ارزیابی انرژی چرخه زندگی بیودیزل تولیدشده از چربی ضایعات مرغ به‌روش ترانس استریفیکاسیون

مرضیه فروتن[۱]، امین لطفعلیان[۱*]، بهرام حسین زاده سامانی[۱] و سجاد رستمی[۱]

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۰

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران

*** مسئول مکاتبه amin_lotfalian@yahoo.com**

چکیده

کاهش ذخایر فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی نیاز به‌استفاده از سوخت‌هایی با کارآیی و کیفیت بالاتر، آلودگی کمتر و قابلیت تجدیدپذیری را افزایش داده است. بیودیزل سوخت زیستی مناسب جایگزینی گازوییل می‌باشد که از روغن‌های طبیعی تولید می‌شود. با توجه به‌امکان تولید بیودیزل از چربی مرغ در مطالعات پیشین، در این پژوهش چرخه انرژی تولید بیودیزل از چربی مرغ به‌روش LCA بررسی گردید. در این راستا اطلاعات مقدار نهاده‌های مصرفی، حامل‌های انرژی و نیز مقدار محصولات تولید شده تعدادی از واحدهای پرورش مرغ‌گوشتی استان اصفهان طی فصل بهار از آغاز مرحله ضدعفونی ساختمان مرغداری قبل از جوجه‌ریزی تا تحویل مرغ به کشتارگاه و سپس از ضدعفونی کشتارگاه تا خروج گوشت مرغ و ضایعات آن از کشتارگاه با استفاده از پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد و استخراج روغن و تولید بیودیزل در آزمایشگاه انجام گرفت. در این چرخه دو محصول اصلی مرغ خوراکی و بیودیزل به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. مجموع انرژی نهاده‌ها برای تولید بیودیزل از ۱۰۰۰ کیلوگرم مرغ زنده برابر۴۷۴۸۶/۰۹ مگاژول و مجموع انرژی ستانده‌ها ۱۲۳۸۰/۵۵ مگاژول بوده است. انرژی خالص در این چرخه عددی بزرگ با علامت منفی است و نسبت انرژی کوچک‌تر از یک است که نشانگر انرژی مصرفی بالا در تولید این سوخت می‌باشد. اگرچه شاخص‌های انرژی بیانگر بهره‌وری پایین انرژی در شرایط مورد بررسی است، اما ضمن توصیه به‌بهینه‌سازی انرژی صنعت طیور، به‌دلیل استفاده از ضایعات در چرخه مورد بررسی، این شیوه تولید بیودیزل پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل، چرخه‌زندگی، سوخت تجدیدپذیر، چربی یا ضایعات مرغ

۱- مقدمه

افزایش جمعیت و صنعتی شدن جهان نیاز به انرژی را نسبت به زمان‌های پیشین افزایش داده است. در دهه‌های اخیر، ۸۰ درصد نیاز انرژی جهان از طریق منابع فسیلی تأمین شده است (مرآد و همکاران، ۲۰۱۲). محدودیت منابع فسیلی و قیمت روزافزون آن، گرایش به حفظ منابع موجود و آلودگی‌های زیست‌محیطی پژوهش‌گران را بر آن داشته است تا در راستای تولید و استفاده از انرژی‌های پاک و پایدار فعالیت نمایند.

بیودیزل یکی از زیر مجموعه‌های انرژی زیست توده است که از طریق یکی از روش‌های پیرولیز، میکروامولسیون و یا استریفیکاسیون روغن‌های گیاهی، حیوانی و روغن پسماند به‌دست می‌آید (گوان و کوساکاب، ۲۰۰۹، مهر و همکاران، ۲۰۰۶).

بیودیزل به‌طور خالص یا مخلوط شده با سوخت دیزل در درصدهای متفاوت به‌عنوان سوخت جایگزین در موتورهای احتراق داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (تورس جیمنز و همکاران، ۲۰۱۱). از فواید استفاده از بیودیزل، قابلیت تجدیدپذیری، کیفیت بهتر گازهای خروجی از اگزوز، قابلیت تجزیه بیولوژیک و هم‌چنین پیش‌گیری از افزایش اثر گلخانه‌ای به دلیل منشأ فتوسنتزی کربن‌های موجود در این نوع سوخت می‌باشد (بارنوال و شرما، ۲۰۰۵).

چربی طیور یکی از منابع تولید بیودیزل می‌باشد. یکی از برتری‌های استفاده از چربی طیور تشدید نشدن تورم در بازار غذا به دلیل ارزش غذایی کمتر نسبت به‌روغن‌های گیاهی است و برتری دیگر آن استفاده از ضایعات تولید گوشت مرغ است که در هر حال همراه با تولید مرغ وجود داشته است. این امر موجب می‌شود که نیازی به‌صرف هزینه و منابع

برای تولید گیاهان روغنی به‌منظور تهیه ماده روغنی بیودیزل نباشد (ویکتور و همکاران، ۲۰۱۰). از طرف دیگر امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی صنایع مختلف، مدیریت پسماندهای تولیدی آن‌ها و بازیافت مواد قابل مصرف موجود در این پسماندها می‌باشد. یکی از شاخه‌های صنعت کشاورزی، صنعت دامپروری می‌باشد که در مبحث کشتارگاهی دارای مقادیر زیادی پسماند می‌باشد. یکی از این پسماندهای کشتارگاهی چربی‌های موجود در شکم دام‌های کشتار شده (اعم از گاو یا گوسفند) است که غالباً در اطراف قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش حیوان تجمع می‌کند (آلپتکین و کاناکچی، ۲۰۱۱).

صنعت طیور امروزه یکی از گسترده‌ترین صنایع موجود است کشور که صنعت مرغداری مهم‌ترین زیرمجموعه آن می‌باشد. کشتارگاه‌های مرغ در اکثر مناطق ایران موجود می‌باشند که روزانه مقادیر زیادی پسماند تولید می‌کنند. یکی از این پسماندها، قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش مرغ است که در ناحیه شکمی قرار دارد. معمولا در اطراف این قطعات، به‌دلیل جیره‌غذایی خاص و عدم تحرک در طول دوره رشد، مقادیر زیادی چربی تجمع می‌کند و محققان گزارش کرده‌اند با فرآوری این چربی‌ها به مقادیری بین ۲ تا ۱۲ درصد روغن می‌توان دست یافت (آلپتکین و کاناکچی، ۲۰۱۱).

