



وزارت علوم تحقیقات و فناوری
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

مهندسی سوخت‌های زیستی فناوری فرآیند

برگردان:

دکتر خسرو رستمی

عضو هیأت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نویسندگان:

سی ام. درایچو نقیم فو نهوان تری اچ. والکر

عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی سوخت زیستی فناوری فرایند/سی.ام. درایچو، نقیم فو نهوان، تری.اچ. والکر؛ مترجم خسرو رستمی.
مشخصات نشر	: تهران: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۴۶۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۳۵۰۰۰ ریال ۴-۶-۹۷۲۳۱-۹۷۸-۶۰۰
یادداشت	: عنوان اصلی: Biofuels engineering process technology, ۲۰۰۸.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: انرژی زیست توده
موضوع	: Biomass energy
موضوع	: شیمی — فرایندها
موضوع	: Chemical processes
موضوع	: مهندسی شیمی
موضوع	: Chemical engineering
موضوع	: تولید — فرایندها
موضوع	: Manufacturing processes
رده‌بندی دیویدی	: ۶۶۲/۸۸
رده‌بندی کنگر	: TP۳۳۹/د۴م۹ ۱۳۹
سرشناسه	: Drapcho, Caye M. درایچو، کی.ام.
شناسه افزوده	: نقیم فو نهوان، تری.اچ.
شناسه افزوده	: Nhuan, Nghier, Ph
شناسه افزوده	: والکر، تری.اچ.
شناسه افزوده	: Wall, Terry, H.
شناسه افزوده	: رستمی، خسرو ۱۳۳۵ - مترجم
شناسه افزوده	: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۱۵۵۳۷۵

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران



مهندسی سوخت زیستی فناوری فرایند/سی.ام. درایچو، نقیم فو نهوان، تری.اچ. والکر؛

مترجم: خسرو رستمی.

ناشر: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نوبت چاپ: اول.

تاریخ چاپ: ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

چاپ و صحافی: پرچین

طراح رو جلد: سمیه عرب‌لو

صفحه‌آرا: کیانا حاجی‌علی‌اکبر

قیمت: ۳۵۰۰۰

نشانی: تهران، احمدآباد مستوفی، بعداز میدان پارسا، خیابان انقلاب، خیابان شهید احسانی‌راد،

صندوق پستی: ۱۱۵ - ۳۷۵۷۵

تمامی حقوق مادی این اثر اعم از چاپ، تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و مانند این‌ها برای

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران محفوظ است.

