Original Article

A comparison between advanced O_3/UV and H_2O_2/UV oxidation processes for the treatment of municipal solid waste leachate

Mostafaii GhR[1], Dehghani R[1], Hasanzadeh M[1*], Mousavi GA[2]

1- Department of Environmental Health, Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran.
2- Trauma Research Center, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran.

Received August 6, 2011; Accepted October 23, 2011

Abstract:

Background: The solid-waste leachate is a type of wastewater with high concentration of mineral and organic compounds. There is little information about the effect of the advanced oxidation processes for the treatment of municipal solid-waste leachate. Thus, this study aimed to evaluate the effectiveness of processing advanced oxidation method as a biological pre-treatment for municipal solid waste.

Materials and Methods: This bench-scale experimental study was conducted in a closed batch system on leachate samples of Kahrizak landfill (Tehran). After obtaining the optimal conditions for the O_3/UV and H_2O_2/UV processes, the effect of each process on 20 leachate samples was assessed and for each sample, 4 different reaction times were studied for the removal of BOD_5, COD, TS and color. The results were compared using the mixed-design ANOVA model.

Results: The BOD_5, COD and TS in raw leachate were 2500, 21910 and 29347 mg/l, respectively. The O_3/UV and H_2O_2/UV processes removed 87% and 73% of COD, respectively. The BOD_5/COD ratio in the O_3/UV and H_2O_2/UV processes increased from 0.11 to 0.33 and 0.11 to 0.12, respectively. Moreover, the color in the O_3/UV and H_2O_2/UV processes decreased from 82 to 67.25% and 81.65%, respectively.

Conclusion: The O_3/UV process can be used as a biological pre-treatment. The optimum pH for this process is 8.5, the optimum ozone concentration is 60.1 g/kg of decreased COD and the best reaction time which increases the BOD_5/COD ratio more than 0.25 and less expensive than other reaction times, is 10 minutes.

Keywords: Solid waste leachate, Advanced oxidation, Pretreatment, BOD_5/COD ratio

∗**Corresponding Author.**
Email: hasanzade1986@yahoo.com
Tel: 0098 361 555 0111
Fax: 0098 361 555 0111

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences March, 2012; Vol. 16, No 1, Pages 71-78

Please cite this article as: Mostafaii GhR, Dehghani R, Hasanzadeh M, Mousavi GA. A comparison between advanced O_3/UV and H_2O_2/UV oxidation processes for the treatment of municipal solid waste leachate. ***Feyz*** 2012; 16(1): 71-8.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

مقایسه روش‌های اکسیداسیون پیشرفته H_2O_2/UV و O_3/UV در تصفیه شیرابه زباله شهری

غلامرضا مصطفایی [۱]، روح ا.. دهقانی [۲]، مجتبی حسن زاده [۳*]، سید غلامعباس موسوی [٤]

خلاصه:

سابقه و هدف: شیرابه زباله، فاضلابی با غلظت بالا از ترکیبات آلی و معدنی است. اطلاعات کمی در مورد تاثیر اکسیداسیون پیشرفته در تصفیه شیرابه زباله وجود دارد. برای بررسی امکان استفاده از اکسیداسیون پیشرفته به‌عنوان پیش‌تصفیه برای تصفیه بیولوژیکی، این تحقیق انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی روی شیرابه زباله محل دفن کهریزک تهران در مقیاس آزمایشگاهی در سیستم بسته انجام شد. ابتدا شرایط بهینه برای روش‌های O_3/UV و H_2O_2/UV به‌دست آمد. سپس، تاثیر هر روش بر روی ۲۰ نمونه و برای هر نمونه ٤ زمان واکنش مختلف در حذف BOD_5، COD، *TS* و رنگ بررسی شد و نتایج با روش Mixed design ANOVA model مقایسه شد.

نتایج: BOD_5، COD و TS در شیرابه خام به‌ترتیب ۲۵۰۰، ۲۱۹۱۰ و ۲۹۳٤۷ میلی‌گرم در لیتر بود. روش‌های O_3/UV و H_2O_2/UV در زمان ٦۰ دقیقه به‌ترتیب ۸۷ و ۷۳ درصد COD را حذف کردند. نسبت BOD_5/COD در روش O_3/UV از ۰/۱۱ به ۰/۳۳ و در روش H_2O_2/UV از ۰/۱۱ به ۰/۱۲ افزایش یافت. رنگ نیز در روش O_3/UV از شدت ۸۲ به ٦۷/۲۵ درصد و در روش H_2O_2/UV به ۸۱/٦۵ درصد کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: روش O_3/UV می‌تواند به‌عنوان پیش تصفیه برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه استفاده شود. pH بهینه برای این روش ۸/۵ و بهترین غلظت ازن ٦۰/۱ گرم به ازای هر کیلوگرم کاهش COD و بهترین زمان واکنش که هم نسبت BOD_5/COD را به بالاتر از ۰/۲۵ افزایش می‌دهد و هم هزینه کم‌تری نسبت به سایر زمان‌ها دارد، ۱۰ دقیقه می‌باشد.