با توجه به‌اهمیت و جایگاه انرژی در دنیای امروز یکی از مباحث مهم در تولید، مدیریت انرژی محصول است. مدیریت نیازمند یک تراز از انرژی‌های ورودی و خروجی تولید محصول مورد نظر می‌باشد. چرخه عمر (LCA) تمام مراحل و فرآیندهای مرتبط با تولید و مصرف یک سیستم تولید یا خدمات، از جمله مصرف انرژی، مواد اولیه و محصولات کمکی، جنبه‌های سیستم‌های حمل و نقل و تدارکات، نیروی انسانی، بسته بندی، بازاریابی و مصرف، و در نهایت، تولید زباله و بازیافت و یا دیگر مقاصد نهایی را شامل می‌شود (فرا، ۱۹۹۸). در این زمینه مطالعاتی بر روی چرخه انرژی و محاسبه انرژی نهاده و ستانده مرغداری‌ها در کشور صورت گرفته است (حیدری و همکاران، ۲۰۱۱و کلهر و همکاران، ۲۰۱۶). ولی در این مطالعات چرخه انرژی تولید سوخت از ضایعات مرغ کمتر دیده شده است. این در حالی است که گزارشاتی مبنی بر امکان تبدیل چربی مرغ به‌بیودیزل، و نتایج رضایت‌بخش بررسی ویژگی‌های شیمیایی این سوخت وجود دارد (فیاضی و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به‌موارد گفته شده هدف از انجام این پژوهش بررسی جریان انرژی تولید بیودیزل از ضایعات مرغ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- جمع‌آوری نمونه

چرخه تولید بیودیزل از چربی ضایعات مرغ با تولید مرغ آغاز شده و با تولید بیودیزل پایان می‌یابد. بر این اساس مرزهای سامانه مورد بررسی با مرز مرغداری شروع شده مراحل تولید مرغ زنده، تولید گوشت‌مرغ و استخراج روغن را در بر گرفته و با تولید بیودیزل، به‌پایان می‌رسد. در طی این چهار مرحله دو محصول اصلی (مرغ خوراکی و بیودیزل) و سه محصول فرعی (کود بستر، نخاله روغن گیری و گلیسیرین) تولید می‌شود (شکل ۱). برای اجرای این پژوهش لازم بود میزان انرژی‌های مصرفی و تولیدی در چهار مرحله مرغداری، گشتارگاه، استخراج روغن و تولید بیودیزل محاسبه شود. در این راستا اطلاعات مقدار نهاده‌های مصرفی و تولیدی تعدادی از واحدهای پرورش مرغ‌گوشتی استان اصفهان طی فصل بهار، از آغاز مرحله ضدعفونی ساختمان مرغداری قبل از جوجه‌ریزی تا تحویل مرغ به‌کشتارگاه و سپس، از ضدعفونی کشتارگاه تا خروج گوشت‌مرغ و ضایعات آن از کشتارگاه با استفاده از پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد. حجم نمونه انتخابی با استفاده از رابطه کوکران معین شد (بنائیان و همکاران، ۲۰۱۱) و نمونه‌گیری به‌صورت کاملا تصادفی انجام گرفت.

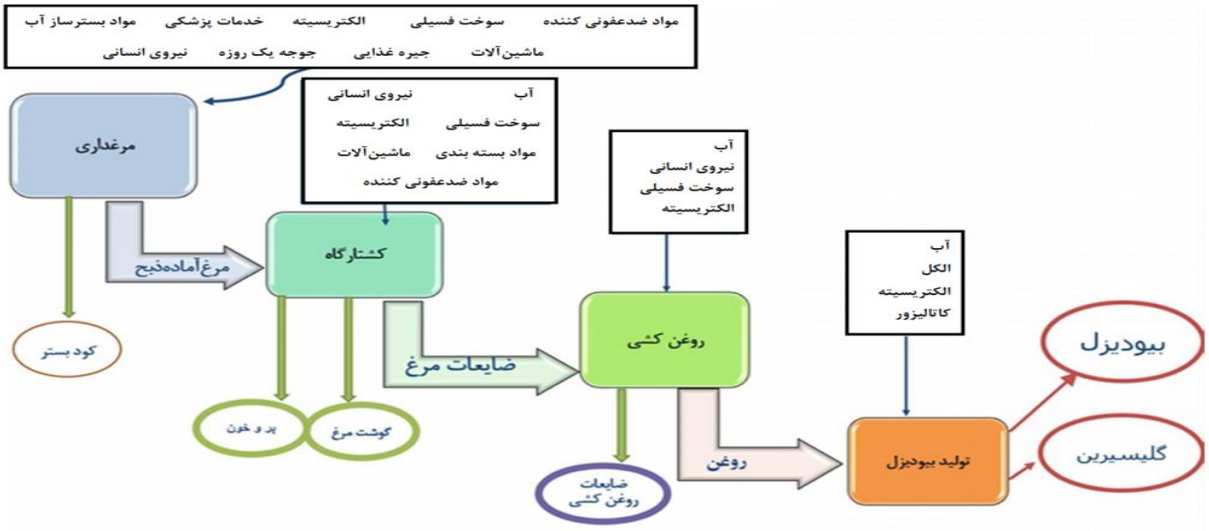
$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

در این معادله، n: حجم نمونه، N: اندازه جامعه، t: ضریب اطمینان، s: واریانس جامعه و d: دقت احتمالی مطلوب می باشد.

در این چرخه نهاده‌های حمل و نقل، در دو مرحله حمل مرغ زنده از مرغداری تا کشتارگاه و حمل ضایعات تا روغن‌کشی در نظر گرفته شد.

۲-۲- مرغداری

این مطالعه در سال ۱۳۹۶ در شهر اصفهان انجام شد. داده‌های این تحقیق توسط پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با ۳۸ مرغدار که به‌پرورش مرغ گوشتی مشغول بودند جمع‌آوری شد. اطلاعات پرسش‌نامه شامل اطلاعاتی از قبیل اطلاعات ساختمان و سالن پرورش، تعداد و ظرفیت سالن، تعداد جوجه‌ریزی، خوراک مصرفی، تأسیسات و ماشین آلات، میزان سوخت و برق مصرفی، نیروی کارگری، کود بستر، وزن زنده مرغ بود. به‌منظور محاسبه انرژی تمام نهاده‌ها و حامل‌های انرژی استفاده شده برای یک دوره کامل تولید در ماه‌های فروردین و اردیبهشت و انرژی ستاندهای تولید شده شامل گوشت‌مرغ و کود بستر در پایان یک دوره، از هم‌ارزهای انرژی عنوان شده در جدول ۱ استفاده شد.



شکل۱- چرخه تولید بیودیزل از روغن پوست‌مرغ

جدول ۱- نهاده‌ها، ستانده‌ها و ضرایب هم ارز انرژی بخش مرغداری

نهاده‌ها	واحد	هم ارز انرژی (MJ/unit)	منبع
گندم	kg	۱۳/۷	نجفی اناری، ۲۰۰۸
ذرت	kg	۷/۹۰	جی ، ۱۹۸۰
کنجاله سویا	kg	۱۲/۰۶	جی، ۱۹۸۰
دی کلسیم فسفات	kg	۱۰/۰۰	آلرویس و فرانسیس، ۲۰۰۳
نمک، ویتامین ومواد معدنی	kg	۱/۵۹	ساینز، ۲۰۰۳
پودر ماهی	kg	۸/۶۲	ساینز، ۲۰۰۳
اسید چرب	kg	۳۷/۰۰	برگ و همکاران، ۲۰۰۲
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	کیتانی، ۱۹۹۹
سوخت فسیلی	L	۴۷/۸	کیتانی، ۱۹۹۹
الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۲	ازکان، ۲۰۰۴
ماشین‌آلات			
فولاد	kg	۲۶/۷	چاوهان و همکاران، ۲۰۰۶
موتور الکتریکی	kg	۶۴/۸	چاوهان و همکاران ، ۲۰۰۶
پلی اتیلن	kg	۴۶/۳	کیتل، ۱۹۹۳
خدمات پزشکی	kg	۱۳/۴۶	آتیلجان، ۲۰۰۶
موادضدعفونی کننده	kg	۱۰۱/۳	برهان و همکاران، ۲۰۰۴
مواد بستر	kg	۱۷/۹۵	سانتوس و لیوکاس جونیور، ۲۰۰۴
جوجه	kg	۱۰/۳۳	حیدری و همکاران، ۲۰۱۱
نیروی انسانی	h	۱/۹۶	محمدی و همکاران، ۲۰۱۰
ستانده‌ها			
مرغ زنده	kg	۱۰/۳۳	حیدری و همکاران، ۲۰۱۱
کود بستر	kg	۰/۳	کلهور، ۲۰۱۶

