دوره ششم، شماره چهارم، پاییز ۱۳۹٤، صفحات ٤۲۱ تا ٤۲۸

سنجش سریع اکسیژن مورد نیاز شیمیایی از طریق هضم با مایکروویو و مقایسه آن با روش هضم در راکتور حرارتی

ناهید نویدجوی[۱]، حسین موحدیان عطار[۲]، حسن خرسندی[۳]*

۱. مربی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه ۲. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ۳. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، عضو مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰٤٤ ۳۲۷۵۲۳۰۰ فکس: ۰٤٤ ۳۲۷۷۰۰٤۷ ایمیل: hassankhorsandi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: در روش متداول برای تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیداسیون ترکیبات آلی توسط دی کرومات پتاسیم در شرایط اسیدی و هضم در راکتور حرارتی (۲ ساعت، ۱۵۰°c) انجام می شود. نظر به اینکه امواج مایکروویو با پلاریزاسیون یونی و چرخش سریع مولکول‌های قطبی، قادر به تولید گرما می باشند، در مطالعهٔ حاضر، سنجش سریع اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، از طریق هضم با مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار: در این مطالعه تجربی، برای مقایسهٔ هضم با راکتور حرارتی و مایکروویو در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، ۲٤۳ نمونهٔ استانداردِ محلول پتاسیم هیدروژن فتالات و نمونه های فاضلاب خام و پساب بر اساس رنگ سنجیِ یون کروم احیا شده مورد مطالعه قرار گرفتند. برای تحلیلِ نتایج، از آزمون ویلکاکسون[۱] استفاده شد.

یافته ها: میانگین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در حالت هضم با مایکروویو (۳۶۰ وات و ۵ دقیقه)، اختلاف معنی داری با میانگین نتایج راکتور حرارتی (۲ ساعت ، ۱۵۰°c) نداشتند. انرژی مصرفیِ راکتور حرارتی و مایکروویو به ازای هر بار استفاده، به ترتیب ۷۳۶ و ۳۰ وات- ساعت تعیین شدند. بر این اساس، انرژی و زمان هضمِ راکتور حرارتی در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، حدود ۲٤ برابر مایکروویو می باشد.

نتیجه گیری: استفاده از مایکروویو به دلیل قابلیت کاتالیتیکی آن در اکسیداسیون شیمیایی، از نظر زمان و انرژی به راکتور حرارتی ترجیح داده می شود.

واژه های کلیدی: اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، مواد آلی، هضم، مایکروویو

دریافت: ۹۳/۳/۳۰ **پذیرش:** ۹۳/۹/۱۸

مقدمه

مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون شیمیایی مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و غیر قابل تجزیه بیولوژیکی به عنوان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)[۲]، از جمله معیارهای متداول برای معرفی میزان آلودگی مواد آلی در اغلب آلاینده‌های زیست‌محیطی از جمله فاضلاب می‌باشد (۱،۲). اساس اندازه‌گیری COD بر مبنای اکسیداسیون ترکیبات آلی به دی اکسید کربن درحضور یک اکسید کنندهٔ قوی مانند دی کرومات پتاسیم در شرایط اسیدی و گرما است که نتیجه آن احیای دی کرومات ($Cr_2O_7^{2+}$) به یون کرومیک (Cr^{3+}) می‌باشد (۳).

در روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب، دو روش تقطیر برگشتی باز[۳] و بسته[٤] برای

[1] Wilcoxon
[2] Chemical Oxygen Demand
[3] Open Reflux Method
[4] Closed Reflux Method

اندازه‌گیری COD معرفی شده‌اند (۳) که در این میان، روش تقطیر برگشتی بسته و تعیین COD بر مبنای رنگ سنجی[1]، به دلیل راهبری آسان و خطای کمتر از کاربرد گسترده‌ای برخوردار می‌باشد. در این روش‌ها، عمل هضم نمونه به مدت ۲ ساعت توسط راکتور حرارتی در دمای ۱۵۰°c انجام می‌شود (۳). با این وجود، بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که مایکروویو می‌تواند برای هضم سریع‌تر در آزمایش COD مورد استفاده قرار گیرد (٤).

مایکروویوها بخشی از طیف الکترومغناطیسی با فرکانس حدود ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz و طول موج ۱ میلی متر تا ۱ متر می‌باشند که با مکانیسم‌های پلاریزاسیون یونی و چرخش سریع مولکول‌های قطبی، گرما تولید می‌نمایند (۵).

