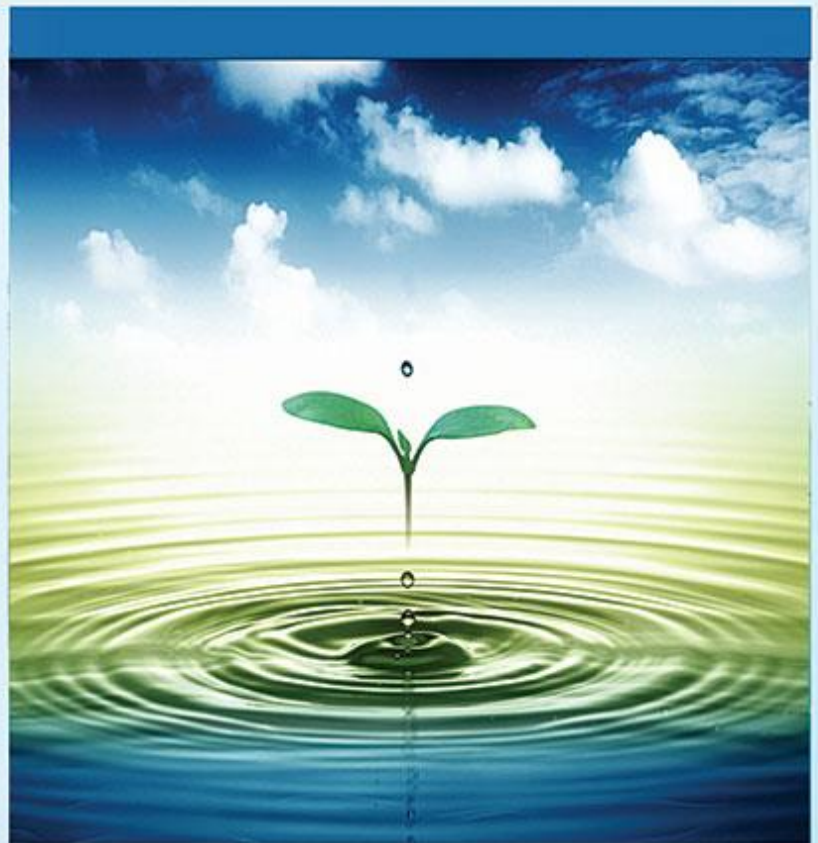
نیلوفر پیرستانی، محمدهادی ابوالحسنى و فاطمه السادات امین جواهری

دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۲۲ - ۱۲

Vol. 4(1), Spring 2018, 12 - 22

**Investigating the Use of Straw in Removing  
Oil Pollution from Water**

Pirestani N., Abolhasani M. H. and  
Aminjavaheri Sadat F.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN  ACCESS

ارجاع به این مقاله: پیرستانی ن، ابوالحسنى م. ه. و امین جواهری ف. (۱۳۹۷). بررسی استفاده از کاه و کلش در حذف آلودگی نفتی از آب. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۱، صفحات: ۲۲ - ۱۲.

**Citing this paper:** Pirestani N., Abolhasani M. H. and Aminjavaheri F. (2018). Investigating the use of straw in removing oil pollution from water. J. Environ. Water Eng., 4(1), 12 - 22

## بررسی استفاده از کاه و کلش در حذف آلودگی نفتی از آب

نیلوفر پیرستانی<sup>۱\*</sup>، محمدهادی ابوالحسنی<sup>۲</sup> و فاطمه السادات امین جواهر<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده پسماند و پساب دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران  
\* نویسنده مسئول: niloofar.pirestani@yahoo.com

### مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۹/۲۷]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۶/۱۱/۰۲]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۱۲/۱۲]

### چکیده

هیدروکربن‌های آلی به دلیل سرطان‌زا و جهش‌زا بودن، نگرانی‌های زیادی را به وجود می‌آورند. در این پژوهش، از جاذب کاه و کلش به‌عنوان جاذب آلی برای حذف آلودگی نفتی از پساب استفاده شد. آزمایش‌های جذب به‌صورت ناپیوسته با استفاده از محلول‌های آزمایشگاهی حاوی نفت انجام گرفت. شرایط بهینه جذب با تغییر فاکتورهای مؤثر بر جذب که شامل pH، غلظت اولیه آلوده‌کننده، زمان تماس و مقدار جاذب بر میزان جذب که در سطوح مختلف بود، مورد بررسی قرار گرفت و میزان جذب نفت به روش وزنی تعیین شد. بیشترین کارایی جاذب در زمان تعادل برای جذب نفت در ۱۵ دقیقه به میزان ۲۸/۸۵ درصد جذب مشاهده شد و کمترین مقدار آن به میزان ۱۷/۸۲ درصد جذب، با اختلاف معنی‌داری در ۳ min دیده‌شد که میزان جذب در بیشترین حالت به نسبت زمان کم قابل توجه بود. چراکه با افزایش بیشتر زمان میزان جذب افزایش یافت. بیشترین میزان جذب کاه در pH=۷ به میزان ۳۶/۹۵ درصد جذب مشاهده‌شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر pH ها نداشت. کمترین درصد جذب به میزان ۱۹/۰۹ درصد در pH=۹ دیده‌شد. تأثیر مقادیر جاذب کاه در ۲ g/l به میزان ۶۱/۰۵ درصد جذب بود، که با اختلاف معنی‌داری بیشتر از دیگر مقدار جاذب‌ها بود. کمترین درصد جذب با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر مقادیر در ۰/۲۵ و ۰/۵ g/l به میزان ۲۵/۹۲ درصد جذب مشاهده‌شد. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که جاذب کاه و کلش در صورت افزودن زمان تماس بیشتر، کارایی بالای در جذب نفت از پساب دارد و می‌تواند در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی نفتی؛ پساب ساختگی؛ فاکتورهای جذب؛ کاه و کلش.

