

# Treatability of Carwash Wastewater by Application of Combined Chemical Coagulation and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Processes

M. Mohammadian Fazli<sup>1</sup>, Sh. Zabihi<sup>2</sup>, A. Assadi<sup>1</sup>

1. Assoc. prof., Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran
2. MSc of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran
3. Assoc. prof., Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran  
(Corresponding Author) assadi@zums.ac.ir

(Received July 7, 2017 Accepted Nov. 26, 2017)

#### To cite this article :

Mohammadian Fazli, M., Zabihi, Sh., Assadi, A., 2018, "Treatability of carwash wastewater by application of combined chemical coagulation and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes." Journal of Water and Wastewater, (In press) Doi: 10.22093/wwj.2017.77993.2351 (In Persian)

#### Abstract

In recent years, the increase in car production, population growth, urbanization and significant expansion of the use of private vehicles has led to the development of more and more carwash facilities in all cities. Regarding the carwash wastewater pollutants, treatment of such wastewater can be a big help in protecting surface and groundwater resources. The wastewater needed for this research was withdrawn from output of carwash using hand washing method and composite sampling. The aim of this study was to determine the efficiency of combined chemical coagulation and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes in treatment of carwash wastewater. To reduce the settleable solids, samples were undergone a 2-hour settlement. Then in the first step of coagulation process, the optimum conditions for pH and the ferric chloride dose were obtained using jar test. The effluent of coagulation stage was introduced to UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reactor under the influence of ultraviolet radiation. Finally, required parameters such as COD and BOD<sub>5</sub> in the effluent of oxidation process were measured at the designated times. Results showed that the COD removal efficiency of 70% and 93.2% were achieved in coagulation and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, respectively. The overall efficiency of this system based on COD and BOD<sub>5</sub> removal were obtained as 98% and 97.5%, respectively. Overall, the recommended combined system is effective and robust to treat carwash wastewater to meet the standards of effluent discharge.

**Keywords:** Carwash, Effluent, Chemical Coagulation, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



## بررسی تصفیه پذیری فاضلاب کارواش با کاربرد فرایندهای ترکیبی انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

مهران محمدیان فضلی<sup>۱</sup>، شیوا ذبیحی<sup>۲</sup>، علی اسدی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران  
۲- دانش آموزانه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران  
۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران  
assadi@zums.ac.ir (نویسنده مسئول)

(دریافت ۹۷/۱۶ پذیرش ۹۷/۹/۵)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

محمدیان فضلی، م.، ذبیحی، ش.، اسدی، ع.، ۱۳۹۷، "بررسی تصفیه پذیری فاضلاب کارواش با کاربرد فرایندهای ترکیبی انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>"  
مجله آب و فاضلاب، (در انتظار چاپ). Doi: 10.22093/wwj.2017.77993.2351

### چکیده

با توجه به آلاینده‌های موجود در فاضلاب کارواش‌ها، تصفیه فاضلاب ناشی از این صنعت کمک بزرگی به حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی است. این پژوهش با هدف تعیین کارایی سیستم انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در تصفیه فاضلاب کارواش انجام شد. فاضلاب استفاده شده در این پژوهش از خروجی نهایی کارواش خودروهای سبک با روش شست و شوی دستی تهیه شد و نمونه‌برداری به صورت مرکب انجام شد. به منظور مطالعه تصفیه‌پذیری فاضلاب، ابتدا نمونه به منظور ته‌نشینی و کاهش TSS به مدت ۲ ساعت به حال سکون نگه داشته شد. در مرحله اول تصفیه با انجام فرایند انعقاد با کمک دستگاه جار تست، بهینه‌سازی pH و دز کلروفریک انجام شد. سپس نمونه‌ها وارد راکتور UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> شد و تحت تأثیر پرتوی فرابنفش قرار داده شد. نهایتاً مقادیر پارامترهای مورد نظر مانند COD و BOD<sub>5</sub> در پساب خروجی از فرایند اکسیداسیون در زمان‌های تعیین شده سنجش شد. یافته‌ها نشان داد که راندمان حذف COD در فرایند انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> به ترتیب برابر با ۷۰ و ۹۳/۲ درصد بود. راندمان کلی سیستم تصفیه ترکیبی بر مبنای COD و BOD<sub>5</sub> به ترتیب برابر با ۹۸ و ۹۷/۵ حاصل شد و مشخص شد که سیستم پیشنهاد شده یک روش مؤثر در تصفیه فاضلاب کارواش و تأمین استانداردهای تخلیه پساب است.

**واژه‌های کلیدی:** کارواش، فاضلاب، انعقاد شیمیایی، UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### ۱- مقدمه

سطحی و زیرزمینی یا شبکه فاضلاب شهری می‌شود. از سوی دیگر به علت این که فاضلاب کارواش‌ها دارای مقادیر زیادی آلاینده از جمله جامدات، دترجنت‌ها، فسفات، روغن و گریس، هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین، مواد شیمیایی مضر و سایر آلاینده‌ها می‌باشد، تصفیه فاضلاب کارواش‌ها کمک بزرگی به حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌نماید (Zaneti et al. 2011).