واژگان کلیدی: شیرابه زباله، اکسیداسیون پیشرفته، پیش تصفیه، نسبت BOD_5/COD

دو ماه‌نامه علمی– پژوهشی فیض، دوره شانزدهم، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۱، صفحات ۷۸-۷۱

مقدمه

شیرابه زباله نوعی فاضلاب با غلظت بالایی از ترکیبات آلی و معدنی است و گاهی اوقات فاضلابی با سطح بالایی از آلاینده‌های سمی تعریف شده است [۲،۱]. دفن پسماندها در مکان-های دفن زباله شهری مرسوم‌ترین روش دفع نهایی در کشورهای مختلف دنیا است. پس از دفن، تغییرات و واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی بر روی پسماند صورت می‌گیرد. این فعل و انفعالات و تجزیه‌ی قسمت آلی پسماند و نیز نفوذ رطوبت ناشی از بارندگی به لایه‌های دفن، مایعی بسیار آلوده به‌نام شیرابه تولید می‌کند [۳].

غلظت COD (Chemical Oxygen Demand) شیرابه‌های تازه ۳٦ برابر بیش‌تر از فاضلاب خام خانگی است. شیرابه تثبیت شده ممکن است از این نظر با فاضلاب خانگی برابری کند، ولی حاوی ترکیبات آلی مقاوم به تجزیه بیولوژیکی می‌باشد [۲،۱]. شیرابه تولید شده در مرحله اسیدی تجزیه زباله حاوی مقدار زیادی از اسیدهای چرب فرار است. این مواد که از وزن ملکولی کوچکی برخوردارند، بخش اعظم مواد آلی موجود در شیرابه را تشکیل داده و از لحاظ بیولوژیکی نیز به آسانی تجزیه پذیر هستند. نسبت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی به اکسیژن خواهی شیمیایی شیرابه تازه در مرحله اسیدی ۰/٤ تا ۰/۵ است و از آنجا که BOD (Biochemical Oxygen Demand) بسیار سریع‌تر از COD کاهش می‌یابد، این نسبت در شیرابه تثبیت شده کم‌تر از ۰/۱ می-باشد [۳]. شیرابه می‌تواند مشکلات زیادی مانند تجمع فلزات سنگین در خاک، اثر بر آب‌های زیرزمینی و اثرات پاتوژنی به-وجود آورد [٤]. هم‌چنین، تحقیقات نشان داده است که اگرچه گاهی اورانیوم نیز در شیرابه زباله وجود دارد، ولی مقدار آن نگران‌کننده نیست [۵]. تاکنون تحقیقات متعددی به‌منظور تصفیه شیرابه صورت گرفته است. این روش‌ها شامل روش‌های فیزیکوشیمیایی، تبخیر پیشرفته، فناوری غشایی، رآکتورهای

[۱] مربی، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[۲] دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[٤] مربی، مرکز تحقیقات تروما، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

***نشانی نویسنده مسئول:**

کاشان، کیلومتر ۵ بلوار قطب راوندی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط

تلفن: ۰۳٦۱ ۵۵۵۰۱۱۱ **دورنویس:** ۰۳٦۱ ۵۵۵۰۱۱۱

پست الکترونیک: hasanzade1986@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۱۵ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۰/۸/۱

