

تولید دیزل زیستی (بیودیزل) از ضایعات کشتارگاهی دام و طیور

مهدی انصاری اردلی¹، سید مجتبی صدرعاملی^{2*}، برات قبادیان³، محمدرضا شاملوعلی آبادی⁴

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

mehdiansari1369@yahoo.com

² استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

sadramel@modares.ac.ir

³ دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ghobadib@modares.ac.ir

⁴ کارشناس ارشد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

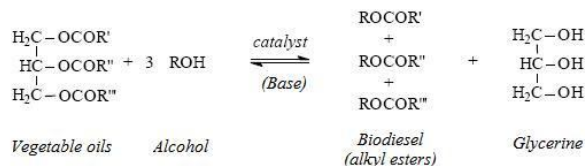
mohammadreza.shamlo@gmail.com

چکیده: امروزه یکی از مشکلات اساسی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، نیاز روزافزون به منابع جدید انرژی، به ویژه در بخش حمل و نقل است. این مشکل تنها مختص کشورهای واردکننده نفت نیست و کشورهای تولیدکننده نفت نیز با این مشکل روبه رو هستند. دیزل زیستی یا بیودیزل نوعی سوخت زیستی است که از مواد تجدیدپذیر مانند چربی های گیاهی و چربی های ضایعاتی حیوانی تولید می شود و می تواند در بخش حمل و نقل توسط مخلوط کردن با دیزل معمولی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نقش خوراک در اقتصادی بودن تولید دیزل زیستی، استفاده از خوراک ارزان قیمت مانند روغن حاصل از ضایعات دام و طیور می تواند تولید دیزل زیستی را از نظر اقتصادی توجیح کند. در این تحقیق، دیزل زیستی از روغن ضایعات دام و طیور توسط روش ترانس استریفیکاسیون تولید و بهینه سازی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی مؤثر بر تولید آن بررسی شده است. با انجام آزمایشات تجربی، اثر سه پارامتر دما، نسبت مولی الکل به روغن و همچنین درصد کاتالیست بررسی و شرایط بهینه تعیین شده است. درباره روغن ضایعات دامی نسبت 6 به 1 الکل، دمای 60 °C و نسبت 1/25% کاتالیست بازی در نهایت، منجر به بازده تولید 93% دیزل زیستی شد. در تولید این ماده از روغن ضایعات مرغ نسبت 6 به 1 الکل، دمای 50 درجه سانتی گراد و نسبت 1/25% کاتالیست بازی در نهایت منجر به بازده 85% شد.

واژه های کلیدی: بیودیزل، روغن ضایعات مرغ، روغن ضایعات دام، ترانس استریفیکاسیون.

1. مقدمه

به بقیه الکل ها دارد. استوکیومتری این واکنش شامل 3 مول متانول به ازای 1 مول تری گلیسرید است که 3 مول استر اسیدهای چرب و 1 مول گلیسرول تولید می کند. این واکنش در شکل (1) نشان داده شده است [5].



شکل (1): واکنش استری شدن ملکولهای چربی ها با متانول

تولید دیزل زیستی از روغن های حیوانی و گیاهی، فرایند جدیدی به شمار نمی آید. واکنش تبدیل روغن های گیاهی و چربی های حیوانی به مونوآلکیل استرها یا دیزل زیستی، ترانس استریفیکاسیون نامیده می شود. ترانس استریفیکاسیون تری گلیسیریدهای موجود در روغن نیز فرایند جدیدی نبوده و دافی¹ و پاتریک² در سال 1853 میلادی، واکنش ترانس استریفیکاسیون را انجام دادند.

رادولف دیزل روغن بادام زمینی را به عنوان سوخت در یکی از موتورهای دیزلی در یک نمایشگاه پاریس در سال 1900 میلادی استفاده کرد [6]. در یک نمایشگاه بین المللی در سال 1911 میلادی در پاریس، یک موتور دیزلی با روغن بادام زمینی به کار انداخته شد و نشان داد که روغن های گیاهی می توانند به عنوان سوخت در این نوع موتورها استفاده شوند. به دلیل دمای ایجاد شده، موتور قابلیت کار کردن با انواع روغن های گیاهی را داشت، ولی پس از مدت کوتاهی به علت کک و دوده ایجاد شده از احتراق، روغن مسیر سوخت بسته شده و عملاً فعالیت موتور متوقف شد. برای حل این مشکل روغن های گیاهی و حیوانی توسط واکنش استری کردن به متیل استرهای چربی ها یا دیزل زیستی تبدیل می شوند که این امر باعث کاهش گرانبوی و افزایش محتوای حرارتی آن ها می شود و می توانند جایگزینی برای سوخت دیزل باشند. استفاده از روغن های حیوانی گیاهی به عنوان خوراک اولیه برای تولید دیزل زیستی در مقام یک منبع رقابتی دیگر با بنزین، در اوایل دهه 1980 میلادی مطرح شد. مزایای دیزل زیستی به عنوان جایگزین سوخت دیزل عبارتند از: گستردگی کاربرد، سهولت دسترسی، قابلیت تجدیدپذیری، محتوای حرارتی بالا