پدیده اتریفیکاسیون در اثر ورود بی رویه مواد شونده حاوی فسفر به منابع آب‌های سطحی ایجاد می‌شود (Zaneti et al. 2012; Panizza et al. 2005).

با توجه به افزایش روزافزون خودروها در کشور در سال‌های اخیر، استفاده از کارواش برای شست‌وشوی وسایل نقلیه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل تعداد کارواش‌ها در سطح شهرهای کشور افزایش چشمگیری داشته است و تصفیه فاضلاب این واحدها ضروری به نظر می‌رسد. نوع فاضلاب کارواش با فاضلاب بهداشتی متفاوت است و قبل از رهاسازی به شبکه فاضلاب شهری باید تصفیه صورت گیرد. این در حالی است که فاضلاب این واحدها بدون هیچ گونه تصفیه وارد منابع آب‌های



فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته<sup>۱</sup> با استفاده از اشعه UV و یک ماده اکسید کننده مناسب مانند  $H_2O_2$  یکی از پر بازده ترین شیوه های اکسیداسیون ترکیبات آلی معرفی شده اند (Esplugas et al. 2002). این فرایندها که پتانسیل زیادی برای حذف انواع آلودگی ها دارند، منجر به تولید رادیکال های آزاد هیدروکسیل ( $OH^\bullet$ ) می شوند و به دلیل قدرت اکسیداسیون بالا و غیر انتخابی بودن، بیشترین کارایی را در حذف ترکیبات آلی دارند. این رادیکال ها بعد از فلوتور بیشترین قدرت اکسید کنندگی را دارند (Kestioslu et al. 2005). در فرایند  $UV/H_2O_2$ ، رادیکال هیدروکسیل زمانی تشکیل می شود که  $H_2O_2$  توسط اشعه فرابنفش در طول موج ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر تجزیه شود. در واقع اشعه ماوراء بنفش در اکسیداسیون مواد آلی نقش کاتالیست را به عهده دارد، به طوری که با جذب انرژی اشعه به وسیله ترکیبات آلی، پیوندهای ترکیبات شیمیایی شکسته شده و آماده اکسیداسیون شیمیایی می شوند. همچنین اشعه UV باعث ایجاد رادیکال های  $OH^\bullet$  از  $H_2O_2$  می شود که این رادیکال ها در اکسید کردن مواد موجود در فاضلاب قوی تر از  $H_2O_2$  عمل می کنند (Shemer & Linden 2007a). با عنایت به این که در کشور ایران بسیاری از کارواش ها فاضلاب تولیدی خود را بدون هیچ گونه پیش تصفیه ای مستقیماً وارد فاضلابروهای شهری و چاه های جذبی می کنند، این پژوهش با هدف جلوگیری از آلودگی آب های سطحی، آلودگی خاک و آب های زیرزمینی و تحقق استانداردهای تصفیه و نهایتاً به منظور راه اندازی یک روش جدید در کشور انجام گرفت.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- روش کار

فاضلاب مورد نیاز برای انجام این پژوهش در هر فصل از محل کارواش خودروهای سبک با شست و شوی دستی و روش نمونه برداری مرکب از کانال خروجی از کارواش در شهر زنجان تهیه شد. نمونه مرکب در یک روز کاری در تواتر زمانی یک ساعته در ظرف پلاستیکی ۲۰ لیتری تهیه شد و تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد. به منظور مطالعه تصفیه پذیری، ابتدا نمونه

اکثر این مواد دیر تجزیه پذیر بوده و در تصفیه خانه های متعارف حذف نمی شوند. به این ترتیب که در حوض هوادهی و اختلاط، حجم زیادی کف تولید می کنند، فرایند تصفیه را مختل می کنند و نیز باعث ایجاد مخاطراتی برای کارگران تصفیه خانه ها می شود. بنابراین تصفیه فاضلاب های حاوی فسفر و دترجنت به دلیل جلوگیری از آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی و بهبود عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب شهری از اهمیت خاصی برخوردار است (Rostami 2003).

فاضلاب کارواش ها حاصل شست و شوی بخش های مختلف اتومبیل ها مانند روشویی، موتور شویی و زیرشویی است. در میان انواع مختلف فاضلاب، فاضلاب واحدهای کارواش یکی از آلوده ترین فاضلاب ها با شدت ناخالصی بالا به شمار می رود. زیرا دارای شن و ماسه، ذرات، روغن و گریس، سورفکتانت، مواد شوینده، فسفات و حلال ها است. دفع مستقیم این فاضلاب باعث تشدید آلودگی آب های طبیعی و همچنین افزایش بار اضافی و تأثیر منفی بر روی بهره وری از فرایندهای تصفیه فاضلاب به دلیل وجود ناخالصی ها می شود. لذا رفع آلودگی محیط زیست کارواش ها امری ضروری و با اهمیت خاص است (Panizza, & Cerisola 2010; Hamada & Miyazaki 2004).