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

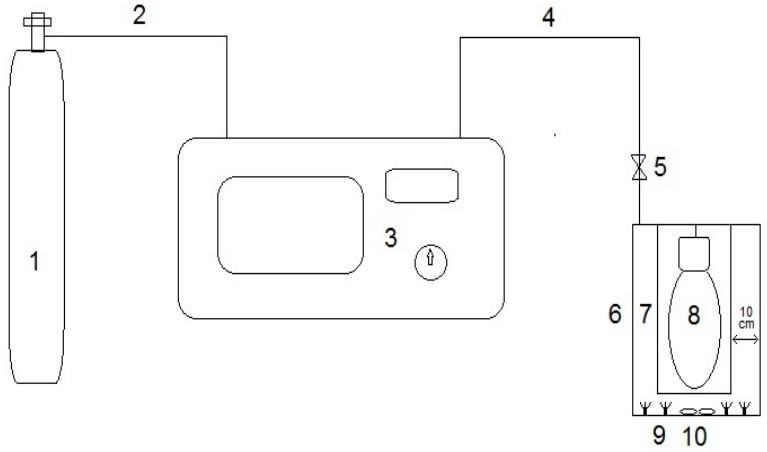
بیولوژیک مانند (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket; UASB)، فرآیند لجن فعال، رسوب دهی هیدروکسیدی با آهک و یا رسوب دهی شیمیایی با آلوم و یا کلرور فریک می‌باشد [۶،۳]. روش UASB در شهر استانبول در ترکیه برای تصفیه شیرابه استفاده شده است [۷]. در کره نیز تحقیقاتی مبنی بر تولید اتانول به‌عنوان سوخت پاک و جایگزین سوخت‌های فسیلی از شیرابه زباله به‌عمل آمده است [۸]. فرآیند اکسیداسیون پیشرفته عبارت است از اکسیداسیونی که برای تصفیه موثر فاضلاب به اندازه کافی رادیکال هیدروکسیل تولید کند [۹]. این فرایند برای تصفیه فاضلاب‌های دارای ترکیبات آلی مقاوم و به‌صورت موفق برای پیش تصفیه به‌منظور کاهش غلظت ترکیبات آلی سمی که مزاحم فرایندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب می‌شوند، استفاده می‌شود [۱۰]. این فرآیند باعث تولید رادیکال‌های آزاد OH می‌شود که می‌تواند آلاینده‌های آلی و غیر آلی را حذف کند [۱۴-۱۱]. ازن و رادیکال‌های هیدروکسیل در ردیف قوی‌ترین عوامل اکسید کننده قرار دارند. ازن می‌تواند به‌طور مستقیم با یک ترکیب شیمیایی واکنش دهد یا رادیکال هیدروکسیلی تولید نماید که بعدا با آن ماده واکنش دهد [۱۵]. رادیکال هیدروکسیل دارای پتانسیل اکسیداسیونی برابر ۲/۷۸ ولت است و از اکسید کننده‌های متداول بسیار سریع‌تر عمل می‌کند [۱۰]. انرژی حاصل از اشعه UV تولید رادیکال‌های هیدروکسیل توسط ازن را تشدید می‌کند [۱۶]. مطالعه Tuhkanen نشان داد که اکسیداسیون پیشرفته به‌روش ازن زنی می‌تواند ۵۰ درصد PCDD (Polychlorinated Dibenzo-dioxins) و ۴۰ درصد PCBs (Polychlorinated Biphenyls) را حذف کند [۱۷]. در مطالعه‌ای که توسط Perkowski و Kos بر روی فاضلاب کارخانه رنگ سازی انجام شده است، بر حذف کامل رنگ با اکسیداسیون پیشرفته ازن تاکید گردیده است [۱۸]. هم‌چنین، Malhotra و همکاران نشان دادند که سیانید با اکسیداسیون توسط ازن، آب اکسیژنه و UV به‌طور کامل تجزیه می‌شود [۱۹]. Kidak و Ince نیز نشان دادند که اکسیداسیون توسط ازن و UV در pH قلیایی می‌تواند فنول را با راندمان ۱۰۰ درصد حذف کند [۲۰]. شکوهی و همکاران نتایج مشابهی را در مورد فنول به‌دست آوردند [۱۵]. اطلاعات کمی در مورد تاثیر روش اکسیداسیون پیشرفته در تصفیه شیرابه زباله وجود دارد [۲۱]. به‌نظر می‌رسد که حتی اگر این روش نتواند شیرابه را تا حد قابل قبولی تصفیه کند، ولی می‌تواند ترکیبات پیچیده‌ای را که در شیرابه وجود دارد به ترکیبات قابل تصفیه بیولوژیکی تبدیل نماید. در این صورت می‌توان از این روش به‌عنوان پیش تصفیه‌ای برای تصفیه‌های بیولوژیکی شیرابه استفاده نمود. برای پاسخ‌گویی به این سوالات این تحقیق انجام گردید تا از نتایج آن برای مدیریت بهتر در شیرابه‌ی تولیدی از زباله‌های شهری استفاده گردد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه تجربی بر روی شیرابه زباله محل دفن کهریزک تهران در مقیاس آزمایشگاهی و در سیستم بسته انجام شد. نمونه‌های گرفته شده از محل دفن در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شده و مورد آزمایش قرار گرفت. رآکتور تصفیه به‌صورت مکعبی با سطح مقطع ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که مکعب دیگری با سطح مقطع ۱۰×۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر در داخل آن جای گرفته بود، ساخته شد. درون محفظه داخلی لامپ UV قرار داشت و در محفظه خارجی نمونه شیرابه به حجم ۳ لیتر اضافه می‌شد. نازل‌هایی برای ورود گاز ازن در کف رآکتور تعبیه شده بود و برای انجام اختلاط کامل از یک هم‌زن در کف رآکتور استفاده می‌شد. در روش H_2O_2/UV آب اکسیژنه به‌صورت یک‌باره در ابتدای واکنش اضافه می‌شد. برای تولید ازن از دستگاه ازن ساز ساخت شرکت ARDA فرانسه با ظرفیت ۱۰/۵ گرم ازن در ساعت استفاده شد. اشعه UV نیز توسط لامپ UV با قدرت ۱۲۵ وات ساخت شرکت NARVA آلمان مدل NEF در طول موج ۲۵٤ نانومتر تابیده شد. شمای ساده‌ای از رآکتور در شکل شماره ۱ ارایه شده است. روش کار به این صورت بود که ابتدا pH بهینه برای تصفیه در دو روش H_2O_2/UV و O_3/UV به‌دست آمد. یعنی در غلظت ثابت آب اکسیژنه در روش H_2O_2/UV و دوز ثابت ازن در روش O_3/UV با تغییر دادن مکرر pH و اندازه‌گیری پارامترهای BOD_5، COD، TS و رنگ بهترین pH برای تصفیه در هر روش تعیین شد. برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر به شماره مدل pH262 استفاده شد. سپس در pH بهینه با تغییر دادن غلظت آب اکسیژنه در روش H_2O_2/UV غلظت بهینه آب اکسیژنه و با تغییر دادن دوز ازن در روش O_3/UV دوز بهینه ازن با توجه به نتایج آزمایشات فوق به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری رنگ از دستگاه اسپکتروفوتومتر APEL با شماره مدل PD-UV ۳۰۳ استفاده شد. اندازه‌گیری رنگ طبق دستور استاندارد **۲۱۲۰C** کتاب استاندارد متود و به‌روش خواندن عبور نور در ۳۰ طول موج انجام شد. تصفیه شیرابه در شرایط بهینه با ۲۰ بار تکرار در چهار زمان تصفیه صفر، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد که جمعا برای هر دو روش تعداد ۱٤۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایشات BOD_5، COD، TS (Total Solids) و رنگ نمونه فیلتر شده طبق روش‌های ارایه شده در