از آغاز انقلاب صنعتی در اواخر قرن 18 و اوایل قرن 19، انرژی عامل ضروری برای بشر، حفظ رشد اقتصادی و حفظ حیات شده است. در این حین، ظهور اتومبیل ها، هواپیماها و الکتریسیته با استفاده از انرژی نفت در قرن بیستم ممکن شد. از آن به بعد، زغال سنگ و نفت منابع اصلی انرژی برای بشر شدند. علی رغم کشف انرژی های جایگزین متفاوت به ویژه انرژی های تجدیدپذیر از زیست سوخت ها و خورشیدی، سوخت های فسیلی به عنوان بزرگ ترین منبع برای تأمین نیاز انرژی جهانی باقی مانده اند. در سال 2006، مجموع نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ بیش از 83 درصد از تولید انرژی اصلی جهان را تشکیل می داد [1].

با وجود تقاضای بالای انرژی در صنعت و مشکلات آلودگی ناشی از استفاده گسترده از سوخت های فسیلی، لزوم توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر با اثرات زیست محیطی کمتر، به سرعت در حال افزایش است. سوخت جایگزین باید از لحاظ فنی امکان پذیر، از لحاظ اقتصادی رقابتی، از لحاظ زیست محیطی، پذیرفتنی و دارای سهولت دسترسی باشد. در بین سوخت های تجدیدپذیر، سوخت های زیستی تولید شده از مواد زیست توده، به صورت مایع یا گاز در بخش حمل و نقل به کار می روند [2]. مهم ترین سوخت های زیستی که امروزه در جهان تولید می شود، شامل بیو اتانول، بیو متانول، بیودیزل، بیونفت خام و متان زیستی هستند. دیزل زیستی یا بیودیزل، سوخت جایگزین برای دیزل است که از منابع تجدیدپذیر مانند روغن های گیاهی، چربی های حیوانی و روغن میکروجلبک ها به دست می آید [3]. دیزل زیستی در عین حال که مزایایی همچون تجدیدپذیر بودن، تجزیه پذیر بودن، کاهش تولید گازهای گلخانه ای، اختلاط با سوخت های نفتی، هیدروکربن های کمتر، تولید منوکسیدکربن کمتر و خاصیت روان کنندگی خوبی دارد، معایبی نیز دارد که می توان به بالا بودن نقطه انجماد (بین پنج تا صفر درجه سانتی گراد، بروز انسداد در فیلترها، ظرفیت انرژی پایین تر نسبت به سوخت های فسیلی و مشکلات ذخیره سازی اشاره کرد [4].

رایج ترین راه برای تولید دیزل زیستی، تهیه آن توسط واکنش انتقال استری است. در این واکنش، تری گلیسرید با الکل واکنش می دهد و اسید چرب مونو الکیل استر و گلیسرول تولید می شود. متداول ترین الکل مورد استفاده در این واکنش، متانول است، چون قیمت ارزان تری نسبت

1. Duffy
2. Patrick

گوسفند و بره به وزن 126 هزار تن، 2129000 بز و بزغاله به وزن 32 هزار تن، 1378000 رأس گاو و گوساله به وزن 248 هزار تن و 32000 رأس گاو میش و بچه گاو میش به وزن 5 هزار تن کشتار شده است که می‌تواند به‌طور میانگین ضایعات چربی به میزان 15 تا 20 درصد وزن لاشه تولید کند [15].

2.2. روغن ضایعات طیور

درباره میزان تولید روغن تالوی مرغی در کشور ما آمار دقیق و مستندی وجود ندارد و فقط براساس میزان کشتار طیور می‌توان مقدار آن را تخمین زد. براساس اعلام اتحادیه سراسری مرغداری گوشتی ایران، میزان تولید این فراورده گوشتی در ایران، در سال 1390 بالغ بر 1 میلیون و 650 هزار تن است [16]. در آمار دیگری از این اتحادیه در سال 1393، بیش از 2 میلیون تن تولید این فراورده گوشتی است [17]. میزان ضایعات تولیدی از مرغ تولیدی 30% است [18]. با توجه به آمارهای ارائه شده میزان تولید ضایعات چربی در کشور در سال 1393، بالغ بر 600 هزار تن است که از این مقدار با توجه به بافت چرب پوست مرغ که بیشترین ضایعات این بخش را تشکیل می‌دهد، حدود 60 درصد آن به روغن تالو مرغی و مابقی به خوراک دام تبدیل می‌شود. میزان تالو تولیدی در این بخش، بالغ بر 360 هزار تن می‌شود که با توجه به قیمت پایین و بی‌ارزش بودن این ضایعات منبع مناسب و قابل دسترسی در تولید دیزل زیستی است.

