

## بررسی تأثیر پارامترهای دما، زمان و دور همزنی در تولید بیودیزل با استفاده از رآکتور همزن دار بچ

امیر هاشمی نژاد<sup>۱\*</sup>، سیدجعفر هاشمی<sup>۲</sup>، رضا طباطبایی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*a.hasheminezhad@stu.sanru.ac.ir*

### چکیده

بیودیزل به عنوان سوخت جایگزین گازوئیل بصورت خالص و یا مخلوط با آن مورد استفاده قرار می گیرد. روش ترنس استریفیکاسیون یکی از روش های معمول برای تولید بیودیزل می باشد. برای این منظور رآکتور همزنی همزن دار بچ طراحی و ساخته شد. پارامتر دور همزنی در سه سطح (۴۵۰، ۵۵۰، ۶۵۰ rpm)، دما در چهار سطح (۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰°C) و زمان واکنش در شش سطح (۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ دقیقه) برای تولید بیودیزل در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. روغن پسماند آشپزخانه آشپزی به عنوان ماده اولیه و متانول به عنوان الکل با نسبت مولی ۱ : ۶ در حضور پتاسیم هیدروکسید به عنوان کاتالیزور به میزان ۱٪ وزنی روغن پسماند آشپزخانه استفاده شد. با افزایش دور همزنی میزان تولید بیودیزل افزایش یافت و در دور ۶۵۰ rpm به حداکثر میزان خود رسید. با افزایش زمان همزنی، بازده تبدیل سیر صعودی داشته و در دقیقه سی ام به حداکثر میزان خود رسید. بیشترین میزان تبدیل استرها در دمای ۶۰°C صورت گرفت. بنابراین زمان واکنش ۳۰ دقیقه، دور همزنی ۶۵۰ rpm و دمای واکنش ۶۰°C بهینه ترین حالت برای تولید بیودیزل از روغن پسماند آشپزخانه با استفاده از رآکتور همزن دار بچ می باشد.

**واژگان کلیدی:** بیودیزل، بیوفیول، ترنس استریفیکاسیون، رآکتور همزن دار، روغن پسماند آشپزخانه

### ۱- مقدمه

سوخت ها نقش بسیار مهمی در اقتصاد کشورها ایفا می کنند و بیشتر نیاز انرژی جهان به سوخت ها از طریق منابع با منشأ نفتی، ذغال سنگ و گاز طبیعی تأمین می شود (منگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این میان نفت نقش مهمی را در توسعه رشد صنعتی، حمل و نقل، بخش کشاورزی و بسیاری از سایر نیاز های جامعه بشری دارد (دوب و همکاران، ۲۰۰۷). سوخت های با پایه نفتی تأثیر منفی بر روی اکوسیستم دارند و احتراق این سوخت ها منجر به افزایش آلاینده های زیست محیطی از جمله SO<sub>2</sub>، NO<sub>x</sub>، HC، CO<sub>2</sub> می شود (کلایتون و همکاران، ۲۰۰۸).

بیودیزل و اتانول به عنوان سوخت های زیستی به ترتیب برای جایگزینی سوخت های گازوئیل و بنزین شناخته شده اند. این سوخت ها زمانی مورد توجه قرار گرفتند که احتراق این سوخت در موتورهای درون سوز، آلاینده گازهای گلخانه ای، ذرات

معلق، هیدروکربن‌های نسوخته، پلی آروماتیک‌ها و اکسیدهای سولفو را کاهش داد. بیودیزل یک سوخت فرآوری شده است که از روغن‌های گیاهی یا چربی حیوانی طی واکنش استریفیکاسیون اسیدهای چرب آزاد یا ترنس استریفیکاسیون تری‌گلیسریدها تولید می‌شود (درانکو و همکاران ۲۰۰۰).