۲-۳-کشتارگاه

مرغ‌های بالغ شده جهت ذبح به‌کشتارگاه برده می‌شوند. اولین محصول هدف در این مرحله تکمیل می‌شود. در این قسمت ماشین آلات، میزان سوخت، برق مصرفی و نیروی کارگری به‌عنوان نهاده و میزان تولید گوشت و ضایعات به‌ستانده انتخاب شده و همراه با هم-ارزهای انرژی در جدول ۲ آورده شده‌اند. لازم به‌ذکر است مواد بسته-بندی تنها در محاسبات مرغ خوراکی استفاده شده است.

۲-۴- استخراج روغن

در استخراج روغن از ضایعات مرغ لازم است ابتدا ضایعات به‌قطعات کوچک خرد شده، داخل آب در حال جوش قرار گرفته و تا پایان استخراج روغن دمای آب در حد جوش نگه داشته شود. پس از ذوب تمام چربی‌ها حرارت دهی قطع گردیده و سپس روغن را از سطح آب جدا می‌کنند. با این روش اسید چرب آزاد کمتری تولید می‌گردد. اطلاعات مورد نیاز مرحله روغن‌کشی به‌روش مصاحبه و مشاهده در کارگاه‌های سنتی و تولید آزمایشگاهی به‌دست آمد. در جدول ۳ نهاده-ها، ستانده‌ها و ضرایب هم ارز انرژی بخش استخراج روغن معرفی شده است.

۲-۵- تولید بیودیزل

به‌دلیل این‌که در ایران مراکز تولید بیودیزل از روغن چربی مرغ وجود ندارد و هم‌چنین با توجه به‌منابع، میزان نهاده‌های استفاده شده برای تولید ۱ لیتر بیودیزل، در سطح آزمایشگاه محاسبه شده است (رجایی فر و همکاران، ۲۰۱۳)، در این پژوهش نیز از روغن استخراج شده از ضایعات مرغ، در آزمایشگاه بیودیزل تولید شده است و با استفاده از هم‌ارزهای انرژی متناظر هر ماده که در جدول ۴ آورده شده است، مقدار انرژی مصرف شده و تولید شده محاسبه کشته است.

جدول ۲- نهاده‌ها، ستانده‌ها و ضرایب هم‌ارز انرژی بخش کشتارگاه

نهاده‌ها	واحد	هم ارز انرژی (MJ/unit)	منبع
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	کیتانی، ۱۹۹۹
سوخت فسیلی	L	۴۷/۸	کیتانی، ۱۹۹۹
الکتریسیته	kW.h	۱۱/۹۲	ازکان، ۲۰۰۴
مواد ضدعفونی‌کننده	kg	۱۰۱/۳	برهان و همکاران، ۲۰۰۴
نیروی انسانی	H	۱/۹۶	محمدی و همکاران، ۲۰۱۰
ماشین‌آلات	kg	۱۴۲/۷	پی منتال و همکاران، ۱۹۷۳
مواد بسته بندی			
نایلون	kg	۹۰	کاناکچی و اکینچی، ۲۰۰۶
مقوا	kg	۲۴/۸	هوموند و جونز، ۲۰۱۱
ستانده‌ها			
محصولات جانبی مرغ گوشت	kg	۱۰/۳۳	سلیک، ۲۰۰۳
ضایعات خشک	kg	۲۱/۱	کلاوسن، ۲۰۱۰

۲-۶-آماده سازی روغن

با توجه به‌این‌که درصد زیادی از بافت چربی مرغ حاوی آب می-باشد و وجود این آب باعث شکست واکنش می‌شود، در ابتدا دمای چربی‌های تهیه شده تا ۱۰۰ درجه سلسیوس بالا برده شد و مدتی در همین دما نگه داشته شد تا آب درون چربی تبخیر شود. سپس با عبور دادن روغن به‌دست آمده از درون صافی، مواد خارجی در حد امکان از روغن جدا شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت آب به‌دلیل چگالی بالاتر از روغن به‌طور کامل جدا شده و در کف ظرف جداسازی جمع می‌گردد و به‌راحتی قابل جداسازی می‌باشد.

۲-۷- تعیین درصد اسید های چرب آزاد

یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر موفقیت آمیز بودن واکنش تولید بیودیزل، کیفیت روغن خوراک فرآیند است. معمولا در تحقیقات متعددی اشاره شده است که میزان اسیدهای چرب آزاد روغن باید کمتر ۰/۵ درصد وزنی روغن مورد استفاده باشد (فیاضی و همکاران، ۲۰۱۵). به همین منظور در ابتدا باید میزان این اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن را اندازه‌گیری کرد. برای این منظور با استفاده از محلول ۰/۱ نرمال هیدروکسید پتاسیم و معرف فنل فتالئین به‌تیتراسیون روغن حاصل از چربی مرغ پرداخته شد.

جدول ۳- نهاده‌ها، ستانده‌ها و ضرایب هم‌ارز انرژی بخش استخراج روغن

نهاده‌ها	واحد	هم ارز انرژی (MJ/unit)	منبع
برق	kW.h	۱۱/۹۲	ازکان، ۲۰۰۴
گازوئیل	L	۴۷/۸	کیتانی، ۱۹۹۹
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	کیتانی، ۱۹۹۹
نیرو انسانی	h	۱/۹۶	محمدی و همکاران، ۲۰۱۰
ستانده‌ها			
روغن	kg	۳۷/۶	رجایی‌فر و همکاران، ۲۰۱۴b

جدول ۴- نهاده‌ها، ستانده‌ها و ضرایب هم ارز انرژی بخش تولید بیودیزل

نهاده‌ها	واحد	هم ارز انرژی (MJ/unit)	منبع
الکل	kg	۳۷/۶	دی سوزا و همکاران، ۲۰۱۰
کاتالیزور (KOH)	kg	۱۹/۸۷	رجایی‌فر و همکاران، ۲۰۱۴a
الکتریسیته	kW.h	۱۱/۹۲	ازکان، ۲۰۰۴
ستانده‌ها			
بیودیزل	kg	۳۷/۲	کروهن و فریپ، ۲۰۱۲
گلیسیرین	L	۵/۰۶	محمد شیرازی و همکاران، ۲۰۱۲