3.2. واکنش ترانس استریفیکاسیون با روغن

روغن مورد نیاز از منابع موجود در بازار تهیه شده است. ابتدا با استفاده از روش ایزوپروپانول اسیدیته روغن مورد استفاده اندازه‌گیری شده است. در این روش، یک گرم روغن درون 10 میلی‌لیتر ایزوپروپانول ریخته شده و بعد از اضافه کردن محلول فنل فتالین، با محلول 0/1 KOH مولار در اتانول 100 درصد تیتراژ می‌شود. با استفاده از رابطه زیر درصد اسیدهای چرب آزاد یا FFA به دست می‌آید.

$$FFA\% = V.c.M/10m$$

در این رابطه، V حجم محلول KOH c مولاریته محلول، M جرم مولکولی اسید چرب و m میزان روغن برداشت شده است که برای هر دو نوع روغن، اسیدیته کمتر از 1 درصد محاسبه شده است. بنابراین قبل از انجام واکنش اصلی، خنثی‌سازی اسیدیته روغن ضروری نیست.

(حدود 88 درصد بزین شماره 2 سوخت دیزل)، محتوای ترکیبات آروماتیک کمتر و قابلیت زیست تجزیه‌پذیری. تکرار مسائل و مشکلات مربوط به تأمین انرژی در دهه 1980، همانند دهه 1970 میلادی، مجدداً توجهات را به سوی دیزل زیستی جلب کرد، ولی تولید تجاری آن تا اواخر دهه 1990 میلادی آغاز نشد [6]. در سال 1991 میلادی، جامعه اروپایی یک کاهش 90 درصدی مالیات را برای استفاده‌کنندگان سوخت‌های زیستی شامل بیودیزل مطرح کردند. نزدیک به 89 درصد از تولید جهانی دیزل زیستی در سال 2005 میلادی، مربوط به اتحادیه اروپا بوده است [6]. هزینه استفاده از روغن گیاهی برای تولید دیزل زیستی، نسبتاً بالاست. به همین دلیل، استفاده از روغن حاصل از ضایعات دام و طیور در سال‌های اخیر مورد بررسی قرار گرفته است [7-12].

آلتکین و کانکی از چربی مرغ برای تولید دیزل زیستی استفاده کرده‌اند. آن‌ها از متانول به‌عنوان الکل و کاتالیست‌های سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، سدیم متوکسید و پتاسیم متوکسید را برای انجام آزمایش‌ها انتخاب کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که رسیدن به وضعیت مجاز ذکر شده در استاندارد ASTM با استفاده از کاتالیست‌های هیدروکسید سدیم و پتاسیم امکان‌پذیر است [13]. سانچز و همکاران با استفاده از چربی حیوانی توانستند به تولید متیل استرها با خلوص 89 درصد دست پیدا کنند [14].

در این مقاله، سعی شده است تهیه دیزل زیستی با استفاده از چربی‌های حیوانی حاصل از ضایعات دام و طیور در شرایط مختلف واکنش از قبیل درجه حرارت، درصد کاتالیست و نسبت مولی الکل به روغن، بررسی و شرایط بهینه تولید تعیین شود.

2. مواد و روش‌ها

1.2. روغن ضایعات دام

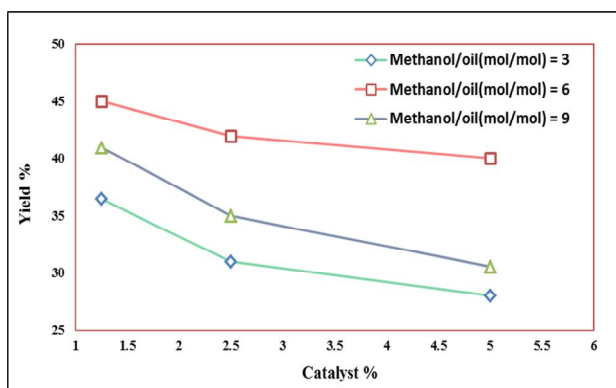
دنبه (تالوی گوسفندی) چربی ذخیره‌ای از انتهای دم نژادهای بخصوصی از گوسفندان کشورهای آسیای میانه از جمله ایران است که به‌صورت دو کیسه اطراف دم ظاهر می‌شود و حیوان از این چربی ذخیره‌ای در هنگام خشکسالی و گرسنگی به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند. درباره میزان تولید تالو در کشور ما آمار دقیق و مستندی وجود ندارد و فقط براساس میزان کشتار دام می‌توان مقدار آن را تخمین زد. بنا بر گزارش سازمان آمار کشور در سال 1391، 6828000 رأس