هوسر[2] اکسیژن مورد نیاز شیمیایی انواع فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب را در شرایط هضم با مایکروویو (توان ۲۵۰ وات و زمان ۱۰ دقیقه) بررسی نموده و نتایج حاصله را مطابق با روش هضم حرارتی ارزیابی نمود (۶). بلترا و همکاران، برای اندازه‌گیری COD بین صفر تا ۱۵۰۰۰mg/L، روش هضم با مایکروویو را مطالعه نموده و نشان دادند که این روش با زمان هضم ۸ دقیقه قادر است ضمن تعیین صحیح و دقیق اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، تداخل ناشی از ۸۰۰۰mg/L کلرور را خنثی نماید (۷). رامون و همکاران، زمان لازم برای هضم با مایکروویو را در سنجش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، ۵ دقیقه تعیین کردند (۸). دهارمادهیکری[3] و همکاران، قابلیت کاربرد روش هضم با مایکروویو را در شرایط ۶۰۰ وات و زمان هضم ۱۰ دقیقه در سنجش COD تأیید نموده و نشان دادند که این روش می‌تواند تداخل ناشی از کلرور را تا ۶۰۰۰ mg/L در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی خنثی کند (۹). زمان هضم و انرژی مورد نیاز از متغیرهای مهم مؤثر بر هضم با مایکروویو می‌باشند. نتایج مطالعات مذکور نشان می‌دهد که با استفاده از مایکروویو می‌توان زمان هضم را کاهش داده و در مصرف انرژی و هزینه صرفه‌جویی کرد (۹-۶).

به منظور رایج شدن کاربرد مایکروویو در مقیاس جهانی برای هضم در تعیین اکسیژن موردنیاز شیمیایی، نیاز به تأکید فراگیر در کشورهای مختلف می‌باشد. نظر به اینکه تاکنون در مورد استفاده از مایکروویو برای هضم در آزمایش COD هیچ گونه مطالعه‌ای در ایران گزارش نشده است، لذا هدف از این مطالعه، سنجش سریع اکسیژن موردنیاز شیمیایی، از طریق هضم با مایکروویو می‌باشد.

روش کار

در این مطالعهٔ تجربی، برای تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در حالت‌های هضم با راکتور حرارتی و مایکروویو، طی مراحل مختلف در مجموع ۲٤۳ نمونهٔ استانداردِ محلول پتاسیم هیدروژن فتالات (KHP) و نمونه‌های فاضلاب خام شهری و پساب مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش COD با روش تقطیر برگشتی بسته در حالت هضم با راکتور حرارتی مطابق روش‌های استاندارد (5220 D) آزمایش‌های آب و فاضلاب (۳) و روش تقطیر برگشتی بسته در حالت هضم با مایکروویو انجام گردیده و نتایج مربوطه بر اساس رنگ سنجی یون کروم احیاشده (Cr^{3+}) توسط اسپکتروفتومتر Spectonic 20 D در طول موج ۶۰۰ نانومتر استخراج شدند.

با ایجاد اصطکاک بین مولکولی در اثر نوسان‌های ناشی از میدان متناوب مغناطیسی مایکروویو، حرارت زیادی در زمان اندک تأمین می‌شود (۵) و چون یکی از اهداف اصلی تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در حالت هضم با مایکروویو، کاهش زمان آزمایش بود، مدت ۵ دقیقه به عنوان زمان هضم در مایکروویو انتخاب شد. برای تعیین توان بهینهٔ مایکروویو در