۲-۸- استریفیکاسیون

استریفیکاسیون چربی‌ها یکی از روش‌های پیشرفته تکنولوژی روغن می‌باشد که تغییراتی در ساختمان اصلی گلیسریدها ایجاد می‌شود بدون اینکه تغییرات شیمیایی در اسید چرب تشکیل دهنده ساختار تری-گلیسرید به‌وجود آید. فقط در این واکنش جابجایی اسیدهای چرب در ترکیبات تشکیل دهنده تری گلیسریدها انجام می‌شود. یا به‌عبارت دیگر استریفیکاسیون موجب تغییرات چربی‌ها و روغن‌ها می‌شود به‌طوری‌که اسید چرب (بخصوص اسید چرب اشباع نشده) در ساختار تری-گلیسریدها تقسیم می‌شود. در این تحقیق اسیدهای چرب آزاد در حضور کاتالیست هیدروکسید پتاسیم با متانول واکنش داده و به‌متیل‌استر تبدیل شد (انسی نار و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۸-۱- واکنش ترانس استریفیکاسیون

در این مرحله از آزمایش، روغن در حضور متوکسید واکنش داده و به‌تولید بیودیزل و گلیسیرین منجر می‌شود (شکل ۲). منظور از متوکسید، همان مخلوط کاتالیزور و متانول می‌باشد. به‌منظور تهیه متوکسید در هر مرحله میزان الکل مورد نظر در درون یک بشر قرار گرفته و بعد از افزودن قرص‌های هیدروکسید پتاسیم، از روش هم‌زنی به‌منظور کاهش مدت زمان انحلال و میزان تبخیر الکل استفاده می‌شد. گلیسیرین یا گلیسرول یک ماده شفاف، بی رنگ، بی بو و غلیظ می‌باشد. در اینجا برای جداسازی گلیسرین از روش ته‌نشینی به‌دلیل چگالی بالاتر آن نسبت به‌سایر مواد موجود در واکنش استفاده شد (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰)

$$\text{1 mol Triglyceride + 1 mol Alcohol} \Longleftrightarrow \text{1 mol Diglyceride + 1 mol } RCOOR_1$$

$$\text{1 mol Diglyceride + 1 mol Alcohol} \Longleftrightarrow \text{1 mol Monoglyceride + 1 mol } RCOOR_2$$

$$\text{1 mol Monoglyceride + 1 mol Alcohol} \Longleftrightarrow \text{1 mol Glycerol + 1 mol } RCOOR_3$$

شکل ۲- مکانیسم مرحله‌به‌مرحله واکنش ترانس استریفیکاسیون

۲-۹- آب‌شویی سوخت

بعد از جداسازی گلیسیرین از بیودیزل باید مواد اضافی موجود در بیودیزل از آن خارج گردد. این مواد عبارتند از صابون، مقداری گلیسیرین ته‌نشین نشده و کاتالیزور، که در صورت باقی ماندن در سوخت نهایی باعث بروز اثرات نامطلوب در نحوه احتراق و بروز بوی بد و دود در محصولات احتراق می‌شوند. لازم به‌ذکر است در این پژوهش از

روش حباب‌شویی و دوش آب به‌طور همزمان به‌همراه هم‌زنی به‌منظور افزایش راندمان آب‌شویی استفاده شد. در مرحله آب‌شویی شفاف شدن آب پسماند حاصل معیار خوبی برای اتمام کار بوده است (گرپن، ۲۰۰۵).

۲-۱۰- شاخص‌های انرژی

مقدار انرژی نهاده ستانده طی چرخه تولید بیودیزل از چربی مرغ با استفاده از مقدار نهاده‌ها و ستانده‌ها و هم‌ارزهای انرژی به‌دست آمد. سپس، محاسبه و مقایسه انرژی‌ها، با استفاده از شاخص‌های استاندارد انرژی انجام گرفت (رجایی‌فر و همکاران، b۲۰۱۴).

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)}} \quad (۲)$$

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{مقدار خروجی (1000 کیلو گرم پرنده)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)}} \quad (۳)$$

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)}}{\text{عملکرد (1000 کیلو گرم پرنده)}} \quad (۴)$$

$$\text{انرژی خالص} = \text{انرژی خروجی(مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)} - \text{انرژی ورودی (مگاژول بر 1000 کیلو گرم پرنده)} \quad (۶)$$

۳- نتیجه و بحث

۳-۱- مرغداری

اولین مرحله برای بررسی چرخه زندگی بیودیزل از چربی مرغ، محاسبه نهاده‌ها و ستانده‌های مرغداری می‌باشد. مقدار نهاده‌ها و ستانده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه در طی فصل بهار سال ۱۳۹۶ جمع-آوری شد که نتیجه آن در جدول ۵ گزارش شده است. طی این بررسی مقدار انرژی‌های مصرفی برای تولید مرغ زنده ۴۳۲۹۵/۱۷ مگاژول و انرژی تولید شده ۱۰۵۳۶/۶ مگاژول بوده است. تحلیل داده-ها نشان داد نسبت انرژی ۰/۲۴، کارایی انرژی ۴۳/۲۹ مگاژول بر کیلوگرم و خوراک با اختلاف کمی از سوخت بیشترین نهاده مصرف شده می‌باشد. نسبت انرژی کمتر از یک نشان‌دهنده آن است که انرژی مصرف‌شده بیش از انرژی تولید شده می‌باشد. در بررسی چرخه زندگی مرغداری در یزد، نسبت انرژی ۰/۱۵، شدت انرژی ۵۱/۲۲ مگاژول بر کیلوگرم و بیش‌ترین نهاده مصرفی سوخت فسیلی بوده است (حیدری و همکاران، ۲۰۱۱). درمطالعه انجام گرفته در ورامین نسبت انرژی ۰/۲۶، شدت انرژی ۱۶/۴۱ مگاژول بر کیلوگرم و بیش-ترین نهاده مصرفی مربوط به‌خوراک بوده است. (کلهر و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از دلایل این اختلافات در نتایج را می‌توان تفاوت در سه اقلیم مورد بررسی دانست بهره‌وری انرژی در هر سه مورد مقایسه شده پایین است و این نشان از اتلاف زیاد انرژی در مسیر تولید این محصول می‌باشد. با طراحی سازه‌هایی برای مرغداری‌ها که امکان استفاده از نور و گرمای خورشید و تهویه و خنکای باد را ایجاد کند، می‌شود در مصرف برق و حامل‌های انرژی صرفه‌جویی کرد. کلهر و همکاران (۲۰۱۶) انرژی مستقیم مصرف شده در ورامین را ۳۹/۷۹ ٪ و حیدری و همکاران (۲۰۱۱) انرژی مستقیم مصرفی در پژوهش انجام شده در یزد را ۶۷/۸۷ ٪ گزارش نمودند. در مطالعه حاضر انرژی مستقیم مصرف شده برابر ۵۲/۷ ٪ است. یکی از علل اختلاف میزان انرژی مستقیم زمان جمع-آوری اطلاعات می‌باشد. جمع‌آوری اطلاعات در فصول سرد با بیشینه مصرف سوخت و در نتیجه، انرژی مستقیم و تجدید ناپذیر بیشتر می-شود.