## ۱ - مقدمه

در دنیا و همچنین در ایران، رقابت برای استفاده از آب در مصارف شهری، صنعتی، محیط‌زیست و کاربردهای تفریحی افزایش یافته است (Dave and Sharma 2015; 2005; Oliveira et al. 2012; Dehghani et al.). رشد روزافزون فعالیت‌های صنعتی از یک سو و رعایت نکردن الزامات زیست‌محیطی از سوی دیگر سبب شده است تا در چند دهه گذشته مقادیر زیادی از آلاینده‌های هیدروکربنی به واسطه عواملی مانند دفع و دورریزی نادرست فاضلاب‌ها و ضایعات مراکز صنعتی، پخش آلاینده از مخازن نفتی زیرزمینی و ایستگاه‌های سوخت‌گیری، تصادف تانکرها و نفت‌کش‌ها و غیره، وارد محیط‌زیست شوند (Frank Singh et al. 2009; Zhong 2003; 2016). ترکیبات هیدروکربنی ممکن است به یکی از طرق زیر وارد محیط‌زیست شوند: تصادفات، انتشار از صنایع، محصولات جانبی حاصل از تجارت و یا استفاده‌های شخصی ورود مستقیم به آب در اثر نشت و یا ریزش (Sing and ward 2004). فعالیت‌های صورت گرفته در صنعت نفت، از قبیل اکتشاف و تولید نفت، حمل و نقل، پالایش و مدیریت فرآورده‌های نفتی و کنترل ضایعات آن منابع بالقوه برای آلودگی آب، خاک و هوا به شمار می‌آیند. نشت نفت خام طی مراحل حمل و نقل و نیز ضایعات فرآیند پالایش، تهدید جدی برای محیط‌زیست می‌باشد و منجر به کاهش تدریجی کیفیت محیط شده است (Singh et al. 2009; 2005; Chaineau et al. 2015; Dong et al.). قرارگیری در معرض این آلاینده‌ها می‌تواند منجر به مرگ موجودات زنده آبی شود و آثار مضر از جمله کاهش تولیدمثل، رشد نامناسب، مشکل در مکانیسم تغذیه و کاهش قدرت دفاعی در مقابل بیماری‌ها را موجب شود (Bícego et al. 2006). تا به امروز در فرآیند جذب از مواد مختلفی مانند کربن فعال، سیلیکا و آلومینای فعال به‌عنوان جاذب استفاده شده است ولی مشکلات مختلف از قبیل هزینه بالا و امکان فعال‌سازی و احیای جاذب که از نظر اقتصادی قابل توجه می‌باشد، محققان را بر آن داشته تا در صدد استفاده از مواد جاذب جدید باشند (Roostaei and Ghani et al. 2017; Handan 2004). مواد جاذب آلاینده‌های نفتی به سه دسته کلی جاذب‌های آلی طبیعی (گیاهی)، جاذب‌های معدنی و جاذب‌های آلی سنتزی تقسیم می‌شوند (Adebajo 2003; Chunping et al. 2017). از

جاذب‌های آلی گیاهی، می‌توان باگاس نیشکر، کاه، چوب ذرت، پوسته بادام‌زمینی، فیبر چوب و تورب ساخته شده از خزه پوسیده را نام برد (Xi et al. 2014; Annunciado et al. 2005). کاه و کلش گندم فراوان‌تر از سایر پسماندهای غلات می‌باشد. تولید جهانی کاه و کلش گندم تقریباً حدود ۵۲۹ MT/y می‌باشد که به‌طور عمده در آسیا (۴۳٪)، اروپا (۳۲٪) و آمریکای شمالی (۱۵٪) تولید می‌شود. کاه و کلش گندم به علت قابلیت تجدیدپذیری سالانه و فراوانی بالا، ماده اولیه مناسبی برای استفاده به‌عنوان جاذب می‌باشد. در مطالعات دیگری نیز برای حذف نفت از جاذب‌های طبیعی استفاده شد. در مطالعه‌ای که توسط Singh and Ward (2004) انجام گرفت، عملکرد جاذب‌های طبیعی باگاس، پوسته برنج و جاذب‌های سنتزی پلی پروپیلن بی‌بافت، گرافیت ورقه شده برای جذب نفت گاز و نفت خام از محیط آبی بررسی شد. در مطالعه‌هایی که توسط Khan et al. (2004; Ahmad et al. 2005) صورت گرفت عملکرد جاذب‌هایی مانند پنبه درختی، پوست برنج و غیره در مقایسه با جاذب‌های تجاری مصنوعی مانند پلی‌استر برای حذف انواع ترکیبات نفتی در محیط‌های آبی استفاده شد. از این رو، هدف از انجام این مطالعه تعیین کارایی کاه و کلش در جذب نفت از آب، نفت و مخلوط نفت و آب، با در نظر گرفتن تأثیر فاکتورهای مختلف نظیر زمان تماس، pH اولیه، غلظت آلاینده نفتی در پساب و مقدار جاذب بر میزان جذب بود.

## ۲ - مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای تعیین کارایی جاذب مختلف در جذب آلاینده‌های نفتی از سطح آب، ابتدا پوسته برنج به‌عنوان جاذب و نفت خام به‌عنوان جاذب‌شونده انتخاب شدند. خصوصیات جاذب مورد آزمایش با استفاده از آنالیز FTIR و XRF مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد جاذب در جذب آب و نفت به‌طور جداگانه مورد آزمایش قرار گرفت. سپس تأثیر فاکتورهای مختلف زمان تماس، pH اولیه، غلظت آلاینده نفتی در پساب و مقدار جاذب، بر روی میزان جذب توسط جاذب کاه و کلش مطالعه شد. با در نظر گرفتن ۴ تیمار شامل جذب وابسته به pH، جذب وابسته به غلظت اولیه پساب، جذب وابسته به زمان تماس و جذب وابسته به مقدار جاذب، پژوهش طی مراحل زیر انجام شد.