[1] Colorimetric
[2] Houser
[3] Dharmadhikari

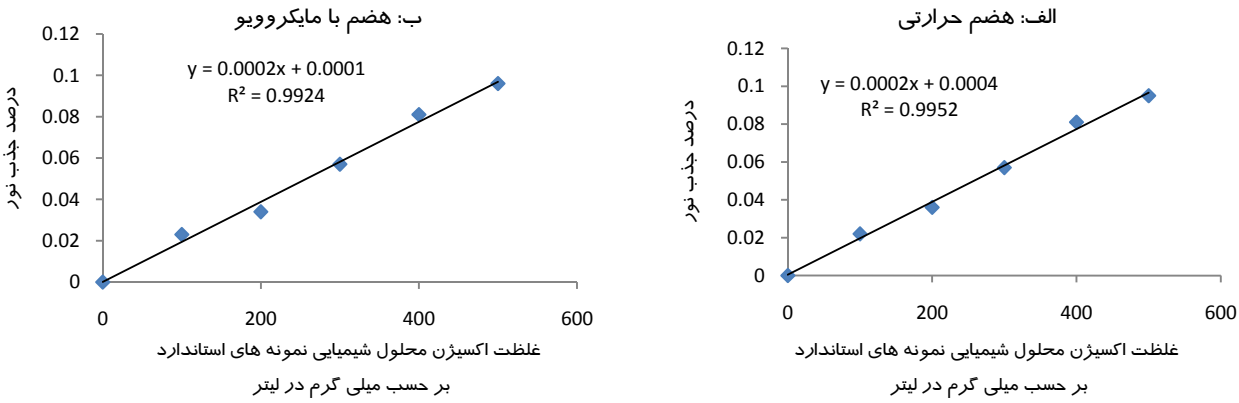
زمان ۵ دقیقه، نتایج جذب معادلِ COD مربوط به ۱۰ نمونهٔ مشابه بعد از هضم با توان‌های مختلفِ مایکروویو با نتایج راکتور حرارتی در شرایط استاندارد (۱۵۰°c ، ۲ hr) مورد مقایسه قرار گرفته و ۳۶۰ وات به عنوان توان بهینهٔ مایکروویو انتخاب شد.

برای رسم منحنی کالیبراسیون، مقدار جذب متناظر با اکسیژن مورد نیاز شیمیاییِ نمونه‌های استانداردِ محلول پتاسیم هیدروژن فتالات (Merck) با روش تقطیر برگشتیِ بسته در حالت‌های هضم با راکتور حرارتی HACH (۱۵۰°c ، ۲ hr) و اجاق مایکروویو LG (۵ دقیقه، ۳۶۰ وات) اندازه‌گیری شدند. در حالت هضم با مایکروویو، از ویال‌های پیرکس ۱۰۰ میلی لیتری استفاده شد.

به منظور مقایسهٔ هضم در راکتور حرارتی و مایکروویو، COD مربوط به ۵ نمونهٔ استاندارد در غلظت‌های ۱۰۰ تا ۵۰۰ mg/L طی ۶ مرتبه اندازه‌گیری شدند. علاوه بر این، اکسیژن مورد نیاز شیمیاییِ سه نمونه فاضلاب خام شهری، پساب و فاضلاب سنتتیک نیز در حالت‌های هضم با راکتور حرارتی و مایکروویو، اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل نتایج حاصله از دو روش هضم به ازای هریک از نمونه‌های استاندارد و واقعی، از آزمون ویلکاکسون بوسیلهٔ نرم‌افزار SPSS-16 استفاده شد. به منظور کنترل صحت نتایج، درصد بازیابی (اختلاف بین غلظت COD محلول استاندارد با غلظت اندازه‌گیری شده) و درصد خطای نسبی در تمامی غلظت‌های مورد مطالعه محاسبه شدند. حداکثر درصد خطای نسبی مجاز در آزمایش COD، ۵ درصد می‌باشد. برای کنترل دقت نتایج، اندازه‌گیری اکسیژن محلول هر یک از نمونه‌ها در تمامی مراحل این مطالعه، ۳ بار تکرار شدند (۳).

یافته‌ها

به منظور تعیین غلظت COD نمونه‌های موردنظر، منحنیِ کالیبراسیونِ جذبِ متناظر با اکسیژن مورد نیاز شیمیاییِ نمونه‌های استانداردِ محلول پتاسیم هیدروژن فتالات با روش تقطیر برگشتیِ بسته در حالتهای هضم با راکتور حرارتی (۱۵۰°c ، ۲ hr) و اجاق مایکروویو (۵ min، ۳۶۰ watt) مطابق نمودار ۱ ترسیم شدند.