تولید دیزل زیستی (بیودیزل) از ضایعات کشتارگاهی دام و طیور 27

روغن مورد استفاده در دماهای مختلف می‌تواند رخ دهد. دما به وضوح روی سرعت و بهره‌ و واکنش تأثیر می‌گذارد.

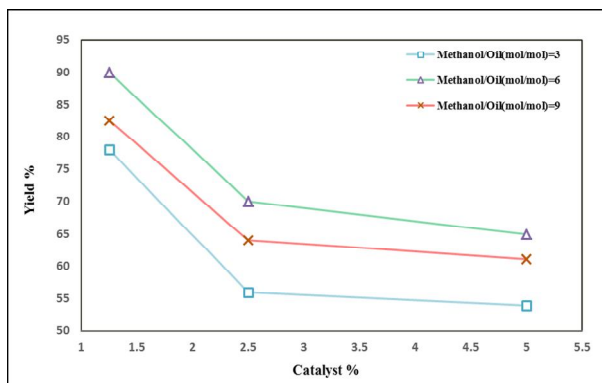
1.1.3. اثر کاتالیست

نتایج آزمایش نشان‌دهنده حالت بهینه برابر 1/25 درصد وزنی روغن برای کاتالیست است. افزایش غلظت کاتالیست باعث کاهش راندمان و صابونی شدن می‌شود. در غلظت‌های پایین کاتالیست مقدار کاتالیست در محیط به‌طور کامل وجود ندارد، از این رو محیط با کمبود کاتالیست همراه است. اما در غلظت‌های بالا به‌علت حضور مقدار اضافی از کاتالیست واکنش به‌سمت صابونی شدن و در نتیجه کاهش راندمان پیش رفته است. در شکل‌های 2 و 3 و 4 تغییرات بازده تولید برحسب غلظت کاتالیست آورده شده است.



شکل (2): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 40 °C

از روی شکل‌های 2، 3 و 4 دیده می‌شود که در یک مقدار کاتالیست مشخص نسبت مولی متانول به روغن برابر 6، بیشترین بازده تولید را دارد. همچنین کاهش بازده تولید با افزایش میزان کاتالیست در یک نسبت مولی مشخص مشهود است.



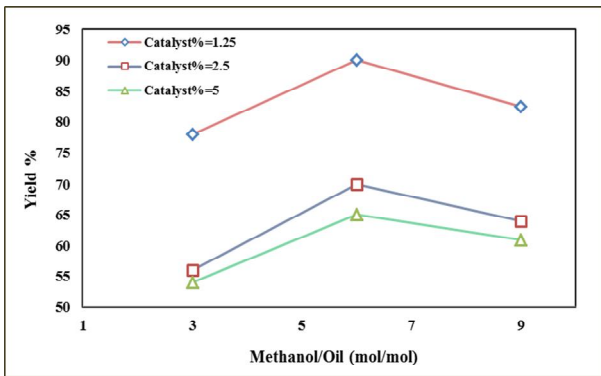
شکل (3): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 50 °C

آزمایش‌ها با استفاده از یک ظرف سه دهانه 500 میلی‌لیتری و در مدت زمان یک ساعت و در دمای 50 تا 55 درجه سلسیوس انجام گرفته‌اند. برای جلوگیری از تبخیر الکل حاضر در واکنش، از یک کندانسور حاوی ضدیخ در دهانه ظرف سه‌دهانه استفاده شده است. برای کنترل دما، یک دماسنج الکلی با دقت 0/5 درجه سانتی‌گراد در دهانه کناری راکتور تعبیه شده است. دهانه دیگر با استفاده از یک چوب‌پنبه بسته شده است. برای حرارت‌دهی و همچنین برای اطمینان از اختلاط کامل محلول واکنش از یک همزن مغناطیسی به همراه مگنت با 500 دور بر دقیقه استفاده شده است. پس از اتمام زمان واکنش، محلول نهایی را درون یک دکانتور ریخته و حدود 24 ساعت نگه داشته می‌شود تا تفکیک فاز به‌طور کامل انجام شود. پس از دو فاز شدن، فاز پایین که غنی از گلیسرین است، دور ریخته می‌شود. فاز بالا که همان دیزل زیستی مورد نظر است، ابتدا با استفاده از آب مقطر و در حدود 3 تا 4 مرحله برای حذف گلیسرین باقی‌مانده در آن شست‌وشو داده می‌شود. با استفاده از نسبت جرمی دیزل زیستی به دست‌آمده به میزان روغن مصرفی، بازده واکنش مشخص می‌شود.