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

جدول شماره ۱ برگرفته از کتاب استاندارد متود بر روی شیرابه تصفیه شده به دو روش H_2O_2/UV و O_3/UV انجام گرفت [۲۲]. سپس نتایج به‌دست آمده با روش Mixed design ANOVA (RepeatedMeasurement model و ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.



۱- سیلندر اکسیژن
۲- شلنگ حامل اکسیژن
۳- دستگاه تولید ازن
٤- شلنگ حامل ازن
٥- شیر یک‌طرفه
٦- محفظه بیرونی حوضچه تماس
۷- محفظه داخلی حوضچه تماس
۸- لامپ UV
۹- دیفیوزر
۱۰- همزن

شکل شماره ۱- شمای ساده‌ای از رآکتور مورد استفاده.

جدول شماره ۱- روش اندازه‌گیری پارامترهای مورد مطالعه بر اساس روش‌های مندرج در کتاب استاندارد متود

پارامتر	روش اندازه‌گیری
COD	5220 C
BOD5	5210 B
TS	2540 B
رنگ	2120 C

نتایج

این تحقیق با ۲۰ بار تکرار در هر روش در چهار زمان واکنش صفر، ۱۰، ۳۰ و ٦۰ دقیقه انجام شد که تعداد کل نمونه‌ها ۱٤۰ عدد بود. pH شیرابه خام برابر ۷/٦٥ و BOD_5، COD و TS آن به‌ترتیب ۲۵۰۰، ۲۱۹۱۰ و ۲۹۳٤۷ میلی‌گرم در لیتر بود. رنگ نمونه فیلتر شده نیز زرد با شدت ۸۲ درصد بود. در روش H_2O_2/UV، pH معادل ٦/٥ و غلظت بهینه H_2O_2 در سطح ۱۰ گرم در لیتر و pH برای روش O_3/UV برابر ۸/٥ و مقدار بهینه ازن مورد استفاده نیز برابر ۳/٥ گرم ازن در ساعت به ازای هر لیتر شیرابه در نظر گرفته شد. این مقدار در زمان‌های تصفیه ۱۰، ۳۰ و ٦۰ دقیقه به‌ترتیب برابر ٦۰/۱، ۱۳۸/٥ و ۲۱۹/۳ گرم ازن به ازای هر کیلوگرم COD کاهش یافته می‌باشد. این pHها و غلظت‌ها بر اساس مطالعات مقدماتی بر روی نمونه‌ها و به‌منظور بهینه‌سازی اعمال شد. نتایج به‌دست آمده از تصفیه شیرابه با این دو روش در جدول شماره ۲ خلاصه شده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این جدول روش O_3/UV، COD را در زمان ۱۰، ۳۰ و ٦۰ دقیقه به‌ترتیب ۸۱، ۸۵ و ۸۷ درصد حذف کرده است. این در حالی است که راندمان حذف COD در روش H_2O_2/UV در این زمان‌های واکنش به‌ترتیب ٤٤، ۵۸ و ۷۳ درصد بوده است. روند تغییرات حذف COD در این دو روش در نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود. نسبت BOD_5/COD در تصفیه پذیری بیو-لوژیکی پساب نقش کلیدی دارد. همان‌طور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود این نسبت در روش O_3/UV از ۰/۱۱ به ۰/۳۳ رسیده است. حال آنکه در روش H_2O_2/UV در بالاترین زمان واکنش به ۰/۱۲ رسیده است. در حذف رنگ نیز بین این دو روش تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود (P=۰/۰۰۱) که نشان‌دهنده این است که روش H_2O_2/UV در حذف رنگ نمی‌تواند موثر باشد، ولی روش O_3/UV رنگ را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می-دهد. شاخص‌های آماری عوامل آلودگی شیرابه زباله در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود.

بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مشاهده می‌شود که روش O_3/UV نسبت به روش H_2O_2/UV موثرتر عمل کرده است. این برتری در حذف COD، حذف BOD_5، بالا بردن نسبت BOD_5/COD و حذف رنگ دیده می‌شود. البته در این پژوهش میزان حذف TS نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. اگرچه هر دو روش در حذف این پارامتر موثر بوده‌اند،

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

ولی تفاوت معنی‌داری بین دو روش مشاهده نشده است (P=۰/۲۷٦). در تصفیه شیرابه مهم‌ترین عاملی که باید به‌طور موثر حذف گردد COD می‌باشد. روش O_3/UV در زمان‌های واکنش ۱۰، ۳۰ و ٦۰ دقیقه COD را به‌ترتیب ۸۱، ۸۵ و ۸۷ درصد حذف کرده است، ولی روش H_2O_2/UV در این زمان‌ها COD را به‌ترتیب ٤٤، ۵۸ و ۷۳ درصد حذف کرده است.

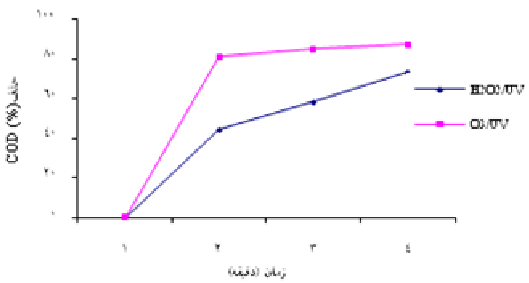
جدول شماره ۲- نتایج حاصل از تصفیه شیرابه با دو روش H_2O_2/UV و O_3/UV

پارامتر مورد مطالعه		O_3/UV	H_2O_2/UV	روش تصفیه زمان (دقیقه)
BOD_5 (mg/l)		۲۵۰۰±۱۵۹	۲۵۰۰±۱۵۹	(۰)
		۱۳۳۵±۱٦۳	۹۹۵±۱٤۷	۱۰
		۱۰۸۰±۱۵۱	۸۳۵±۱٤۲	۳۰
		۹۲۰±۲۰٤	۷۲۰±۱۳۲	٦۰
COD (mg/l)		۲۱۹۱۰±۳۱٤	۲۱۹۱۰±۳۱٤	(۰)
		٤۲۳۰±٦٦٦	۱۲۲٦۰±۹۹۳	۱۰
		۳۳۲۰±۳۹۷	۹۲۸۰±٤۱۲	۳۰
		۲۷٦۰±۳٤۱	۵۹۵۰±٤۳۵	٦۰
TS (mg/l)		۲۹۳٤۷±۳٤۰	۲۹۳٤۷±۳٤۰	(۰)
		۲۱۲۹٦±٦۰۵	۲۱۰۷۵±٤٦٦	۱۰
		۲۱۲۰۷±۷۲٦	۲۱۱۱۳±٤۳۵	۳۰
		۲۱۰۳٦±٦۸۳	۲۰۹۳۰±٤٤۷	٦۰
طول موج غالب (۵۸۰-۵۷۵ نانومتر) زرد	شدت رنگ (٪)	۸۲±۰۰	۸۲±۰۰	(۰)
		۸۱/۹±۰/۳۱	۸۱/٦۵±۰/۷٤	۱۰
		۷۵/۵۵±٦/۳	۸۱/۷±۰/٦٦	۳۰
		٦۷/۲۵±۹/۰۵	۸۱/٦۵±۰/٦۷	٦۰

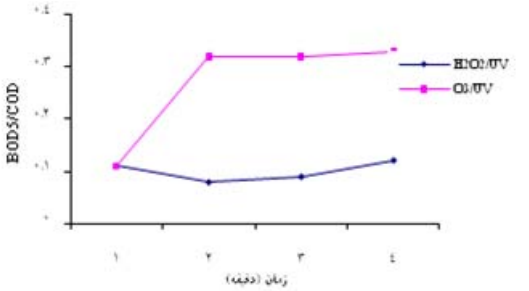
جدول شماره ۳- شاخص‌های آماری عوامل آلودگی شیرابه زباله برحسب مدل‌های آنالیز واریانس و اندازه‌گیری‌های تکراری

پارامتر مورد مطالعه	روش و زمان (Greenhouse-Geisser)	زمان (Greenhouse-Geisser)	روش (Anova)	شاخص
BOD_5	۲/۱٤	۲/۱٤	۱	dF
	۱۰/۲۵	۱۱۹۲/۸۸	۳۸/۱۷	F
	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P
COD	۱/۸۹	۱/۸۹	۱	dF
	۵٤٦/۷۹	۱۱٤۳۸/۷۷	۱۵۸۹/۷۲	F
	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P
TS	۲/۳۷	۲/۳۷	۱	dF
	۰/۳۳	۲۷٦۸/۵۲	۱/۲۲	F
	۰/۸	<۰/۰۰۱	۰/۲۸	P
رنگ	۱/۱۸	۱/۱۸	۱	dF
	٤۲/٤	٤٤/۵۵	۳٦/٦۹	F
	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]



