

به نام خدا

جاتروفا سوخت سبز

مؤلفان:

دکتر انور شلماشی

عضو هیأت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

دکتر شهره صفارزاده متین

عضو هیأت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

فاطمه امانی

نادیا شلماشی



- عنوان و نام پدیدآور : جاتروفای سوخت سبز / مولفان انور شلماتی... [و دیگران]؛ ویراستار ایلا اجاقلو.
- مشخصات نشر : تهران: سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، ۱۳۹۹.
- مشخصات ظاهری : ۲۵۳ ص.
- شابک : 978-622-971691-5
- وضعیت فهرست نویسی : فیا
- یادداشت : مولفان انور شلماتی، شهره صفارزاده متین، فاطمه اماتی، نادیا شلماتی.
- یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۲۵.
- موضوع : سوخت‌های بیودیزلی -- ایران
- موضوع : Biodiesel fuels -- Iran
- موضوع : جاتروفا -- ایران -- تکنولوژی زیستی
- موضوع : Jatropha -- Biotechnology -- Iran
- موضوع : انرژی زیست نوده -- ایران -- جنبه‌های زیست‌محیطی
- موضوع : Biomass energy -- Environmental aspects -- Iran
- موضوع : انرژی زیست نوده -- ایران -- جنبه‌های زیست‌محیطی
- موضوع : Biomass energy -- Environmental aspects -- Iran
- شناسه افزوده : شلماتی، انور، ۱۳۴۰ -
- شناسه افزوده : سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران
- رده بندی کنگره : TP۲۵۹
- رده بندی دیویی : ۶۴۲/۸۸
- شماره کتابتلفازی ملی : ۷۵۰۳۲۴۳
- وضعیت رکورد : فیا
- تاریخ درخواست : ۱۳۹۹/۱۱/۰۴
- تاریخ پلسخگویی :
- کد پیگیری : 7502410

سخن مؤلفان

نگرانی‌ها در مورد تقاضای رو به افزایش نسبت به انرژی در جهان، منابع محدود سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های فراوان زیست محیطی حاصل از احتراق این سوخت‌ها، همچنان از مسائل مهم پیش-روی کشورها است. بیودیزل به‌عنوان سوختی پاک، تجدیدپذیر و در دسترس می‌تواند گزینه مناسبی برای جایگزینی بخشی از سوخت‌های فسیلی باشد. تأمین روغن مورد نیاز برای تولید این سوخت، از عمده چالش‌های مرتبط با آن است. با وجود آن‌که روغن‌های گیاهی بهترین گزینه برای تولید بیودیزل هستند، ولی استفاده از انواع روغن‌های خوراکی برای این کار، با توجه به بحران آبی غذا در جهان، توجیه‌ناپذیر است.

جاتروفا از منابع روغنی منحصربه‌فرد گیاهی برای تولید بیودیزل است؛ درختچه‌ای گرمسیری که روغن دانه آن گزینه بسیار مناسبی برای تولید بیودیزل محسوب می‌شود. ویژگی‌های خاص گیاه جاتروفا، مانند قابل کشت بودن در خاک‌های نامرغوب، مناطق خشک و نیمه‌خشک، کم‌آب بودن، مقاوم بودن در برابر آفت‌ها و همچنین ویژگی‌های مثبت روغن دانه آن برای سنتز بیودیزل به خصوص غیرخوراکی بودن آن برای انسان و حیوان ویژگی‌هایی هستند که آن را به‌عنوان روغن مصرفی جهت تولید بیودیزل، مناسب ساخته‌اند. به این ترتیب با توجه به اهمیت این روغن به عنوان خوراک اولیه برای تهیه بیودیزل، بر آن شدیم تا در این کتاب، مجموعه‌ای مفید از مطالب مرتبط با این منبع روغنی و تهیه بیودیزل از آن را ارائه دهیم. در ادامه به‌طور خلاصه به معرفی فصل‌های این کتاب می‌پردازیم.

