

## امکان‌سنجی فنی بازیافت پسماند روغن‌های خوراکی تولیدشده در شهر قم به سوخت بیودیزل

محبوبه جدیدیان<sup>۱</sup>، محمد فهیمی‌نیا<sup>۲</sup>، حسین جعفری منصوریان<sup>۳،۴</sup>، غریب مجیدی<sup>۵</sup>، محمد صابری بیدگلی<sup>۶</sup>

### چکیده

**مقدمه:** این مطالعه با هدف امکان‌سنجی فنی بازیافت پسماند روغن‌های خوراکی (WCO) تولیدشده در شهر قم به سوخت بیودیزل انجام شد.

**روش‌ها:** تحقیق حاضر به صورت مقطعی در بازه زمانی شش ماهه اول سال ۱۳۹۲ در شهر قم انجام شد. پس از شناسایی و انتخاب ۱۴۷ واحد خانگی، صنعتی و تجاری تولید WCO، از آن‌ها خواسته شد تا WCO تولیدی خود را در طول یک هفته جمع‌آوری و تحویل دهند. نمونه‌های به دست آمده به صورت مجزا با نسبت یک به یک مخلوط و در نهایت از هر منشأ تولید یک نمونه WCO حاصل شد. پس از آن برخی مشخصات نمونه‌ها همچون پروفیل شیمیایی آنالیز و از فرآیند استریفیکاسیون و ترانس استریفیکاسیون برای تبدیل آن‌ها به بیودیزل استفاده شد. در نهایت برخی مشخصات فنی بیودیزل‌های تولیدی از قبیل نقطه اشتعال، ویسکوزیته، دانسیته، رطوبت و عدد اسیدی تعیین گردید و با استاندارد مقایسه شد.

**نتایج:** از لحاظ خواص اولیه، نمونه WCO با منشأ خانگی بهترین کیفیت را برای تبدیل به بیودیزل داشت. همچنین ویژگی‌های فنی بیودیزل حاصل از WCO با منشأ خانگی از لحاظ ویسکوزیته، دانسیته، عدد اسیدی و نقطه اشتعال، شرایط مناسب‌تری داشت. از نظر درصد رطوبت، بیودیزل حاصل از WCO با منشأ صنعتی مناسب‌ترین بود.

**بحث و نتیجه‌گیری:** WCO حاصله از منابع خانگی و تجاری از نظر فنی توان تبدیل به بیودیزل با ویژگی‌های استاندارد را داشت، اما WCO حاصل از منابع صنعتی به دلیل کیفیت بسیار نامناسب نیازمند فرآیندهای پیش تصفیه بیشتری می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** بازیافت، روغن‌های پسماند خوراکی، استریفیکاسیون، بیودیزل

### مقدمه

با گذشت زمان و رشد سریع زندگی شهری و تغییرات سبک زندگی و الگوی مصرف، کیفیت و کمیت مواد زائد دستخوش تغییرات زیادی شده و پسماندهای متنوع‌تری در حجم بالا به زائدات شهری افزوده شده است. یکی از پسماندهای مایع که به دلیل

تغییرات سبک زندگی و استفاده بیشتر بشر از غذاهای سریع‌الپخت، روند تولید فزاینده‌ای را شاهد می‌باشد، روغن‌های پسماند خوراکی (Waste Cooking Oils) است. روغن‌های پسماند خوراکی به روغن‌هایی گفته می‌شود که بعد از استفاده در مصارف پخت و پز و سرخ کردن، دیگر قابلیت استفاده

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

۳- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۵- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

۶- کارشناس ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

نویسنده‌ی مسئول: محمد صابری بیدگلی  
Email: msbidgoli@yahoo.com

آدرس: قم، میدان بسیج، خیابان روح ا...خمینی، دانشگاه علوم پزشکی قم، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط تلفن: ۰۲۵۳۷۷۲۷۲۲۵ فاکس: ۰۲۵۳-۷۸۳۹۹۳۲

برای همان منظور را نداشته و عموماً زائد تلقی می‌شوند (۱،۲).

مطالعات مختلف حاکی از آن است که دفع غیراصولی و یا استفاده‌های غیرمجاز از این روغن‌خطرناک و مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی فراوانی ایجاد می‌نماید. به طور نمونه دفع این روغن‌ها به چاه‌های جذبی و مجاری فاضلاب‌رو باعث گرفتگی، افزایش احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی و اختلال در فعالیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌شود. همچنین استفاده از روغن‌های پسماند خوراکی به همراه خوراک دام و طیور و نیز استفاده از آن در ساخت صابون خطر ابتلاء به بیماری‌های مختلف همچون حساسیت‌های پوستی و سرطان را افزایش می‌دهد (۳-۵). از سوی دیگر از ۱۰ چالش بزرگ جهان بشریت در ۴۰ سال آینده، انرژی از نظر اولویت رتبه نخست را دارا هست. انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله بیوفیول‌ها یکی از راهکارهای منطقی تأمین انرژی مورد نیاز بشر امروز و بشر آینده تشخیص داده شده است. بیوفیول‌ها به سوخت‌هایی گفته می‌شود که منشأ گیاهی و یا حیوانی دارند. بیوفیول‌ها به سه شکل انرژی یعنی جامد، گاز و مایع وجود دارند. بیودیزل یکی از اشکال مایع و رایج بیوفیول‌ها است که از روغن‌های گیاهی خوراکی و غیر خوراکی، چربی‌های حیوانی و روغن‌ها یا چربی‌های مازاد و پسماند تولید می‌شود (۳-۱).

ویژگی‌های شیمیایی سوخت بیودیزل و از جمله وجود اکسیژن در ساختار آن، باعث به سوزی آن در وسایل گرم‌مازا و موتورهای درون سوز احتراق تراکمی شده و نسبت به سوخت دیزل نفتی دارای آلاینده‌گی بسیار ناچیز می‌باشد. از این رو سوخت بیودیزل را سوخت آینده، سوخت سبز، سوخت پاک

و دوست‌دار طبیعت می‌نامند (۷، ۶).