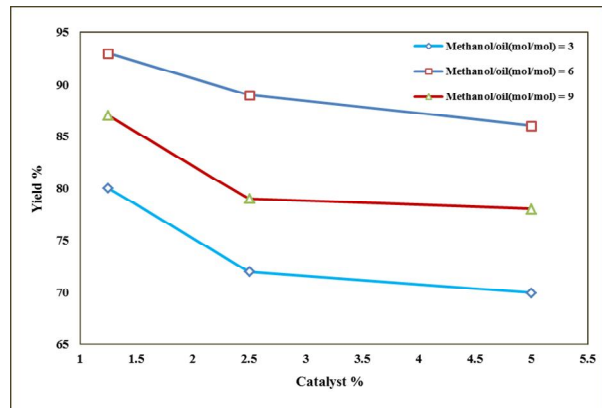
3. نتایج

1.3. بررسی عوامل مؤثر بر واکنش

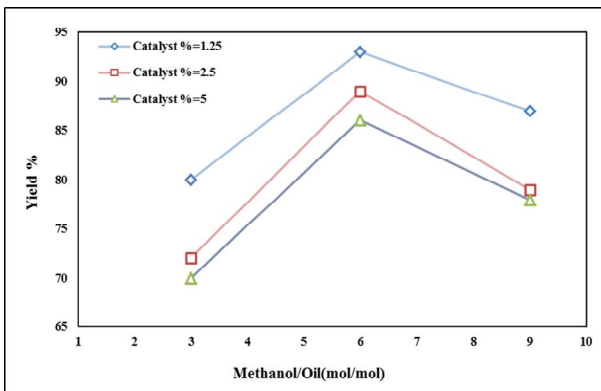
با توجه به اینکه سرعت واکنش کاتالیست بازی KOH بسیار بالاست، برای انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون از این ماده به‌عنوان کاتالیست استفاده شد. نسبت‌های مولی الکل (در این آزمایش متانول) به روغن 3 و 6 و 9 به‌عنوان نسبت‌های مناسب انتخاب شد. بازده واکنش نشان‌دهنده نزدیک بودن بازده در اکثر شرایط است. میزان کاتالیست 1/25 درصد نسبت به دو غلظت 2/5 و 5 درصد، در شرایط بهتری قرار داشته و نیز راندمان نسبت مولی 6 نیز بیشتر از دو نمونه دیگر است. یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر بهره‌ استر، نسبت مولاری الکل به تری‌گلیسرید است. نسبت استوکیومتری واکنش ترانس استری نیاز به سه مول الکل و یک مول تری‌گلیسرید دارد تا سه مول استرآلکیل اسید چرب و یک مولکول گلیسرول تشکیل شود. هرچند که این واکنش تعادلی است و مقدار زیادی الکل نیاز دارد تا تعادل را به‌سمت راست پیش ببرد. برای رسیدن به بیشترین میزان تبدیل، نسبت مولاری الکل به روغن برابر 6 به 1 بایستی استفاده شود. درباره‌ دما وضعیت مقدراری متفاوت است. سرعت تبدیل با افزایش زمان واکنش افزایش می‌یابد. واکنش ترانس استری شدن برحسب



شکل (6): اثر نسبت مولی بر میزان بازده واکنش در دمای 50 °C



شکل (4): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 60 °C



شکل (7): اثر نسبت مولی بر میزان بازده واکنش در دمای 60 °C

2.1.3. اثر نسبت مولی

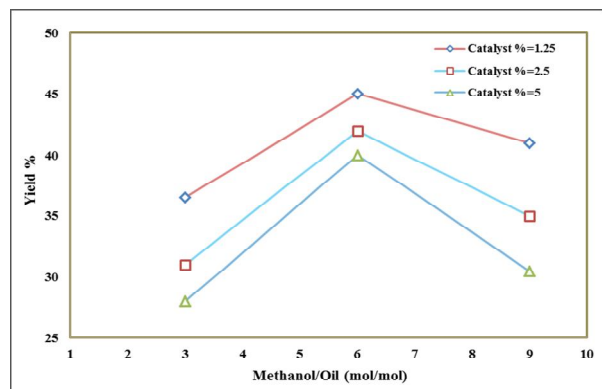
یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در واکنش تولید متیل استر، نسبت مولی الکل به تری گلیسرید است. در این واکنش از نسبت‌های 3 و 6 و 9 استفاده شده است. برای رسیدن به بیشترین میزان تبدیل، نسبت مولاری 6 به 1 الکل به روغن بایستی استفاده شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در دماهای 40 °C و 50 °C و 60 °C سیر تغییرات منظمی برای شرایط واکنش وجود دارد و با افزایش مقدار نسبت مولی، بازده واکنش ابتدا زیاد و سپس کمتر می‌شود. این عمل می‌تواند ناشی از افزایش غلظت متانول و کاهش غلظت کاتالیست در واکنش باشد. در شکل‌های 5 و 6 و 7 نمودار تغییرات بازده تولید دیزل زیستی برحسب نسبت مولی آورده شده است.

