



## بررسی و بهینه‌سازی پارامترهای موثر بر تولید بیودیزل از ضایعات مرغ به روش ریز موج

زینب کفاشی<sup>۱</sup>، کبری حیدریگی<sup>۲\*</sup>، سید محمد صفی‌الدین اردبیلی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام (z.kafashi@yahoo.com)

۲. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام (k.heidarbeigi@ilam.ac.ir)

۳. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز (m\_safieddin@yahoo.com)

### چکیده

بیودیزل به عنوان یکی از سوخت‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی، به دلیل غیرسمی بودن، زیست‌تخریب‌پذیری، کاهش گازهای گلخانه‌ای و همچنین مقدار سولفور ناچیز، نقطه اشتعال بالاتر و احتراق بهتر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. در تحقیق حاضر از روش ترانس استریفیکاسیون با کاتالیزور بازی برای تولید بیودیزل از روغن ضایعات مرغ استفاده شد. به منظور تعیین میزان کاتالیزور لازم به منظور خنثی سازی اسیدهای چرب آزاد (FFA) موجود در روغن پسماند، از روش تیتراسیون استفاده شد. تاثیر متغیرهای مستقل زمان و نسبت مولی الکل به روغن بر میزان بازده تولید بیودیزل مورد بررسی قرار گرفت. میزان تبدیل متیل استر با استفاده از سامانه کروماتوگرافی گازی محاسبه شد. تحلیل داده‌ها از روش سطح پاسخ (RSM) توسط نرم‌افزار Design Expert به منظور بهینه‌سازی پارامترهای شیمیایی که بیشترین بازده تولید متیل استر را شامل می‌شود، انجام شد. نتیجه تجزیه واریانس متغیرهای مستقل نشان داد، اثر عامل‌های مدت زمان، نسبت مولی الکل به روغن و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند و بیشترین درصد تولید بیودیزل در نسبت مولی الکل به روغن ۴:۱ و مدت زمان ۱۲۰ ثانیه به دست آمد.

کلمات کلیدی: بیودیزل، ریزموج، ترانس استریفیکاسیون، روش سطح پاسخ.

\* نویسنده مسئول: k.heidarbeigi@ilam.ac.ir



## بررسی و بهینه‌سازی پارامترهای موثر بر تولید بیودیزل از ضایعات مرغ به روش ریز موج

### مقدمه

بیودیزل، مونوآلکیل استر یا زنجیره اسید چرب بلند است که برای استفاده در موتورهای احتراقی درون‌سوز، مناسب هست [۱۶]. بیودیزل بدون هیچ‌گونه اصلاحی در موتورهای دیزل معمولی و با عملکرد خوب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، به تازگی مزایای زیست محیطی از این سوخت در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مانند دیزل آن را جذاب‌تر ساخته است. به طور کلی مواد اولیه بیودیزل به چهار گروه عمده (روغن‌های گیاهی تصفیه شده خوراکی و غیرخوراکی، روغن‌های گیاهی ضایعاتی و چربی‌های حیوانی) دسته‌بندی کرد [۱۷].