به همین دلیل حذف پارامترهای مهم فاضلاب کارواش با روش های متعدد و با تأکید بر استفاده مجدد از پساب در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفته است (Nadzirah et al. 2015). هیچ قوانین و مقررات سختگیرانه ای برای آب مصرفی در کارواش ها وجود ندارد. بنابراین فاضلاب تولید شده از کارواش می تواند با ترکیب فرایند انعقاد و لخته سازی به عنوان پیش تصفیه و فرایند دیگر، مجدد مورد استفاده قرار گیرد (Lau et al. 2013). در این راستا استفاده از فرایندهای تلفیقی به دلیل افزایش کارایی حذف مواد آلی و کاهش هزینه های مرتبط بسیار مفید است (Arsene et al. 2011).

انعقاد و لخته سازی یکی از مراحل مهم در تصفیه فاضلاب است که با کمک منعقدکننده های شناخته شده نظیر سولفات آلومینیوم (آلوم)  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$ ، سولفات فریک  $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$  و کلرور فریک  $(FeCl_3 \cdot 7H_2O)$  انجام می شود (Mohamed et al. 2014).

<sup>1</sup> Advanced Oxidation Processs (AOPs)



کلروفریک به کار رفته در این پژوهش به ترتیب برابر با ۳۰ و ۹۹ درصد بود.

## ۲-۲- آنالیز

اندازگیری پارامترها و روش به کار رفته در پژوهش شامل COD (5220 C)، BOD<sub>5</sub> (5210 B)، TSS (2540 D)، TDS (2540 C)، دترجنت (5540 C)، چربی و روغن (5520 D)، فسفات (4500 P)، pH و دما با دستگاه WTW آلمان مطابق روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب انجام شد (APHA 2005). برای اطمینان از صحت و دقت آزمایش، از محلول های استاندارد COD با غلظت ثابت به منظور کنترل کیفی استفاده و سه بار آزمایش انجام شد. درصد بازیابی یا خطای نسبی استاندارد (RSE) در مورد آزمایش COD در این پژوهش کمتر از ۱۰ درصد بود که کمتر از مقدار پیشنهاد شده در کتاب استاندارد متد است.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- کیفیت فاضلاب خام کارواش

فاضلاب تولید شده در کارواش ها حاوی دترجنت، سوخت، روغن، مواد جامد و گل و لای است که منجر به تولید فاضلاب کدر و با ناخالصی زیاد می شود (Mohamed et al. 2014). برای تعیین کیفیت فاضلاب خام، میانگین و انحراف معیار پارامترهای فاضلاب کارواش، دوبار نمونه برداری در دو فصل تابستان و زمستان و در هر فصل سه نمونه برداری انجام شد. نتایج در جدول ۱

به منظور ته نشینی مواد معلق به مدت ۲ ساعت به حال سکون نگه داشته شد. در مرحله اول تصفیه، فرایند انعقاد با استفاده از دستگاه جارتست برای تعیین pH و دز مناسب کلروفریک بهینه سازی شد. برای این منظور pH در محدوده ۵ تا ۱۰ و کلرور فریک در غلظت های محدوده ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مطالعه شد. مرحله اختلاط سریع به مدت ۱ دقیقه با ۱۰۰ دور در دقیقه، اختلاط آرام به مدت ۱۰ دقیقه با ۴۰ دور در دقیقه و مرحله سکون به مدت ۳۰ دقیقه به منظور ته نشینی در نظر گرفته شد. سپس نمونه ها وارد راکتور UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> شد و نهایتاً مقدار پارامترهای مورد نظر مانند COD و BOD<sub>5</sub> به عنوان شاخص کارایی فرایند در خروجی مرحله اکسیداسیون مورد سنجش قرار گرفت.

در مرحله دوم برای انجام فرایند اکسیداسیون از یک راکتور استوانه ای شکل با حجم مفید یک لیتر و از جنس پلکسی گلس استفاده شد. پرتو UV مورد استفاده در این پژوهش توسط لامپ بخار جیوه کم فشار ۴۰۰ W ساخت کشور فرانسه تأمین شد. لامپ درون پوشش کوارتز بسیار شفاف، به قطر ۳ سانتی متر به صورت عمودی در داخل راکتور قرار داده شد. برای تأمین دمای ثابت واکنش اکسیداسیون، پوشش کوارتز داخل یک محفظه دیگر مجهز به ورود و خروج آب قرار داده شد. واکنش در pH خروجی واحد انعقاد به استثنای موارد تعیین اثر pH انجام شد. برای تنظیم pH از اسید سولفوریک و سود ۱/۰ نرمال استفاده شد. غلظت اولیه H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> برای تعیین مقدار بهینه آن در دامنه ۰/۰۵ تا ۱ مولار قرار داشت. کلیه مواد شیمیایی دارای درجه آزمایشگاهی ساخت مرک آلمان در پژوهش استفاده شدند. درجه خلوص پراکسید هیدروژن و