همان‌طور که در شکل‌های 5 و 6 و 7 مشخص است، در یک نسبت مولی متانول به روغن ثابت، با افزایش درصد کاتالیست، میزان بازده تولید دیزل زیستی کاهش می‌یابد. همچنین مشخص است که افزایش نسبت متانول به روغن تا مقدار 6، باعث افزایش بازده و افزایش آن به 9، باعث کاهش بازده می‌شود. در واقع تأییدی بر روند مشاهده‌شده در شکل‌های 2 و 3 و 4 است.

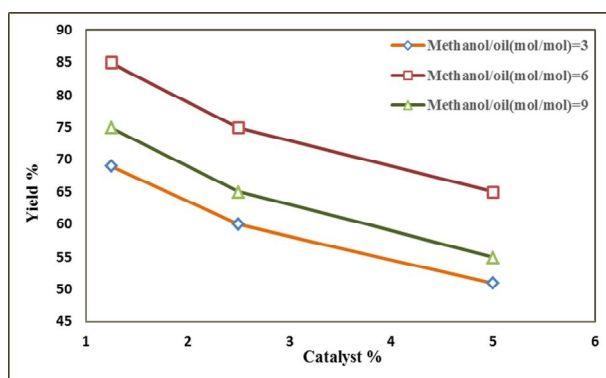
2.3. بررسی عوامل مؤثر بر واکنش ترانس استریفیکاسیون با

روغن ضایعات مرغ

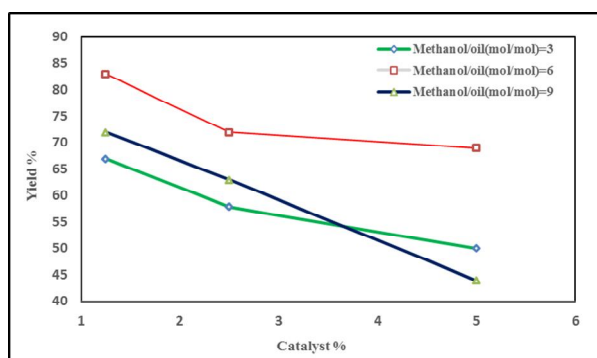
برای انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون نیاز است که غلظت اسیدهای چرب آزاد کمتر از 1 درصد باشد. با توجه به این نکته که این روغن اسیدیته کمتر از 1 درصد دارد، شرایط برای انجام واکنش مهیاست. در این باره نیز از کاتالیست بازی *KOH* استفاده شد. نسبت‌های مولی 3 و 6 و 9 به‌عنوان نسبت‌های مناسب انتخاب شد و بازده واکنش نشان‌دهنده نزدیک بودن بازده در اکثر شرایط است. میزان کاتالیست 1/25 درصد نسبت به دو غلظت دیگر در شرایط بهتری قرار



شکل (5): اثر نسبت مولی بر میزان بازده واکنش در دمای 40 °C



شکل (9): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 50 °C



شکل (10): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 60 °C

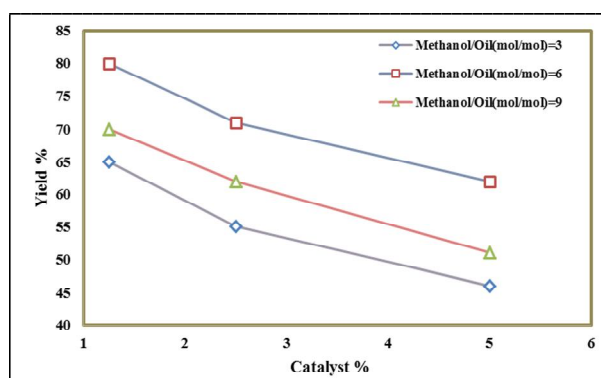
2.2.3. اثر نسبت مولی

یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر بهره‌آستری، نسبت مولاری الکل به تری‌گلیسرید است. در این واکنش، از نسبت‌های 3 و 6 و 9 استفاده شده است و برای رسیدن به ماکزیمم میزان تبدیل، نسبت مولاری 6:1 باید استفاده شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در دمای‌های مختلف، روند منظمی برای شرایط واکنش وجود دارد و با افزایش مقدار نسبت مولی، راندمان واکنش ابتدا زیاد و سپس کمتر می‌شود. این عمل می‌تواند ناشی از افزایش غلظت متانول و کاهش غلظت کاتالیست در واکنش باشد. در شکل‌های 11، 12 و 13 روند ذکر شده مشاهده می‌شود.