باقرپور و همکاران در پژوهشی با هدف بهینه‌سازی پارامترهای تأثیرگذار در تولید سوخت بیودیزل با استفاده از روش ترانس استریفیکاسیون، نتیجه گرفتند که کارایی تبدیل در مدت زمان ۹۰ دقیقه برابر با ۹۴٪ می‌باشد (۸). نتایج پژوهش Hossain و همکاران که به منظور تولید بیودیزل از روغن پسماند خوراکی به عنوان فرآیند بازیابی زیست‌محیطی و انرژی تجدیدپذیر به روش ترانس استریفیکاسیون در مالزی انجام یافت، بیانگر آن است که بیشترین کارایی بیودیزل ۹۹/۵٪ می‌باشد (۹). Demirbas با انجام مطالعه‌ای در ارتباط با تولید بیودیزل از روغن پسماند خوراکی به روش کاتالیتیکی و ترانس استریفیکاسیون فوق بحرانی متانول در ترکیه نتیجه گرفت که ترانس استریفیکاسیون فوق بحرانی مزایای زیادی برای حذف آب و روغن‌های چرب آزاد تولیدی در فرایند و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و پیش تصفیه دارد (۱۰). در مطالعه دیگر، Meng و همکاران تولید بیودیزل از روغن پسماند خوراکی از طریق کاتالیزت قلیایی را در چین مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که کارایی تبدیل روغن‌های پسماند خوراکی به بیودیزل برابر با ۸۹/۸٪ می‌باشد (۱۱). Phan و همکاران بر روی تولید بیودیزل از روغن پسماندهای خوراکی در انگلستان مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که کارایی تولید بیودیزل از روغن پسماندهای خوراکی برابر با ۸۸-۹۰٪ می‌باشد (۱۲). همچنین در مطالعه دیگر، Uddin و همکاران به بررسی تولید بیودیزل از روغن پسماندهای خوراکی در بنگلادش پرداخته و نتیجه گرفتند که کارایی تولید بیودیزل برابر با ۷۹٪ می‌باشد (۱۳).

با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش با هدف

امکان‌سنجی فنی بازیافت روغن‌های پسماند خوراکی تولید شده در شهر قم به سوخت بیودیزل در سال ۱۳۹۲ انجام یافت.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به صورت مقطعی بر روی ۱۴۷ نمونه و با در نظر گرفتن همه منابع تولید کننده WCO در شهر قم اعم از منازل مسکونی، صنایع مواد غذایی و صنوف تجاری و خدماتی مرتبط با تهیه غذا (جدول ۱) در بازه زمانی شش ماهه اول سال ۱۳۹۲ با ۳ تکرار برای هر منبع تولید WCO انجام شد. در شهر قم ۱۳۸۹ واحد تجاری و خدماتی وجود داشت که روغن پسماند خوراکی تولید می‌نمودند. در این مطالعه به صورت پایلوت ۱۴۷ نمونه گرفته شد.

منازل مسکونی یکی از منابع تولید WCO می‌باشند که دارای گستردگی فراوانی هستند. مقدار تولید WCO در خانوارها هر چند ناچیز بوده و جمع‌آوری آن مشکل می‌باشد، ولی به دلیل این که حدود ۳۰۰۰۰۰ خانوار در شهر قم سکنی دارند، حجم

عظیمی از WCO در این بخش تولید می‌شود. به منظور پایش این بخش تعداد ۴۵ خانوار به صورت تصادفی انتخاب شد. با توجه به محدود بودن منابع صنعتی تولید WCO در شهر قم (۲ واحد صنعتی)، این دسته از منابع تولیدی به طور کامل مورد ارزیابی قرار گرفت. در مورد منابع تجاری تولید WCO، با توجه به این که منابع تجاری دارای طیف گسترده‌تری از اصناف و مشاغل از جمله رستوران‌ها و مراکز تهیه غذا، فست فودها، ساندویچی‌ها، اغذیه فروشی‌ها، کارگاه‌های شیرینی‌پزی و شیرمال‌پزی، آشپزخانه مراکز دولتی از قبیل بیمارستان‌ها و دانشگاه‌ها، چلوکبابی‌ها، تالارها و هتل‌ها می‌باشند و جمع‌آوری نمونه از آن‌ها امکان‌پذیرتر است، در این مطالعه تعداد ۱۰۰ واحد از این بخش انتخاب شد. به منظور نمونه‌برداری، از تمامی واحدها خواسته شد تا WCO تولیدشده خود را در یک دوره یک‌هفته‌ای جمع‌آوری کرده و تحویل دهند. نمونه‌برداری‌ها با استفاده از روش ارائه‌شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شماره ۴۹۳ انجام یافت (۱۴).

جدول ۱: منابع تولید روغن‌های پسماند خوراکی در شهر قم

نوع منبع	تعداد کل	تعداد نمونه
خانگی	۳۰۰۰۰۰ خانوار	۴۵ خانوار
صنعتی	۲	۲
تجاری	۳۹	۳
تالار پذیرایی	۲۲	۳
فست فود	۴۳۴	۳۰
ساندویچی	۲۵۲	۱۸
اغذیه فروشی (تهیه فلافل)	۴۸	۳
هتل	۱۹۰	۱۴
شیرینی‌پزی	۷۷	۶
رستوران و تهیه غذا	۱۳	۳
آشپزخانه مراکز دولتی	۳۱۴	۲۰
چلوکبابی		
جمع		۱۴۷

یکدیگر مخلوط شد. بدین صورت که در مجموع ۱۰۰ گرم نمونه با منشأ خانگی تهیه شد. همچنین

در تحقیق حاضر ابتدا از ۴۵ نمونه تهیه شده از منابع خانگی هر کدام حدود ۲/۲ گرم WCO توزین و با

انجام یافت (جداول ۲ و ۳). در نهایت سه نمونه روغن پسماند خوراکی هر یک به مقدار ۱۰۰ گرم با منشأ خانگی، صنعتی و تجاری حاصل شد (شکل ۱).