۳-۲- کشتارگاه

کشتارگاه دومین مرحله چرخه تولید بیودیزل چربی مرغ می‌باشد. در این مرحله اولین ستانده مطلوب (مرغ خوراکی) به دست می‌آید در حقیقت هدف از مصرف نهاده‌ها تا این مرحله به‌دست آوردن گوشت مرغ بوده است. مقدار نهاده‌ها و ستانده‌های این مرحله نیز در جدول ۳ آورده شده است. به‌دلیل یافت نشدن منبع مورد اعتماد برای مقایسه در این قسمت تنها به‌ذکر اطلاعات بدست آمده در این پژوهش اکتفا می-شود. کل انرژی مصرفی در این بخش ۱۱۳۸/۷۷ مگاژول و کل انرژی تولیدی ۱۱۹۷۸/۱مگاژول می‌باشد. در این مرحله بیش‌ترین نهاده مصرفی مربوط به الکتریسیته است. انرژی خالص کشتارگاه مثبت و بهره‌وری انرژی بالاتر از مرحله مرغداری است. شکل ۳ نهاده‌های مصرفی برای تولید مرغ خوراکی را گزارش می‌کند. که شامل مراحل مرغداری و کشتارگاه را می‌شود. بیش‌ترین انرژی مصرفی مربوط به‌خوراک بوده و بیش از نیمی از انرژی‌های مصرفی تجدید ناپذیر هستند. در هیچ یک از مراکز مورد بررسی از سوخت‌های زیستی استفاده نمی‌شد. با استفاده از این سوخت‌ها می‌توان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر را در چرخه افزایش داد.

۳-۳- حمل ونقل

در این چرخه دو مرحله حمل‌ونقل وجود دارد. مرحله اول انتقال پرنده زنده به‌کشتارگاه است. فاصله طی شده برای مرغداری‌های انتخاب شده از ۶ تا ۳۰۰ کیلومتر بوده و وسیله نقیله کامیون‌های ویژه حمل مرغ زنده می‌باشد. مرحله دوم حمل ضایعات تا کارخانه روغن‌کشی می-باشد. تنها کارخانه تولید روغن تالو ایران در استان اصفهان قرار دارد که

باعث می‌شود میزان سوخت مصرفی کم باشد. جدول ۷ مجموع نهاده-های دو مرحله حمل و نقل را به‌ازای یک تن مرغ زنده گزارش می-کند.

۳-۴- استخراج روغن

سومین مرحله مورد بررسی روغن‌کشی است. این مرحله در واقع اولین مرحله مصرف انرژی به‌منظور تولید بیودیزل می‌باشد. حدود ۶۰ درصد از ضایعات مرغ تبدیل به‌روغن می‌شود و مابقی آن به‌منظور خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (انصاری اردلی و همکاران، ۲۰۱۵). جدول ۸ نشان می‌دهد سوخت‌های فسیلی بیش‌ترین نهاده مصرفی در این بخش بوده‌اند. عملیات روغن‌کشی در آزمایشگاه انجام گرفت مقدار نهاده‌ها و ستانده‌های آن محاسبه شد. کل انرژی مصرفی استخراج روغن از ضایعات مرغ ۱۱۰۹/۵۴ مگاژول است و انرژی مصرفی برای روغن کشی کلزا ۲۱۴۰/۵۵ مگاژول گزارش شده است (چوبین و همکاران، ۲۰۱۶). دلیل این اختلاف می‌تواند مقاومت‌کم غشاء سلول‌های چربی جانوری در مقابل گرما باشد.

جدول ۵- مقدار نهاده - ستانده در مرغداری و انرژی معادل آنها برای تولید ۱۰۰۰کیلوگرم مرغ.

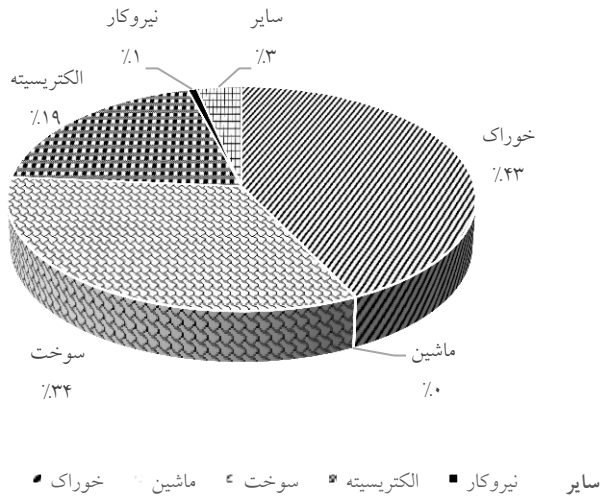
نهاده‌ها	متوسط مقدار نهاده / ستاده	متوسط انرژی مصرفی/ تولیدی (MJ)
گندم (kg)	۳۳/۷۵	۴۶۲/۴۱
ذرت (kg)	۱۲۵۲/۱۲	۹۸۹۱/۷۵
کنجاله سوی ا(kg)	۶۳۱/۰۱	۷۵۱۰/۰۳
دی کلسیم فسفات (kg)	۳۱/۵۸	۳۱۵/۸۸
نمک (kg)	۶/۸۸	۱۰/۹۴
پودر ماهی (kg)	۳۰/۵۷	۲۶۳/۵۵
اسید چرب (kg)	۱۶/۳۰	۶۰۳/۱۴
ویتامین و مواد معدنی (kg)	۱۸/۶۷	۲۹/۶۸
الکتریسیته (kWh)	۶۸۷/۷۳	۶۲۰۴/۶۸
سوخت دیزل (L)	۱۸۶/۹۱	۸۹۳۴/۳
گاز طبیعی (m^3)	۱۱۳/۱۴	۵۶۰۰/۸
فولاد (k)	۰/۱۷	۱۱/۱۷
پلی اتیلن (kg)	۰/۰۷۲	۳۵/۳
موتور الکتیریکی (kg)	۰/۰۳۱	۲/۰۵
جوجه (kg)	۱۹/۵۱	۲۰۱/۶
بستر (kg)	۴۸/۷۴	۷۸۴/۹
نیرو کار (h)	۵۵/۶۵	۱۰۹/۰۸
سموم و مواد ضدعفونی‌کننده (kg)	۱/۶۳	۱۶۳/۶۵
خدمات دامپزشکی (kg)	۰/۱۴	۲/۰۴
مجموع انرژی نهاده ها		۴۳۲۹۵/۱۷
ستانده‌ها		
مرغ زنده (kg)	۱۰۰۰	۱۰۳۳۰
کود بستر (kg)	۶۸۸/۶۴	۲۰۶/۶
مجموع انرژی ستانده‌ها		۱۰۵۳۶/۶

جدول ۶- مقدار نهاده-ستانده در کشتارگاه و انرژی معادل آنها برای ذبح ۱۰۰۰کیلوگرم مرغ

نهاده‌ها	متوسط مقدارنهاده / ستاده	متوسط انرژی مصرفی/تولیدی (MJ)
گاز طبیعی (m^3)	۱/۱۲	۵۵/۶۹
سوخت فسیلی (L)	۱/۹۵۸	۹۳/۵۹۴
الکتریسیته (kWh)	۴۷/۹۳	۵۷۱/۸۴
نیروی انسانی (h)	۲۲/۸۶	۴۴/۸
مواد ضدعفونی کننده (kg)	۰/۱۷۴	۱۷/۴
نایلون (kg)	۳/۸۸	۳۹۴/۳۶
مقوا (kg)	۳/۶۹	۹۸/۲۲
ماشین آلات (kg)	۰/۰۱۰	۱/۴۶
مجموع انرژی نهاده‌ها		۱۱۳۸/۷۷
	ستانده‌ها	
مرغ خوراکی (kg)	۶۳۳/۶۹۹	۶۵۴۶/۱۱۱
ضایعات (kg)	۲۵۷/۴۴۰۲	۵۴۳۱/۹۸۹
مجموع انرژی ستانده‌ها		۱۱۹۷۸/۱