فصل اول کتاب، به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش و اهمیت آن‌ها در تأمین انرژی مصرفی جهان و ایجاد اشتغال‌زایی می‌پردازد؛

فصل دوم، مفاهیم مهم مرتبط با بیودیزل را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد؛

در فصل سوم ویژگی‌های گیاه‌شناسی جاتروفا، شرایط اقلیمی مناسب برای رویش و کشت آن، آفات و بیماری‌های معمول این گیاه، ترکیبات شیمیایی بخش‌های مختلف، نحوه تکثیر و کاربردهای جاتروفا بررسی و ارائه شده است؛

در فصل چهارم، روش‌های مختلف برای استخراج روغن از دانه جاتروفا بررسی شده است؛ در فصل پنجم، به خواص فیزیکی و شیمیایی روغن جاتروفا و ترکیب اسیدهای چرب آن پرداخته شده است؛

فصل ششم، روش‌های مختلف سنتز بیودیزل از روغن جاتروفا را معرفی می‌کند؛ در فصل هفتم به بررسی شرایط اقلیمی ایران برای کشت جاتروفا و لزوم سیاست‌گذاری‌ها بر روی کشت این گیاه در کشور و منافع آن پرداخته شده است؛

در فصل هشتم مبانی پایایی صنعت تولید بیودیزل جاتروفا در یک کشور معرفی شده است؛ در فصل نهم، یک مدل آزمایشی در ارتباط با سنتز بیودیزل از روغن جاتروفا ارائه شده است؛ فصل دهم اثرات منفی احتمالی گیاه جاتروفا و کشت گسترده آن بر محیط زیست را مورد بررسی قرار داده است؛

و در فصل یازدهم به بررسی قوانین و مقررات وضع‌شده در ایران برای حمایت از تولید و استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر و اقدامات انجام شده در راستای این دستورالعمل‌ها پرداخته شده است. امید است این کتاب برای علاقه‌مندان عرصه تحقیق و توسعه تولید بیودیزل، مفید واقع شود.

دکتر انور شلماش

دکتر شهره صفارزاده متین

فاطمه امانی

نادیا شلماش

مقدمه

بیودیزل سوختی تجدیدپذیر و پاک است که از منابع روغن‌های گیاهی و حیوانی قابل حصول است. این سوخت را می‌توان به راحتی جایگزین پترودیزل در موتورهای دیزل کرد زیرا برای استفاده از آن نیازی به تغییر ساختار موتور جهت ایجاد سازگاری وجود ندارد. آلاینده‌های حاصل از احتراق این سوخت زیستی، بسیار کمتر از سوخت‌های فسیلی است. بیودیزل سوختی پایا و قابل دسترس برای تمام کشورها محسوب می‌شود و می‌تواند وابستگی آن‌ها به منابع سوخت‌های فسیلی را تا حد زیادی مرتفع کند. ترویج استفاده از بیودیزل، اقدام بزرگی در راستای افزایش سلامت محیط زیست، انسان و تمام جانداران است و از این رو تا کنون مطالعات فراوانی جهت تولید بیودیزل، در زمینه‌های مختلف انجام شده است؛ بخش بزرگی از این تحقیقات مربوط به بررسی منابع روغنی مناسب جهت تولید این سوخت بوده است. اگرچه روغن‌های گیاهی بهترین منابع برای تولید بیودیزل محسوب می‌شوند، اما استفاده از انواع روغن‌های گیاهی خوراکی برای تولید بیودیزل، با توجه به مسئله بحران غذا در جهان توجیهی ندارد. از این رو طی سال‌های اخیر تحقیقات به سمت بررسی منابع روغنی غیرخوراکی سوق داده شده است.