## ۱-۲- تعیین ویژگی‌های جاذب

برای تعیین طیف جذبی و تعیین انواع گروه‌های عاملی کاه و کلش، پرتو سنجی فروسرخ با تبدیل فوریه<sup>۱</sup> با دستگاه مدل Bruker Equinox 5 گرفته شد در حقیقت پرتوی FT-IR جاذب، اطلاعاتی در مورد ساختار شیمیایی و گروه‌های عاملی سطحی جاذب (قطبی یا غیر قطبی) ارائه می‌دهد (Genieva et al. 2008). جهت تعیین ترکیب شیمیایی نمونه مورد آزمایش از دستگاه طیف‌سنجی فلورسانس (XRF) ساخت کمپانی Philips مدل PW1480 استفاده شد.

### ۱-۱-۲- آماده‌سازی جاذب‌ها

نمونه جاذب کاه و کلش به‌عنوان جاذب آلی از گلخانه تهیه شد. نمونه‌های جاذب بعد از تهیه با آب مقطر چندین بار به‌منظور حذف گردوغبار به‌خوبی شسته و در کوره در دمای °C ۱۰۵ به مدت ۱۴ h خشک شد (Rahmani et al. 2010). سپس نمونه‌های جاذب با استفاده از دستگاه مولینکس خرد و با الک کوچکتر از ۲ mm دانه‌بندی شد (Ahmad et al. 2005).

### ۲-۲- آزمایش جذب آب و نفت

مقدار ۲۰۰ ml از نمونه (آب مقطر یا نفت) داخل یک بشر ۲۵۰ ml ریخته و مقدار توزین شده‌ای از جاذب (g ۰/۵ از جاذب) به آن افزوده شد. پس از زمان ۵ min جاذب از نمونه جدا و سپس وزن شد. اختلاف وزن جاذب قبل و بعد از جذب برابر با میزان جذب نمونه شد.

### ۲-۳- آزمایش جذب نفت از روی آب

در این مطالعه تجربی از پساب ساختگی استفاده شد. جهت تهیه پساب ساختگی، ۱۰۰ ml نفت به حجم یک لیتر (با آب مقطر) رسیده شد. سپس به‌منظور مخلوط شدن آب و نفت، به مدت ۳۰ min توسط دستگاه شیکر تکان داده شد.

### ۲-۴- تأثیر پارامترهای مختلف بر فرایند جذب

برای دستیابی به بیشترین میزان جذب، تأثیر عامل‌های گوناگون مؤثر بر جذب بررسی و میزان جذب محاسبه شد. بدین منظور ترکیب نفتی و جاذب به نسبت ۱ به ۱ در یک ارلن ۱۰۰ ml ریخته و بقیه آن آب شهری افزوده شد سپس توسط شیکر با دور ۱۵۰ rpm هم شده شد و از کاغذ صافی عبور داده شد و در آن به مدت ۲۴ h در دمای °C ۴۰-۵۰ قرار داده شد تا آب آن تبخیر شود و سرانجام میزان روغن جذب شده از روش وزنی بر اساس معادله (۱) به‌دست آمد.

(۱)

درصد جذب

$$\text{میزان جذب اولیه (گرم)} - \text{وزن کل نمونه خشک شده جاذب و نفت (گرم)} \\ = \frac{\text{میزان اولیه نفت (گرم)}}{\text{میزان اولیه نفت (گرم)}}$$

از جمله فاکتورهایی که اثر آنها بر روی جذب ترکیب نفتی بررسی شد: pH، مقدار جاذب، زمان تماس و مقدار غلظت آلاینده بود که مقادیر متغیرهای مختلف برای pH (۳، ۵، ۷ و ۹)، برای مقدار جاذب کاه و کلش (۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۱/۵، و ۲ g/l)، برای زمان تماس (بازه‌های زمانی ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ min) و برای مقدار آلاینده نفت (حجم‌های ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰ ml و ۴۵۰ ml) بود و مقادیر پارامترهای ثابت در اندازه‌گیری، میزان pH=۵، مقدار جاذب ۰/۵ g، زمان ۵ min و میزان پساب ساختگی (۲۵۰ ml نفت به حجم ۱ l) بود.

### ۲-۵- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

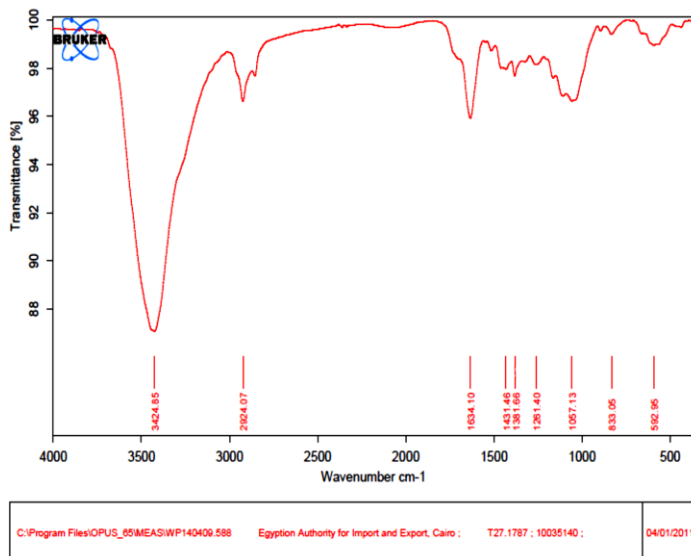
داده‌های به‌دست‌آمده به‌وسیله نرم‌افزارهای Excel و ۹/۴ SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای رسم نمودارهای تأثیر pH، دما، مقدار جاذب، غلظت و زمان تماس بر جذب چربی و روغن از پساب ساختگی از نرم‌افزار Excel و جهت پردازش داده‌های حاصل از نرم‌افزار SAS استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین بین پارامترها توسط آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ درصد انجام شد.