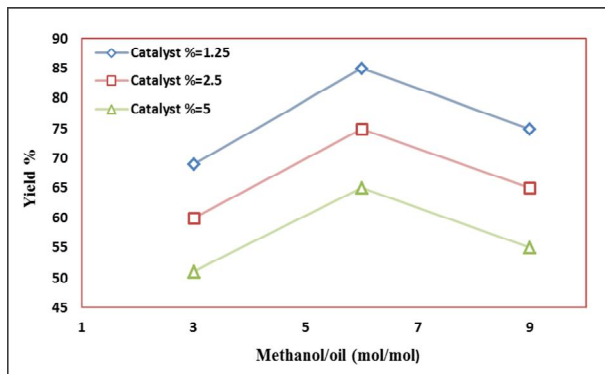
داشته و نیز راندمان نسبت مولی 6 نیز بیشتر از دو نمونه دیگر است. یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر بهره‌آستری، نسبت مولاری الکل به تری‌گلیسرید است. نسبت استوکیومتری واکنش ترانس استری نیاز به سه مول الکل و یک مول تری‌گلیسرید دارد تا سه مول استرآلکیل اسیدچرب و یک مولکول گلیسرول تشکیل شود. هرچند که این واکنش تعادلی است و مقدار زیادی الکل نیاز است تا تعادل را به سمت راست پیش ببرد. برای رسیدن به ماکزیمم میزان تبدیل، نسبت مولاری 1:6 بایستی استفاده شود. درباره‌ی دما شرایط مقداری متفاوت است. سرعت تبدیل با زمان واکنش افزایش می‌یابد. ترانس استری شدن برحسب روغن مورد استفاده در دماهای مختلف می‌تواند رخ دهد. دما به وضوح روی سرعت و بهره‌آستری تأثیر می‌گذارد.

1.2.3. اثر کاتالیست

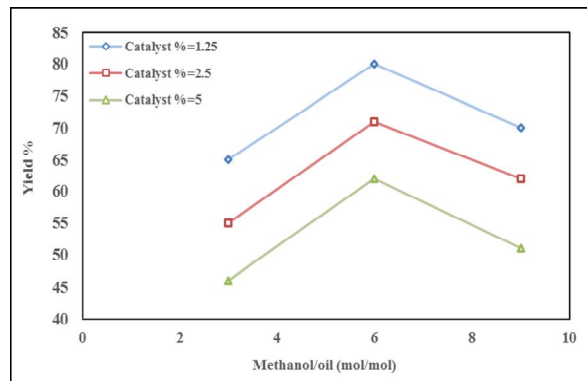
نتایج آزمایش نشان‌دهنده‌ی حالت بهینه برابر 1/25 درصد وزنی روغن برای کاتالیست است. در همه‌ی دماها و نیز تمام نسبت‌های مولی برای این واکنش، تقریباً نمودار منطقی و معینی وجود دارد. افزایش غلظت کاتالیست باعث کاهش راندمان و صابونی شدن شده است. در غلظت‌های پایین کاتالیست، مقدار کاتالیست در محیط به‌طور کامل وجود ندارد؛ بنابراین محیط با کمبود کاتالیست همراه است، اما در غلظت‌های بالا به علت حضور مقدار اضافی از کاتالیست واکنش به سمت صابونی شدن و در نتیجه کاهش راندمان پیش رفته است. شکل‌های 8 و 9 و 10 نمودارهای مربوط آورده شده است.