جatroفا، گونه‌ای گیاهی، متعلق به خانواده فرفیون (افروبیاسه)^۱ است. اکثر گونه‌های مربوط به این خانواده سمی هستند. جatroفا به صورت بوته یا درختچه‌های کوتاه می‌روید. اگرچه این گیاه، بومی مناطق گرمسیری آمریکا است ولی در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک با متوسط بارندگی ۲۵۰ تا ۳۵۰۰ میلی‌متر در سال قابل کشت است. جatroفا به دلیل دارا بودن ترکیباتی به شدت سمی مصرف خوراکی برای انسان و حیوان ندارد ولی در منابع تاریخی و همچنین بررسی‌های جدید، کاربردهای متفاوتی برای این گیاه گرمسیری ذکر شده است. عصاره حاصل از برگ، پوسته، ریشه، دانه و شیره ساقه جatroفا، خواص دارویی متفاوتی برای حیوانات و انسان‌ها دارد؛ به عنوان مثال از عصاره حاصل از برگ‌های جatroفا به صورت نوشیدنی برای درمان مالاریا استفاده می‌شده است. از دیگر کاربردهای

۱. Euphorbiaceae

این گیاه سمّی، کاشت درختچه‌های آن برای کنترل تخریب و کاهش فرسایش خاک، بیابان‌زدایی و افزایش باروری خاک است؛ همچنین به‌علت ویژگی‌های خاص آن، به‌عنوان حصار زیستی برای جلوگیری از هجوم حیوانات به مزارع نیز کاربرد دارد. سمّی بودن جاتروفا موجب شده تمام بخش‌های این گیاه، نسبت به آفات بسیار مقاوم باشند. دانه‌های جاتروفا به‌طور متوسط ۳۸ درصد روغن دارند. روغن این گیاه نیز حاوی ترکیب بسیار سمّی کورسین^۱ است. این روغن از دیرباز تا کنون، به‌عنوان سوخت شمع و یا در تهیه صابون کاربرد داشته است. علاوه‌بر کورسین، ترکیبات سمّی دیگری نیز در روغن دانه جاتروفا وجود دارد که عبارت‌اند از: فربول استرها^۲، ساپنین‌ها^۳، فیتات‌ها^۴ و بازدارنده‌های تریپسین^۵؛ این ترکیبات در عصاره‌های الکلی حاصل از جاتروفا شناسایی شده‌اند. کیک حاصل از دانه جاتروفا که بعد از روغن‌گیری از دانه‌ها برجای می‌ماند، همچنان حاوی مقداری روغن است و در نتیجه سمّی است. با توجه به غنی‌بودن این کیک از مواد معدنی می‌توان از آن بعد از سم‌زدایی به‌عنوان کود بهره برد و همین‌طور به دلیل دارا بودن تقریباً ۵۶ درصد پروتئین، در صورت سم‌زدایی می‌تواند به‌عنوان غذای دام نیز بکار رود. با توجه به ویژگی‌های خاص درختچه جاتروفا، از نظر سازگاری با شرایط خشک، کم‌آب و خاک‌های نامساعد و همچنین قابلیت سوختی روغن دانه آن، استفاده از این روغن به‌عنوان ماده اولیه برای سنتز بیودیزل بسیار مورد توجه قرار گرفته است. پتانسیل تولید روغن از دانه گیاه جاتروفا، به‌طور متوسط حدود ۲۸ تا ۳۰ کیلوگرم روغن از هر ۱۰۰ کیلوگرم دانه است. اوج بازدهی تولید دانه این گیاه، از چهار سال پس از کاشت آن آغاز می‌شود. به دلیل امتیازات جاتروفا محققان آن را به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین گونه‌های گیاهان روغنی برای تولید بیودیزل معرفی کرده‌اند.

با توجه به شرایط اقلیمی مناسب ایران برای رشد جاتروفا، این گیاه می‌تواند گزینه بسیار مناسبی برای تأمین روغن مورد نیاز جهت تولید بیودیزل در کشور باشد و منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی فراوانی را با خود به ارمغان آورد.