نمودار شماره ۱- درصد حذف COD نسبت به زمان در دو روش O_3/UV و H_2O_2/UV



نمودار شماره ۲- تغییرات BOD_5/COD نسبت به زمان در دو روش O_3/UV و H_2O_2/UV

این در حالی است که روش H_2O_2/UV در حذف BOD_5 موثرتر بوده است. این روش در زمان‌های واکنش ذکر شده به‌ترتیب BOD_5 را ۶۰، ۶۷ و ۷۱ درصد حذف کرده است. ولی روش O_3/UV در حذف این پارامتر به‌ترتیب ۴۷، ۵۷ و ۶۳ درصد موثر بوده است. دلیل اینکه روش O_3/UV در pH ۸/۵ بهتر عمل می‌کند این است که در محدوده ۸ تا ۹ در حضور یون‌های OH ازن سریعا به رادیکال‌های OH تجزیه می‌گردد که دارای پتانسیل اکسیداسیون ۲/۷۸ است که از پتانسیل اکسیداسیون ازن (۲/۰۸) بیش‌تر است [۲۴،۲۳]. ولی آب اکسیژنه در شرایط اسیدی به دو رادیکال OH تجزیه می‌شود. دلیل اینکه در روش H_2O_2/UV بهترین عملکرد در pH ۶/۵ مشاهده شد، احتمالا این است که در pH های پایین‌تر تولید کف مانع نفوذ نور UV به درون شیرابه شده است. در فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته پرتوتابی نه تنها ملکول‌های ازن و آب اکسیژنه را با جذب نور UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر فعال می‌نماید بلکه سایر ترکیبات آلی را برای فرآیند اکسیداسیون مستعد می‌نماید [۲۵]. به‌دلیل این که هدف از تصفیه شیرابه زباله به روش اکسیداسیون پیشرفته در این پژوهش آماده‌سازی آن برای تصفیه بیولوژیکی می‌باشد، مقایسه حذف COD یا BOD_5 به‌تنهایی نمی‌تواند به‌طور قطع گویای برتری یک روش بر دیگری باشد. در این خصوص نسبت BOD_5/COD می‌تواند کمک کننده باشد. این نسبت در تصفیه پذیری بیولوژیکی شیرابه بسیار موثر است. اگر نسبت BOD_5/COD در شیرابه از ۰/۲۵ بیش‌تر باشد تصفیه بیولوژیکی بر روی آن می‌تواند کارآمد باشد [۲۲]. از این منظر همان‌طور که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است روش O_3/UV در پیش تصفیه شیرابه در کل بهتر از روش H_2O_2/UV است. زیرا مشاهده شده است که این روش نسبت BOD_5/COD را از ۰/۱۱ به ۰/۳۳ رسانده است. با این نسبت شیرابه می‌تواند به‌طور موفقی مورد تصفیه بیولوژیکی قرار بگیرد. اما روش H_2O_2/UV این نسبت را تنها تا ۰/۱۲ ارتقا داده است که نشان می‌دهد این روش به‌تنهایی نمی‌تواند به‌عنوان پیش‌تصفیه‌ای برای تصفیه بیولوژیکی در نظر گرفته شود. همان‌طور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌کنید نسبت BOD_5/COD در روش H_2O_2/UV در ابتدا کاهش یافته است. در این روش آب اکسیژنه در ابتدای واکنش و به‌صورت یک‌باره به شیرابه افزوده شده است. به‌دلیل اینکه BOD_5 از COD بسیار سریع‌تر تجزیه می‌شود احتمالا افت ناگهانی BOD_5 قبل از تجزیه COD باعث کاهش این نسبت شده است. با آزمایش رنگ به روش اسپکتروفوتومتری بر روی خروجی هر یک از روش‌های تصفیه نیز روش O_3/UV برتری خود را نسبت به‌روش H_2O_2/UV اثبات کرد. رنگ از لحاظ زیبایی شناختی در تصفیه بسیار اهمیت دارد. با این آزمایش‌ها مشخص شد که روش O_3/UV با زمان واکنش یک‌ساعت رنگ شیرابه را از زرد با شدت ۸۲ درصد به حدود ۶۷ درصد تقلیل داده است، ولی روش H_2O_2/UV تاثیر چندانی روی کاهش رنگ از خود نشان نداد. Ince توصیه نموده است که تصفیه O_3/UV نباید در شرایط اسیدی انجام شود؛ هم‌چنین، او بهترین pH را در تصفیه H_2O_2/UV بین ۶ تا ۷ بیان کرده است [۲۵]. Yue و Legrini بیان کردند که به دو دلیل O_3/UV خیلی فعال‌تر از H_2O_2/UV است. اول پتانسیل جذب نور بالاتر ازن در باند UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر و دوم تنوع زنجیره واکنش‌های تولیدکننده رادیکال هیدروکسیل و محصولات میانی [۲۶]. هم‌چنین، Ince در آلمان تصفیه شیرابه را با استفاده از فرایند H_2O_2/UV مورد بررسی قرار داد. این محقق دریافت که با غلظت اولیه COD معادل ۱۲۸۰ میلی‌گرم در لیتر ۵۹ درصد از COD حذف گردید [۲۵]. حمیدی و همکاران نیز در تحقیقی عنوان کردند که پراکسید هیدروژن اکسیدکننده ضعیف‌تری نسبت به ازن است [۲۷]. یافته‌های ما در این پژوهش با یافته‌های این محققین هم‌خوانی دارد. ولی Steensen که فرایند H_2O_2/UV را برای تصفیه شیرابه در نقطه‌ای دیگر در آلمان به کار برد، با غلظت اولیه COD معادل ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن را ۹۰ درصد حذف کرد. این اختلاف ممکن است به خاطر این واقعیت باشد که Steensen تعداد لامپ UV