## ۳- یافته‌ها و بحث

### ۱-۳- مشخصه‌یابی جاذب

نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز پرتو FT-IR نمونه‌ها در شکل (۱) قابل مشاهده است. در پرتوی FT-IR کاه و کلش گروه‌های عاملی موادکربنی، سیلیس و آب جذب‌شده قابل‌دیدن

<sup>۱</sup> FT-IR: Fourier-transform infrared spectroscopy



Page 1/1

شکل ۱- آنالیز پرتو FT-IR کاه و کلش  
Fig. 1 FT-IR Spectra of straw analysis

مختلف آزمایش بر مشخصه‌های مختلف اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌دار معنی‌داری ندارند ( $P < 0.01$ ).

هستند. در پرتو عبوری کاه بیشینه طول‌موج  $3424 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به پیوند O-H در مولکول‌های آب یا O-H موجود در سلولز، همی‌سلولز و لیگنین است (Markovska et al. 2007). پیوند در طول‌موج  $1634 \text{ cm}^{-1}$  ناشی از تغییر شکل ارتعاش مولکول‌های آب و حضور C=C در ترکیب‌های آلی است. پیوندها در بازه  $1111 \text{ cm}^{-1}$  و  $1057/13$  -  $592$  مربوط به گروه‌های سیلیکون اکسیژن، Si-O است. به‌طور کلی نتیجه‌های آنالیز FT-IR نشان داد که بخش عمده ساختار کاه را ترکیب‌های آلی (ترکیب‌های کربنی) تشکیل می‌دهد و نوارهای پرتوی مربوط به ترکیب‌های معدنی همچون سیلیس بسیار اندک است. ترکیب شیمیایی کاه مورد آزمایش از نتایج حاصل از طیف‌سنجی فلورسانس پرتو (XRF) به دست آمد.

### ۲-۳- بهینه‌سازی عامل‌های مؤثر بر جذب نفت

در جدول (۱) نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه، در طول آزمایش آورده شد. این نتایج نشان داد که تیمارهای

جدول ۱- آنالیز واریانس مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف آزمایشی

Table 1. Analysis of variance of measured parameters in different experimental treatments

شاخص	منابع تنوع	درجه آزادی	میزان F	سطح معنی‌دار
pH	تیمار	4	0.48	n.s
	خطا	3	0	-
	کل	7	0	-
زمان ماند	تیمار	4	0.92	n.s
	خطا	3	0	-
	کل	7	0	-
مقدار جاذب	تیمار	5	4.53	n.s
	خطا	4	0	-
	کل	9	0	-
غلظت جذب‌شونده	تیمار	4	0	n.s
	خطا	3	0	-
	کل	7	0	-

n.s نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن مقادیر می‌باشد.

ندارد (۳۶/۹۵ درصد،  $P < 0.05$ ) و کمترین درصد جذب در  $\text{pH}=9$  دیده شد که این مقدار نیز تفاوت معنی‌دار معنی‌داری با سایر pH ها ندارد (میزان ۱۹/۰۹ درصد،  $P < 0.05$ ).

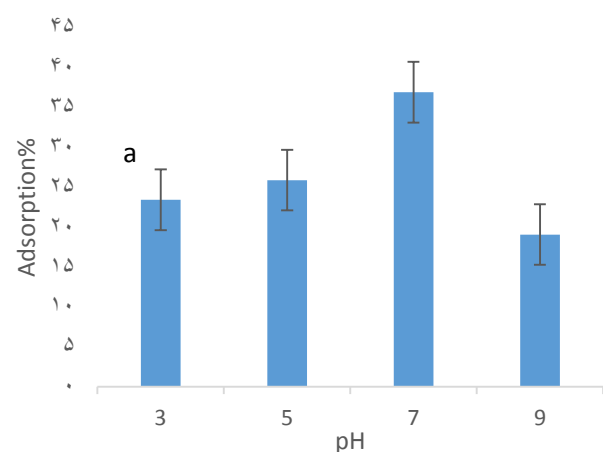
### ۳-۳- اثر pH بر جذب نفت

طبق نمودار شکل (۲) بیشترین میزان جذب کاه در  $\text{pH}=7$  مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار معنی‌داری با دیگر pH ها

تأثیر pH در افزایش جذب آلاینده بر سطح جاذب را به ارتباط pH و بار الکتریکی سطح جاذب نسبت دادند. این محققین گزارش کردند که در pH پایین تر از  $pH_{zpc}$  سطح جاذب توسط عوامل کربوکسیلیک حاوی پروتون احاطه می‌شود و این شرایط باعث افزایش بار مثبت بر سطح جاذب شد. با توجه به ماهیت آنیونی مواد جاذب، در این شرایط جاذبه الکترواستاتیکی میان جاذب‌شونده و آلاینده افزایش یافت و راندمان حذف افزایش پیدا کرد. این پدیده در مورد جاذب مورد استفاده در این مطالعه نیز حاکم بود. در مطالعه دیگری که توسط Ahmad et al. (2005) بر روی حذف روغن باقی‌مانده در پساب با استفاده از جاذب‌های طبیعی کیتوزان، بنتونیت و کربن فعال انجام گرفت، مشخص شد که جذب روغن باقی‌مانده بر روی بنتونیت و کربن فعال در شرایط اسید قابل توجه بود. pH محلول‌ها بر سطح بار این جاذب‌ها تأثیر گذاشت و درجه یونیزاسیون آنها باعث عملکرد بهتر آنها به‌عنوان یک جاذب نفت شد.