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار پارامترهای نمونه فاضلاب خام کارواش

Table 1. The characteristics of raw carwash wastewater

Parameter	Unit	Density Variation	SD±X
TSS	mg/L	380-1000.6	319.3±680.7
TDS	mg/L	202.2-1210	706.1±712.6
BOD <sub>5</sub>	mg/L	198-1067	632.5±614.5
COD	mg/L	980-2050	1215±380.9
BOD <sub>5</sub> /COD	-	0.2-0.7	0.55±0.2
Detergent	mg/L	3.5-29.2	16.35±18.17
Phosphate	mg/L	8.3-46.5	27.4±27
pH	-	6-9.3	7.65±2.3
Oil & Grease	mg/L	7.4-38.3	22.85±22

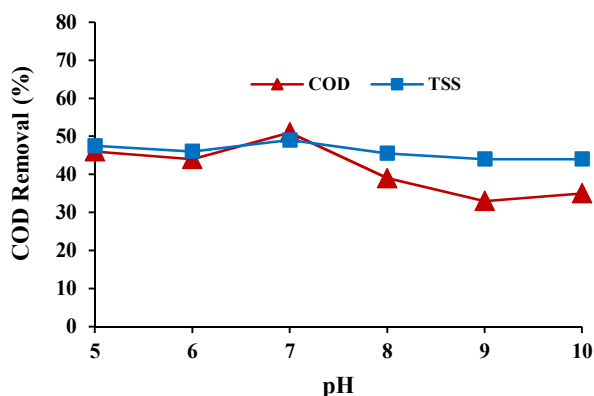


Fig. 1. Optimum pH for coagulation process in the presence of 500 mg/L of coagulant (ferric chloride)

شکل ۱- بهینه فرایند انعقاد در حضور کلرور فریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر

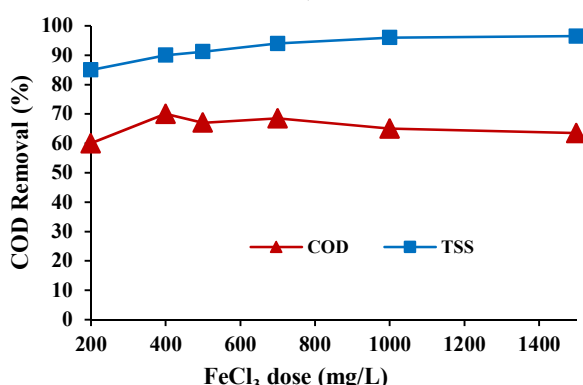


Fig. 2. Ferric chloride optimum dose for coagulation process

شکل ۲- تعیین دز بهینه کلرور فریک در فرایند انعقاد

بار منفی ذرات کلونید و مواد آلی موجود در فاضلاب می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که افزایش منعقد کننده باعث افزایش حذف COD می‌شود، ولی با ادامه این روند، حذف COD کاهش می‌یابد. زیرا در حضور مقادیر بالاتر منعقد کننده، پایدارسازی مجدد بار کلونیدها اتفاق می‌افتد که باعث کاهش بازدهی نیز می‌شود (Assadi et al. 2013; Zulfiqar et al. 2011).

پژوهش‌های به دست آمده توسط سایر پژوهشگران نیز محدودده pH خنثی را برای کلرور فریک تأیید می‌نمایند که با یافته‌های به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد (Stephenson & Duff, 1996).

پژوهش دیگری نیز نشان داده است که انعقاد فاضلاب کاراوش با پلی آلومینیوم کلراید (PACI) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به حذف COD و TSS به ترتیب به مقدار ۸۳ و ۷۱ درصد

گزارش شده است. در گام دوم برای انجام مطالعه تصفیه پذیری، قبل از فرایند انعقاد، ابتدا فاضلاب خام به مدت دو ساعت به منظور حذف جامدات قابل ته نشینی در یک ظرف بیست لیتری دهانه گشاد به حال سکون نگه داشته شد. بعد از مرحله ته نشینی میزان TSS ثانویه به حدود ۴۳۰ میلی‌گرم در لیتر رسید. ته نشینی ساده باعث حذف ۴۳ درصدی میزان TSS اولیه شد. نمونه لازم برای انجام آزمایش‌های پایلوت از زیر سطح فاضلاب برداشت شد.