در تولید بیودیزل بیش از ۹۵ درصد مواد اولیه از طریق روغن‌های خوراکی تهیه می‌شود که به طور گسترده در سراسر جهان تولید می‌شود. تولید بیودیزل از این روغن‌ها کیفیت و کارایی مناسبی را برای استفاده در موتورهای دیزل ارائه می‌دهد ولی در عمل این کار به دلیل هزینه‌های بالای روغن‌های خوراکی مقرون به صرفه نیست. استفاده از روغن‌های غیر خوراکی و پسماند آشپزخانه در مقایسه با روغن‌های خوراکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (لم و همکاران، ۲۰۱۰ و منگ و همکاران، ۲۰۰۸).

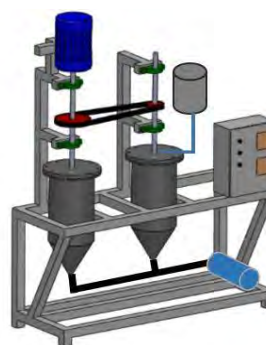
در سال‌های اخیر روش‌های متعددی برای تولید بیودیزل شناخته شده است که سه روش مهم آن عبارتند از: میکرومولسیون، پیرولیز یا شکست حرارتی و ترنس استریفیکاسیون (دوب و همکاران، ۲۰۰۷). هدف از روش ترنس استریفیکاسیون کاهش ویسکوزیته روغن است. روش‌هایی که در صنایع برای تولید بیودیزل استفاده می‌شوند عبارتند از: ترنس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزور بازی، ترنس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزور اسیدی (همزمان با استریفیکاسیون اسیدهای چرب آزاد)، تبدیل بدون کاتالیست با استفاده از ترنس استریفیکاسیون و استریفیکاسیون با استفاده از متانول فوق بحرانی، میکرو ویو و اولتراسوند (درانکو و همکاران ۲۰۰۰). در این روش تری‌گلیسرید حذف شده و استرهای موجود در روغن با الکل ترکیب می‌شوند در نتیجه این فرآیند تری‌گلیسرید به متیل استر اسید چرب تبدیل می‌شود و گلیسرین محصول جانبی فرآیند خواهد بود. این فرآیند منجر به کاهش ویسکوزیته در مقایسه با سوخت دیزل شده و در نتیجه منجر به بهبودی در موتور می‌شود (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

روی هم رفته استفاده از کاتالیزور و یا عدم استفاده از آن ویژگی خاص خود را دارد. علاوه بر این در واکنش استریفیکاسیون اسیدی و یا ترنس استریفیکاسیون با کاتالیزور بازی، بازده تبدیل به شدت به مقدار آب و اسیدهای چرب آزاد موجود در مواد اولیه وابسته است. هدف از این تحقیق تولید بیودیزل از روغن پسماند آشپزخانه با استفاده از راکتور مخزنی همزن دار بچ می‌باشد. بررسی پارامترهای موثر بر راندمان تولید نیز از دیگر اهداف این تحقیق می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مشخصات دستگاه

شکل (۱) دستگاه طراحی شده به وسیله نرم افزار Solidworks 2012 و راکتور ساخته شده همراه با قطعات تشکیل دهنده آن را نشان می‌دهد. مخزن طراحی شده برای دستگاه گنجایش ۳۰ لیتر مایع را دارد. در این تحقیق برای مخازن واکنش و آبشویی مخازن جداگانه در نظر گرفته شد که علاوه بر صرف جویی در زمان، نیاز به تمیز کردن مخازن بعد از هر بار استفاده و ریسک ورود آب به داخل مواد واکنش دهنده و تولید صابون وجود نخواهد داشت. برای انجام آسانتر جداسازی فازی به هنگام تخلیه و نیز حصول یک همزنی یکنواخت قسمت انتهایی پایین مخزن به شکل مخروط ساخته شد. از یک سیستم حرارتی (هیتر ۱۰۰۰ وات، سنسور دما و نمایشگر دیجیتال دما) برای حرارت دهی به مایع و ثابت نگه داشتن دمای آن در یک مقدار ثابت استفاده شد. سیگنال دریافتی از سنسور کار قطع و وصل برق به هیتر را انجام می‌دهد. از سیستم انتقال نیرو (الکتروموتور ۱/۵ کیلووات، تغییر سرعت دورانی از اینورتور hi run مدل N100) جهت همزنی و الکتروپمپ (۰/۳۷ کیلووات) جهت انتقال مواد خام (واکنش دهنده) و جابجایی محصولات بین مخازن استفاده شد. این راکتور با کلیه تجهیزات بر روی یک شاسی که با پروفیل ۵×۳ سانتی متر نصب شد. در این راکتور برای جلوگیری از ارتعاشات افقی و عمودی از دو یاتاقان برای هر محور استفاده شد. (هاشمی نژاد و همکاران، ۲۰۱۴)