سه روش مهم تولید بیودیزل از روغن‌های گیاهی و ضایعاتی شامل روش‌های پیرولیز، میکروامولسیون و ترانس استریفیکاسیون است [۸]. ترانس استریفیکاسیون (الکولیز<sup>۱</sup>) واکنش برگشت پذیر یک چربی با یک الکل برای تشکیل استرها و گلیسرول است. اغلب از یک کاتالیست برای بهبود سرعت و بازده واکنش استفاده می‌شود [۱۶]. الکل‌های آلیفاتیک اولیه و ثانویه دارای یک تا هشت کربن به کار می‌روند. از میان این الکل‌ها می‌توان به متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول اشاره کرد. متانول و اتانول، به ویژه متانول به دلیل قیمت ارزان و مزایای شیمیایی و فیزیکی (قطبی بودن و طول زنجیره کوتاه) بیشترین کاربرد را داشته‌اند [۶]. نسبت استوکیومتری الکل به روغن مورد نیاز برای ترانس استریفیکاسیون ۱:۳ هست، هر چند که نسبت مولی روغن گیاهی به الکل بستگی به نوع کاتالیزور مورد استفاده برای واکنش دارد [۷]. روش‌های فوق بحرانی، گرمادهی معمولی، فراصوت و تابش ریزموج برای انجام فرآیند ترانس استریفیکاسیون وجود دارد [۱۷]. تابش ریزموج یک روش مناسب برای شتاب دادن و بهبود بخشیدن به واکنش‌های شیمیایی است زیرا انرژی را به طور مستقیم به مواد واکنش دهنده می‌فرستد. در مقایسه با گرمادهی معمولی، ریزموج سرعت واکنش را بالا می‌برد و فرآیند جداسازی را آسان‌تر می‌کند از این رو تابش ریزموج یکی از روش‌های کاهش زمان واکنش و دستیابی به بازده بالاتر در تولید بیودیزل هست. [۷]. استفاده از روش ریزموج در تولید بیودیزل در نمونه‌های مختلف روغن از جمله روغن نارگیل، پوسته برنج و نخل [۱۴]، روغن سویا و روغن شلغم [۱۲ و ۵]، روغن جاتروفا [۱۹]، روغن کلزا [۴]، روغن کرچک [۳]، روغن پخت و پز [۸ و ۱] و بیوماس<sup>۲</sup> جلبک خشک [۱۸] مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق‌ها حاکی از آن است که روش ریزموج مدت زمان واکنش تولید بیودیزل از روغن را کاهش می‌دهد.

مازوجیا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۴) ترانس استریفیکاسیون تری گلیسرید را به متیل استرهای اسید چرب در حضور کاتالیزور ناهمگن با کمک روش ریزموج بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که روش ریزموج، زمان واکنش را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد [۱۵]. لیدبیتتر و استنسل<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) روشی سریع و آسان برای تولید بیودیزل از تری اولئین به کمک ریزموج گزارش کردند. بیشترین میزان تبدیل با استفاده از هیدروکسید سدیم یا هیدروکسید پتاسیم ۵٪، نسبت متانول به روغن ۶:۱ و دمای ۳۲۳ کلوین به مدت ۱ دقیقه و تحت توان ریزموج ۲۵ وات، ۹۸٪ بود [۱۳].

زو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹) بهینه‌سازی پارامترهای موثر در تولید بیودیزل به کمک ریزموج را مورد مطالعه قرار دادند. بیشترین میزان تبدیل که به آن دست یافتند ۹۶٪ بود. همچنین شرایط بهینه‌ای که آن‌ها با این روش بدست آوردند، توان ریزموج ۵۰۰ وات در دمای ۶۰°C در مدت زمان ۶ دقیقه با درصد وزنی کاتالیست ۱٪ و نسبت متانول به روغن ۶:۱ بود [۲۰].

1. Alcoholysis
2. Biomass
3. Mazzocchia
4. Leadbeater and Stencl
5. Zu

هان و همکاران (۲۰۰۹) تولید اتیلیک استر (FAEE) از اسید اولئیک (FFA) به علاوه یک رشته الکل متانول تحت تاثیر امواج فراصوت مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از کاتالیست اسید سولفوریک استفاده شد [۱۱].  
در این تحقیق پیاده‌سازی سامانه تولید بیودیزل از ضایعات مرغ با استفاده از روش ریزموج و با استفاده از طرح Box-Behnken مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای موثر در تولید بیودیزل و بازده ترانس استریفیکاسیون شامل زمان تابش ریزموج و نسبت مولی الکل به روغن مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین به منظور بهینه‌سازی متغیرها از روش سطح پاسخ استفاده گردید.

## مواد و روش‌ها

### مواد اولیه

روغن ضایعات مرغ به عنوان ماده خام اولیه از طریق حرارت‌دهی و سرخ کردن مواد خام با وزن مولکولی  $828/1 \text{ gmol}^{-1}$  و گرانشی سینماتیکی  $48/8 \text{ mPa.s}$  به دست آمد. الکل متانول (خلوص ۹۹/۹٪) و هیدروکسید پتاسیم (KOH) با خلوص ۹۹٪ به عنوان کاتالیزور یا تسریع کننده واکنش با مارک تجاری مرک<sup>۶</sup> مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از یک سامانه ریزموج خانگی ساخت شرکت Samsung به عنوان منبع تولید کننده امواج ریزموج استفاده شد. از دو دکانتور برای جداسازی بیودیزل از گلیسرین، یک بالن و دو پایه فلزی برای نگه داشتن دکانتور استفاده شد. برای تعیین محتوای متیل استر اسیدهای چرب موجود در بیودیزل تولیدی و نیز درصد تبدیل روغن به بیودیزل از استاندارد BS EN 14103 در سامانه کروماتوگرافی گازی PerkinElmer – clarus 580(GC) مجهز به دکتور FID و ستون بیودیزل، ساخت کشور ایالت متحده آمریکا استفاده شد.