### ۳-۲- تأثیر فرایند انعقاد بر حذف COD

در مرحله اول انعقاد، pH بهینه به این شرح به دست آمد: در هر کدام از بشرهای دستگاه جارتست ۱ لیتر نمونه ته نشین شده ریخته شد. pH این ظرف‌ها با ثابت نگه داشتن دز منعقد کننده کلرور فریک بر روی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در محدوده ۵ تا ۱۰ تنظیم شد. شکل ۱ تأثیر pH بر روی مرحله انعقاد با غلظت ثابت کلرور فریک را نشان می‌دهد. طبق پژوهش‌های انجام شده، محصولات ناشی از هیدرولیز از جمله  $Fe^{3+}$  و  $Al^{3+}$  در فرایندهای تشکیل لخته و حذف آن نقش دارند. امکان تشکیل ترکیبات متنوعی از محصولات هیدرولیز نیز وجود دارد که ممکن است یک یا تعدادی از آنها در انجام فرایند دخالت داشته باشند (Zaneti et al. 2012; Irdemez et al. 2006).

تأثیر pH بر روی انعقاد شیمیایی و لخته‌سازی را می‌توان به عنوان موازنه دو نیروی رقابتی در نظر گرفت: نیروی اول، رقابت بین  $H^+$  و محصولات هیدرولیز منعقد کننده برای برهمکنش با لیگاندهای آلی و نیروی دوم، رقابت بین یون هیدروکسید و آنیون‌های آلی برای برهمکنش با محصولات هیدرولیز منعقد کننده (Stephenson & Duff 1996).

در ادامه، با در نظر گرفتن pH بهینه برابر ۷ که بالاترین بازدهی حذف COD و TSS (حدود ۵۰ درصد) را دارد، تأثیر غلظت‌های اولیه منعقد کننده مصرفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که دز بهینه کلرور فریک برابر ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. شاخص اصلی برای کسب این نتایج، بالاترین درصد حذف COD بود. شکل ۲ این اثرات را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن pH و دز بهینه کلرور فریک، درصد حذف COD و TSS به ترتیب به ۷۰ و ۹۶/۵ درصد رسید. کلرور فریک بعد از هیدرولیز شدن در آب بار مثبت تولید می‌کند و باعث خنثی‌سازی

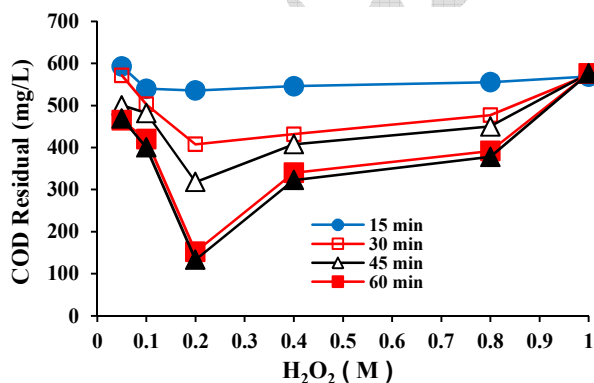


به‌عنوان رباینده رادیکال آزاد در غلظت اولیه بالا عمل می‌نماید (Assadi & Eslami 2010).

در ادامه pH بهینه فرایند اکسیداسیون UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> با دز بهینه پراکسید هیدروژن برابر ۰/۲ مولار و زمان بهینه ۶۰ دقیقه تعیین شد. برای رسیدن به این هدف، pH نمونه‌ها در محدوده اسیدی، خنثی و قلیایی تنظیم شد. در زمان بهینه ۶۰ دقیقه نمونه برداری صورت گرفت و میزان حذف BOD<sub>5</sub> و COD اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده در حذف COD در شکل ۴ آورده شده است. نتایج آزمایش‌های شاهد نشان داد که استفاده از اشعه فرابنفش و پراکسید هیدروژن به تنهایی بعد از گذشت ۶۰ دقیقه میزان COD را به ترتیب ۲۴/۷ و ۱۴ درصد کاهش می‌دهد. در صورتی که در فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در حضور ۰/۲ مولار پراکسید هیدروژن و زمان تابش یک ساعت منجر به کاهش ۹۳ درصدی از میزان COD ورودی به این راکتور در pH اسیدی برابر با ۵ می‌شود (شکل ۴).

محتمل‌ترین دلیل برای تأثیر pH در فرایند اکسیداسیون این است که تجزیه سریع رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن در pH بالاتر و واکنش سریع رادیکال‌ها در مقادیر pH پایین رخ می‌دهد (Alniazy & Akgerman 2000).