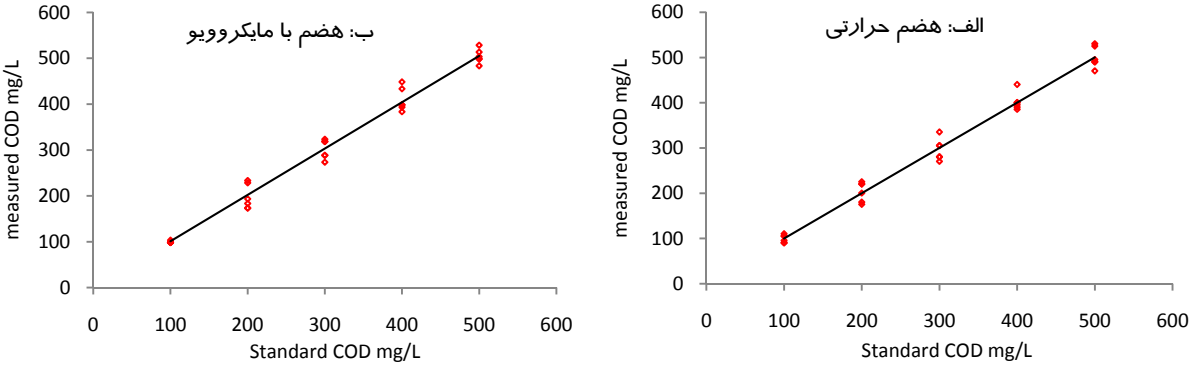


نمودار ۱. منحنی کالیبراسیون COD (الف: در حالت هضم حرارتی، ب: در حالت هضم با مایکروویو)

به منظور ارزیابی بکارگیری هضم با مایکروویو در آزمایش COD، نتایج اکسیژن مورد نیاز شیمیاییِ ۵ نمونهٔ مختلفِ استاندارد در حالت‌های هضم با راکتور حرارتی (۱۵۰°c ،۲ hr) و مایکروویو (۵ min، ۳۶۰ watt) پس از ۶ مرتبه اندازه‌گیری، در جدول ۱ و نمودار ۲ ارائه شده‌اند. آزمون ویلکاکسون نشان داد که میانگین نتایج حاصله از دو روش، به ازای هریک از غلظت‌های بررسی شدهٔ COD، اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ١. مقایسه میانگین نتایج COD نمونه‌های استاندارد در حالتهای هضم در راکتور حرارتی و مایکروویو

COD نمونه‌های استاندارد mg/L	نتایج اندازه‌گیری COD با هضم حرارتی			نتایج اندازه‌گیری COD با هضم مایکروویو			P_{value}
	X±S.D	درصد بازیابی	درصد خطای نسبی	X±S.D	درصد بازیابی	درصد خطای نسبی	
١٠٠	٩٩/٣٣±٢/٠٤	٩٩/٣٣	٠/٦٧	٩٩/٦٧±٨/٦١	٩٩/٦٧	٠/٣٣	٠/٩١٦
٢٠٠	١٩٧/٦٧±٢٦/٩١	٩٨/٨٣	١/١٧	٢٠٣/٨٣±٢١/٨٣	١٠١/٩٢	-١/٩٢	٠/٧٥٢
٣٠٠	٣٠١/٨٣±٢٠/٩٠	١٠٠/٦١	-٠/٦١	٢٩٦/٣٣±٢٣/٩٦	٩٨/٧٨	-١/٢٢	٠/٦٠٠
٤٠٠	٤٠٩/٣٣±٢٥/٥٨	١٠٢/٣٣	-٢/٣٣	٤٠٢/١٧±١٩/٦٦	١٠٠/٥٤	-٠/٥٤	٠/٣٣٢
٥٠٠	٥٠٤/٣٣±١٥/٣	١٠٠/٨٧	-٠/٨٧	٥٠٠/٥±٢٣/٠٢	١٠٠/١	-٠/١	٠/٧٥٣



نمودار ٢. میانگین نتایج COD نمونه‌های استاندارد (الف: در حالت هضم حرارتی، ب: در حالت هضم با مایکروویو)

علاوه بر این، طبق جدول ٢، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی سه نمونه فاضلاب خام، پساب تصفیه خانهٔ فاضلاب شهری و فاضلاب سنتتیک، بعد از هضم با دو روش، مورد مقایسه قرار گرفتند. آزمون ویلکاکسون نشان داد که میانگین نتایج حاصله از دو روش، به ازای هریک از نمونه‌های مذکور، اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ٢. مقایسه میانگین نتایج COD نمونه‌های واقعی در حالت‌های هضم در راکتور حرارتی و مایکروویو

نوع نمونه	X±S.D as mg/L		P_{value}
	هضم در راکتور حرارتی	هضم با مایکروویو	
فاضلاب خام شهری	٤٧٤/٨٣±١٥/٢٧	٤٧٨/١٦±٧/٦٤	٠/٥٩٣
پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری	٩٤/٨٣±٥/٧٧	٩١/٥±٥	٠/١٥٧
فاضلاب سنتتیک	٤١٤/٨٣±٧/٦٣	٤٣٤/٨٣±١٨/٩٣	٠/١٨٠

