

تولید زیست‌دیزل از ریز جلبک (سخت‌پایدار قرن)

تدوین و گردآوری:

دکتر داریوش عربیان، دکتر رسول خلیل‌زاده، فررین عاچور اقدام

سرشناسه:	عربیان، داریوش، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور:	تولید زیست دیزل از ریز جلیک (سوخت پایدار قرن) تدوین و گردآوری داریوش عربیان، رسول خلیلزاده، فرزین عباسپور اقدم
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری:	ب، ۳۱۶ ص: مصور
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۴۹-۴
وضعیت فهرست‌نویسی:	قیفا.
ذات:	واژه‌نامه
ذات:	کتابنامه
موضوع:	سوخت‌های بیودیزلی
شماره افزوده:	آنرزی زیست‌توده
شناسه افزوده:	خلیلزاده، رسول، ۱۳۵۰ -
شناسه افزوده:	عباسپور اقدم، فرزین، ۱۳۶۴ -
رده‌بندی کنگره:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر
رده‌بندی دیویی:	۱۳۹۶ / ۹۶۴ / TP۳۵۹
کتابشناسی ملی:	۶۹-۶۶۳۰



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

عنوان کتاب:	تولید زیست دیزل از ریز جلیک (سوخت پایدار قرن)
تدوین و گردآوری:	داریوش عربیان، رسول خلیلزاده - فرزین عباسپور اقدم
ناشر:	انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد:	فریناز عسگری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه‌آرایی، رایانه‌ای:	مهدی ملایی
ویراستاری ادبی:	زهرا جاویدی
شمارگان:	جلد ۱۰۰۰
نوبت چاپ:	اول، پاییز ۹۶
قیمت:	۲۴۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-49-4

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر - معاونت پژوهش و فناوری - مدیریت دانش