شکل ۱- راکتور طراحی شده با نرم افزار Solidworks و راکتور ساخته شده

(۱): الکتروموتور، ۲: ورودی مخزن واکنش، ۳: نمایشگر دیجیتال دما، ۴: تابلو برق، ۵: مخزن واکنش، ۶: مخزن آبشویی، ۷: الکتروپمپ، ۸: خروجی مخزن واکنش، ۹: خروجی مخزن آبشویی، ۱۰: ورودی مخزن آبشویی، ۱۱: فشار سنج، ۱۲: شلنگ آبنا)

## ۲-۲- روش انجام آزمایش

روغن مورد استفاده، روغن پسماند آشپزخانه به میزان ۸ لیتر در هر آزمایش انتخاب شد. برای انجام آزمایش نسبت مولاریته ۶:۱ روغن به الکل و کاتالیزور پتاسیم هیدروکسید به میزان ۱٪ وزنی روغن در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها بر مبنای فاکتور متغییر سرعت همزنی در سه سطح (۶۵۰، ۵۵۰، ۴۵۰ rpm) و دمای واکنش در چهار سطح (۷۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰ °C) و زمان واکنش در شش سطح (۶۰، ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰ دقیقه) انجام شد. دو فاکتور اسیدهای چرب آزاد و آب، باعث پیشرفت واکنش به سمت صابونی شدن و در نتیجه کاهش کیفیت و مقدار سوخت می‌گردند. در نتیجه روغن‌هایی با محتوای اسید چرب آزاد بالای ۰/۵٪، فرایند نیازمند مرحله پیش تصفیه (مرحله استریفیکاسیون) می‌باشد. بعد از انجام واکنش و سپری شدن زمان کافی (بیش از ۹۰ درصد گلیسرین در ۳۰ دقیقه اول ته نشین می‌شود) لایه بالایی بیودیزل و لایه کدر پایینی گلیسرین است. طبق استاندارد ASTM مقدار گلیسرین مجاز در داخل بیودیزل باید کمتر از ۰/۲۴٪ کل گلیسرین تولیدی باشد. جداسازی به کیفیت واکنش انجام شده نیز بستگی دارد و واکنشی که در آن صابون بیشتری تولید شود نیاز به زمان جداسازی بیشتری دارد. تجزیه واریانس داده‌ها به منظور بررسی پارامتر دور همزنی، دما و زمان واکنش بر بازده تبدیل بیودیزل توسط نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم افزار mstat-c انجام گرفت.

## ۳- نتایج و بحث

خصوصیات سوخت بیودیزل مطابق استاندارد ASTM و مقدار اندازه گیری شده در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، خصوصیات سوخت بیودیزل تولید شده در محدوده استاندارد ASTM D6751 قرار دارد.

جدول (۱) خصوصیات سوخت بیودیزل استاندارد و اندازه گیری شده			
مقدار اندازه گیری شده	استاندارد ASTM	واحد	خصوصیات
۱۷۲	حداقل ۹۳	°C	نقطه اشتعال
۰/۰۲۶	حداکثر ۰/۰۵۰	٪ حجم	آب
۳/۴	۱/۹ - ۶	mm <sup>2</sup> /s	ویسکوزیته، ۴۰ °C
-۲	-	°C	نقطه ابری شدن
۰/۰۴۲	حداکثر ۰/۰۵	٪جرم	کربن باقی مانده
۰/۳۲۱	حداکثر ۰/۵	mg KOH/gr	عدد اسید
۰/۰۰۷	حداکثر ۰/۰۲۴	٪جرم	گلیسرین آزاد

تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل دما، زمان و دور همزنی در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج نشان داد که تاثیر دور همزنی، زمان و دمای واکنش بر بازده تبدیل اسیدهای چرب آزاد در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. نتایج نشان داد اثر متقابل بین سرعت همزنی و زمان واکنش ( $V \times t$ ) بر بازده تبدیل بیودیزل حاصل از واکنش روغن پسماند آشپزخانه با نسبت مولی ۱ : ۶ روغن به متانول، در حضور پتاسیم هیدروکسید به میزان ۱ درصد وزنی روغن پسماند آشپزخانه در سطح ۱ درصد معنی دار است. در صورتی که در محدوده مورد مطالعه اثر متقابل دما و دور همزنی و همچنین اثر متقابل زمان و دما بر بازده تبدیل بیودیزل معنی دار نیست. یعنی در هر صورت با افزایش بیش از اندازه دما (بیش از  $60^{\circ}\text{C}$ )، با تبخیر الکل مورد استفاده (متانول) روند پیشروی واکنش متوقف می شود و با افزایش زمان همزنی به علت به اتمام رسیدن واکنش دهنده ها بعد از مدت معین تأثیری بر بازده تبدیل روغن پسماند آشپزخانه به بیودیزل نخواهد داشت. افزایش بیشتر دور همزنی معمولاً تأثیری بر بازده تبدیل ندارد و حتی احتمال برگشت واکنش به صورت جزئی وجود دارد.

جدول (۲): تجزیه واریانس عوامل موثر بر بازده تبدیل بیودیزل			
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
دور همزنی (V)	۲	۳۰۸۳۲/۷	۴۱۱۱۰/۲۲**
زمان واکنش (t)	۵	۱۳۸۳۹/۵	۱۸۴۵۲/۶۲**
(V × t)	۱۰	۱۱۰/۳	۱۴۷/۰۲**
دمای واکنش T	۳	۷۳۹۷/۵	۹۸۶۲/۳۳**
(V × T)	۶	۰/۰۷۴	۰/۰۹۸۹ns
(t × T)	۱۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳۴۶ns
(V × t × T)	۳۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۵۶ns
خطای آزمایش (E)	۱۴۴	۰/۷۵	
ضریب تغییرات (CV)		۱۰/۱۱	

ns و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

### ۳-۱- تاثیر دمای واکنش

دمای واکنش یکی از پارامترهای مهم در تولید بیودیزل بوده و باعث افزایش سرعت واکنش و انتقال جرم در مخزن واکنش می شود. نتایج مقایسه میانگین های دمای واکنش بر روی بازده تبدیل بیودیزل در جدول (۳) نشان داده شده است. با افزایش دمای واکنش تا  $60^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد، بازده تبدیل بیودیزل افزایش پیدا کرد و در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد بازده اندکی کاهش یافت. با افزایش دمای واکنش از  $40^{\circ}\text{C}$  به  $50^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد، بازده تولید بیودیزل  $9/22$  درصد افزایش و به مقدار  $81/36$  درصد رسید. با افزایش بیشتر دما تا  $60^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد، بازده تبدیل بیودیزل  $14/40$  درصد افزایش و به میزان  $95/81$  درصد رسید. ژانگ (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیده است که در تولید بیودیزل از روغن آفتابگردان، تبدیل بالاتر از  $95\%$  تری گلیسرید ها به متیل استر در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  انجام شده است. کامپنلی و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد  $96/6\%$  تبدیل تری گلیسرید به متیل استر را در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  با استفاده از راکتور همزن دار بدست آوردند و به این نتیجه رسیدند که در این دما قبل از تبخیر الکل، بیشتر تری گلیسرید ها به متیل استر تبدیل شده است.