۱. Curcin
۲. Phorbol ester
۳. Saponin
۴. Phytate
۵. Trypsin

فصل اول: منابع و وضعیت سوخت‌های تجدیدپذیر در جهان

۱	۱. مقدمه
۳	۱-۱. سوخت‌های فسیلی
۷	۱-۲. انرژی هسته‌ای
۷	۱-۳. انرژی‌های تجدیدپذیر
۹	۱-۳-۱. انرژی زمین گرمایی
۱۱	۱-۳-۲. انرژی برق آبی
۱۴	۱-۳-۳. انرژی فوتوولتائیک
۱۸	۱-۳-۴. انرژی باد
۲۱	۱-۳-۵. انرژی زیست توده
۲۳	۱-۴. بازار انرژی گرمایی زیست توده
۲۵	۱-۵. بازار انرژی الکتریسیته زیست توده
۲۷	۱-۶. بازار انرژی حمل و نقل زیست توده
۳۰	۱-۷. صنعت انرژی زیست توده
۳۱	۱-۸. اشتغال‌زایی در پی استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر
۳۴	بحث و نتیجه‌گیری

فصل دوم: بیودیزل

۳۷	۲. مقدمه
----	----------

۳۷	۲-۱. بیودیزل
۴۳	۲-۲. واکنش ترانس استریفیکاسیون
۴۶	۲-۲-۱. واکنش ترانس استریفیکاسیون کاتالیز شده اسیدی
۴۷	۲-۲-۲. واکنش ترانس استریفیکاسیون کاتالیز شده قلیایی
۴۹	۲-۲-۳. سنتز بیودیزل طی دو مرحله استریفیکاسیون و ترانس استریفیکاسیون
۵۰	۲-۲-۴. واکنش ترانس استریفیکاسیون غیرکاتالیزی با الکل فوق بحرانی
۵۰	۲-۳. پارامترهای مؤثر بر سنتز بیودیزل با کاتالیزور قلیایی
۵۴	۲-۴. فرایندها و تجهیزات برای تولید صنعتی بیودیزل با کاتالیزور بازی
۵۶	۲-۵. خواص فیزیکی، شیمیایی و کارایی اتیل استرها و متیل استرها
۵۷	۲-۶. خواص سوختی و استانداردهای تعریف شده برای بیودیزل
۶۰	۲-۷. روش های خالص سازی بیودیزل
۶۱	۲-۸. بازدهی بالای احتراق بیودیزل ها
۶۲	۲-۹. امتیازات بیودیزل به عنوان سوخت زیستی
۶۴	۲-۱۰. معایب بیودیزل به عنوان سوخت زیستی
۶۶	۲-۱۱. اکسیداسیون بیودیزل
۶۸	۲-۱۲. سازگاری بیودیزل در موتورهای دیزلی و تست های اجرایی موتور
۷۱	بحث و نتیجه گیری

فصل سوم: جاتروفا

۷۳	۳. گیاه شناسی جاتروفا
۷۷	۳-۱. تاریخچه
۷۸	۳-۲. شرایط اقلیمی برای رویش جاتروفا

۸۰	۳-۳. تکثیر جatroفا
۸۳	۳-۴. آفات و بیماری‌ها
۸۵	۳-۵. ترکیبات شیمیایی میوه و دانه جatroفا
۹۲	۳-۶. ترکیبات شیمیایی برگ جatroفا
۹۵	۳-۷. ترکیبات سمّی و ضدمغذی در جatroفا
۹۷	۳-۸. موارد استفاده از گیاه جatroفا
۱۰۳	بحث و نتیجه‌گیری

فصل چهارم: روش‌های استخراج روغن از دانه جatroفا

۱۰۵	۴. مقدمه
۱۰۵	۴-۱. فرایند آماده‌سازی دانه برای استخراج روغن
۱۰۷	۴-۲. روش‌های معمول استخراج روغن از دانه‌های روغنی
۱۰۷	۴-۲-۱. استخراج روغن توسط حلال
۱۰۹	۴-۲-۲. استخراج روغن توسط روش‌های مکانیکی
۱۱۱	۴-۳. روش‌های نوین استخراج روغن
۱۱۱	۴-۳-۱. استخراج "به کمک امواج میکروویو"
۱۱۴	۴-۳-۲. استخراج "به کمک امواج فراصوت"
۱۱۵	۴-۳-۳. استخراج "به کمک سیال فوق - بحرانی"
۱۱۶	۴-۴. روش‌های استخراج روغن از دانه جatroفا
۱۱۶	۴-۴-۱. روش‌های مکانیکی استخراج روغن جatroفا
۱۱۶	۴-۴-۱-۱. دستگاه پرس رم
۱۱۸	۴-۴-۱-۲. دستگاه پرس استرینر