یافته‌ها در مورد تصفیه‌پذیری نشان داد که بازدهی حذف COD در فرایند انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> به ترتیب برابر با ۷۰ و ۹۳/۲ درصد بود. بازدهی کلی سیستم تصفیه ترکیبی بر مبنای COD و BOD<sub>5</sub> به ترتیب برابر با ۹۸ و ۹۷/۵ درصد به‌دست آمد. نتایج نشان داد که فرایند ترکیبی پیشنهاد شده توانایی تأمین استاندارد تخلیه فاضلاب با توجه به الزامات ملی سازمان حفاظت محیط زیست ایران را



شکل ۳- درصد حذف COD در غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن

در فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Fig. 3. Initial hydrogen peroxide effects on COD removal in UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process

شده است که با افزایش منعقدکننده، درصد حذف نیز افزایش یافته است (Bazrafshan et al. 2012). در پژوهش مشابه دیگری بر روی فاضلاب کارواش، آلوم و سولفات فرو به مقدار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به حذف به ترتیب ۷۴ و ۷۱ درصد COD و ۸۷ و ۷۷ درصد TSS شده است (Mohamed et al. 2014). همچنین کاربرد انعقاد الکتریکی برای تصفیه فاضلاب کارواش با الکترودهای آهن و آلومینیوم در pH اسیدی برابر با ۳ منجر به حذف حدود ۹۰ درصد COD شده است که افزایش pH بازدهی حذف را به‌طور چشمگیر کاهش داده است (Takdastan et al. 2011).

### ۳-۳- تأثیر فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> بر حذف COD

در مرحله دوم فرایند ترکیبی، قابلیت فرایند اکسیداسیون پیشنهاد شده برای حذف باقیمانده COD مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا برای بهینه کردن فرایند، تأثیر غلظت‌های اولیه واکنش‌گر پراکسید هیدروژن تعیین شد. برای تعیین دز بهینه ماده اکسیدکننده (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) مورد نیاز در فرایند اکسیداسیون، نمونه‌های خروجی از فرایند انعقاد با شرایط بهینه (pH=۷ و FeCl<sub>3</sub>=۴۰۰ mg/L) وارد راکتور UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> شدند. دزهای پراکسید هیدروژن از ۰/۵ تا ۱ مولار انتخاب شدند. نمونه‌برداری در زمان‌های صفر تا ۱۲۰ دقیقه از راکتور صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> نشان می‌دهد که هنگامی که رادیکال هیدروکسیل به اندازه کافی وجود داشته باشد، اکسیداسیون منحصراً به دلیل حمله رادیکال‌های هیدروکسیل تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به شکل ۳ تجزیه مواد آلی به‌شدت وابسته به غلظت اولیه پراکسید هیدروژن است. در این شرایط راهبری، مقدار بهینه H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> برابر با ۰/۲ مولار باعث رسیدن به فاضلابی با COD باقیمانده حدود ۱۳۳ میلی‌گرم در لیتر در ۶۰ دقیقه تابش اشعه UV می‌شود. در حالی که با افزایش غلظت H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> مشاهده می‌شود که COD فاضلاب در زمان واکنش یکسان تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش می‌یابد. به هر حال، غلظت اولیه H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> دو اثر متضاد بر کاهش COD دارد. با افزودن H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، فرایند اکسیداسیون تا یک نقطه معین مؤثر است ولی بعد از آن، پراکسید هیدروژن باعث کاهش تجزیه مواد آلی و افزایش غلظت COD باقیمانده فاضلاب می‌شود. محتمل‌ترین توصیف برای این تغییرات این است که خود پراکسید

۹۰ دقیقه در حضور ازن به مقدار ۱/۱ میلی گرم در دقیقه بازدهی حذف به ترتیب برابر با ۶۷/۵۷ و ۷۷/۷۱ درصد حاصل شده است (Torabi et al. 2016). تأثیر بنتونیت به عنوان نانوس در اصلاح غشاهای اولترافیلتر از جنس استات سلولوز و پلی اتر سولفون برای تصفیه فاضلاب کارواش بررسی شده است. نتایج نشان داده است که بالاترین درصد حذف COD برابر با ۶۰ درصد برای غشای استات سلولوز بوده و فقط ۴۷ درصد حذف برای غشای پلی اتر سولفون مشاهده شده است (Kiran et al. 2015).

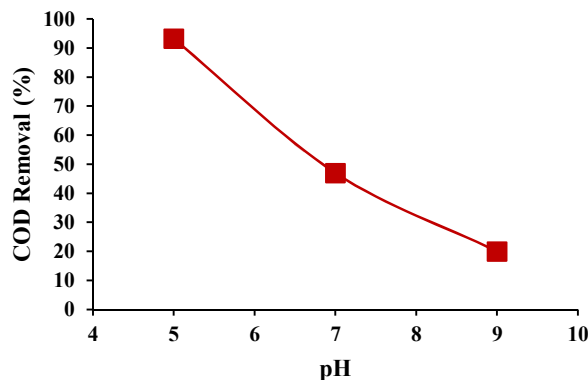
پژوهشی در زمینه استفاده مجدد از فاضلاب کارواش با فرایندهای تصفیه انعقاد شیمیایی و بیوراكتور غشایی نشان داده است که بیوراكتور غشایی بهتر از انعقاد شیمیایی با کمک آلوم و پلی آلومینیوم کلراید عمل می نماید و درصد حذف TSS و COD به ترتیب برابر با ۱۰۰ و ۹۹/۲ درصد برای بیوراكتور غشایی است (Boluarte et al. 2016).