جدول (۳) مقایسه میانگین تاثیر دمای واکنش بر روی بازده تبدیل بیودیزل	
بازده تبدیل بیودیزل %	دما °C
۷۲/۱۴c	۴۰
۸۱/۳۶b	۵۰
۹۵/۸۱a	۶۰
۹۴/۹۲a	۷۰

اعدادی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، اختلاف معنی دار ندارند.

دمای بهینه °C ۶۵ همراه با عملکرد بالای ۸۰٪ طی ترنس استریفیکاسیون روغن آفتابگردان توسط نود جی و همکاران (۲۰۱۱) بدست آمد. لیتی کوریا (۲۰۱۰) دمای °C ۶۵-۶۰ را بهترین دما برای تولید بیودیزل گزارش کرد. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق بازده ۹۵/۸٪ در دمای پایین‌تر از نقطه جوش متانول (°C ۶۹) یعنی °C ۶۰ بدست آمد، که موجب صرفه جویی در زمان و مصرف انرژی شده است. لازم به ذکر است استفاده از همزن مکانیکی باعث انتقال بهتر حرارت بین واکنش دهنده‌ها می‌شود. نیز و همکاران (۲۰۱۱) و تان و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد ۷۱/۹٪ برای متیل استر روغن جاترفا و عملکرد ۸۶/۸٪ را برای روغن پالم در دمای واکنش °C ۶۵ بدست آوردند. با افزایش دما از ۶۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی داری در عملکرد بیودیزل مشاهده نشد که این می‌تواند به دلیل توقف واکنش تبدیل تری‌گلیسریدها به بیودیزل در اثر تبخیر الکل (نزدیک نقطه جوش متانول) باشد. با مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق و نتایج سایر پژوهشگران می‌توان نتیجه گرفت دمای °C ۶۰، بهینه‌ترین حالت برای تولید بیودیزل از روغن پسماند آشپزخانه در راکتور با همزنی مکانیکی است.

### ۳-۲- تاثیر زمان واکنش

جدول (۴) اثر زمان واکنش بر روی بازده تبدیل بیودیزل در بازه زمانی واکنش از ۱۰ تا ۶۰ دقیقه را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، با افزایش زمان واکنش راندمان بیودیزل افزایش یافته است که بیشترین مقدار آن در ۳۰ دقیقه آغازین واکنش می‌باشد. در زمان‌های کمتر از ۳۰ دقیقه اختلاف معنی دار است. تاثیر زمان‌های واکنش از ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بر بازده تبدیل بیودیزل معنی دار نیست. این می‌تواند به علت شروع همزنی واکنش ترانس‌استریفیکاسیون بین متانول و روغن پسماند آشپزخانه در حضور هیدروکسید پتاسیم باشد. سرعت این واکنش در ابتدا به علت انحلال کم الکل و روغن کند بوده و سپس در مرحله دوم با حل شدن آنها افزایش یافت و در نهایت با مصرف شدن واکنش دهنده‌ها کاهش یافته و به حالت تعادل رسید. زمان واکنش بالاتر از ۳۰ دقیقه تغییر قابل ملاحظه‌ای در بازده تبدیل راکتور نداشته است که احتمالاً به علت توانایی بالای اختلاط همزن طراحی شده برای راکتور باشد که زمان واکنش را تا ۳۰ دقیقه کاهش داده است. دنیس و همکاران (۲۰۰۹) اثر زمان واکنش بر روی بازده تولید بیودیزل با استفاده از کاتالیزور کلسیم هیدروکسید تحت شرایط دمای °C ۶۰ و سرعت همزنی ۳۰۰ rpm و نسبت مولی متانول به روغن پسماند آشپزخانه را ۱:۱۵ مورد بررسی قرار دادند، و به این نتیجه رسیدند که ترنس‌استریفیکاسیون در این شرایط به شدت به زمان واکنش وابسته است. لین و همکاران (۲۰۰۹)، فقط زمان ۱۵ دقیقه را برای رسیدن به عملکرد در حدود ۹۰ درصد تبدیل تری‌گلیسرید به متیل استر به بدست آوردند. نیز و همکاران (۲۰۱۱) و تان و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد ۹۱/۹۴ درصدی را در مدت زمان واکنش ۳۰ دقیقه بدست آوردند. با تغییر زمان واکنش در محدوده ۱۲۰-۰ دقیقه، بازده تولید بیودیزل به طور قابل توجهی افزایش یافت. اتاداشی (۲۰۱۲) و نود جی (۲۰۰۱) تأثیر زمان واکنش بر روی بازده تولید بیودیزل در دمای °C ۵۰ با حداکثر زمان