اختلاط و برداشت نمونه‌های صنعتی و تجاری - خدماتی شهر قم با استفاده از نتایج حاصل از میزان تولید آن‌ها که از طریق مطالعه موازی حاصل شد،

جدول ۲: نحوه محاسبه مقدار نمونه برداشت شده از هر یک از منابع صنعتی برای ساخت نمونه WCO

منشأ تولید WCO	میانگین محصول تولیدی (کیلوگرم در روز)	سراجه تولید WCO (کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی)	میزان کل تولید WCO (تن در روز)	درصد برداشت نمونه	مقدار برداشت نمونه (گرم)
صنعت ۱	۳۱۰	۰/۰۹۶	۰/۰۲۹	۲۱/۸۰	۲۲
صنعت ۲	۷۹۰	۰/۱۳۲	۰/۱۰۴	۷۸/۱۹	۷۸
مجموع	۱۱۰۰	-	۰/۱۳۳	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۳: نحوه محاسبه مقدار نمونه برداشت شده از هر یک از منابع تجاری برای ساخت نمونه WCO

منشأ تولید WCO	تعداد کل	میانگین مشتری (نفر در روز)	سراجه تولید WCO (کیلوگرم در روزه ازای هر نفر مشتری)	میزان کل تولید WCO (تن در روز)	درصد برداشت نمونه	مقدار برداشت نمونه (گرم)
تجاری چلوکبابی	۳۱۴	۴۷	۰/۰۲	۰/۲۹۵	۱۶/۰۵	۱۶
تالار پذیرایی	۳۹	۱۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۶۲	۳/۳۷	۳/۵
فست فود	۲۲	۷۶	۰/۲۵۵	۰/۴۲۶	۲۳/۱۸	۲۳
ساندویچی	۴۳۴	۳۳	۰/۰۲۴	۰/۳۴۳	۱۸/۶۷	۱۸/۵
اغذیه فروشی	۲۵۲	۶۳	۰/۰۱۵	۰/۲۳۸	۱۲/۹۵	۱۳
هتل	۴۸	۱۱۶	۰/۰۱	۰/۰۵۵	۲/۹۹	۳
شیرینی‌پزی	۱۹۰	۹۱	۰/۰۱۹	۰/۳۲۸	۱۷/۸۵	۱۸
رستوران و تهیه غذا	۷۷	۸۷	۰/۰۱۲	۰/۰۸۰	۴/۳۵	۴/۵
آشپزخانه مراکز دولتی	۱۳	۴۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۰	۰/۵۴	۰/۵
مجموع	-	-	-	۱/۸۳۷	۱۰۰	۱۰۰

از افزایش دمای روغن پسماند تا  $60^{\circ}\text{C}$ ، نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در این دما نگه‌داشته شد. سپس روغن به داخل ظرف جداسازی دو فاز (دکانتور) انتقال یافت و بعد از ۲۴ ساعت روغن با توجه به چگالی بیشتر در مقایسه با آب در کف ظرف جداسازی جمع و به راحتی قابل تخلیه شد (۱۵).

خصوصیات فنی سه نمونه روغن پسماند آماده‌سازی شده از قبیل رطوبت، ویسکوزیته، دانسیته، pH و همچنین پروپیل شیمیایی آن‌ها به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل بالا بودن میزان اسیدهای چرب نمونه روغن پسماند خوراکی با منشأ صنعتی (pH بیشتر از ۲)، این نمونه به وسیله روش‌هایی مانند فیلتراسیون و ته نشینی تحت فرآیند



شکل ۱: نمونه‌های روغن پسماند خانگی، تجاری - خدماتی و صنعتی (به ترتیب از راست به چپ)

نمونه‌های روغن پسماند از صافی ۵۰۰ میکرونی عبور داده شد و سپس به‌منظور کاهش رطوبت از روش ته‌نشین کردن آب، استفاده شد. بدین‌صورت که پس

اندازه‌گیری دانسیته روغن‌ها و بیودیزل نیز با استفاده از استاندارد ASTM D 4052 انجام یافت (۱۶). در این مطالعه، آزمون عدد اسیدی به صورت تیتراسیون ساده و بر اساس استاندارد ASTM D 664 انجام یافت (۱۶). بدین صورت که ابتدا ۵/۶۱ گرم پتاس الکی (۰/۱ نرمال) در ۱ لیتر اتانول حل شد. سپس حدود ۱ گرم روغن در ۱۰ میلی‌لیتر ۲- پروپانول حل و ۳ قطره فنل به آن اضافه شد. محلول حاصل با KOH به کمک بورت ۵۰ میلی‌لیتر با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر تیتراژ شد و این کار با به هم زدن محلول تا تغییر رنگ خنثی به ارغوانی و ثابت ماندن برای ۱۵ ثانیه انجام یافت. در نهایت عدد اسیدی با استفاده از فرمول ۲ محاسبه شد.

$$AV = \frac{5.61 \times V \times C}{m}$$

در فرمول ۲، AV = عدد اسیدی (mg KOH/gOil)، V = حجم مصرفی محلول پتاس الکی (میلی لیتر)، C = غلظت محلول پتاس الکی (مول بر لیتر)، m = وزن نمونه روغن (گرم) می‌باشد. پروفیل شیمیایی نمونه‌های روغن پسماند خوراکی توسط دستگاه GC 7890N, AGILENT & MS 5975 C MODE EI تعیین شد. بدین منظور، برنامه‌ریزی دمای ستون به این صورت بود که در ابتدا به مدت ۴ دقیقه در دمای ۱۰۳ °C و سپس در مدت ۶ دقیقه به ۲۰۰ °C رسید و در انتها در مدت ۳۰ دقیقه به دمای ۲۹۰ °C رسید و تا پایان آزمایش در همین دما باقی ماند. انجام GC برای نمونه‌های روغن پسماند خوراکی در هر مرحله، در زمان ۴۵ دقیقه انجام یافت. در این مطالعه از ستون کاپیلاری DB-17MS استفاده شد. به دلیل بالا بودن عدد اسیدی روغن پسماند خوراکی حاصل از صنایع استان قم (بیشتر از ۲)، این نمونه