- ۱۲۰ ۴-۱-۳. دستگاه پرس حفره - سیلندر
- ۱۲۱ ۴-۲. آماده‌سازی دانه جatroفا برای استخراج با روش‌های مکانیکی
- ۱۲۲ ۴-۳. برآوردن بازدهی استخراج روغن
- ۱۲۳ ۴-۵. استخراج روغن جatroفا توسط روش‌های معمول و مدرن
- ۱۲۵ بحث و نتیجه‌گیری

فصل پنجم: خواص فیزیکی و شیمیایی روغن جatroفا

- ۱۲۷ ۵. ساختار تری گلیسرید
- ۱۳۰ ۵-۱. خواص فیزیکی روغن و روش‌های اندازه‌گیری
- ۱۳۰ ۵-۱-۱. محتوای آب
- ۱۳۱ ۵-۱-۲. وزن مخصوص
- ۱۳۲ ۵-۱-۳. چگالی
- ۱۳۳ ۵-۱-۴. ضریب شکست
- ۱۳۴ ۵-۱-۵. ویسکوزیته
- ۱۳۶ ۵-۲. خواص شیمیایی روغن و روش‌های اندازه‌گیری
- ۱۳۶ ۵-۲-۱. عدد اسیدی روغن
- ۱۳۸ ۵-۲-۲. عدد صابونی
- ۱۴۰ ۵-۲-۳. عدد یدی
- ۱۴۱ ۵-۲-۴. ارزش حرارتی بالاتر
- ۱۴۱ ۵-۲-۵. عدد پراکسید
- ۱۴۲ ۵-۳. خواص فیزیکی و شیمیایی روغن جatroفا
- ۱۴۸ بحث و نتیجه‌گیری

فصل ششم: سنتز بیودیزل از روغن جatroفا

- ۱۵۱ .۶ مقدمه
- ۱۵۱ ۶-۱. کاتالیزورهای هموژن در سنتز بیودیزل از جatroفا
- ۱۵۳ ۶-۲. کاتالیزورهای ناهمگن در سنتز بیودیزل از روغن جatroفا
- ۱۶۱ ۶-۳. روش‌های مدرن سنتز بیودیزل از روغن جatroفا
- ۱۶۱ ۶-۳-۱. سنتز بیودیزل جatroفا "به کمک امواج فراصوت"
- ۱۶۳ ۶-۳-۲. سنتز بیودیزل جatroفا "به کمک امواج میکروویو"
- ۱۶۶ ۶-۳-۳. سنتز بیودیزل "به کمک سیال فوق‌بحرانی"
- ۱۶۷ ۶-۳-۴. سنتز بیودیزل در حضور کمک حلال
- ۱۶۸ ۶-۴. استفاده از بیودیزل جatroفا در موتور دیزل و شناورهای دریایی و هواپیما
- ۱۷۱ بحث و نتیجه‌گیری

فصل هفتم: شرایط اقلیمی ایران برای کشت جatroفا

- ۱۷۳ .۷ مقدمه
- ۱۷۴ ۷-۱. شرایط اقلیمی ایران برای کشت جatroفا
- ۱۷۷ ۷-۲. لزوم گسترش کشت جatroفا در ایران برای تولید بیودیزل
- ۱۸۰ بحث و نتیجه‌گیری