### روش انجام آزمایش

به منظور استخراج روغن، ضایعات بر روی حرارت ملایم قرار داده شد و سپس با حرارت‌دهی و گذراندن روغن از صافی ناخالصی-های و آب موجود در روغن، جدا گردید [۱۰]. استخراج و مشتق سازی اسیدهای چرب مطابق روش Metcalf و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد و پس از انجام واکنش‌های شیمیایی، محلول به دست آمده به سامانه کروماتوگرافی گازی به منظور محاسبه جرم مولی روغن تزریق شد [۲]. به منظور تعیین میزان کاتالیزور لازم به منظور ختنی سازی اسیدهای چرب آزاد (FFA) موجود در روغن پسماند (هنگامی که میزان اسیدهای چرب آزاد بیش از ۱٪ باشد)، از روش تیتراسیون استفاده [۹]. در تیتراسیون روغن پسماند استفاده شده در فرآیند تولید مقدار اسید چرب آزاد موجود در روغن ۷ درصد محاسبه گردید. بنابراین قبل از انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون، واکنش استریفیکاسیون انجام گرفت. در واکنش استریفیکاسیون (اسیدهای چرب آزاد در حضور کاتالیزور اسیدی) اسیدسولفوریک با متانول واکنش داده و به متیل استر و آب تبدیل شده که الکل و آب تولید شده طی فرآیند باید از مخلوط واکنش خارج شود [۲]. پس از آن روغن برای مرحله انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون و تولید بیودیزل به کمک سامانه ریزموج، آماده گردید. نسبت‌های مولی الکل (متانول) به روغن ۴:۱، ۶:۱، و ۸:۱ و غلظت کاتالیزور (w/w) ۱٪ به ازای ۱۰۰ گرم روغن، به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه تابش ریزموج در واکنش ترانس استریفیکاسیون استفاده شد. به منظور افزایش انحلال و واکنش‌پذیری کاتالیزور، حجم محلول متوکسید (مخلوط هیدروکسید پتاسیم و متانول) محاسبه و با استفاده از همزن مغناطیسی تهیه گردید. بعد از انجام نمونه‌گیری و خارج کردن نمونه از سامانه ریزموج، ادامه واکنش با سرد کردن نمونه‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در داخل حمام آب یخ متوقف گردید. سپس جهت جدا کردن گلیسرین از بیودیزل، نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه با دور ۲۰۰۰ rpm در داخل سانتریفیوژ به سامانه سانتریفیوژ منتقل شد. تعیین محتوای متیل استر اسیدهای چرب موجود در بیودیزل تولیدی و نیز درصد تبدیل روغن به بیودیزل توسط کروماتوگرافی گازی استفاده شد. بعد از



تزریق نمونه‌ها به سامانه، کروماتوگرام پیک‌های متناظر با غلظت ترکیبات موجود در نمونه شامل متیل استر به دست آمد و محاسبات انجام شد.

### تحلیل داده‌ها

در تحقیق حاضر برای تحلیل داده‌های به دست آمده از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. روش سطح پاسخ مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی و آماری جهت توسعه، پیشبرد و بهینه‌سازی فرایندهایی است که در آن‌ها سطح مورد نظر تحت تاثیر متغیرهای بسیاری قرار دارد. در روش سطح پاسخ از دو روش طرح مربع مرکزی (CCD) و روش Box-Behnken استفاده می‌شود که با توجه به دقت مورد نیاز و دسترسی به سطوح مورد نیاز متغیرهای مستقل در هنگام آزمایش، روش مناسب انتخاب می‌گردد. در این تحقیق از روش Box-Behnken با کمک نرم‌افزار Design Expert به منظور بهینه‌سازی پارامترهای موثر (متغیرهای مستقل) بر بازده تولید متیل استر (متغیر وابسته)، استفاده شد (جدول ۱). تعداد آزمایش‌های مربوط به بهینه‌سازی با استفاده از روش سطح پاسخ و برای ۳ متغیر در سه سطح، برابر ۱۷ آزمایش به همراه ۵ تکرار است.