استریفیکاسیون قرار گرفت تا بدین وسیله میزان اسیدهای چرب آن کاهش یابد (۱۶). در تحقیق حاضر، اندازه‌گیری رطوبت بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۲۹۱ انجام پذیرفت (۱۷). بدین منظور ابتدا حدود ۵ تا ۱۰ گرم از نمونه روغن‌های پسماند خوراکی با دقت ۰/۰۰۱ گرم درون پلیت شیشه‌ای که قبلاً خشک و توزین شده بود، ریخته شد. سپس ظرف شیشه‌ای حاوی روغن برای مدت یک ساعت در درون فور با دمای ۱۰۳ °C قرار داده شد. بعد از این مدت، نمونه‌ها به منظور خنک شدن و رسیدن به دمای اتاق در دسیکاتور قرار گرفت و پس از آن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. این عمل تا زمانی ادامه یافت که اختلاف نهایت درصد رطوبت و مواد فرار با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد.

فرمول (۱):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

در فرمول ۱: W = درصد رطوبت و مواد فرار، m<sub>0</sub> = وزن پلیت شیشه‌ای بر حسب گرم، m<sub>1</sub> = وزن پلیت شیشه‌ای و نمونه قبل از حرارت دادن بر حسب گرم، m<sub>2</sub> = وزن پلیت شیشه‌ای و نمونه بعد از حرارت دادن بر حسب گرم می‌باشد (۱۶).

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها، از دستگاه ویسکومتر استاینگر آنتون پار مدل SVM 3000 استفاده شد. ویسکوزیته نمونه‌های روغن و بیودیزل ها طبق استاندارد ASTM D 445 در دمای ۴۰ °C تعیین شدند (۱۶).

بعد از انجام روش‌های معمول پیش تصفیه، با هدف کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد تحت فرآیند استریفیکاسیون قرار گرفت. بدین منظور از نسبت مولی ۱:۶ روغن پسماند خوراکی با منشأ صنعتی به متانول استفاده شد. مقدار کاتالیزور اسیدی نیز یک درصد وزن روغن انتخاب شد. برای محاسبه مقدار مواد واکنش دهنده ابتدا جرم مولکولی نمونه روغن با توجه به نتایج گاز کروماتوگرافی اسیدهای چرب آن با استفاده از فرمول ۳ و جدول ۴ محاسبه شد (۱۸).

فرمول ۳:

$$M_{TG} = 92.1 + \sum_{1}^n (3M_{WFA})X$$

در فرمول ۳،  $M_{TG}$  جرم مولکولی تری گلیسیرید، ۹۲/۱ عبارت از جرم مولکولی گلیسرین،  $M_{WFA}$  بیانگر جرم مولکولی اسیدهای چرب شرکت کننده در ساختار تری گلیسیرید و  $X$  شاخص درصد اسیدهای چرب شرکت کننده در ساختار تری گلیسیرید می‌باشد که همگی به دلیل وجود ۳ شاخه در ساختار

تری گلیسیرید در عدد ۳ ضرب شدند. به منظور انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون (شکستن تری گلیسیرید و واکنش آن با متانول و تولید متیل استر و گلیسرین)، ۱۰۰ گرم روغن پسماند خوراکی مخلوط صنعتی با ۲۱ گرم متانول و ۱ گرم اسیدسولفوریک که معادل ۱٪ روغن می‌باشد، در یک بشر مخلوط شد. قبل از انجام عمل اختلاط، دمای روغن به وسیله فور به  $65^{\circ}\text{C}$  رسانده شد. به منظور اختلاط بیشتر و انجام بهتر واکنش، مواد موجود در واکنش به وسیله دستگاه اولتراسونیک Heilscher مدل UP400S به مدت ۵ دقیقه و با ۱۰۰ درصد توان مخلوط شد. بعد از این مدت زمان، واکنش استریفیکاسیون انجام یافت. سپس مخلوط واکنش در یک دکانتور ریخته شد و ۴ ساعت زمان داده شد تا روغن از متانول اضافی جدا شود (۱۸، ۱۹). در نهایت روغن جدا شده از متانول طبق استانداردهای ذکر شده تحت آزمایش عدد اسیدی قرار گرفت تا میزان تغییرات عدد اسیدی مشخص شود.

جدول ۴: جرم مولکولی اسیدهای چرب موجود در تری گلیسیریدها

نوع اسید چرب	جرم مولکولی
Lauric (C 12:0)	۲۰۰/۳۲
Myristic (C14:0)	۲۲۸/۳۷
Palmitic (C16:0)	۲۵۶/۴۳
Palmitoleic (C16:1)	۲۵۴/۴۰
Stearic (C18:0)	۲۸۴/۴۸
Oleic (C18:1)	۲۸۲/۴۶
Linoleic (C18:2)	۲۸۰/۴۵
Linolenic (C18:3)	۲۷۸/۴۳
Arachidic (C20:0)	۳۱۲/۵۴
Eicosenic (C20:1)	۳۱۰/۵۱
Behenic (C22:0)	۳۴۰/۵۸
Erucic (C22:1)	۳۳۸/۵۷

زمانی در حدود ۱۲ ساعت داده شد تا به طور کامل ته‌نشین شوند (شکل ۲).

در این پژوهش از روش ته‌نشینی ثقلی برای جداسازی گلیسرین استفاده شد. بدین منظور هر یک از نمونه‌ها در داخل دکانتور ریخته شد و به آن‌ها



شکل ۲: دو فاز شدن بیودیزل و گلیسرین در طی مدت زمان ته‌نشینی ۱۲ ساعته

شد. به منظور انجام آبشویی، پس از جداسازی گلیسرین، به بیودیزل مقداری آب افزوده و محلول به هم زده شد. سپس به محلول زمان داده شد تا با تولید صابون، سایر ناخالصی‌ها به همراه صابون از آن جدا شود. در نهایت بعد از دو فاز شدن، بیودیزل خالص شده استخراج شد (شکل ۳) (۱۶).