بر اساس زمان‌سنجی انجام شده در این مطالعه، میانگین مجموع زمان لازم برای مراحل مختلف آماده‌سازی ویال، هضم و اسپکتروفتومتری در حالت استفاده از راکتور حرارتی و مایکروویو به ترتیب ١٤٨ و ٢٨ دقیقه تعیین شد. بر این اساس، با توجه به زمان هضم مورد نیاز، میزان انرژی مصرفی به ازای هر بار استفاده از راکتور حرارتی و اجاق مایکروویو به ترتیب ٧٣۶ و ٣٠ وات- ساعت استخراج شد. بنابراین، انرژی مصرفی، زمان هضم و کل زمان انجام آزمایش COD در حالت هضم با راکتور حرارتی، به ترتیب ٢٤/٥، ٢٤ و ٥/٢٨ برابر هضم با مایکروویو می‌باشد.

بحث

در روش هضم با راکتور حرارتی متداول، حرارت از منبع خارجی به ویال‌های COD وارد می‌شود، ولی در هضم با مایکروویو، حرارت در داخل محتویات ویال‌ها تولید می‌گردد. تحت تابش مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ MHz و اِعمال میدان متناوب مغناطیسیِ تولید شده بوسیلهٔ ژنراتور مگنترون، مولکول‌های غیرقطبی به شکل قطبی تغییر یافته و به همراه مولکول‌های دو قطبی موجود، ضمن همسوشدن با این میدان مغناطیسی، حدود ۲۴۵۰ میلیون بار در ثانیه حول یک محور نوسان می‌کنند. با ایجاد اصطکاک بین مولکولی در اثر نوسان‌های ناشی از میدان متناوب مغناطیسی مایکروویو، حرارت زیادی در زمان اندک تأمین می‌شود. این مطلب، انتخاب زمان هضمِ ۵ دقیقه در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در این مطالعه را توجیه می‌نماید (۵). عدم اختلاف معنی‌دار در میانگین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در حالت‌های هضم با مایکروویو ۳۶۰ وات در مدت ۵ دقیقه و هضم با راکتور حرارتی در ۱۲۰ دقیقه مؤید این است که مایکروویو علاوه بر تأمین حرارت مورد نیاز در زمان کوتاه، نقش کاتالیتیکی را در اکسیداسیون شیمیایی ایفا می‌نماید. این قابلیت مایکروویو موجب شد که در این مطالعه انرژی مورد نیاز آن به $\frac{1}{24}$ انرژی لازم برای راکتور حرارتی کاهش یابد.

طی مطالعات متعددی با استفاده از فرآیندهای تلفیقیِ اکسیداسیون و مایکروویو، تأثیر کاتالیتیکی مایکروویو در افزایش سرعت و راندمان واکنش‌های اکسیداسیون الکل‌ها (۱۰)، آفت‌کش لیندان (۱۱)، نیتروبنزن (۱۲)، ٤-کلروفنل (۱۳)، تری کلرو اتیلن (۱٤)، مواد آلی فاضلاب (۱۵)، لجن (۱۶) و شیرابهٔ مراکز دفن مواد زاید (۱۷) تأیید شده است. بلترا و همکاران از تکنولوژی مایکروویو به دلیل داشتن زمان هضم کم، در سامانهٔ خودکار سنجش آنلاین COD استفاده نموده و یکسان بودن نتایج حاصله را با روش استاندارد تأیید نموده‌اند (۷). همه مطالعات مشابه بررسی شده، عدم اختلاف معنی‌دار در نتایج سنجش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در شرایط هضم با مایکروویو و روش استاندارد را بر اساس آنالیزهای آماری تأیید نموده‌اند و در این میان، لیو و همکاران درصد بازیابی COD نمونه‌های آب دریا را توسط این روش در زمان هضم ۷ دقیقه، بین ۹۷/۵ تا ۱۰٤/۳ درصد تعیین نمودند (۱۸) که با نتایج مطالعه حاضر طبق جدول ۱ همخوانی دارد. در جدول ۳، نتایج مطالعه حاضر در خصوص توان لازم و زمان هضم مایکروویو در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، با تعدادی مطالعات مشابه مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول ۳. زمان هضم با مایکروویو در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی

محققین	سال	توان مایکروویو (watt)	زمان هضم (min)	رفرنس
هوسر	۲۰۰۳	۲۵۰	۱۰	۶
بلترا و همکاران	۲۰۰۳	گزارش نشده	۸	۷
رامون و همکاران	۲۰۰۳	۷۰۰	۵	۸
دهارمادهیکری و همکاران	۲۰۰۵	۶۰۰	۱۵	۹
دومینی و همکاران	۲۰۰۶	٤۷۵	٤	۱۹
دنگ- شان	۲۰۰۶	۵۰۰	٤	۲۰
مطالعه حاضر	۲۰۱٤	۳۶۰	۵	-

بر اساس اصول فیزیکی، انرژی مورد نیاز برای یک جریان الکتریکی و یا الکترومغناطیسی، از حاصل‌ضرب زمان جریان در توان مربوطه تعیین می‌شود و لذا به ازای انرژی مورد نیازِ ثابت در شرایط یکسان، با افزایش توان، زمان تابش مایکروویو کاهش می‌یابد (۵). اختلاف در نتایج ارائه شده در جدول ۳ به دلیل

متفاوت بودن توان مایکروویو، حجم نمونه‌های مورد بررسی و یا حجم محلول‌های اکسیدان و سولفات نقره اسیدی مورد استفاده در آزمایش COD می‌باشد. بطوری‌که زمان هضم در مایکروویو با حجم نمونه، نسبت مستقیم و با توان مایکروویو و حجم محلول‌های اکسیدان و سولفات نقره، نسبت معکوس دارد. در مطالعه حاضر، حجم نمونه، مقادیر و مشخصات محلول‌های هضم و سولفات نقره اسیدی بر اساس روش استاندارد تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفتند.

به استناد نتایج ارائه شده در نمودارها و جداول ۱ و ۲، ضریب همبستگیِ منحنی کالیبراسیون و میانگین COD نمونه‌های استاندارد و واقعی در حالت هضم با مایکروویو و راکتور حرارتی بر اساس آزمون ویلکاکسون اختلاف معنی داری ندارند. بنابراین با توجه به کاهش حدود ۲۴ برابری انرژی مصرفی و زمان هضم در روش مایکروویو، استفاده از آن برای هضم در آزمایش COD توصیه می‌شود.

نتیجه گیری

انرژی مصرفی و زمان هضم در تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در حالت هضم با مایکروویوِ ۳۶۰ وات به دلیل قابلیت کاتالیتیکی آن در واکنش اکسیداسیون شیمیایی، حدود $\frac{1}{24}$ راکتور حرارتی است. بنابراین استفاده از مایکروویو برای هضم در تعیین COD، نسبت به راکتور حرارتی ترجیح داده می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در قالب طرح تحقیقاتی به شماره ۲۸۵۰۸۳ تحت حمایت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شده است. نویسندگان از همکاری‌های ارزشمند معاونت پژوهشی آن دانشگاه سپاسگزاری می‌نمایند.

References

1- Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. Wastewater engineering treatment and reuse. 4th ed, McGraw- Hill, New York. 2003, 81-93.
2- Bitton G. Wastewater Microbiology. 3th Ed., Wiley-Blackwell, New Jersey, 2005, 215-220.
3- APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21st ed, American Public Health Association, New York. 2005, 5-14 to 5-19.
4- Mudhoo A, Sharma SK, Research experiences in microwave-assisted chemical oxygen demand determination. Int. J. of Environmental Technology and Management, 2011; 14(1-4): 2-8.
5- Vollmer M, Physics of the microwave oven. Physics Education J, 2004; 39 (1): 74-81.
6- Houser J. Semi micro determination of COD employing microwave digestion. Environmental Engineering science, 2003; 20(6): 617-626.
7- Beltrá AP, Iniesta J, Gras L, Development of a fully automatic microwave assisted Chemical Oxygen Demand (COD) measurement device. Instrumentation Science & Technology, 2003; 31(3): 249-259.
8- Ramon R, Valero F, Del Valle M, Rapid determination of chemical oxygen demand using a focused microwave heating system featuring temperature control. Analytica Chimica Acta, 2003; 491(1): 99-109.
9- Dharmadhikari DM, Vanerkar AP, Barhate NM, Chemical oxygen demand using closed microwave digestion system. Environ Science Technology, 2005; 15: 198-201.
10- Mohammadi1 MK, Ghammamy Sh, Imanieh H, Microwave-Assisted Oxidation of Alcholes and Polyarenes with Tetramethylammoniumfluorochromate. Bull. Chem. Soc. Ethiop., 2008; 22(3): 449-452.
11- Salvadora R, Casala B, Yatesb M, Martín-Luengoa MA, Ruiz-Hitzky E, Microwave decomposition of a chlorinated pesticide (Lindane) supported on modified sepiolites. Applied Clay Science, 2002; 22(3): 103-113.