جدول ۱. متغیرهای موثر در انجام آزمایش با استفاده از سامانه ریزموج.

عنوان	متغیرهای مستقل		
	کمترین مقدار (-۱)	مقدار متوسط (۰)	بیشترین مقدار (+۱)
مدت زمان (s)	۶۰	۱۲۰	۱۸۰
نسبت مولی	۴	۶	۸

### نتایج و بحث

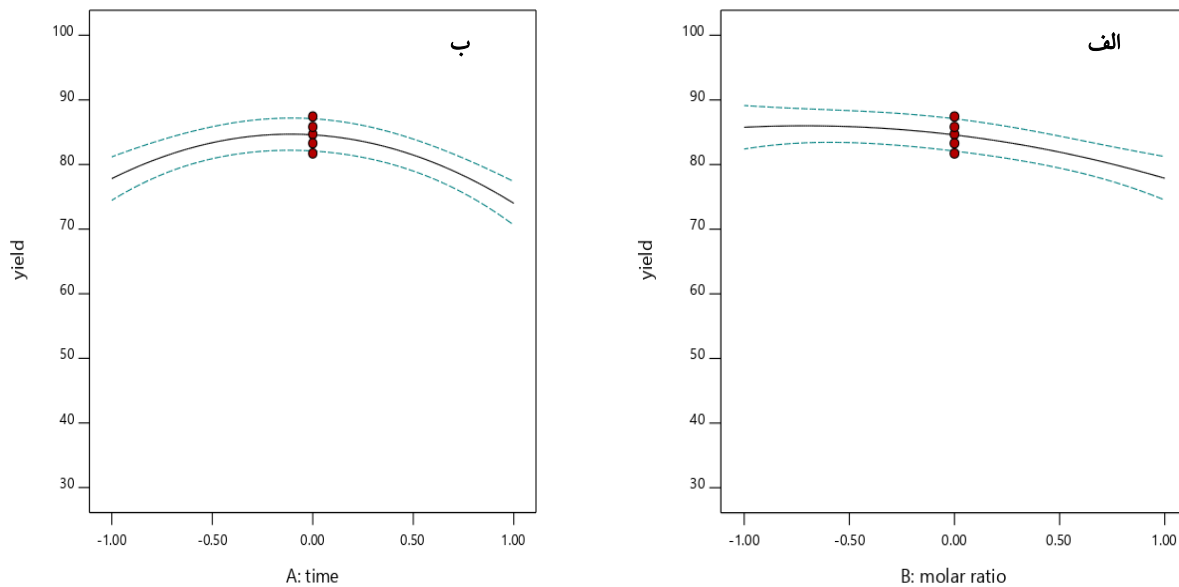
نتایج تجزیه واریانس متغیرهای مستقل بر میزان تبدیل بیودیزل در جدول (۲) آمده است. در این تحقیق اثر عوامل زمان (A) و نسبت مولی (B) بر روی درصد تبدیل اسید چرب به متیل استر بررسی شد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل زمان و نسبت مولی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. معنی‌داری اثرات متغیرهای ذکر شده بیانگر اهمیت و تأثیرگذاری متغیرهای مستقل انتخاب شده در این تحقیق هست.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر متغیرهای مستقل بر بازده تولید بیودیزل.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
A	۱	۲۹/۱۵	۲۹/۱۵	۵/۲۲	۰/۰۵۶۲
B	۱	۱۲۴/۴۳	۱۲۴/۴۳	۲۲/۳۰	۰/۰۰۲۲
A×B	۱	۱۹/۴۹	۱۹/۴۹	۳/۴۹	۰/۱۰۳۸
A <sup>2</sup>	۱	۳۱۷/۶۲	۳۱۷/۶۲	۵۶/۹۲	۰/۰۰۰۱
B <sup>2</sup>	۱	۳۲/۲۰	۳۲/۲۰	۵/۷۷	۰/۰۴۷۳
عدم تطابق	۳	۱۹/۴۹	۶/۵۰	۱/۳۳	۰/۳۸۲۷
خطای خالص	۴	۱۹/۵۷	۴/۸۴		
مجموع	۱۲	۵۶۱/۹۵			