#### ۴- نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد فرایند ترکیبی انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> برای تصفیه فاضلاب کارواش ماشین های سبک با شست و شوی دستی بعد از حذف جامدات معلق توسط ته نشینی ثقلی ساده امکان پذیر است. یافته ها در مورد تصفیه پذیری نشان داد که بازدهی حذف COD در فرایند انعقاد و UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> به ترتیب برابر با ۷۰ و ۹۳/۲ درصد بود. بازدهی کلی سیستم تصفیه ترکیبی بر مبنای COD و BOD<sub>5</sub> به ترتیب برابر با ۹۸ و ۹۷/۵ درصد حاصل شد. میزان حذف COD در فرایند انعقاد وابسته به pH و غلظت کلروفریک بود و در فرایند اکسیداسیون بهترین عملکرد در شرایط اسیدی در حضور پراکسید هیدروژن در مقدار ۰/۲ مولار کسب شد. در کل، نتایج نشان داد که فرایند ترکیبی پیشنهاد شده توانایی تأمین استاندارد تخلیه فاضلاب بر مبنای حذف COD و BOD<sub>5</sub> با توجه الزامات ملی و بین المللی را دارد.

#### ۵- قدردانی

به این وسیله از همکاری معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی زنجان در تأمین مالی این پروژه سپاسگزاری می شود.



شکل ۴- بررسی اثر pH بر درصد حذف COD در فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> با دز ۰/۲ مولار پراکسید هیدروژن و زمان تابش ۶۰ دقیقه

Fig. 4. COD removal as a function of the pH value in UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0.2 M; t = 60 min)

دارد (DOE 1991). مقادیر پارامترهای فاضلاب کارواش تصفیه شده برای تخلیه در استانداردهای اتحادیه اروپا (EU) برای BOD<sub>5</sub>، COD و TSS به ترتیب کمتر از ۱۲۵، ۲۵ و ۶۰ میلی گرم در لیتر پیشنهاد شده است (Boussu et al. 2007).

در این فرایند، افزودن اشعه فرابنفش به دلیل تشکیل رادیکال های هیدروکسیل باعث تشدید قدرت اکسیداسیون پراکسید هیدروژن در تجزیه و تخریب ترکیبات آلی می شود. در ابتدای کار، آلاینده های آلی در حضور اکسیدان H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> اشعه فرابنفش را جذب می کنند. در مرحله دوم پرتو UV به عنوان کاتالیزور، پراکسید هیدروژن را به دو رادیکال هیدروکسیل می شکند. در مطالعه انجام شده برای تجزیه ترکیبات هیدروکربن پلی آروماتیک (PAH) توسط لامپ فرابنفش کم فشار، مقدار بازدهی حذف ۶ تا ۱۵ درصد به دست آمده است و افزایش بیشتر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> موجب کاهش بازدهی حذف در طی فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> شده است (Shemer & Linden 2007b).

نتایج پژوهش دیگری با فرایند UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> نشان داد که میزان ۳۵ درصد COD و ۴۴ درصد BOD<sub>5</sub> از فاضلاب نساجی حذف شده است (Muhammad et al. 2008).

در پژوهش دیگری عملکرد فرایند ازن زنی در یک راکتور با بستر آکنده برای حذف COD و سورفکتانت آنیونی از فاضلاب کارواش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده است که کارایی سیستم در حذف COD و سورفکتانت آنیونی با افزایش pH و زمان تماس افزایش می یابد. به طوری که در pH برابر ۱۱ و زمان واکنش