واکنش ۹۰ دقیقه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که عملکرد بالای ۸۰٪ بیودیزل در زمان ۶۰ دقیقه اتفاق افتاد. علت این کاهش در بازه بدست آمده، می تواند ناشی از دمای پایین عملیاتی باشد که در آن دما به دلیل بالا بودن ویسکوزیته روغن، کاهش اختلاط دو فاز متانول و روغن اتفاق افتاده است. بنابراین در این تحقیق زمان مطلوب واکنش برای راکتور بچ دو مخزنی همزن دار و با استفاده از روغن پسماند آشپزخانه ۳۰ دقیقه به دست آمده است.

زمان واکنش (دقیقه)	میانگین بازده تبدیل بیودیزل %
۱۰	۴۳/۳ <sup>c</sup>
۲۰	۷۷/۳ <sup>b</sup>
۳۰	۹۵/۳ <sup>a</sup>
۴۰	۹۴/۳ <sup>a</sup>
۵۰	۹۴/۰ <sup>a</sup>
۶۰	۹۴/۷ <sup>a</sup>

اعدادی که با حروف مشترک نشان داده شده اند، اختلاف معنی دار ندارند.

### ۳-۳- تاثیر سرعت همزنی

جدول (۵) اثر سرعت همزنی بر بازده تبدیل بیودیزل را نشان می دهد. با افزایش دور همزن میزان تولید بیودیزل افزایش یافت و در دور ۶۵۰ rpm به حداکثر میزان خود رسید. با افزایش سرعت همزنی، برخورد بین مولکول های الکل و روغن که در یکدیگر نامحلول بوده و یک فاز غیر همگن را تشکیل می دهند، افزایش یافته و انتقال جرم بیشتری صورت می پذیرد. سرعت همزنی بالاتر منجر به افزایش درصد تبدیل و کاهش زمان واکنش گردید. حسینی (۲۰۱۳) گزارش کردند که بیش از ۹۰٪ تبدیل بیودیزل با استفاده از راکتور همزن دار در سرعت ۹۰۰ rpm اتفاق افتاد، همچنین دریافتند که افزایش بیشتر سرعت همزنی تأثیری بر پیشرفت واکنش نداشت. تاکاس و همکاران (۲۰۱۳)، سرعت همزنی ۶۰۰ rpm را به عنوان سرعت بهینه برای تولید بیودیزل با استفاده از همزن مکانیکی معرفی کردند و به این نتیجه رسیدند که افزایش بازده تبدیل با افزایش سرعت همزنی افزایش می یابد. با مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق و مقایسه آن با نتایج سایر پژوهشگران، می توان نتیجه گرفت سرعت ۶۵۰ rpm بهینه ترین سرعت همزنی برای تولید بیودیزل از روغن پسماند با استفاده از راکتور همزن دار می باشد.

جدول (۵): تاثیر سرعت همزنی بر بازده تبدیل بیودیزل

دور همزنی (rpm)	بازده تبدیل
۴۵۰	۴۲/۳ <sup>c</sup>
۵۵۰	۸۳/۵ <sup>b</sup>
۶۵۰	۹۴/۵ <sup>a</sup>
میانگین هایی که با حروف مشترک نشان داده شده اند، اختلاف معنی دار ندارند.	