با افزایش زمان واکنش، بازده تولید سوخت بیودیزل افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد تولید در مدت زمان حدود ۱۲۰ ثانیه پس از شروع واکنش به دست آمده است. با گذشتن زمان و گذشتن دما از ۶۰°C درجه سلسیوس، نمودار شیب منفی پیدا کرده و به دلیل تبخیر متانول و خروج از واکنش از میزان بازده کاسته می‌شود (شکل ۱). واکنش ترانس استریفیکاسیون یک واکنش تعادلی است و با افزایش نسبت مولی الکل به روغن به میزانی بیشتر از استوکیومتری واکنش، بازده تولید سوخت بیودیزل افزایش می‌یابد. مشاهده گردید پس از نسبت مولی ۴:۱ تاثیر مولی الکل به روغن دارای تاثیر کلی کاهش یافته بر بازده واکنش می‌باشد. به این دلیل که با افزایش نسبت مولی، الکل اضافی باعث انحلال هر چه بیشتر آن در گلیسرین تولیدی شده و در نتیجه منجر به برگشت پذیری واکنش می‌شود.



شکل ۱. الف) اثر نسبت مولی و ب) اثر زمان بر بازده تولید بیودیزل.

به منظور مدل کردن واکنش تولید بیودیزل از تابع چند جمله‌ای درجه دو استفاده شد (رابطه ۱).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (1)$$

که در آن Y پاسخ (متغیر وابسته)،  $\beta_0$  ضریب ثابت،  $\beta_i$ ،  $\beta_{ii}$  و  $\beta_{ij}$  به ترتیب ضرایب خطی، مربعی و اثر متقابل عامل‌ها،  $X_i$  و  $X_j$  متغیرهای مستقل و  $\varepsilon$  خطای پیش‌بینی نشده می‌باشد. این مدل برای تولید بیودیزل در تحقیق حاضر به صورت رابطه (۲) هست.

$$Y = 84.59 - 1.91A - 3.94B + 2.21AB - 8.69 A^2 - 2.77 B^2 \quad (2)$$

که در آن A بیانگر مدت زمان و B بیانگر نسبت مولی هست.

مقدار بهینه پیش‌بینی شده برای بازده تولید بیودیزل توسط نرم‌افزار Design Expert برابر ۸۹/۷٪، نسبت مولی الکل به روغن ۱

۴/۲۶ و مدت زمان ۱۱۸ ثانیه می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

بررسی‌های این تحقیق نشان داد که در تهیه بیودیزل از ضایعات مرغ با افزایش نسبت مولی الکل به روغن تا نقطه‌ای ما بین نسبت ۴ و ۶ تبدیل متیل استر افزایش می‌یابد و بعد از نسبت معینی، درصد تبدیل کاهش می‌یابد. افزایش زمان واکنش تا ۱۲۰ ثانیه باعث افزایش



درصد تبدیل و بعد از این زمان روندی کاهشی مشاهده می‌شود. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل رگرسیونی درجه دوم برای بازده واکنش بیودیزل در پیش بینی روند تولید بیودیزل با متغیرهای مستقل انتخابی معنی دار هست و مدل توانسته است ۹۷ درصد تغییرات متغیرها را توجیه نماید.