#### ۳-۴- اثر مقدار جاذب بر جذب نفت

طبق شکل (۳) بیشترین میزان جذب کاه در  $2 \text{ g/l}$  مشاهده شد (به میزان  $61/05$  درصد،  $P < 0/05$ ). که اختلاف معنی‌داری با دیگر مقدار جاذب‌ها داشت و کمترین درصد جذب با اختلافی معنی‌دار در  $0/25$  گرم دیده شد (به میزان  $25/92$  درصد،  $P < 0/05$ ). اثر تغییر مقدار ماده جاذب بر فرایند جذب نفت از پساب بیان‌گر آن بود که با افزایش مقدار جاذب، درصد جذب نفت توسط ماده جاذب افزایش پیدا کرد و اما در مقادیر بالاتری از ماده جاذب، تغییری در درصد جذب رخ نداد. به‌طوری‌که با افزایش مقدار جاذب از  $0/25$  گرم در لیتر به  $2 \text{ g/l}$ ، درصد جذب برای کاه و کلش از  $25/92\%$  به  $61/05\%$  افزایش داشت (Banat et al. 2000; Qadeer et al. 2002)؛ به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار جاذب میزان جذب در نتیجه افزایش مساحت سطحی فعال و مؤثر در جذب افزایش پیدا کرد اما در نهایت، افزودن مقادیر بیشتری جاذب تأثیری در افزایش جذب نداشت. در حقیقت تعادلی بین جاذب و ماده جذب‌شونده در محلول رخ داد و بعد از آن جذبی صورت نگرفت. در ابتدا با افزایش



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین درصد جذب کاه در مقادیر مختلف pH

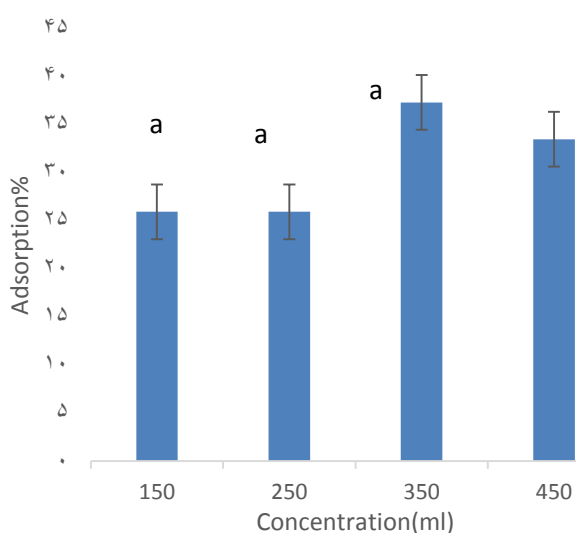
Fig. 2 average percentage of straw absorption in different pH values

یافته‌های این تحقیق نشان داد که جذب نفت با استفاده از کاه در pH خنثی یعنی  $pH=7$  بیشترین مقدار جذب را داشت که به میزان  $36/95$  درصد بود البته به دلیل کم بودن زمان ماند در تمامی pH ها جذب بدون اختلاف معنی‌دار با سایر pH ها بود اما با بالا رفتن pH میزان جذب کاهش پیدا می‌کند تا جایی که در  $pH=9$  جذب تا حدود  $19$  درصد کاهش پیدا می‌کند. pH یکی از فاکتورهای مهمی است که از طریق تأثیر بر ساختار ماده آلاینده و بار سطحی جاذب در فرایند جذب تأثیر گذاشت (Ong et al. 2007). علت کاهش درصد جذب با افزایش pH را می‌توان مرتبط به ساختار آنیونی جذب‌شونده دانست. بررسی‌ها نشان داد که در pH بالا، بار الکتریکی سطحی غالب در سطح جاذب‌ها به‌صورت بار منفی بود. بر این اساس با افزایش pH، تعداد بارهای منفی افزایش یافت و با توجه به ماهیت آنیونی جذب‌شونده در این شرایط جاذبه الکترواستاتیکی میان جاذب و آلاینده کاهش یافت و راندمان جذب کاهش پیدا کرد (Banat et al, 2000; Varghese et al, 2004). این نتایج با مطالعات انجام‌شده توسط (Banat et al. 2000) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند که درصد جذب فنل بر روی بنتونیت با افزایش pH کاهش پیدا کرد. نتایج مشابهی توسط Vinod and Varghese (2004) گزارش شده است. این محققین نیز

۰/۱ تا ۱ گرم (غلظت روغن بهران ۷ g/l) درصد جذب روغن بهران افزایش یافت. حال آنکه افزودن بیشتر مقدار جاذب تأثیری در افزایش درصد جذب نداشت و جذب ثابت ماند.

### ۳-۵- اثر غلظت اولیه نفت بر میزان جذب

طبق شکل (۴) بیشترین میزان جذب کاه در غلظت ۳۵۰ ml مشاهده شد که اختلاف معنی داری با دیگر غلظت‌ها ندارد (۳۷/۴۷ درصد،  $P < 0.05$ ) و کمترین درصد جذب در غلظت ۲۵۰ و ۱۵۰ دیده شد که این مقدار نیز تفاوت معنی داری با سایر غلظت‌ها نداشت (میزان ۲۵/۹۲ درصد،  $P < 0.05$ ).

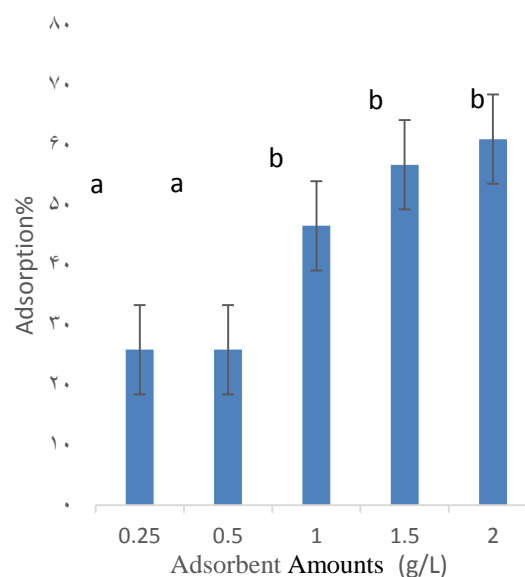


شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین درصد جذب کاه در غلظت‌های مختلف (میلی لیتر)