انتشارات، تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

پیشگفتار مولف ۱

فصل اول: سوخت‌های زیستی ۳

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- سوخت‌های زیستی ۶

۱-۲-۱- زیست‌الکل و زیست‌اتانول ۶

۱-۲-۲- سوخت‌های گازی زیست تجزیه‌پذیر ۸

۱-۲-۳- روغن‌های گیاهی ۸

۱-۲-۴- زیست‌دیزل ۹

۱-۳- تولید زیست‌دیزل از روغن گیاهی ۱۰

۱-۳-۱- سابقه تولید و استفاده از زیست‌دیزل ۱۱

۱-۳-۲- منابع تولید زیست‌دیزل ۱۳

۱-۳-۲-۱- نسل اول منابع زیست‌دیزل ۱۶

۱-۳-۲-۲- نسل دوم منابع زیست‌دیزل ۱۶

۱-۳-۲-۳- نسل سوم منابع زیست‌دیزل ۱۷

۱-۳-۳- موارد مصرف زیست‌دیزل ۱۸

۱-۳-۴- اثر زیست‌دیزل بر طبیعت ۱۸

۱-۳-۵- تفاوت دیزل و زیست‌دیزل ۱۹

۱-۳-۶- مزایای استفاده از زیست‌دیزل ۲۰

۱-۳-۷- تولید و مصرف جهانی زیست‌دیزل ۲۱

فصل دوم: فناوری‌های تولید زیست‌دیزل از ریز جلبک‌ها ۲۳

۱-۲- مقدمه ۲۳

۲-۲- جلبک‌ها و ساختار سلولی آن‌ها ۲۴

۳-۲- شرایط انتخاب گونه ۲۶

۳۸	۴-۲-واحد‌های کمی
۳۹	۵-۲-اسیدهای چرب غیراشباع
۴۰	۶-۲-کیفیت ریز جلبک برای تولید زیست‌دیزل
۴۱	۷-۲-زیست‌فناوری ریز جلبک‌ها
۴۳	۸-۲-فعالیت‌های محققان درباره ریز جلبک
۴۶	۹-۲-ریز جلبک‌های مورد استفاده برای کاربردهای صنعتی
۴۶	۱-۱-۱-۲-ریز جلبک دوناللیا
۴۷	۲-۹-۲-کلرلا ولگاریس
۴۹	۳-۹-۲-ناک رزمی کلرلا ولگاریس
۴۹	۴-۹-۲-رخت‌شاسی، سازمان‌دهی سلولی و تولیدمثل کلرلا ولگاریس
۵۱	۵-۹-۲-بوم‌شناسی فریولوژی کلرلا ولگاریس
۵۲	۱۰-۲-آنالیز شیمیایی جابک کلرلا
۵۳	۱۱-۲-تاریخچه کشت انبوه ریز جلبک کلرلا ولگاریس
۵۴	۱-۱۱-۲-سندسموس اولیوس
۶۳	فصل سوم: کشت ریز جلبک
۶۳	۱-۳-مقدمه
۶۴	۲-۳-کشت جلبک‌ها در روش‌های باز
۶۸	۳-۳-کشت جلبک در روش‌های بسته (راکتورهای زیستی نوری)
۶۹	۱-۳-۳-فاکتورهای مهم در طراحی راکتور زیستی نوری
۷۱	۲-۳-۳-انواع مختلف راکتور زیستی نوری
۷۱	۱-۲-۳-۳-راکتورهای زیستی نوری لوله‌ای عمودی
۷۲	۲-۲-۳-۳-راکتور زیستی نوری ستون حبابی
۷۳	۳-۲-۳-۳-راکتور زیستی نوری لوله‌ای ایرلیفت
۷۴	۴-۲-۳-۳-راکتور زیستی نوری صفحه صاف
۸۲	۵-۲-۳-۳-راکتور زیستی نوری لوله‌ای افقی

۸۳	۳-۲-۶-راکتور زیستی نوری لوله‌ای مارپیچ ایرلیفت
۸۵	۳-۲-۶-۱-اصول طراحی جمع‌کننده نور خورشید
۸۷	۳-۲-۶-۲-ملاحظات مقیاس‌گذاری راکتور زیستی نوری
۹۱	۳-۲-۷-راکتور زیستی نوری مخزنی همزن‌دار
۹۲	۳-۲-۸-پیشرفت‌های اخیر در زمینه راکتورهای زیستی نوری
۹۳	۳-۴-مقایسه بین روش‌های باز و بسته کشت ریز جلبک
۹۵	۳-۴-۱-ملاحظات مهم در طراحی راکتور زیستی نوری
۹۶	۳-۴-۲-مقایسه راکتورهای زیستی نوری
۹۷	۳-۴-۳-مقایسه راکتورهای بسته
۹۹	۳-۴-۴-اقتصاد راکتورهای بسته
۹۹	۳-۴-۵-ترکیب روش‌های باز و بسته

فصل چهارم: عوامل مؤثر بر رشد ریز جلبک‌ها ۱۰۵

۱۰۵	۴-۱-مقدمه
۱۰۵	۴-۲-عوامل شیمیایی مؤثر در رشد ریز جلبک‌ها
۱۱۲	۴-۳-عوامل فیزیکی مؤثر در رشد ریز جلبک‌ها
۱۲۲	۴-۴-تأثیر شرایط کشت بر تولید روغن ریز جلبک
۱۲۴	۴-۴-۱-کشت فتوتروپیک
۱۲۵	۴-۴-۲-کشت هتروتروپیک
۱۲۶	۴-۴-۳-کشت میکسوتروپیک
۱۲۷	۴-۴-۴-کشت فتوهتروتروپیک
۱۲۸	۴-۴-۵-مقایسه شرایط مختلف کشت

فصل پنجم: بررسی روش‌های برداشت ریز جلبک ۱۳۵

۱۳۵	۵-۱-مقدمه
۱۳۶	۵-۲-روش‌های برداشت

۱۳۶	۵-۲-۱-سانتریفیوژ.....
۱۳۸	۵-۲-۱-۱-عملکرد.....
۱۳۸	۵-۲-۱-۲-هزینه.....
۱۳۸	۵-۲-۱-۳-انرژی مصرفی.....
۱۳۸	۵-۲-۲-صاف کردن.....
۱۴۰	۵-۲-۲-۱-مواد سازنده.....
۱۴۰	۵-۲-۲-۲-عملکرد.....
۱۴۱	۵-۲-۲-۱-هزینه.....
۱۴۱	۵-۲-۲-۴-انرژی مصرفی.....
۱۴۱	۵-۲-۲-۱-انقاد.....
۱۴۳	۵-۲-۳-۱-خودآبادی.....
۱۴۴	۵-۲-۳-۲-لخته‌سازی یونی.....
۱۴۶	۵-۲-۳-۲-لخته‌سازی پلیمری.....
۱۴۹	۵-۲-۳-۲-۱-پلیمرهایی با ساختار گیاهی: عنوان منعقدکننده.....
۱۵۰	۵-۲-۳-۲-۲-پلیمرهایی با منشأ میکروسازواره‌ای به‌عنوان منعقدکننده.....
۱۵۰	۵-۲-۳-۲-۳-پلیمرهایی با منشأ حیوانی به‌عنوان منعقدکننده.....
۱۵۲	۵-۲-۳-۴-لخته‌سازی الکتروولیتی.....
۱۵۳	۵-۲-۳-۵-منعقدکننده‌های غیرآلی.....
۱۵۴	۵-۲-۳-۶-منعقدکننده‌های آلی.....
۱۵۵	۵-۲-۳-۷-انقاد ترکیبی.....
۱۵۷	۵-۲-۳-۸-انقاد با استفاده از الکتریسیته.....
۱۵۸	۵-۲-۴-شناورسازی.....
۱۵۹	۵-۲-۴-۱-حوضچه‌های DAF.....
۱۵۹	۵-۲-۴-۲-شناورسازی به روش هوای پخش‌شده.....