12- Zeng H, Lu L, Liang M, Liu J, Li Y, Degradation of trace nitrobenzene in water by microwave-enhanced H2O2-based process. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2012; 6(4): 477-483.
13- Zhihui A, Peng Y, Xiaohua L, Degradation of 4-Chlorophenol by microwave irradiation enhanced advanced oxidation processes. Chemosphere, 2005; 60(6): 824-827.
14- Jou CJG, Lee CL, Tsai CH, Wang HP,Microwave-Assisted Photocatalytic Degradation of Trichloroethylene Using Titanium Dioxide. Environmental Engineering Sciences, 2008; 25(7): 975-979.
15- Yang Sh, Wang X, Wei G, Zhang W, Shan L, A novel advanced oxidation process to degrade organic pollutants in wastewater**:** Microwave-activated persulfate oxidation. Journal of Environmental Sciences, 2009; 21: 1175-1180.
16- Mudhoo A, Sharma SK, Microwave Irradiation Technology in Waste Sludge and Wastewater Treatment Research. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2011; 41(11): 999-1066.
17- Choua YC, Loar SL, Kuob J, Yeh CJ, A study on microwave oxidation of landfill leachate-Contributions of microwave-specific effects. Journal of Hazardous Materials, 2013; 246-247: 79-86.
18- Liu L, Ji H, Liu Y, Xin H, Chemical Oxygen Demand of Seawater Determined with a Microwave Heating Method, 2005; 4(2):152-156.
19- Domini CE, Hidalgo M, Marken F, Canals A, Comparison of three optimized digestion methods for rapid determination of chemical oxygen demand: Closed microwaves, open microwaves and ultrasound irradiation, Analytica Chimica Acta, 2006; 561(1-2);210-217.
20- Deng-shan Z, Rapid Determination of Chemical Oxygen Demand by Green Microwave Digestion Method, Journal of Huaiyin Institute of Technology; 2006; 1: 1-8.

Rapid Measurement of Chemical Oxygen Demand through Microwave Digestion Compared with Thermal Reactor Digestion

Navidjoy N [1], Movahedian H [2], Khorsandi H *[3]

1. Instructor of Environmental Health Enginnering, Health Faculty, Urmia Medical Sciences University, Urmia, Iran
2. Professor of Environmental Health Enginnering, Health Faculty, Isfahan Medical Sciences University, Isfahan, Iran
3. Associated Professor of Environmental Health Engineering, Health Faculty/Social Determinants of Health Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
Corresponding author. Tel: +984432752300 Fax: +984432770047 E-mail: hassankhorsandi@yahoo.com

Received: Jun 20, 2014 Accepted: Dec 9, 2014

ABSTRACT

Background & Objectives: In a conventional method for determination of the chemical oxygen demand (COD), organic compounds are oxidized by potassium dichromate in acidic condition and thermal digestion (150°C, 2 hr). Whereas microwave produces heat through rapid rotation of polar molecules and ionic polarization, microwave digestion was investigated for rapid measurement of COD in present study.
Methods: In this experimental study, in order to compare the thermal and microwave digesters for COD determination, 243 standard samples of potassium hydrogen phthalate solution and raw wastewater and effluent samples were studied according to standard methods based on the colorimetry of reduced chromium ion. The results were analyzed by Wilcoxon test.
Results: The mean COD obtained from microwave digestion (360 Watt, 5 min) had no significant difference with the one determined by thermal reactor (150 °C, 2 hr.). Energy consumption of thermal reactor and microwave for determination of COD in each sample was determined as 736 and 30 W.hr, respectively. Therefore, the energy consumption and digestion time of thermal reactor in COD determination were about 24 fold higher than the microwave digestion.
Conclusion: Application of microwave is preferred to the thermal reactor in terms of the time and energy consumption due to its catalytic ability in chemical oxidation.
Keywords: Chemical Oxygen Demand; Organic Matter; Digestion; Microwave.