Fig. 4 The average straw absorption percentage at different concentrations (ml)

با افزایش حجم نفت در پساب از ۱۵۰ به ۴۵۰ میلی لیتر، راندمان جذب کاه شروع به افزایش یافتن کرد. به طوری که بیشترین درصد جذب در غلظت ۳۵۰ میلی لیتر برای کاه ۳۷/۳۰ درصد تعیین شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نفت در پساب، میزان جذب ثابت باقی ماند و تغییری در درصد جذب رخ نداد. (Razavi et al. (2014) به این نتیجه رسیدند که درصد جذب نفت خام توسط پوسته برنج خام در ابتدا با افزایش غلظت اولیه نفت از ۱ تا ۷ گرم

میزان جاذب، مکان‌های جذب بیشتری در غلظت‌های همانند در اختیار جذب‌شونده قرار گرفت و درصد جذب را افزایش داد (Chowdhury et al. 2009; Ibrahim et al. 2010) اما وقتی ظرفیت جاذب قادر به انباشت فقط میزان خاصی از آلاینده موردنظر باشد و اشباع شود افزودن بیشتر مقدار جاذب تأثیری بر افزایش درصد جذب ندارد. (Husseien et al. 2009) گزارش کردند که هرچند افزایش دز جاذب باعث افزایش راندمان حذف آلاینده (فنل) شد، اما به دلیل غیراشباع ماندن برخی از نقاط فعال موجود در سطح جاذب میزان جذب در واحد جرم جاذب کاهش یافت.

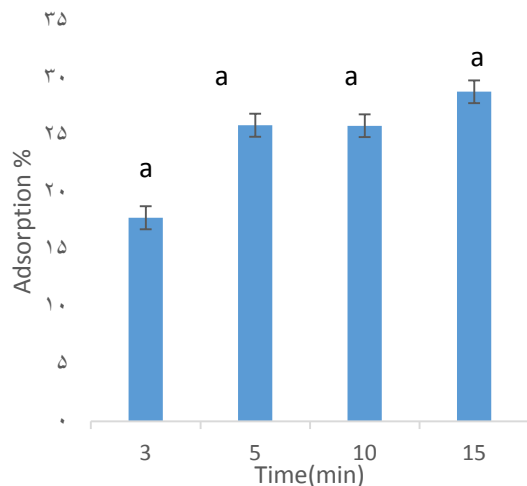


شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین درصد جذب کاه در مقادیر مختلف جاذب (g/L)

Fig. 3 percentage of straw absorption in different adsorbent amounts (g/L)

در مطالعه دیگری که توسط (Razavi et al. (2014) بر کاربرد پوسته برنج خام در حذف نفت خام از محیط‌های آبی انجام شد، نیز مشخص شد با افزایش مقدار جاذب از ۱ تا ۱۰ گرم در لیتر، درصد جذب تا حد اشباع نیز افزایش پیدا کرد. در مطالعه دیگری که (Razavi et al. (2014) بر روی کاربرد پوست برنج در حذف روغن موتور از محیط‌های آبی انجام گرفت، مشخص شد که با افزایش مقدار جاذب خام از مقادیر

زمان‌های تماس نداشت (به میزان ۲۸/۸۵ درصد،  $P < 0/05$ ). کمترین درصد در ۳ دقیقه دیده شد که مجدداً اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌ها نداشت (به میزان ۱۷/۸۲ درصد،  $P < 0/05$ ).



شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین درصد جذب کاه در زمان‌های مختلف (دقیقه)

Fig. 5 Comparison diagram of the percentage of straw adsorption at different times (min)

اثر تغییر زمان تماس بر فرایند جذب نفت توسط ماده جاذب بیانگر آن بود که، با افزایش زمان تماس کاه با پساب ساختگی حاوی نفت، راندمان جذب افزایش یافت. با گذشت زمان و رسیدن به ۱۵ دقیقه، راندمان برای جذب نفت توسط جاذب کاه بیشترین مقدار خود یعنی میزان ۲۸/۸۵٪ بود. اما با گذشت زمان و تا ۱۵ دقیقه، همچنان راندمان حذف بالا بود و به نظر می‌رسد کم بودن زمان‌ماند یکی از علت‌های جذب پایین بود. مطالعات انجام‌شده توسط Salehi et al. (2014) در این راستا نشان داد که با افزایش زمان تماس، میزان جذب سیر صعودی داشت چراکه مکان‌های فعال زیاد و خالی در سطح جاذب، با گذشت زمان اشغال‌شد. همچنین در مطالعه انجام‌شده توسط Razavi et al. (2014) پیرامون کاربرد پوست برنج خام در حذف نفت خام از محیط‌های آبی نیز مشخص شد با افزایش زمان تماس، درصد جذب نفت خام توسط پوسته برنج افزایش پیدا کرد و سپس ثابت‌شد. در مطالعه دیگری که توسط Hosseini et al. (2009) بر روی

در لیتر افزایش یافت (۲۵-۴۵٪) و سپس ثابت شد (حدود ۵۱٪). با افزایش غلظت اولیه ترکیب نفتی، جذب افزایش و پس از رسیدن به یک غلظت مشخص تغییری در جذب دیده نشد و جذب ثابت ماند. ثابت ماندن روند جذب پس از رسیدن به بیشترین جذب به این دلیل بود که برای هر جاذب ظرفیت مشخصی برای جذب وجود داشت (Haussard et al. 2003). هرچند که با افزایش غلظت اولیه ترکیب‌های نفتی از یک سو دسترسی جاذب برای جذب آب کاهش یافت (Hussein et al. 2009). از سوی دیگر مولکول‌های بیشتری از ترکیب نفتی در اختیار جاذب قرار گرفت و مکان‌های جذب به سرعت توسط جذب‌شونده اشغال‌شد (Liew et al. 1993). اما به محض سیر شدن جاذب افزودن غلظت بیشتر ترکیب نفتی تأثیری بر جذب نداشت. همچنین به دلیل ثابت بودن مقدار جاذب با وجود افزایش غلظت اولیه ترکیب‌های نفتی درصد جذب ثابت‌ماند (Lim et al. 2007).