۱۶۵	۱-۶- مقدمه.....
۱۶۷	۲-۶- چربی‌های مناسب برای تولید زیست‌دیزل.....
۱۷۱	۳-۶- استخراج چربی.....
۱۷۲	۴-۶- ارتباط میان چربی خام استخراج‌شده و FAME.....
۱۷۴	۵-۶- روش‌های شکست دیواره سلولی.....
۱۷۴	۱-۵-۶- آسیاب ساجمه‌ای.....
۱۷۴	۵-۶- هم‌گن‌کننده با فشار بالا.....
۱۷۶	۳-۵-۶- حمام.....
۱۷۶	۴-۵-۶- شوک سوزی.....
۱۷۸	۵-۵-۶- استفاده از امواج مایکروویو.....
۱۸۰	۶-۵-۶- جریان فرا-صوت.....
۱۸۱	۶-۶- عوامل مؤثر بر استخراج چربی.....
۱۸۲	۷-۶- روش‌های استخراج مرملوبه خشک.....
۱۸۷	۱-۷-۶- استخراج با سیال فوق بحرانی.....
۱۹۰	۲-۷-۶- استخراج با حلال.....
۱۹۲	۱-۲-۷-۶- اصول اولیه.....
۱۹۷	۲-۲-۷-۶- قطبی‌بودن و جداسازی فازي در حلال.....
۲۰۰	۳-۲-۷-۶- سازوکار فرایند استخراج با حلال آلی.....
۲۰۳	۴-۲-۷-۶- انتخاب حلال‌های آلی.....
۲۰۸	۵-۲-۷-۶- متغیرهای عملیاتی.....
۲۱۱	۶-۲-۷-۶- استخراج با روش سوکسله.....
۲۱۴	۷-۲-۷-۶- استخراج با روش‌های دوفازی.....
۲۱۷	۱-۷-۲-۷-۶- استخراج با مخلوط کلروفرم و متانول.....
۲۲۰	۲-۷-۲-۷-۶- استخراج با هگزان.....
۲۲۱	۳-۷-۲-۷-۶- استخراج با نسبت‌های مختلف از مخلوط سایر حلال‌های آلی.....
۲۲۶	۴-۷-۲-۷-۶- استخراج با دی‌متیل اتر مایع‌شده.....

۲۲۷.....	۶-۷-۲-۵-استخراج با حلال‌هایی با قطبیت تغییرپذیر.....
۲۲۸.....	۶-۷-۲-۶-فرایندهای بهسازی شده استخراج با حلال‌آلی.....
۲۲۹.....	۶-۷-۲-۷-استخراج از ریزجلبک‌های مرطوب.....
۲۳۰.....	۶-۷-۳-فرایند پیش آماده‌سازی.....
۲۳۲.....	۶-۸-مقایسه کلی برخی از روش‌های متداول استخراج چربی.....

فصل هفتم: متیلاسیون اسیدهای چرب..... ۲۴۱

۲۴۱.....	۷-۱-مقدمه.....
۲۴۱.....	۷-۱-ترانس‌استری شدن.....
۲۴۴.....	۷-۲-۱-کاتالیزهای همگن.....
۲۴۵.....	۷-۲-۲-کاتالیزهای ناهمگن.....
۲۴۶.....	۷-۲-۳-کاتالیزهای بازی همگن.....
۲۶۱.....	۷-۲-۴-کاتالیزهای بازی ناهمگن.....
۲۶۹.....	۷-۲-۵-کاتالیزهای اسیدی همگن.....
۲۷۴.....	۷-۲-۶-کاتالیزهای اسیدی ناهمگن.....
۲۸۱.....	۷-۲-۷-کاتالیزهای آنزیمی.....