از طرفی به منظور خالص‌سازی بیودیزل از روش آبشویی استفاده شد. تعداد دفعات آبشویی با توجه به نوع و کیفیت بیودیزل تولیدی متفاوت است. برای نمونه در بیودیزل حاصل از روغن پسماند صنایع به دلیل کیفیت پایین‌تر، از دو مرحله آبشویی استفاده شد و برای سایر نمونه‌ها از یک مرحله آبشویی استفاده



شکل ۳: استفاده از روش آبشویی برای خالص‌سازی بیودیزل‌های تولیدی

تجاری بیشترین درصد رطوبت را دارا می‌باشد. از نظر ویسکوزیته و دانسیته نمونه خانگی و نمونه صنعتی به ترتیب واجد کمترین و بیشترین ویسکوزیته و دانسیته می‌باشد. همچنین عدد اسیدی برای نمونه خانگی از کمترین مقدار و برای نمونه

## نتایج

خصوصیات نمونه‌های آماده‌سازی شده روغن‌های پسماند خوراکی منابع مختلف شهر قم در جدول ۵ ارائه شده است. بر طبق این جدول، از لحاظ درصد رطوبت، نمونه صنعتی کمترین میزان رطوبت و نمونه

روغن‌های پسماند خوراکی با منشأ خانگی به دلیل آن که در منازل غالباً از روغن خام در فرآیند سرخ کردن تنها یک مرتبه و در مدت‌زمان پایین تری استفاده می‌شود، بهترین کیفیت را در بین سایر نمونه‌ها برای تبدیل به بیودیزل دارا می‌باشد.

صنعتی از بیشترین مقدار برخوردار می‌باشد. عدد اسیدی نمونه صنعتی بالاتر از ۲ به دست آمد که به همین دلیل یک مرحله استریفیکاسیون قبل از تولید بیودیزل بر روی آن انجام یافت. این نتایج نشان می‌دهد که در مجموع از لحاظ خواص اولیه،

جدول ۵: خصوصیات نمونه‌های آماده‌سازی شده روغن‌های پسماند خوراکی

نوع منبع		واحد	خصوصیات
خانگی	صنعتی		
۰/۳۶۷	۰/۵۸۵	% w	رطوبت
۳۷/۰۷۳	۶۱/۳۶۲	میلی متر مربع بر ثانیه	ویسکوزیته سینماتیک (۴۰°C)
۰/۹۰۳۲	۰/۹۱۰۶	گرم بر سانتی متر مکعب	دانسیته (۱۵°C)
۱/۰۵	۳/۵۵	میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن	عدد اسیدی

ترتیب مربوط به اولئیک و پالمیتیک اسید می‌باشد. از طرفی در روغن پسماند تجاری-خدماتی نیز بیشترین مقادیر اسیدهای چرب با ۴۴/۶۶٪ و ۳۱/۲۷٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و لینولئیک اسید می‌باشد (جدول ۶).

نتایج گازکروماتوگرافی نشان داد که در روغن پسماند خانگی، بیشترین مقادیر اسیدهای چرب با ۴۴/۳۸٪ و ۲۷/۶۷٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و لینولئیک اسید می‌باشد. در روغن پسماند صنعتی، بیشترین مقادیر اسیدهای چرب با ۴۹/۵۵٪ و ۲۰/۴۳٪ به

جدول ۶: نسبت اجزای سازنده نمونه روغن پسماند خوراکی (نتایج حاصل از گازکروماتوگرافی نمونه روغن پسماند خوراکی)

نوع اسید چرب	منابع خانگی (wt%)	صنایع (wt%)	واحدهای تجاری-خدماتی (wt%)
Myristic (C14:0)	۰/۴۷	۱/۴۸	۰/۴
Palmitic (C16:0)	۱۵/۹۳	۲۰/۴۳	۱۲/۳۳
Palmitoleic (C16:1)	۱/۲۵	۳/۰۱	۰/۹۵
Stearic (C18:0)	۵/۵۳	۹/۸۰	۱۰/۱۸
Oleic (C18:1)	۴۳/۳۸	۴۹/۵۵	۴۴/۶۶
Linoleic (C18:2)	۲۷/۶۷	۱۱/۵۴	۳۱/۲۷
Linolenic (C18:3)	۲/۵۷	۰/۹۵	۱/۷۸
Arachidic (C20:0)	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۲۸
Eicosenic (C20:1)	۰/۳۹	۱/۳۲	۰/۵۱
Behenic (C22:0)	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۲۲
Erucic (C22:1)	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۸

لحاظ ویسکوزیته، دانسیته، عدد اسیدی و نقطه اشتعال، بیودیزل خانگی مناسب‌ترین بیودیزل تولیدی می‌باشد. همچنین مشخصات فنی تمامی بیودیزل‌های تولیدی غیر از عدد اسیدی و نقطه اشتعال بیودیزل صنعتی در محدوده استاندارد قرار دارد.

مشخصات فنی بیودیزل‌های تولیدی از منابع مختلف شهر قم شامل درصد رطوبت، ویسکوزیته سینماتیک (۴۰°C)، دانسیته (۱۵°C)، عدد اسیدی و نقطه اشتعال در جدول ۷ ارائه شده است. از نظر درصد رطوبت، بیودیزل صنعتی مناسب‌ترین بیودیزل و از



جدول ۷: مشخصات فنی بیودیزل‌های تولیدی از روغن‌های پسماند خوراکی منابع مختلف شهر قم

خصوصیات	منابع خانگی	منابع صنعتی	منابع تجاری - خدماتی	کد استاندارد	حدود استاندارد (۱۸)	واحد
رطوبت	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۴۳	ASTM D 2709	حداکثر ۰/۰۵	درصد
ویسکوزیته سینماتیک (۴۰°C)	۴/۵۱	۵/۳۰	۴/۹۶	ASTM D 445	۱/۹-۶	میلی متر مربع بر ثانیه
دانسیته (۱۵°C)	۰/۸۶۳۰	۰/۸۷۴۱	۰/۸۶۳۱	EN ISO 3675	۰/۸۶-۰/۹	گرم بر سانتی متر مکعب
عدد اسیدی	۰/۰۸	۰/۵۲	۰/۲۲	ASTM D 664	حداکثر ۰/۵	میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن
نقطه اشتعال	۱۲۹	۱۷۰/۲	۱۲۹/۲	ASTM D 93	حداقل ۱۳۰	درجه سانتی گراد

## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که WCO حاصله از منابع خانگی و تجاری از نظر فنی از توان تبدیل به بیودیزل با ویژگی‌های استاندارد برخوردار است. اما WCO حاصل از منابع صنعتی به دلیل کیفیت بسیار نامناسب نیازمند فرآیندهای پیش تصفیه بیشتری هست. از طرفی مشخصات فنی تمامی بیودیزل‌های تولیدی غیر از عدد اسیدی و نقطه اشتعال بیودیزل صنعتی در محدوده استاندارد قرار دارد.

Canakci با انجام مطالعه‌ای در ارتباط با پتانسیل روغن‌های پسماند تولید شده در رستوران‌ها به عنوان یک ماده خام برای تولید بیودیزل، نتیجه گرفت که خصوصیات ماده خام اولیه برای تولید بیودیزل بسیار مهم بوده و بایستی شیوه‌هایی برای تصفیه روغن‌های ضایعاتی جهت کاهش سطح آلاینده‌ها قبل از انجام فرآیند اصلی تولید بیودیزل انجام شود تا کارایی فرایند افزایش یابد (۳). Freedman بازدهی متیل استر (بیودیزل) در روغن‌هایی که مورد پیش تصفیه قرار گرفتند و روغن‌هایی که هیچ تصفیه‌ای روی آن‌ها انجام نگرفته بود را مورد مقایسه قرار داد و گزارش کرد که بازدهی بیودیزل از ۶۷ تا ۸۶٪ در روغن‌های خام به ۹۳ تا ۹۸٪ در روغن‌هایی که فرآیند پیش تصفیه بر روی آن‌ها اعمال شده است، افزایش می‌یابد (۲۰). در مطالعه حاضر نیز برای دستیابی به بیودیزل با ویژگی‌های استاندارد، WCO صنعتی به روش استریفیکاسیون مورد پیش تصفیه

## قرار گرفت.

محتوی اسید چرب از شاخص‌های اصلی در مشخصات بیودیزل تولید شده می‌باشد (۱). اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید پالمیتیک اسیدهای چرب با زنجیره هیدروکربنی بلند می‌باشند که باعث می‌شوند چگالی روغن افزایش یابد (۱). نتایج گازکروماتوگرافی روغن پسماند خوراکی مشخص کرد که در نمونه منابع خانگی بیشترین میزان اسیدهای چرب با ۴۴/۳۸٪ و ۲۷/۶۷٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و لینولئیک اسید، در روغن پسماند منابع صنعتی بیشترین میزان اسیدهای چرب با ۴۹/۵۵٪ و ۲۰/۴۳٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و پالمیتیک اسید و در روغن پسماند تجاری - خدماتی بیشترین میزان اسیدهای چرب با ۴۴/۶۶٪ و ۳۱/۲۷٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و لینولئیک اسید می‌باشد. ایزدی و همکاران نسبت به تولید بیودیزل از سه نوع روغن پسماند خوراکی اقدام کرده و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان اسیدهای چرب با ۴۱/۷۵٪ و ۳۱/۲۴٪ به ترتیب مربوط به اولئیک و لینولئیک اسید می‌باشد (۲۱).

گرانروی یا ویسکوزیته روغن خام اولیه اهمیت فراوانی در گرانروی بیودیزل تولیدی نهایی دارد. گرانروی بیودیزل نهایی نیز خود تأثیر زیادی بر عملکرد سوخت در موتور به خصوص در هوای سرد دارا می‌باشد. هرچه ویسکوزیته روغن خام اولیه کم‌تر باشد، ویسکوزیته سوخت نهایی نیز کم‌تر خواهد بود

و سوخت با کیفیت‌تری حاصل خواهد شد (۲۲). در مطالعه حاضر ویسکوزیته بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خانگی، صنعتی و تجاری به ترتیب برابر با ۵۱/۵، ۳۰/۵ و ۹۶/۴ میلی متر مربع بر ثانیه می‌باشد. حدود استاندارد برای ویسکوزیته بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خوراکی برابر با ۶-۱/۹ میلی متر مربع بر ثانیه می‌باشد (۱۵). در این رابطه باقرپور و همکاران در مطالعه خود ویسکوزیته برابر با  $2/4 \text{ mm}^2/\text{s}$  Demirbas و همکاران ویسکوزیته برابر با  $3/5 \text{ mm}^2/\text{s}$  Meng و همکاران ویسکوزیته برابر با  $2/23 \text{ mm}^2/\text{s}$  Chhetri و همکاران ویسکوزیته برابر با  $3/5 \text{ mm}^2/\text{s}$  Phan و همکاران ویسکوزیته برابر با  $2/89 \text{ mm}^2/\text{s}$  را گزارش کردند (۱۲-۱۸، ۱۰).

دانسیته و تراکم‌پذیری اثر مهمی بر روی سیستم تزریق سوخت موتور دارد. مقدار سوخت تزریق شده، زمان‌بندی تزریق و روند تزریق آن به طور مستقیم تحت تأثیر این پارامتر می‌باشد. دانسیته همچنین بر نشر گازهای آگروز اثر می‌گذارد. به طور معمول دانسیته بالا باعث افزایش نشر ذرات و اکسیدهای نیتروژن خواهند شد (۲۳). در مطالعه حاضر دانسیته بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خانگی، صنعتی و تجاری به ترتیب برابر با ۸۶۳۰/۰، ۸۷۴۱/۰ و ۸۶۳۱/۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. حدود استاندارد برای دانسیته بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خوراکی برابر با ۹/۰-۸۶/۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد (۱۵). در این رابطه Demirbas و همکاران در مطالعه خود دانسیته برابر با  $89 \text{ kg/l}$  Chhetri و همکاران دانسیته برابر با  $87 \text{ kg/l}$  Phan و همکاران دانسیته برابر با  $88 \text{ kg/l}$  را گزارش کردند که با نتایج پژوهش

حاضر مطابقت دارد (۱۲، ۱۰، ۱۱).