جدول ۷- مقدار نهاده‌های مصرفی وانرژی معادل آن در حمل ونقل یک تن بار

نهاده‌ها	متوسط مقدار نهاده مصرفی	متوسط انرژی مصرفی (MJ)
سوخت فسیلی (L)	۱۰	۴۷۸
نیروی کار (h)	۰/۳۸۲	۰/۷۵
مجموع انرژی نهاده‌ها		۴۷۸/۷۵



شکل۳- انرژی‌های مصرفی برای تولید مرغ خوراک

۳-۵- بیودیزل

تولید بیودیزل آخرین مرحله چرخه حیات است. مقدار نهاده‌ها و ستانده‌های این مرحله در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد و در جدول ۹ بر اساس مصرف یک لیتر روغن گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند کل انرژی مصرفی برای تولید بیودیزل ۷/۶۴۵ مگاژول و کل انرژی تولیدی ۳۰/۴۷۲ مگاژول بوده است. در تولید بیودیزل از کلزا مجموع انرژی‌های

ورودی و خروجی به‌ترتیب ۸/۹۶ و ۳۲/۷۳ مگاژول گزارش شده است (چوبین و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین در مطالعه انجام شده بر روی بیودیزل سویا مجموع انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها ۵/۹ و ۳۲/۷ مگاژول گزارش شد (پرادهان و همکاران، ۲۰۱۱) محاسبات انجام شده برای تمامی مراحل تولید بیودیزل تولیدی از چربی مرغ برحسب ۱۰۰۰کیلوگرم مرغ زنده در قالب شاخص‌های انرژی، در جدول ۱۰ گزارش شده است.

جدول ۸- مقدار نهاده- ستانده در روغن‌کشی و انرژی معادل آنها برای ۱۰۰۰ کیلوگرم ضایعات

نهاده- ستاده	متوسط مقدار نهاده / ستاده	متوسط انرژی مصرفی/ تولیدی (MJ)
الکتریسیته (kWh)	۱/۴۵	۱۷/۲۹۹
گازوئیل (L)	۱۰	۴۷۸
گاز طبیعی (m^3)	۱۰	۴۹۵
نیروکار (h)	۰/۶	۱۱۷/۶
ماشین آلات (kg)	۰/۰۱۱۵	۱/۶۴۱
مجموع انرژی نهاده‌ها		۱۱۰۹/۵۴
ستانده		
روغن (kg)	۶۰۰	۲۲۵۶۰
مجموع انرژی ستانده ها		۲۲۵۶۰

جدول ۹- نهاده- ستانده تولید بیودیزل و انرژی معادل بر اساس مصرف یک لیتر روغن

عنوان	متوسط مقدار نهاده/ستاده	متوسط انرژی مصرفی / تولیدی (MJ)
KOH (kg)	۰/۰۱۰	۰/۱۹۹
الکل (kg)	۰/۱۹۷	۷/۴۱۶
برق (kWh)	۰/۰۰۲۵	۰/۰۳
مجموع انرژی نهاده‌ها		۷/۶۴۵
ستانده‌ها		
بیودیزل (kg)	۰/۷۹۲	۲۹/۴۶
گلیسیرین (L)	۰/۲	۱/۰۱۲
مجموع انرژی ستانده‌ها		۳۰/۴۷۲

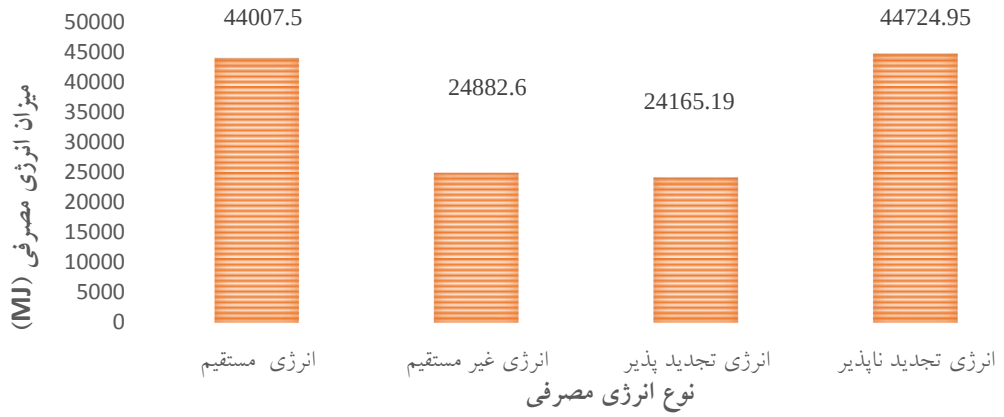
اطلاعات به‌دست آمده نشان می‌دهد در طی یک چرخه کامل تولید بیودیزل از چربی ضایعات مرغ، کل انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها ۴۷۴۸۶/۰۹ و ۱۲۳۸۰/۵۵ مگاژل می‌باشد. نسبت انرژی کمتر از یک می‌باشد و خالص انرژی عددی بزرگ با علامت منفی است که نشان می‌دهد انرژی مصرفی طی چرخه تولید بیش از انرژی تولیدی بوده است. در پژوهش انجام شده در ایالات متحده آمریکا در رابطه با چرخه زندگی بیودیزل از چربی جانوری میزان نسبت انرژی برای چربی‌های حیوانی خیلی کمتر از یک (۰/۳۳)گزارش شد (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰). نسبت انرژی برای بیودیزل تولید شده از سویا توسط پرادهان و همکاران (۲۰۱۱)، ۵/۵۸ و برای بیودیزل تولید شده از کلزا توسط چوبین و همکاران (۲۰۱۶)، ۴/۳۹ گزارش شد. در پژوهش انجام شده به روش LCA در برزیل بر روی بیودیزل تولیدی از سویا خالص انرژی مثبت بود که نشانگر تولید بیشتر انرژی نسبت به انرژی مصرفی می‌باشد (بروندانی و همکاران، ۲۰۱۴). از دلایل کارایی پایین بیودیزل تولید شده از ضایعات مرغ نسبت به‌بیودیزل تولید شده از روغن‌های گیاهی استفاده گیاهان در مراحل رشد خود از انرژی‌های زیستی (همچون نور و گرمای خورشید) است که در محاسبات نهاده‌ها منظور نمی‌گردد. با این وجود باید در نظر داشت چربی جانوری استفاده شده در تولید بیودیزل، از ضایعات تولید شده همراه با محصول اصلی دیگری است. نسبت انرژی فسیلی کوچک‌تر از یک نشان دهنده بیشتر بودن مقدار سوخت‌های فسیلی مصرف شده از مقدار سوخت زیستی تولید شده می‌باشد. زیرا در تمامی مراحل تولید بیودبزل صرفا از سوخت‌های فسیلی استفاده شده و این از نقاط ضعف صنعت پرورش طیور می‌باشد.