## نتیجه گیری

در این تحقیق بیودیزل از روغن پسماند آشپزخانه با استفاده از راکتور بیج دو مخزنی مجهز به همزن، تولید شد. نتایج نشان داد بیشترین بازده تبدیل روغن پسماند آشپزخانه به بیودیزل با استفاده از متانول به عنوان الکل و پتاسیم هیدروکسید به عنوان کاتالیزور با استفاده از راکتور همزن دار بیج (BSTR) در دمای بهینه  $60^{\circ}\text{C}$ ، سرعت همزنی  $650\text{ rpm}$  و در مدت زمان ۳۰ دقیقه بدست آمد.

## منابع

1. Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Abdulaziz, A.R., Sulaiman, N.M.N. 2012. The effects of water on biodiesel production and refining technologies: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*.16:3456-3470.
2. Campanelli, P., Banchemo, M., Manna, L., 2010. Synthesis of biodiesel from edible, non-edible and waste cooking oils via supercritical methyl acetate transesterification. *Fuel* 89, 3675° 3682.
3. Clayton VM, Larry CM, Yan B, Daniel TN, Mark R, Arlin EG, Brian JK, Ronald LF, Thomas RH 2008. A continuous catalytic system for biodiesel production. *Applied Catalysis a: General*; 343:39° 48.
4. Daranko, D. and Cheryan, M. 2000. Kinetics of palm oil Transesterification in a batch reactor. *Fuel*. 77:1263-126
5. Dennis Y.C. Leung, Xuan Wu, M.K.H. Leung. 2009. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy* 87 1083° 1095
6. Dube, M.A., Tremblay, A.Y., Liu, J. 2007. Biodiesel production using a membrane reactor. *Bioresource Technology*. 98:639-647.
7. Hasheminezhad, A., Hashemi, S.J., Tabatabaie, S.R. Biodiesel production from waste cooking oil using transesterification method. Paper presented at 4th international conference on environmental challenges and Dendrochronology. Sari-Iran. 14-15 May 2014.
8. Hoseini M. 2013. Biodiesel production in batch reactor with helical agitator. Paper presented at the 20th annual conference of mechanical engineering of Iran. Shiraz- Iran, 27-29 May 2013.
9. Knothe, G. 2001. Analytical Methods used in the production and Fuel Quality assessment of Biodiesel, *American society of agricultural Engineers*. 44-2:103-200.
10. Lam MK, Lee KT, Mohamed AR. 2010. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: a review. *Biotechnology Advances*; 28:500° 18.
11. Liang, X.; S. Gao, H. Wu, J. Yang. 2009. Biodiesel production technology reviews. *Fuel Processing Technology*. 90: 701-704.
12. Lin L, Ying D, Chaitep S, Vittayapadung S. 2009. Biodiesel production from crude rice bran oil and properties as fuel. *Applied Energy*;86:681° 8.
13. Litty Koria and T. Thangaraj. 2010. Optimization of Biodiesel Production Process in *Datura stramonium Seed Oil, a Non-edible Oil Source* *Journal of Eco biotechnology*. 2/5: 42-46.
14. Meng, X.; G. Chen, Y. Wang. 2008. Fatty acids esterification by reactive distillation. *Fuel Processing Technology*. 89: 851-857.
15. Niza, N.M., Tan, K.T., Ahmad, Z., Lee, K.T., 2011. Comparison and optimization of Biodiesel production from *Jatropha curcas* Oil using supercritical methylacetate and methanol. *Chem. Pap.* 65 (5), 721° 729.

16. Takase, M., Feng, W., Wang, W. 2013. Silybum marianum oil as a new potential non-edible feedstock for biodiesel: A comparison of its production using conventional and ultrasonic assisted method. Fuel processing technology. Volume 128, Pages 339° 348.
17. Tan, K.T., Lee, K.T., Mohamed, A.R., 2010. A glycerol-free process to produce biodiesel by supercritical methylacetate technology:anoptimization study via response surface methodology. Bioresour. Technol. 101, 965° 969.
18. Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, DD., Kates, M. 2003. Biodiesel production from waste cooking oil. 1: Process design and technological assessment. Biores. Tech. 89:1-16.