رطوبت بیشتر از ۵/۰ درصد وزنی روغن در فرآیند تولید بیودیزل اختلال ایجاد کرده و باعث تولید صابون می‌شود. ایجاد صابون خود نشان دهنده کارایی پایین تبدیل می‌باشد (۲۴). در مطالعه حاضر رطوبت بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خانگی، صنعتی و تجاری به ترتیب برابر با ۲۷/۰، ۰۰۱/۰ و ۴۳/۰ درصد وزنی روغن می‌باشد. حدود استاندارد برای رطوبت بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خوراکی برابر حداکثر ۵/۰ درصد وزنی روغن می‌باشد (۱۵). میزان رطوبت بیودیزل گزارش شده در مطالعه Uddin و همکاران برابر با ۱۲/۰ درصد وزنی روغن می‌باشد که با این مطالعه همخوانی دارد (۱۳).

وجود اسیدهای چرب آزاد در سوخت باعث ایجاد خوردگی و همچنین کاهش مقاومت در برابر اکسیداسیون می‌شود (۲۵). در مطالعه حاضر عدد اسیدی بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خانگی، صنعتی و تجاری به ترتیب برابر با ۰/۰۸، ۰/۵۲ و ۲۲/۰ میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن می‌باشد. حدود استاندارد برای عدد اسیدی بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خوراکی برابر حداکثر ۵/۰ میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن می‌باشد (۱۵). در این رابطه Demirbas و همکاران pH برابر با ۱/۰ میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن (۱۰) و Phan و همکاران عدد اسیدی برابر با ۴۳/۰ میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن (۱۲) را گزارش کردند که با نتایج حاصل در این پژوهش مطابقت دارد.

نقطه اشتعال کمترین دمایی است که در آن به اندازه کافی سوخت به بخار تبدیل شده و با هوا مخلوطی قابل اشتعال می‌سازد که بر اثر عبور شعله از بالای

صنعتی به دلیل کیفیت بسیار نامناسب نیازمند فرآیندهای پیش‌تصفیه بیشتری است. همچنین مشخصات فنی تمامی بیودیزل‌های تولیدی به جز عدد اسیدی و نقطه اشتعال بیودیزل صنعتی، در محدوده استاندارد قرار داشت.

در این رابطه و با توجه به نتایج حاصل، مطالعات بیشتری لازم است تا بیودیزل تولیدی از روغن‌های پسماند خوراکی به مصرف ناوگان حمل‌ونقل عمومی که از سوخت دیزل با منشأ فسیلی استفاده می‌کند، برسد و از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از وسایل حمل‌ونقل عمومی در کوتاه و طولانی مدت در صورت جایگزینی بیودیزل با سوخت‌های فسیلی، اثرات بهداشتی و محیط زیستی ناشی از جایگزینی بیودیزل با سوخت فسیلی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی، توان‌سنجی اقتصادی جمع‌آوری و تبدیل روغن‌های پسماند خوراکی منابع تجاری-خدماتی و صنعتی و استفاده از روش‌هایی به منظور پیش‌تصفیه بیشتر روغن‌های پسماند خوراکی منابع صنعتی به دلیل کیفیت پایین، اشاره کرد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دانشجویی است که با حمایت‌های مالی و معنوی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم و دانشگاه تربیت مدرس انجام یافته است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقایان دکتر برات قبادیان، دکتر ابوالفضل محمد بیگی و مهندس احمد عباس زاده تشکر و قدردانی کنند.

### References

1. Chhetri AB, Watts KC, Islam MR. Waste cooking oil as an alternate feedstock for biodiesel production. *Energies*. 2008;1(1):3-18.
2. Kulkarni MG, Dalai AK. Waste cooking oil an economical source for biodiesel: A review. *Ind.*

آن در یک لحظه آتش گرفته و سپس خاموش می‌شود. تماس با نقطه اشتعال از نظر ایمنی در مدت ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل دارای اهمیت فراوانی است. این دما وابسته به فراریت سوخت است که از ویژگی‌های مهم سوخت برای شروع به کار و گرمایش موتور می‌باشد. همچنین یک سوخت با نقطه اشتعال بالا باعث ایجاد کربن باقیمانده در محفظه احتراق می‌شود. از این رو نقطه اشتعال سوخت موتوری نباید بیش از حد بالا باشد (۲۶، ۲۷). در مطالعه حاضر نقطه اشتعال بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خانگی، صنعتی و تجاری به ترتیب برابر با  $129^{\circ}\text{C}$ ،  $170/2$  و  $129/2$  می‌باشد. حدود استاندارد برای نقطه اشتعال بیودیزل تولیدی از روغن پسماند خوراکی حداقل برابر با  $130^{\circ}\text{C}$  می‌باشد (۱۵). نقطه اشتعال در مطالعه باقرپور و همکاران برابر با  $184^{\circ}\text{C}$  (۸)، Demirbas و همکاران برابر با  $196^{\circ}\text{C}$  (۱۰)، Meng و همکاران برابر با  $171^{\circ}\text{C}$  (۱۱)، Chhetri و همکاران برابر با  $164^{\circ}\text{C}$  (۱) و Uddin و همکاران برابر با  $150^{\circ}\text{C}$  (۱۳) گزارش شد که بیشتر از  $130^{\circ}\text{C}$  می‌باشد و با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

### نتیجه‌گیری

روغن‌های پسماند خوراکی با منشأ خانگی از لحاظ خواص اولیه، از بهترین کیفیت در مقایسه با سایر نمونه‌ها برای تبدیل به بیودیزل برخوردار هستند. WCO حاصل از منابع خانگی و تجاری شهر قم از نظر فنی، توان تبدیل به بیودیزل با ویژگی‌های استاندارد را دارا می‌باشند؛ اما WCO حاصل از منابع

*Eng. Chem. Res.* 2006; 45 (9): 2901-13.