Jafari Mansourian et al. (2016) مطالعه‌ای بر روی کارایی پوسته غلاف گیاه آکاسیاتورتیلیس به‌عنوان جاذب ارزان‌قیمت و قابل‌دسترسی در حذف فنل انجام داد که مشخص شد با افزایش غلظت فنل، کارایی حذف افزایش یافت، اما این سرعت حذف در غلظت‌های بالا کمتر بود. در مطالعه دیگری که توسط Razavi et al. (2014) بر روی کاربرد پوسته برنج در حذف روغن‌موتور از محیط‌های آبی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در مورد روغن‌موتور بهران درصد جذب برای جاذب خام در ابتدا با افزایش غلظت اولیه روغن از ۷ تا ۱ گرم در لیتر افزایش یافت (۸۰ درصد) و سپس برای غلظت ۱۰۰ گرم در لیتر روغن کاهش پیدا کرد (۷/۵ درصد).

### ۳-۶- اثر زمان تماس نفت بر میزان جذب

شکل (۵) نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب کاه در ۱۵ دقیقه مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با دیگر



۳- با خنثی شدن pH، میزان جذب برای نفت افزایش یافت. نتیجه بررسی اثر تغییر غلظت اولیه نفت نشان داد که افزایش غلظت اولیه نفت در پساب، سبب افزایش میزان جذب شد.

۴- در رابطه با میزان جاذب با افزایش این میزان، میزان جذب افزایش یافت.

به دلیل کم بودن میزان زمان تماس که در بهترین حالت مقدار ۱۵ دقیقه بود و همین‌طور کم بودن مقدار جاذب، جذب نفت زیاد بالا نبود. ضمن اینکه می‌توان با افزودن این مقادیر، از جاذب در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی استفاده کرد.

حذف هیدروکربن از لجن مخازن گازوئیل با استفاده از ژئولیت منطقه سمنان صورت گرفت، مشاهده شد که، افزایش زمان، به علت افزایش تعداد برخورد آلاینده و جاذب سبب بالا بردن درصد جذب گشت.

#### ۴- نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی کارایی جاذب کاه در حذف نفت است که می‌توان موارد زیر را نتیجه گرفت:

- ۱- با افزایش زمان تماس، راندمان جذب افزایش یافت.
- ۲- جذب نفت توسط جاذب کاه در بازده زمانی ۱۵ دقیقه نسبت به سایر زمان‌ها، بیشترین مقدار بود.

#### Reference

- Adebajo M. O., Frost R. L., Klopogge J. T., Carmody O. and Kokot S. (2003). Porous materials for oil spill cleanup: A review of synthesis and absorbing properties. *J. of Porous Materials*. 10, 159-170.
- Ahmad A. L., Sumathi S. and Hameed B. H. (2005). Adsorption of residue oil from palm oil mill effluent using powder and flake chitosan: Equilibrium and kinetic studies, *Water Research* 39, 2483-2494.
- Annunciato T. R., Sydenstricker T. H. D. and Amico S. C. (2005). Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1340-1346.
- Banat F. A., Al-Bashir B., Al-Asheh S. and Hayalneh O. (2000). Adsorption of phenol by bentonite. *Environ Pollut*; 107, 391-398.
- Bícego M. C., Taniguchi S., Yogui G. T., Montone R. C., Da Silva, D. A. M., Lourenco R. A., De Castro Martins C., Sasaki S. T., Pellizari V. H. and Webe R. R. (2006). Assessment of contamination by polychlorinated biphenyls and aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and Sao Vicente Estuary System, Sao Paulo, Brazil. *J. of Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1804-1816.
- Chaineau C. H., Rougeux G., Yepremian C. and Oudot J. (2005). Effects of nutrient concentration on biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. *Soil Biol. Biochem.* 37, 1490-1497.
- Chunping S., Yang H., Zhao H., Liu Y. and Chen R. (2017). Recyclable and biodegradable superhydrophobic and superoleophilic chitosan sponge for the effective removal of oily pollutants from water, *Chemical Engineering Journal*. 330, 423-432.
- Chowdhury A. K., Sarkar A. D. and Bandyopadhyay A. (2009). Rice Husk Ash as a Low Cost Adsorbent for the Removal of Methylene Blue and Congo Red in Aqueous Phases, *Clean-Soil, Air, Water*, 37(7), 581-591.
- Dave S. and Sharma R. (2015). Use of nanoparticles in water treatment: a review. *Int Res J Environ Sci International Science Congress Association*. 4(10), 103-106.
- Dehghani F., Rahnamai R., Malakoti M. J. and Saadat S. (2012). Investigating the ratio of calcium to magnesium ratio in some irrigation water in the country. *Journal of Water Research in Agriculture*. 1, 1-13. [in persian].
- Dong H., Zeng G., Tang L., Fan C., Zhang C., He X. and He Y. (2015). An overview on