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

بیشتری برای فعال کردن ملکول‌های مواد آلی به کار برد. بنابراین آنها را مستعدتر به فرایند اکسیداسیون نمود. هم‌چنین Steensen در مقایسه با ما انرژی بیش‌تری به‌کار برده بود. مصرف بیش‌تر انرژی برای تابش UV تجزیه ترکیبات مقاوم به تجزیه موجود در شیرابه را بهبود می‌بخشد [۲۸]. روش O_3/UV در مقایسه با H_2O_2/UV محدودیت‌هایی دارد. اولا ازن یک گاز ناپایدار است که باید در محل تولید و فورا مصرف گردد. ثانیا باید یک تماس دهنده ازن-آب برای انتقال ازن گازی به فاز مایع وجود داشته باشد. ثالثا این فرآیند نیاز به مهارت‌های تکنیکی دارد تا بتواند ازن را تا حد ممکن به فاز مایع وارد نماید و چون UV مهم‌ترین نقش را در فرایند دارد، باید ذرات معلق موجود در شیرابه در حداقل باشد. هم‌چنین، تولید کف در اثر ازن زنی شیرابه باعث جلوگیری از نفوذ UV به درون شیرابه شده و بنابراین بازده حذف COD کاهش می‌یابد. با وجود این محدودیت‌ها بزرگ‌ترین برتری استفاده از فرایند O_3/UV این است که بعد از اکسیداسیون در پساب تولیدی هیچ‌گونه تری هالومتانی تولید نمی‌شود و برعکس فرآیند H_2O_2/UV هیچ‌گونه دفع لجنی نیاز ندارد [۲۹]. روش H_2O_2/UV نیز دارای یک محدودیت مهم می‌باشد. غلظت بالای H_2O_2 به‌عنوان مصرف کننده رادیکال عمل نموده و سرعت واکنش فرآیند اکسیداسیون را کاهش می‌دهد. از طرفی غلظت پایین H_2O_2 نیز مقدار ناکافی رادیکال OH در شیرابه تولید می‌کند که سرعت پایین‌تر اکسیداسیون را سبب می‌شود [۳۰]. در روش O_3/UV در زمان واکنش ۶۰ دقیقه نسبت به زمان واکنش ۱۰ دقیقه پیشرفت زیادی در تصفیه شیرابه دیده نمی‌شود. بنابراین با توجه به هزینه‌های بالای این واکنش [۳۱،۲۵] بهترین زمان واکنش برای این روش ۱۰ دقیقه می‌باشد. زیرا در این زمان COD به میزان ۸۱ درصد حذف می‌شود و نسبت BOD_5/COD به ۰/۳۲ می‌رسد. با بالا بردن زمان واکنش تا ۶۰ دقیقه میزان حذف COD به ۸۷ درصد رسیده و نسبت BOD_5/COD از ۰/۳۲ تنها به ۰/۳۳ ارتقاء می‌یابد که این افزایش زمان واکنش به‌صرفه اقتصادی نخواهد بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که روش O_3/UV می‌تواند تجزیه‌پذیری بیولوژیکی شیرابه را افزایش دهد و از این‌رو می‌تواند به‌عنوان پیش تصفیه‌ای برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه استفاده شود. بهترین شرایط برای این روش pH ۸/۵ و دوز ازن به میزان ۳/۵ گرم به ازای هر لیتر شیرابه در ساعت می‌باشد و بهترین زمان واکنش برای این روش از لحاظ راندمان و هزینه ۱۰ دقیقه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله تشکر و قدردانی خود از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان به‌واسطه تامین اعتبارات لازم جهت اجرای طرح تحقیقاتی فوق را اعلام می‌داریم. هم چنین این پژوهش بخشی از یافته‌های پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد می باشد.

References:

[1] Farrokhi M, Kouti M, Mousavi GR, Takdastan A. The study on biodegradability enhancement of landfill leachate by Fenton oxidation. ***Iran J Environ Health Sci Eng*** 2009; 2(2): 114-23. [in Persian]

[2] Kouti M, Farrokhi M, Mousavi GR, Takdastan A. Study improvement of BOD_5/COD rate mature leachate by oxidation fenton. ***12th Environmental health conference***, 2009, Tehran, Iran.

[3] Mohtashami SR, Karimie A, Bidokhti T. Performance of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) in Landfill Leachate Treatment. ***Water and Wastewater*** 2008; 66: 10-8. [in Persian]

[4] Ogundiran OO, Afolabi TA. Assessment of the phisicochemical parameters and heavy metals toxicity of leachates from municipal solid waste open dumpsite. ***Int J Environ Sci Technol*** 2008; 5(2): 243-50.

[5] Leman H, Behera SK, Park HS. Optimization of operational parameters for ethanol production from korean food waste leachate. ***Environ Sci Technol*** 2009; 7(1): 157-64.