3. Canakci M. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks. *Bioresour Technol.* 2007 Jan;98(1):183-90.

4. Zhang Y, Dubé MA, McLean DD, Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1.

- Process design and technological assessment. *Bioresour Technol.* 2003 Aug;89(1):1-16.
5. Zhang Y, Dube MA, McLean DD, Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. *Bioresour Technol.* 2003;90(3):229-40.
  6. Talebian-Kiakalaieh A, Amin N, Mazaheri H. A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Energy.* 2013;104:683-710 .
  7. Thamsiriroj T, Murphy JD. How much of the target for biofuels can be met by biodiesel generated from residues in Ireland? *Fuel.* 2010;89(11):3579-89.
  8. Bagherpoor H, Ghobadian B, Tavakoli hashjin T, Mohammadi A, Feizolanejad M, Zenoozi A. Optimizing effective parameters in biodiesel fuel production using trans-esterification method. *Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences).* 2010;41(1):37-43. Persian
  9. Hossain A, Boyce A. Biodiesel production from waste sunflower cooking oil as an environmental recycling process and renewable energy. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2009;15(4):312-17.
  10. Demirbas A. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. *Energy Conversion and Management.* 2009;50(4):923-27 .
  11. Meng X, Chena G, Wang Y. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. *Fuel Processing Technology.* 2008;89:851-7 .
  12. Phan AN, Phan TM. Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel.* 2008;87(17-18):3490-6 .
  13. Uddin MR, Ferdous K, Uddin MR, Khan MR, Islam MA. Synthesis of biodiesel from waste cooking oil. *Chemical Engineering and Science,* 2013;1(2):22-6.
  14. Iranian National Standardization Organization. No 493. *Edible fats and oils-Samplig.* Iran: INSO; 2004.
  15. Khatamifar M. Designing, Construction, Testing and Evaluation of biodiesel processing plant [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2006. Persian
  16. Abbaszadeh Maivan A. Designing, Construction and evaluation of biodiesel purification system [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2011. Persian
  17. Iranian National Standardization Organization. No 14766. *Naturally flavored edible oil by infusion Specifications and Test Methods.* Iran: INSO; 2012.
  18. Korus RA, Hoffman DS, Barn N, Drown D. Transesterification process to manufacture Ethyl Ester of Rape Oil. First Biomass Conference of the Americas: Energy, Environment, Agriculture, and industry; 1993 Aug -Sep 30-2; Golden, Colo, USA: National Renewable Energy Laboratory (NREL); 1993. p. 815-26.
  19. Olutoye MA, Hameed BH. Production of biodiesel fuel by transesterification of different vegetable oils with methanol using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> modified MgZnO catalyst. *Bioresour Technol.* 2013; 132:103-8.
  20. Freedman B, Pryde EH, Mounts TL. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. *Journal of the Am Oil Chem Soc.* 1984;61(10):1638-43.
  21. Izadi A. Evaluation of biodiesel production using three types of oils and alcohols of methanol and ethanol. [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2012. Persian
  22. Saka S, and Kusdiana D. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. *Fuel.* 2001; 80(2):225-31.
  23. Kalogirou SA. Solar thermal Collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science.* 2004;30(2):231-95.
  24. Fukuda H, Kondo A, Noda H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *J Biosci Bioeng.* 2001;92(5):405-16.
  25. Sheehan J, Camobreco V, Duffield J, Graboski M, Shapouri H. An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles. Washington: Department of Agriculture and Energy; 1998; 1-35.
  26. Ma F, Hanna MA. Biodiesel production: a review. *Bioresour Technol.* 1999;70(1):1-15.
  27. Fukuda H, Kondo A, Noda H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *J Biosci Bioeng.* 2001;92(5):405-16.

## Technical Feasibility of Recycling Waste Cooking Oils (WCO) Produced in Qom to Biodiesel

Mahboubeh Jadidiyan<sup>1</sup>, Mohammad Fahiminia<sup>2</sup>, Hossein Jafari Mansoorian<sup>3,4</sup>, Gharib Majidi<sup>5</sup>,  
Mohammad Saberi Bidgoli<sup>6</sup>

### Abstract

**Background:** The aim of this research was to study the technical feasibility of recycling waste cooking oils (WCO) produced in Qom to biodiesel.

**Methods:** This cross-sectional study was performed in Qom in the first half of 2013. In this study, 147 domestic, commercial, and industrial sources producing WCO were identified, selected, and asked to collect and deliver the WCO produced by them within a week. The samples obtained from the sources were mixed separately at a ratio of one to one, and finally, a WCO sample was obtained from each source. Then, some characteristics of samples such as chemical profiles were analyzed and the esterification and transesterification process were used to convert WCO into biodiesel. Finally, some of the technical characteristics of produced biodiesel such as flash point, viscosity, density, moisture, and acidic number were determined and compared with the standard.

**Results:** In terms of basic properties, domestic WCO had the best quality for conversion to biodiesel. Also, in terms of viscosity, density, acidic number and flash point, biodiesel produced from domestic WCO had more favorable conditions. In terms of the percentage of humidity, biodiesel produced from industrial WCO was the best one.

**Conclusion:** WCO produced from domestic and commercial sources has the potential to be converted into biodiesel with standard features but WCO produced from industrial sources due to their very poor quality needs more pre-treatment processes.

**Keywords:** Recycling, Waste Cooking Oils, Esterification, Biodiesel

1- MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- MSc, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

3- MSc, Center for Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

4- Young Researchers and Elite Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

5- MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

6- MSc, Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

**Corresponding Author:** Mohammad Saberi Bidgoli

**Email:** msbidgoli@yahoo.com

**Address:** Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Roholah Khomeini Street, Basij square, Qom

**Tel:** 025-37727225

**Fax:** 025-37839932