تحلیل داده‌ها نشان داد در طی این چرخه، میزان انرژی‌های مستقیم بیشتر از انرژی‌های غیر مستقیم بوده و میزان انرژی‌های تجدید پذیر کمتر از انرژی‌های تجدید ناپذیر می‌باشد (شکل ۴). با توجه به‌این-

که انرژی‌های تجدید ناپذیر باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی هستند، لازم است با اصلاح روش‌های تولید مرغ مصرف این نهاده‌ها و همراه با آن آلودگی محیط زیست را کاهش داد. بیش‌ترین میزان مصرف نهاده و انرژی مربوط به تولید پرنده است، البته باید در نظر داشت که انرژی مصرفی در این بخش برای تولید گوشت‌مرغ بوده و روغن مورد استفاده برای تولید بیودیزل از ضایعات مرغ به‌دست آمده است (شکل ۵). لوپز و همکاران (۲۰۱۰) نیز در نتایج خود اشاره نموده است که بهترین روش برای کاهش انرژی نهاده‌ها در تولید بیودیزل از چربی حیوانات، اصلاح در الگوی تولید حیوانات و الگوی مصرف جامعه است در اکثر موارد نسبت انرژی برای سوخت‌های تولید شده از گیاهان بزرگتر از یک است ولی به‌واسطه خوراکی بودن منبع اولیه و نیز به‌دلیل صرف منابع برای کشت محصول صرفاً جهت تولید سوخت لازم است با ملاحظه انجام گیرد. ولی سوخت‌های تولید شده از ضایعات حیوانی با وجود منفی‌بودن خالص انرژی آن‌ها، در واقع بازیافت انرژی هستند.

جدول ۱۰- شاخص‌های انرژی تولید بیودیزل از ضایعات یک تن مرغ زنده

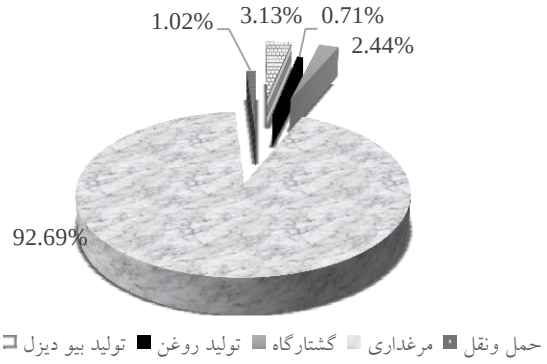
شاخص	مقدار	واحد
نسبت انرژی	**۰/۲۶**	-
بهره‌وری انرژی	**۰/۰۰۳۱**	**$kg.MJ^{-1}$**
کارایی انرژی	**۳۱۳/۹**	**$MJ.kg^{-1}$**
خالص انرژی	**-۳۵۱۰۵/۵۴**	**$MJ.L^{-1}$**
نسبت انرژی فسیلی	**۰/۱۵۳**	**-**



شکل ۴- مقایسه نوع انرژی‌های مصرفی طی چرخه تولید بیودیزل از چربی مرغ

۴- نتیجه‌گیری

در محاسبه نهاده‌ها و ستانده‌های مرغداری مقدار انرژی‌های مصرفی۴۳۲۹۵/۱۷ مگاژول و انرژی تولید شده ۱۰۵۳۶/۶ مگاژول بوده است. تحلیل نتایج نشان داد، استفاده از جیره غذایی با ضریب تبدیل پایین و استفاده نکردن از انرژی‌های طبیعی و وابستگی شدید این صنعت به‌سوخت‌های فسیلی از عوامل پایین‌بودن کارایی انرژی تولید گوشت‌مرغ می‌باشد. مجموع انرژی نهاده‌ها برای تولید بیودیزل از ۱۰۰۰کیلو گرم مرغ زنده برابر ۴۷۴۸۶/۰۹ مگاژول و مجموع انرژی ستانده‌ها ۱۲۳۸۰/۵۵ مگاژول بوده است. خالص انرژی در این چرخه عددی بزرگ با علامت منفی است و نسبت انرژی کوچک‌تر از یک



شکل۵-نمودار درصد انرژی نهاده‌ها در مراحل مختلف تولید بیودیزل از چربی مرغ

است که نشانگر انرژی مصرفی بالا در تولید این سوخت می‌باشد. همچنین کمتر از یک بودن نسبت سوخت فسیلی نیز نشان دهنده مصرف بالای سوخت فسیلی در مراحل تولید است. نگاهی ظاهری به شاخص های انرژی تولید سوخت بیودیزل با روش و مواد مورد بررسی و مقایسه آن با شاخص‌های تولید بیودیزل از دانه‌های روغنی گواه مناسب نبودن این چرخه تولید می‌باشد ولی با توجه به‌نتایج حاصل از بررسی مرحله‌به‌مرحله چرخه تولید بیودیزل که بیانگر بیشترین سهم انرژی مصرفی در بخش مرغداری می‌باشد و با در نظر گرفتن ضایعات تولید مرغ به‌عنوان ماده اولیه بیودیزل در این پژوهش و هم-چنین با توجه به‌افزایش نسبت انرژی تولید بیودیزل در مقایسه با تولید مرغ، تولید بیودیزل با روش و مواد مورد بررسی توصیه می-گردد.

منابع

Alptekin, E. and Canakci, M. 2011. Optimization of transesterification for methyl ester production from chicken fat. Fuel 90: 2630-2638.

Alrwis, K.N., and Francis, E. 2003. Technical efficiency of broiler farms in the central region of Saudi arabia.Res.Bult.116, 5-34

Ansari Ardali, M., Sadrameli, M., Ghobadian, B. and Shamlo Aliabady, M. R. 2015. Bio-diesel production of animal and poultry slaughterhouse waste. Journal of Engineering and Management of Energy. 5(1): 24-31 (in farsi).

Atilgan, A. 2006. Cultural energy analysis on broilers reared in different capacity poultry houses. Italy Journal of Animal. 5: 393-400.

Banaeian, N., Omid, M. and Ahmadi, H. 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management 52, 1020-1025.

Barnwal, B. K. and Sharm, M. P. 2005. Prospects of biodiesel production from vegetables oils in India",Renew Sust Energy Rev, 9(3): 63–78.

Berg, M. J., Tymoczkyo, L.J. and Stryer, L. 2002. Biochemistry. Fifth Ed. New York: W.H. Freeman.

Brondani, M., Hoffmann, R., Mayer, F. D., and Kleinert, J.S. 2014. Environmental and energy analysis of biodiesel production in Rio Grande do Sul, Brazil. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Burhan, O., Kurklu, A. and Akcaoz, H. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production:a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy 26: 89-95.

Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K. J. and Pandey, K. P. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis. Energy Convers. Manage, 47: 1063-85.

Canakci, M., and Akinci, I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy, 31: 1243-1256.

Celik, L. O. 2003. Effects of dietary supplemental l-carnitine and ascorbic acid on performance, carcass composition and plasma l-carnitine concentration of broiler chicks reared under different temperature. Arch. Anim. Nutr. 57: 27-38.