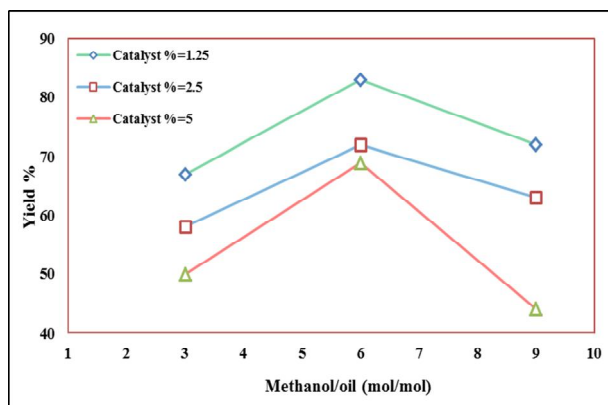
شکل (8): تغییرات بازده برحسب غلظت کاتالیست در دمای 40 °C



شکل (12): اثر نسبت مولی بر میزان بازده واکنش در دمای 50 °C



شکل (11): اثر نسبت مولی بر میزان بازده در دمای 40 °C



شکل (13): اثر نسبت مولی بر میزان بازده واکنش در دمای 60 °C

الکل به روغن و دمای 60 °C به دست آمد. میزان تولید دیزل زیستی در این شرایط برابر 93 درصد بود.

2.4. روغن ضایعات مرغ

در آزمایشات انجام شده با روغن حاصل از ضایعات چربی طیور، بهترین شرایط موجود برای تولید دیزل زیستی با استفاده از این روغن، برابر کاتالیست به میزان 1/25 درصد وزنی روغن موجود در فرایند، نسبت 6:1 مولی الکل به روغن و دمای 50 °C به دست آمد. میزان تولید دیزل زیستی در این شرایط برابر 85 درصد بود.

4. نتیجه گیری و بحث

با توجه به اطلاعات موجود درباره فرایندهای تولید دیزل زیستی از دو روغن متفاوت مورد استفاده در تحقیق حاضر، نتیجه گیری درخصوص هر روغن به طور مجزا آورده شد.

1.4. روغن ضایعات دامی

در آزمایشات انجام شده با روغن حاصل از چربی دامی، بهترین شرایط موجود برای تولید دیزل زیستی با استفاده از این روغن برابر کاتالیست به میزان 1/25 درصد وزنی روغن موجود در فرایند، نسبت 6:1 مولی

مراجع

- [1] Lim S. and Teong L.K., "Recent trends, opportunities and challenges of biodiesel in Malaysia: An overview", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, No. 3, pp. 938-954, 2010.
- [2] Demirbas A., Biodiesel: "A Realistic fuel alternative for diesel engines", Springer, Turkey, 2008.
- [3] Demirbas A., "Importance of biodiesel as transportation fuel", Energy Policy, Vol. 35, pp. 4661-4670, 2007.
- [4] Berrios M. and Skelton R.L., "Comparison of purification methods for biodiesel", Chemical Engineering Journal, Vol. 144, No. 3, pp. 459-465, 2008.
- [5] شلماشی. انور، صفارزاده. شهره،، بیودیزل. 1389.
- [6] Nitschke W.R., Wilson C.M., "Rudolph Diesel: Pioneer of the Age of Power 1965", The University of Oklahoma

Press, Norman, USA.

- [7] Canakci M., Van Gerpen J., "Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids", *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, Vol. 44, pp. 1429–1436, 2001.
- [8] Canakci M., Van Gerpen J., "A pilot plant to produce biodiesel from high free fatty acid feedstocks", *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, Vol. 46, pp. 945–954, 2003.
- [9] Dias JM, Alvim-Ferraz MCM, Almeida MF, "Mixtures of vegetable oils and animal fat for biodiesel production: influence on product composition and quality", *Eng. Fuel*, Vol. 22, pp. 3889–3893, 2008.
- [10] Dias JM, Alvim-Ferraz MCM, Almeida MF, "Production of biodiesel from acid waste lard", *Bioresour. Technol.* Vol. 100, pp. 6355–6361, 2009.
- [11] Diaz-Felix W., Riley M.R, Zimmt W, Kazz M., "Pretreatment of yellow grease for efficient production of fatty acid methyl esters", *Biomass Bioenerg.* Vol. 33, pp. 558–563, 2009.
- [12] Ngo HL, Zafiroopoulos NA, Foglia TA, Samulski ET, Lin W., "Efficient two-step synthesis of biodiesel from greases". *Energ. Fuel*, Vol. 22, pp. 626–634, 2007.
- [13] Alptekin E, Canakci M., "Optimization of transesterification for methyl ester production from chicken fat", *Kocaeli University, Fuel*, Vol. 90, pp. 2630–2638, 2011.
- [14] Encinar J., Sanchez N., Martnez G., "Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content", *Bioresource Technology*, Vol. 102, pp. 10907–10914, 2011.
- [15] گزارش آمار کشتار دام در سال 1391، سازمان دامپزشکی کشور، 1392.
- [16] <http://www.iranseda.ir/FullNews/?g=931257&s>
- [17] <http://www.farsnews.com/newstext.php?nn=13931121000862>
- [18] مجله کانون انجمن‌های صنایع غذایی ایران در رسانه‌ها 11 آذر ماه 1393.