فصل هشتم: عوامل مؤثر بر پایایی صنعت تولید بیودیزل جatroفا

- ۱۸۱ .۸ مقدمه
- ۱۸۴ ۸-۱. بررسی پایایی صنعت تولید بیودیزل جatroفا بر اساس عوامل مختلف
- ۱۸۵ ۸-۱-۱. بررسی پایایی صنعت تولید بیودیزل جatroفا بر اساس مسائل اقتصادی
- ۱۸۷ ۸-۱-۲. بررسی پایایی صنعت تولید بیودیزل جatroفا بر اساس مسائل اجتماعی

- ۱۸۸ ۸-۱-۳. بررسی پایایی صنعت تولید بیودیزل جاتروفا بر اساس امنیت غذایی
- ۱۸۹ ۸-۱-۴. بررسی پایایی صنعت تولید بیودیزل جاتروفا بر اساس مسائل زیست محیطی
- ۱۹۳ ۸-۲. بررسی پایایی تولید بیودیزل طبق سیستم ارزیابی چرخه زیستی
- ۱۹۶ ۸-۲-۱. تجزیه و تحلیل "ارزیابی چرخه زیستی" بیودیزل جاتروفا
- ۲۰۰ ۸-۳. تأثیر سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت‌ها بر پایایی صنعت بیودیزل جاتروفا
- ۲۰۲ بحث و نتیجه‌گیری

فصل نهم: مدل آزمایشی تولید بیودیزل از روغن جاتروفا

- ۲۰۵ ۹. مقدمه
- ۲۰۵ ۹-۱. تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن جاتروفا
- ۲۰۷ ۹-۲. ترانس استریفیکاسیون با روش معمولی
- ۲۰۸ ۹-۳. ترانس استریفیکاسیون با کمک امواج فراصوت
- ۲۱۰ ۹-۳-۱. بررسی اثر کمک حلال
- ۲۱۱ ۹-۳-۲. بهینه‌سازی درصد وزنی کاتالیزور
- ۲۱۲ ۹-۳-۳. بهینه‌سازی نسبت مولی متانول به روغن
- ۲۱۳ ۹-۳-۴. بهینه‌سازی دمای واکنش
- ۲۱۴ ۹-۳-۵. بهینه‌سازی مدت‌زمان واکنش
- ۲۱۵ ۹-۳-۶. شرایط بهینه در سنتز بیودیزل از روغن جاتروفا با کمک امواج فراصوت
- ۲۱۵ ۹-۴. آنالیز
- ۲۱۶ ۹-۴-۱. تعیین درصد تبدیل متیل استر سنتز شده از روغن جاتروفا

۲۲۰	۹-۴-۲. تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیودیزل جatroفا
۲۲۰	۹-۴-۲-۱. دانسیته
۲۲۱	۹-۴-۲-۲. ویسکوزیته
۲۲۱	۹-۴-۲-۳. درصد آب
۲۲۱	۹-۴-۲-۴. اسیدیته
۲۲۲	۹-۴-۲-۵. عدد یدی
۲۲۳	۹-۴-۲-۶. ضریب شکست
۲۲۴	بحث و نتیجه‌گیری

فصل دهم: مخاطرات زیست‌محیطی گیاه جatroفا

۲۲۷	۱۰. مقدمه
۲۲۸	۱۰-۱. اثرات جatroفا بر تنوع زیستی
۲۳۱	۱۰-۲. اثرات جatroفا بر آب، هوا و خاک
۲۳۹	۱۰-۳. خطرات جatroفا بر سلامت جوامع زیستی
۲۴۰	بحث و نتیجه‌گیری

فصل یازدهم: قوانین و اقدامات انجام‌شده برای پایه‌گذاری و استفاده از

انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

۲۴۳	۱۱. مقدمه
۲۴۴	۱۱-۱. ضرورت به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران
۲۴۸	۱۱-۲. سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر (ساتبا)
۲۵۳	۱۱-۳. دستورالعمل‌های وضع‌شده در سازمان ساتبا

۲۵۵	۴-۱۱. اقدامات میدانی انجام شده در حوزه انرژی های تجدیدپذیر
۲۶۱	بحث و نتیجه گیری
۲۶۴	منابع
۲۷۸	پیوست