Choobin, S., Hosseinzadeh Samani, B. and Esmaeil, Z. 2016. Life-Cycle Assessment of Environmental Effects on Rapeseed Production. Journal of Renewable Energy and Environment. 3(4): 10-19.

Clausen, T. 2010. Pers.com. Veterinarian at Pelsdyrserhvervets Forsogs-og Radgivningscenter, holstebro, Denmark.

De Souza, S. P., Pacca, S., De Avila, M. T. and B. Borges, J.L. 2010. Greenhouse gas emissions and energy balance of palm oil biofuel. Renewable Energy 35: 2552-2561.

Encinar, J. M., Sanchez, N., Martinez, G. and Garcia, L. 2011. Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content Bioresource Technology. 102: 10907-10914.

Fayyazi, E., Ghobadian, B., Najafi, G., Hosseinzadeh, B., Mamat, R. and Hosseinzadeh, J. 2015. An ultrasound-assisted system for the optimization of biodiesel production from chicken fat oil using a genetic algorithm and response surface methodology, Ultrasonics sonochemistry, 26 :312-320.

Ferra ˜o PC. 1998. Introduction to environmental management–Life cycle assessment of products. IST Press, Libon, 219.

Gee, C. K. 1980.Cultural energy in sheep production. In: Pimentel D, editor. Handbook of Energy Utilization in Agriculture. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 425.

Gerpen, J V. 2005. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology 86: 1097-1107.

Guan, G. and Kusakabe, K. 2009. Synthesis of biodiesel fuel using an electrolysis method, Chemical Engineering Journal, 153: 159-163.

Heidari M. D., Omid M. and Akram, A. 2011. Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. Energy, 36: 6536-6541.

Hommond, G. and Jones, C. 2011. Inventory of Carbon and Energy (ICE).Retrieved from, www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied.

Hosseinzdeh Samani, B., Zareiforoush, H., Lorigooini, Z., Ghobadian, B., Rostami, S. and Fayyazi, E. 2010. Ultrasonic-assisted production of biodiesel from Pistacia atlantica Desf.oil, Fuel 168: 22-26.

Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A. and Sharifi, M. 2016. Modeling of energy ratio index in broiler production units using artificial neural networks. Sustainable Energy Technologies and Assessments 17: 50-55.

Kitani, O. 1999. Energy and Biomass Engineering, CIGR Handbook of Agricultural Engineering, p. 330. St. Joseph, MI

Kittle, A. P. 1993. Alternate Daily Cover Materials and Subtitle, the Selection Technique Rusmar. PA: Incorporated West Chester.

Krohn, B. J. and Fripp, M. 2012. A life cycle assessment of biodiesel derived from the niche filling energy crop camelina in the USA. Applied Energy 92: 92-98.

Lopez, D. E., Mullins, J. C. and Bruc, D.A. 2010. Energy Life Cycle Assessment for the Production of Biodiesel from Rendered Lipids in the United States. Ind. Eng. Chem. Res. 49: 2419-2432.

Meher, L. C., Sagar, D. V. and S. N., Naik. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review, Renew Sustain Energy Rev, 10: 248-268.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S. and H. Rafiee. 2010. Energy inputseyield relationshipand cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renew Energy 35(5): 1071-1075.

Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., Avval S. H. M. and E. B. Kalhor. 2012. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield intangerine production. Renewable and sustainable energy reviews 16: 4515-4521.

Mrad, N., E. G. Varuvel, M. Tazerout. and F. Aloui. 2012. Effects of biofuel from fish oil industrial residue e Diesel blends in diesel engine. Energy 44: 955-963.

Najafi Anari, S., Khademalhoseini, N., Jazayery, K. and K. h. Mirzade. 2008. Assessing of energy efficiency on broiler farm in the Ahvaz zone, in: 5th National Conference on Agricultural Machinery and Mechanization, Iran: Mashhad; (in farsi).

Ozkan, B., Akcaoz, H. and C. Fert. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29: 39-51.

Pimentel, D. L., Hurd, E., Belloti, A. L., Forster, M. J., Oka, J.N., Sholes, O. D. and R. J. Whitman. 1973. Food production and the energy erisis. Science 182: 443-449.

Pradhan, A., Shrestha, D., McAloon, A., Yee, W., Haas, M. and J. Duffield. 2011. Energy life-cycle assessment of soybean biodiesel revisited. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 54: 1031-1039.

Rajaeifar, M. A., Ghobadian, B., Safa, M. and M. D. Heidari. 2014 a. Energy life-cycle assessment and CO2 emissions analysis of soybeanbased biodiesel: a case study. Journal of Cleaner Production 66: 233-241.

Rajaeifar, M. A., Akram, A., Ghobadian, B., Rafiee, S. and M. D. Heidari. 2014b. Energy-economic life cycle assessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. Energy 66: 139-149

Sainz, R. D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for falculating fossil fuel use in livestock systems, p. 20.

Santos, T. M. B. and J. Lucas Junior. 2004. Balanco energetico em galpao de frangos de corte. Engenharia Agricola, 24: 25-36. Jaboticabal (in Portuguese).

Torres-Jimenez, E., Dorado, N. P. and B. Kegl. 2011. Experimental investigation on injection characteristics of bioethanol–diesel fuel and bioethanol–biodiesel blends. Fuel 90: 1968-1979.

Victor, F., George, M., Lawrence, A. and L. Tavlaridesa. 2010. Investigations on supercritical transesterification of chicken fat for biodiesel production from low-cost lipid feedstocks. J. of Supercritical Fluids, 54: 53-60.

Life Cycle Energy Assessment of Biodiesel Production from Chicken Fat Based on Transesterification Method

M. Frotan[1], A. Lotfalian[1*], B. Hosseinzadeh Samani[1] and S. Rostami[1]

Received: 30 November 2017 Accepted: 11 November 2018

[1]Department of Mechanical Engineering of Biosystem,Faculty of Agricultural Sciences, Shahrekord University, Iran

*Coresponding author: amin_lotfalian@yahoo.com

Abstract

The reduction in fossil reservoirs and the bioenvironmental pollutions entails the use of more efficient higher quality fuels that generate less pollution and are renewable. Biodiesel is an appropriate biofuel to replace gasoil and it is produced from natural oils. The current research investigates the energy of biodiesel production from chicken fat based on LCA method. The information pertaining to the amounts of the consumed inputs and the amount of the output energy in a number of chicken farms in Isfahan. Questionnaires, interviews and experiments were used for the study. In this cycle, two main products, i.e. the edible chicken meat and the biodiesel, were considered as the outputs. The total energy of the inputs for the production of biodiesel out of 1000 kg of live chicken was equal to 47486.09 MJ and the total energy of the outputs was 12380.55 MJ. The net energy in this cycle was a huge figure with a negative sign and the energy ratio was found lower than 1 and this is reflective of the high energy consumed in producing such a fuel. The results indicate that the largest share of the consumed energy pertains to the chicken farming operations. Although the energy indices indicate low energy efficiency in the conditions of the study, due to the use of wastes in the studied cycle, this method of biodiesel production is recommended however with attempts to improve its efficiency.

Keywords: Biodiesel, Chicken fat or waste, LCA, Renewable energy