فصل هشتم: فرآوری‌های پایین‌دستی زیست‌دیزل..... ۲۹۳

۲۹۳.....	۸-۱-مقدمه.....
۲۹۴.....	۸-۲-خالص‌سازی زیست‌دیزل.....
۲۹۴.....	۸-۳-بازیابی الکل.....
۲۹۵.....	۸-۴-شستشوی زیست‌دیزل.....
۲۹۸.....	۸-۵-خشک کردن زیست‌دیزل.....
۲۹۹.....	۸-۶-تقطیر زیست‌دیزل.....

واژه نامه توصیفی..... ۳۰۷

علائم اختصاری..... ۳۱۵

پیشگفتار مولفان

پیشرفت جوامع بشری نیاز به انرژی رو به فزونی نهاده، طوری که دسترسی به یک منبع انرژی پایدار به عنوان یک ضرورت برای کشورهای جهان به شمار می‌رود. سوخت‌های فسیلی مهم ترین منبع انرژی جهان امروزی محسوب می‌شوند، اما دسترسی به منابع کافی سوخت ای فسیلی برای تمامی کشورهای جهان مقدور نیست. یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت ای فسیلی که از یک سو رو به پایان بوده و از سوی دیگر بخش عمده‌ای از آلودگی‌های زیست‌محیطی را موجب می‌شود، تلاش محققان و دانشمندان را به خود معطوف کرده است. سوخت‌های تجدیدپذیر به دلیل تولید پیوسته و کم نشدن منابع تولید به عنوان نخستین اولویت برای انرژی محسوب می‌شوند. در این راستا سوخت‌های تجدیدپذیری که از نظر ماهیت انرژی کارآمدی سوخت‌های فسیلی باشند، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از سوخت‌های تجدیدپذیر که امروزه توجه جوامع علمی و صنعتی را به خود جلب کرده است، زیست‌دیزل است. زیست‌دیزل متیل استری است که از روغن‌های گیاهی، چربی حیوانات، ریزجلبک و ... به دست می‌آید. تولید این ماده آسان بوده و با افزودن یک الکل سبک به روغن در حضور کاتالیست مناسب (قلیایی، اسیدی و آنزیمی) به دست می‌آید. این فرایند اغلب در شرایط آزمایشگاهی قابل انجام است، اما به دلیل گران قیمت بودن منابع اولیه اغلب قیمت تمام شده زیست‌دیزل در مقایسه با منابع دیگر انرژی بالاست. زیست‌دیزل بهترین جایگزین برای سوخت موتورهای دیزل است که بدون نیاز به تغییرات اساسی در موتور می‌توان از آن

استفاده کرد. این سوخت فاقد هرگونه مواد نفتی است، ولی می‌تواند با گازوئیل مخلوط شود. زیست‌دیزل خالص را B100 می‌نامند و ترکیب ۲۰٪ از آن با ۸۰٪ سوخت دیزل را به اصطلاح B20 می‌نامند. این ترکیبات به واسطه عدد ستان و نقطه اشتعال بالاتر به سوخت دیزل برتری دارد.

استفاده از منابع اولیه مناسب و ارزان‌قیمت یکی از مهم‌ترین مباحث تولید زیست‌دیزل است. بخشی از این روغن‌ها غذای مشترک انسان بوده و تأمین بخش دیگر نیز به دلیل محدود بودن منابع همواره با چالش‌هایی روبروست. از این رو استفاده از ریزجلبک به عنوان منابع اولیه تمام‌نشدنی مورد توجه قرار گرفته است.

برای تولید زیست‌دیزل از ریزجلبک، نخست ریزجلبک در محیط‌های مناسب کشت داده شده، سپس در محیط کشت برداشت و چربی موجود در آن استخراج می‌شود. چربی استخراج شده در طی فرایند توانس استری شدن به زیست‌دیزل تبدیل می‌شود که می‌تواند به مصارف عمومی برسد در حالی که این فرایند هر مرحله از اهمیت و ویژگی‌های خاصی برخوردار است که می‌بایست با احتیاط و دقت در هر مرحله آن بررسی قرار گیرد.