## منابع

۱. زارع، م. قبادیان، ب. (۱۳۹۱). بررسی فرایند تولید پیوسته سوخت بیودیزل به کمک تابش ریزموج. دانشگاه تربیت مدرس.
۲. کرد، م. قبادیان، ب. صدرعاملی، م. (۱۳۹۲). بهینه‌سازی و سیتیک فرایند تولید بیودیزل حاصل از روغن کرچک به کمک روش ریزموج. دانشگاه تربیت مدرس.
۳. صفی‌الدین، م. توکلی هشتچین، ت. قبادیان، ب. نجفی، غ. (۱۳۹۲). تولید بیودیزل از روغن کرچک به روش ترکیبی ریزموج\_ فراصوت. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.
۴. عمرایی، م. (۱۳۹۰). تولید بیودیزل از روغن کلزا با استفاده از کاتالیست هتروژن. (کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس
5. Abbaszaadeh, A., Ghobadian, B., OMidkhah, M. R., & Najafi, G. 2012. Current biodiesel production technologies: A comparative review. *Energy Conversion and Management*, 63: 138-148.
6. Fangrui, M. 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, 70: 1-15.
7. Freedman, B.R., Pryde, E.H. 1986. Transesterification kinetics of soybean oil. *J Am Oil Chem Soc*, 63: 1375-80.
8. Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, H. 2001. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Bioscience and bio engineering*, 92: 405-416.
9. Gerpen, J.V. 2004. Biodiesel Production Technology, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Boulevard, Golden.
10. Ghobadian, B. and Rahimi, H. 2004. Biofuels: Past, Present and Future Perspective. The 4<sup>th</sup> International Iran and Russia Conference, Sep. 8-10.
11. Hanh, H. D., Dong, N. T., Okitsu, K., Nishimura, R., & Maeda, Y. 2009. Biodiesel production by esterification of oleic acid with short-chain alcohols under ultrasonic irradiation condition. *Renewable Energy*, 34(3): 780-783.
12. Hernando, J.L.P., Matia, M.P., Novella, J.L., Alvarez-Builla, J. 2007. Biodiesel and FAME synthesis assisted by microwaves: homogeneous batch and flow processes. *Fuel*, 86: 1641-4.
13. Leadbeater, N. 2006. Easy preparation of biodiesel using microwave heating. *Energy Fuels*, 20: 2281-3.
14. Lertsathapornsuk, V. R.P., Pairintra, R., Krisnangkura, K. 2005. Continuous transesterification of vegetable oils by microwave irradiation. *Proceedings of the 1st conference on energy network, Thailand p. RE11-RE14.*
15. Mazzocchia, C., Kaddouri, A., Nannicini, R. 2004. Fatty acid methyl esters synthesis from triglycerides over heterogeneous catalysts in the presence of microwaves. *Comptes Rendus Chimie*, 7: 601-5.
16. Meher, L.C., Naik, D.V.S. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10: 248-268.
17. Motasemi, F.N.A., 2012. A review on microwave-assisted production of biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 4719-4733.



18. Patil, P.D., Mannarswamy, A., Cooke, P., Munson-McGee, S., Nirmala- khandan, N. 2011. Optimization of microwave-assisted transesterification of dry algal biomass using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 102: 1399-1405.
19. Yaakob, Z., Kamarudin, S.K., Abdullah, S.R.S., Mohamed, F. 2008. Production of biodiesel from *Jatropha Curcas* by microwave irradiation. *International conference on Renewable Energy Sources*.
20. Zu, Y., Fu, Y., Liu, W., Liu, Z., Luo, M., Thomas, E. 2009. Rapid microwave- assisted transesterification for the preparation of fatty acid methyl esters from the oil of yellow horn (*Xanthoceras Sorbifolia Bunge.*). *European Food Research and Technology*, 229: 43-49.



## Investigation and optimization of the affecting parameters on biodiesel production from wasted chicken oil by microwave method

Zeinab Kaffashi<sup>1</sup>, Kobra Heidarbeigi<sup>2\*</sup>, Seyed Mohammad Safieddin Ardebili<sup>3</sup>

1. M.Sc. student, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Ilam University.
2. Assistant Professor, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Ilam University.
3. Assistant Professor, Biosystem Engineering Dept. Shahid Chamran University of Ahvaz.

### Abstract

Biodiesel as an alternative of fossil fuels has attracted much attention because of its non-toxicity, biodegradability, decreasing greenhouse gas emissions and also low sulfur content, higher flash point and better combustion. In the present study, transesterification method with alkaline catalyzer was used to produce biodiesel from wasted chicken fat. The titration method was used to determine the amount of the required catalyzer to neutralize the free fatty acids (FFA) in the wasted oil. The effects of time and alcohol/oil molar ratio as independent variables on efficiency of biodiesel production were investigated. The conversion rate of methyl ester was calculated by gas chromatography system. Data analysis was done by response surface methodology (RSM) using Design Expert Software to optimize the chemical parameters that include the highest methyl ester production efficiency. Variance analysis of the independent variables showed that the effect of time duration, alcohol/oil molar ratio and their interactions were significant at 5% probability level and the highest percentage of biodiesel production was observed in alcohol/oil molar ratio of 4:1 with time duration of 120 s.

**Key words:** Biodiesel, Microwave, Transesterification, Response Surface Method.

\*Corresponding author

E-mail: k.heidarbeigi@ilam.ac.ir