[6] Sahandjorfi S, Jaafarzadeh N, Rezaeekalantary R, Hashempour Y. Leachate Treatment by Batch Decant Activated Sludge Process and Powdered Activated Carbon Addition. ***Iran J Environ Health Sci Eng*** 2009; 2(1): 16-27. [in Persian]

[7] Torabian A, Hassani AH, Moshirvaziri S. Physicochemical and biological treatability studies of urban solid waste leachate. ***Int J Environ Sci Technol*** 2004; 1(2): 103-7.

[8] Oygard JK, Gjengedal E. Uranium in municipal solid waste landfill leachate. ***Environ Res*** 2009; 3(1): 61-8.

[9] Morais JL, Zamora PP. Use of Advanced Oxidation Processes to Improve the Biodegradability of Mature Landfill Leachates. ***J Hazard Mater*** 2005; 123: 181-6.

[10] Stasinakis AS. Use of selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) for wastewater

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]

treatment-a mini review. ***Global Nest J*** 2008; 10(3): 376-85.
[11] Al-kdasi A, Idris A, Saed K, Guan CT. Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes-a review. ***Int J Global Nest*** 2004; 6(3): 222-30.
[12] Khorasani H, Bina B, Amin MM. Removal of humic substances from water by advanced oxidation process using UV/TiO_2 photo catalytic technology. ***Water and Wastewater*** 2009; 68: 25-32. [in Persian]
[13] Mohajerani M, Mehrvar M, Ein-mozaffari F. An overview of the integration of advanced oxidation technologies and other processes for water and wastewater treatment. ***Int J Eng*** 2009; 3(2): 120-46.
[14] Movahedyan H, SeidMohammadi AM, Assadi A. Comparison of different advanced oxidation processes degrading P-Chlorophenol in aqueous solution. ***Iran J Environ Health Sci Eng*** 2009; 6(3): 153-60.
[15] Shokoohi R, Ebrahimzadeh L, Rahmani AR, Ebrahimi SJ, Samarghandi MR. Comparison of the Advanced Oxidation Processes in Phenol Degradation in Laboratory Scale. ***Water and Wastewater*** 2009; 4: 30-5. [in Persian]
[16] Wu JJ, Yang JS, Muruganandham M, Wu CC. The oxidation study of 2-propanol using ozone-based advanced oxidation processes. ***Sep Purif Technol*** 2008; 62(1): 39-46.
[17] Tuhkanen T. Advanced oxidation of PCDD/FS, PCBS and PAHS in contaminated soil/ash matrix. ***Geological Survey of Finland*** 2001; 32: 129-33.
[18] Perkowski J, Kos L. Decolouration of Model Dyehouse Wastewater with Advanced Oxidation Processes. ***Fibres Text East Eur*** 2003; 11(3): 67-71.
[19] Malhotra S, Pandit M, Tyagi DK. Degradation of ferrohexacyanide by advanced oxidation processes. ***Indian J Chem Technol*** 2005; 12: 19-24.
[20] Kidak R, Ince NH. Catalysis of advanced oxidation reactions by ultrasound: A case study with phenol. ***J Hazard Mater*** 146(3): 630-5.
[21] Jamali HA, The survey of increasable of biological treatment of Tehran solid waste leachate by ozone [Dissertation]. Tehran. Tehran University of Medical Science. 2009.
[22] APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC, USA: American Public Health Association; 2005.
[23] Baig S, Liechti PA. Ozone treatment for biorefractory COD removal. ***Water Sci Technol*** 2001; 43(2): 197-204.
[24] Rema T, Parivallal B, Ramanujam RA. Studies on degradation of Syntan used in leather tanning process using ozone. ***Int J Environ Sci Develop*** 2010; 1(3): 264-7.
[25] Ince NH. Light-enhanced chemical oxidation for tertiary treatment of municipal landfill leachate. ***Water Environ Res*** 1998; 70(6): 1161-9.
[26] Yue PL, Legrini O. Photochemical degradation of organics in water. ***Water Qual Res J Can*** 1992; 27: 123-37.
[27] Hamidi AA, Adlan MN, Zahari MSM, Alias S. Removal of ammoniacal nitrogen (N-NH_3) from municipal solid waste leachate by using activated carbon and limeston. ***Waste Manage Res*** 2004; 22: 371-5.
[28] Steensen M. Chemical oxidation for the treatment of leachate process comparison and results from full-scale plants. ***Water Sci Technol*** 1997; 35(4): 249-56.
[29] Benitez FJ, Heredia JB, Acero JL, Pinilla ML. Simultaneous photodegradation and ozonation plus UV radiation of phenolic acids-major pollutants in agro-industrial wastewaters. ***J Chem Technol Biotechnol*** 1999; 70(3): 253-60.
[30] Benitez FJ, Beltran-Heredia J, Acero JL, Rubio FJ. Oxidation of several chlorophenolic derivatives by UV irradiation and hydroxyl radicals. ***J Chem Technol Biotechnol*** 2001; 76(3): 312-20.
[31] Tsagarakis KP, Mara DD, Angelakis AN. Application of cost criteria for selection of municipal wastewater treatment systems. ***Water Air Soil Pollut*** 2003; 142(1-4): 187-210.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-10]