## References

- Alniazy, A. & Akgerman, A., 2000, "Advanced oxidation of phenolic compound", *Advances in Environmental Research*, 4, 233-244.
- APHA, AWWA, WEF., 2005, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19<sup>th</sup> Ed., New York.
- Arsene, D., Petronela Musteret, C., Catrinescu, C., Apopei, P., Brajoveanu, G., & Teodosiu, C., 2011, "Combined oxidation and ultrafiltration processes for the removal of priority organic pollutants from wastewaters", *Journal of Environmental Engineering and Management*, 10, 1967-1976.
- Assadi, A. & Eslami, A., 2010, "Comparison of phenol photodegradation by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and photo-fenton processe", *Environmental Engineering and Management Journal*, 9, 807-812.
- Assadi, A., Nateghi, R., Bonyadinejad, G. R., & Amin, M. M., 2013, "Application of coagulation process reactive blue 19 dye removal from textile industry wastewater", *International Journal of Environmental Health Engineering*, 2(1), 5.
- Bazrafshan, E., Kord Mostafapoor, F., Soori, M. M., & Mahvi, A. H., 2012, "Application of combined chemical coagulation and electrocoagulation process to carwash wastewater treatment", *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(9a), 2694-2701.
- Boluarte, I. A. R., Andersen, M., Pramanik, B. K., Chang, C. Y., Bagshaw, S., Farago, L. & Shu, L., 2016. "Reuse of car washwastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 44-48.
- Boussu, K., Kindts, C., Vandecasteele, C. & Van der Bruggen, B., 2007, "Applicability of nanofiltration in the carwash industry", *Separation and Purification Technology*, 54(2), 139-146.
- DOE, 1991, *Rules and regulations for environmental protection in Iran*, Department of the Environment (DOE), Tehran, Iran. (In Persian)
- Esplugas, S., Gimenez, j., Contreras, S., Pascual, E. & Rodriguez, M., 2002, "Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation", *Water Research*, 36(4), 1034-1042.
- Hamada, T. & Miyazaki, Y., 2004, "Reuse of carwash water with a cellulose acetate ultrafiltration membrane aided by flocculation and activated carbon treatments", *Desalination*, 169, 257-267.
- Irdemez, S., Demircioglu, N., Yildiz, Y. S. & Bingul, Z., 2006, "The effect of current density and phosphate concentration on phosphate removal from wastewater by electro coagulation using aluminum and iron plate electrodes", *Separation and Purification Technology*, 52 (2), 218-223.
- Kestioslu, K., Yonar, T., & Azbar, N., 2005, "Feasibility of physico-chemical treatment and advanced oxidation processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent", *Journal of Process Biochemistry*, 40, 2409-2416.
- Kiran, S. A., Arthanareeswaran, G., Thuyavan, Y. L. & Ismail, A. F., 2015, "Influence of bentonite in polymer membranes for effective treatment of car wash effluent to protect the ecosystem", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121, 186-192.
- Lau, W. J., Ismail, A. F. & Firdaus, S., 2013, "Carwash industry in Malaysia: Treatment of carwash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes", *Separation and Purification Technology*, 104, 26-31.
- Mohamed, R., Saphira, R. M., Kutty, A. I., Mariam, N., Kassim, M. & Hashim, A., 2014, "Efficiency of using commercial and natural coagulants in treating carwash wastewater treatment", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(16), 227-234.



- Muhammad, A., Shafeeq, A., Butt, M.A., Rizvi, Z.H., Chughtai, M.A., & Rehman, S., 2008, "Decolorization and removal of COD and BOD from raw and biotreated textile dye bath effluent through advanced oxidation processes (AOPS)", *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 25 (3), 453-459.
- Nadzirah, Z., Nor Haslina, H. & Rafidah, H., 2015, "Removal of important parameter from carwash wastewater- A review", *Applied Mechanics and Materials*, 773, 1153-1157.
- Panizza, M. & Cerisola, G., 2010, "Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: Electrocoagulation and anodic oxidation integrated process", *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 638, 236-240.
- Panizza, M., Delucchi, M. & Cerisola, G., 2005, "Electrochemical degradation of anionic surfactants", *Journal of Applied Electrochemistry*, 35(4), 357-361.
- Rostami, A., 2003, "Study of surfactant wastewater treatment and its recovery" MSc Thesis, Department of Chemistry, Sharif University of Technology, Tehran. (In Persian)
- Shemer, H. & Linden, K.G., 2007a, "Photolysis oxidation and subsequent toxicity of a mixture of polycyclic aromatic hydrocarbons in natural waters", *Journal of photochemistry and Photobiology A, Chemistry*, 187 (2-3), 95-186.
- Shemer, H. & Linden, K.G., 2007b, "Aqueous photodegradation and toxicity of the polycyclic aromatic hydrocarbons fluorene, dibenzofuran, and dibenzothiophene", *Water Research*, 41(4), 853-861.
- Stephenson, R.J. & Duff, S.J.B., 1996, "Coagulation and precipitation of a mechanical pulping effluent: Removal of carbon, color and turbidity", *Water Research*, 30(4), 781-791.
- Takdastan, A., Azimi, A. A. & Salari, Z., 2011, "The use of electrocoagulation process for removal of turbidity, COD, detergent and phosphorus from carwash effluent", *Journal of Water and Wastewater*, 22(3), 19-25. (In Persian)
- Torabi, H., Ehrampoush, M., Ebrahimi, A., Talebi, P. & Mokhtari, M., 2016, "Removal of anionic surfactants and COD from carwash wastewater with ozonation process in a packed reactor", *Toloo-e-behdasht (TB)*, 15 (2), 23-33. (In Persian)
- Zaneti, R. N., Etchepare, R. & Rubio, J., 2012, "Carwash wastewater treatment and water reuse—a case study", *Water Science and Technology*, 67(1), 82-88.
- Zaneti, R., Etchepare, R. & Rubio, J., 2011, "Carwash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features", *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 953-959.
- Zulfiqar, A.B., Qaisar, M., Iftikhar, A.R., Amir, H.M., Muhammad, S.K. & Donglei, W., 2011, "Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution", *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 465-469.