- limitations of TiO<sub>2</sub>-based particles for Photocatalytic degradation of organic pollutants and the corresponding countermeasure. *Water Res* 79, 128–146
- Frank V. B. (2016). Co-treatment of domestic and oil & gas wastewater with a hybrid sequencing batch reactor membrane bioreactor, Master of Science (Civil and Environmental Engineering) Thesis, Colorado School of Mines.
- Ghani Z. A., Yusoff M. S., Zaman N. Q., Zamri M. A. and Andas J. (2017). Optimization of preparation conditions for activated carbon from banana pseudo-stem using response surface methodology on removal of color and COD from landfill leachate. *Waste Management.*, 62, 177-187.
- Genieva S., Turmanova S. C., Dimitrova A. and Vlaev L. (2008). Characterization of Rice Husks and the Products of Its Thermal Degradation in Air or Nitrogen Atmosphere, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 93(2), 387-396.
- Haussard M., Gaballah I., Kanari N., De Donato P., Barres O. and Villieras F. (2003). Separation of Hydrocarbons and Lipid from Water Using Treated Bark, *Water Res.*, 37(2). 362-374.
- Husseien M., Amer A., El-Maghraby A. and Taha N. (2009). Availability of Barley Straw Application on Oil Spill Clean up, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 6(1), 123-130.
- Ibrahim S., Wang S. and Ang H. M. (2010). Removal of Emulsified Oil from Oily Wastewater Using Agricultural Waste Barley Straw, *Biochem. Eng. J.*, 49(1), 78-83.
- Jafari Mansourian H., Mahdi A. H., Janidji J. and Melkotian M. (2016). Efficiency of the pod of acaciaurotilysis plant as an inexpensive and accessible absorbent for phenol removal. *Water and Wastewater Journal*. 2. 124-132. [in persian].
- Liew K., Yee A. and Nordin M. (1993). Adsorption of Carotene from Palm Oil by Acid-Treated Rice Hull Ash, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70(5), 539-541.
- Lim T. T. and Huang X. (2007). Evaluation of Kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) as a Natural Hollow Hydrophobic-Oleophilic Fibrous Sorbent for Oil Spill Cleanup, *Chemosphere.*, 66(5), 955-963.
- Salehirad A. H., Haghghat Kish M, Hosseini Verkhani M. (2014). Application of polyester hollow fiber polyethylene (polyethylene terephthalate). *Petroleum Research*, Vol. 23, No. 76, pp. 64-57.
- Oliveira E. A., ndrade A. D., Montanher S. F., Nobrega J. A. and Rollemberg M. C. (2005). Equilibrium studies for the sorption of chromium and nickel from aqueous solutions using raw rice bran, *J. Process Biochemistry*, 40(11), 3485-3490.
- Ong S. T., Lee C. K. and Zainal Z. (2007). Removal of basic and reactive dyes using ethylenediamine modified rice hull. *Bioresour Technol*; 15, 2792-9.
- Xi P. L., Huang L., Xu Z. H., Chen Z. N., An L., Wang B. – N. (2014). Low Cost. and robust soot. dipped polyurethane sponge for highly efficient and recyclable oil and organic solvent cleanup *RSC Adv.*, 4 pp. 59481-59485.
- Qadeer R. A. (2002). Study of the Adsorption of Phenol by Activated Carbon from Aqueous Solutions. *Turk J Chem*; 26: 357 -361.
- Rahmani A., Asgari G. H., Barjeste asgari D. and Hedaiati K. (2010). Investigation of removal of phenol from aqueous solutions using copper modified pumice. *Scientific Journal of Hamedan University of Medical Sciences & Health Services*. 17(4). 50-56. [in persian].
- Razavi Z. A., Mirghafari N. and Rezaei B. (2014). Application of raw rice crust in the

- removal of oil from aquatic environments. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering of Iran*. 35(1). 13-23. [in persian].
- Roostaei N. and Handan T. F. (2004). Removal of phenol from aqueous solutions by adsorption. *Environ Manag*; 70, 157-164.
- Singh A., Kuhad R.C. and Ward O. P. (2009). *Advances in Applied Bioremediation*. Soil Biol. Volume 17. p. 365.
- Singh A. and Ward O. P. (2004). *Applied Bioremediation and Phytoremediation*. Published by Springer-verlag Berlin Heidelberg. Germany.
- Varghese S. and Vinod V. P. (2004). Kinetic and equilibrium characterization of phenols adsorption onto a novel activated carbon in water treatment. *Indian J Chem Technol*; 11, 825-833.

## Investigating the Use of Straw in Removing Oil Pollution from Water

Niloofar Pirestani<sup>1\*</sup>, Mohammad Hadi Abolhasani<sup>2</sup> and Fatemeh Sadat Aminjavaheri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student., Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran

<sup>2</sup> Assist. Profe., Department of Environment, Faculty of Agricultural Engineering and Natural Resources, Research Institute of Waste and Waste of Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran

<sup>3</sup> B.Sc Student., Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan Islamic Azad University, Isfahan, Iran

\*Corresponding author: niloofar.pirestani@yahoo.com

### Original Paper

Received: December 18, 2017

Revised: January 22, 2018

Accepted: March 3, 2018

### Abstract

Organic hydrocarbons as a result of carcinogenesis and mutation caused many concerns. In this research, straw and chalk absorber was used as an organic adsorbent to remove oil pollution from wastewater. The adsorption experiments were performed discontinuously using oil-containing laboratory solutions. Optimum adsorption conditions were obtained by changing the factors affecting adsorption including pH, initial concentration of contaminant, contact time and adsorbent amount on adsorption at different levels, the oil absorption was determined by weighting method. Ultimately, the use of adsorbent for laboratory wastewater was studied. The highest adsorbent efficiency at the time of equilibrium was observed for absorbing oil in 15 minutes about 28.85% absorbance, which did not have a significant difference with other contact times, which could be due to low contact time and the lowest value was observed with a significant difference of 3 minutes about 17.82% absorption, with the absorption rate being most significant in relation to the time of low, due to increased absorption time increases. The highest rate of straw absorption was observed in pH = 7, which did not have a significant difference with other pH about 36.95% absorption and the lowest percentage of adsorption was observed at pH = 9, which had no significant difference with other pHs (19.09% absorption;  $P < 0.05$ ). The effect of straw adsorbent values in 2 g/L was significantly higher than other amount of adsorbents about 61.05% absorption and the lowest percentage of adsorption was significantly different from other values in 0.25 and 0.5 grams per liter about 25.92%. Therefore, it can be concluded that the straw adsorbent, in the form of adding more contact time, has a high efficiency in absorbing oil from wastewater and can be used in the treatment of industrial wastewater.

**Keywords:** Oil Pollution; Fugitive Effluent; Adsorption Factors; Straw.