فهرست

پیش گفتار نویسندگان ۱۹

پیش گفتار مترجم ۲۱

فصل اول

مبانی ۲۳

۱- دیباچه ۲۳

۱-۱- پالایز ماه زیستی ۲۳

۱-۲- شرح سوخت زیستی ۲۶

۱-۳- مصرف انرژی ۲۸

۱-۴- کارایی مصرف انرژی ۳۱

۱-۵- تولید و مصرف سوخت های زیستی ۳۳

۱-۶- انرژی های جایگزین ۳۵

۱-۷- تأثیر زیست محیطی ۳۶

۱-۸- دیدگاه کلی کتاب ۳۸

کتابنامه ۳۹

فصل دوم

برداشت انرژی از واکنش های زیستی ۴۱

۲-۱- دیباچه و تعریف های بنیادی ۴۱

۲-۲- مروری بر مسیرهای زیست شیمیایی متابولیسم باکتری های ارگانه تروئوفی ۴۵

۲-۲-۱- تنفس هوازی ۴۵

۲-۲-۱-۱- اکسیداسیون گلوکز ۴۵

- ۴۶ ۲-۲-۱-۲- اکسیداسیون پیرووات
- ۴۷ ۲-۲-۱-۳- سیستم انتقال الکترون
- ۴۹ ۲-۲-۲- تنفس بی‌هوازی
- ۵۰ ۲-۲-۳- تخمیر
- ۵۱ ۲-۲-۳-۱- تخمیر قندهای ساده توسط مخمر
- ۵۲ ۲-۲-۳-۲- تخمیر قندهای ساده توسط باکتری
- ۵۳ ۲-۳-۳- تخمیر ترکیبات آلی پیچیده توسط مخلوط کشت باکتری‌ها و آرکه‌ها
- ۵۴ ۲-۲-۳-۴- واکنش‌های آنابولیسم برای میکروارگانیسم‌های ارگانو هتروتروفی
- ۵۶ ۲-۳- مروری بر مسیرهای کلی زیست شیمیایی رشد باکتری‌های لیتوتروف
- ۵۸ ۲-۴- مروری بر مسیرهای زیست شیمیایی متابولیسم باکتری‌های فتوتروف
- ۵۸ ۲-۴-۱- واکنش‌های نوری
- ۶۰ ۲-۴-۲- واکنش‌های آنابولیسم در تاریکی
- ۶۰ ۲-۵- تعریف و اهمیت اکسیژن شیمیایی مورد نیاز
- ۶۲ تشکر و قدردانی
- ۶۳ کتابنامه

فصل سوم

- ۶۵ مدل‌سازی تولید سوخت زیستی توسط میکروارگانیسم
- ۶۵ ۳-۱- دیباچه
- ۶۶ ۳-۲- خلاصه‌ای از مدل‌های رشد میکروبی
- ۶۶ ۳-۲-۱- مدل‌های غیرساختمانی یک سوپسترای محدود کننده
- ۶۸ ۳-۲-۲- مدل‌های بازدارنده
- ۶۸ ۳-۲-۲-۱- مهارکنندگی سوپسترا

۶۹	۳-۲-۲-۲- بازدارندگی محصول
۷۱	۳-۲-۲-۳- بازدارندگی توسط ترکیبات خارجی
۷۱	۳-۲-۳- مدل‌هایی برای چند سوپسترای بازدارنده
۷۲	۳-۲-۳-۱- سوپستراهای تشویقی
۷۲	۳-۲-۳-۲- سوپستراهای جایگزین
۷۴	۳-۲-۴- پارامترهای بازدهی
۷۵	۳-۳- فرمول‌های سرعت سینتیک
۷۸	۳-۳-۱- تأخیر
۷۹	۳-۴- عملکرد واکنش‌گاه زیستی و طراحی برای تولید سوخت زیستی
۸۰	۳-۴-۱- واکنش‌گاه‌های پیوسته
۸۲	۳-۴-۲- واکنش‌گاه‌های پیوسته هم‌زمان
۸۴	۳-۴-۳- CSTR با جریان برگشتی حاوی ساهل
۸۶	۳-۴-۴- سامانه‌های «تغذیه مکرر»
۸۷	۳-۴-۵- سامانه‌های جریان پیستونی
۸۹	۳-۵- «تدابیر» طراحی واکنش‌گاه زیستی
۹۰	۳-۶- مدل‌سازی مصرف گلوکز و تولید هیدروژن
۹۱	۳-۶-۱- تخمیرهای ناپیوسته و شبیه‌سازی‌ها
۹۴	۳-۶-۲- تخمیر و شبیه‌سازی CSTR
۹۶	مسئله ۳-۱
۹۷	حل:
۹۸	خلاصه:
۹۹	کتابنامه

فصل چهارم

۱۰۱.....	منابع خوراک سوخت زیستی.....
۴-۱.....	منابع خوراک نشاسته‌ای.....
۴-۱-۱.....	حبوبات نشاسته‌ای.....
۴-۱-۱-۱.....	ذرت.....
۴-۱-۱-۲.....	گندم.....
۴-۱-۱-۳.....	جو.....
۴-۱-۱-۴.....	سویا.....
۴-۱-۱-۵.....	جو دوسر.....
۴-۱-۱-۶.....	برنج.....
۴-۱-۲.....	حبوبات دیگر.....
۴-۱-۳.....	«غده‌ها و ریشه‌ها».....
۴-۱-۳-۱.....	کاساوا.....
۴-۱-۳-۲.....	سیب زمینی شیرین.....
۴-۲.....	قند منبع خوراک.....
۴-۲-۱.....	نیشکر.....
۴-۲-۲.....	چغندر قند.....
۴-۳.....	منبع خوراک لیگنوسلولزی.....
۴-۳-۱.....	محصولات و باقی‌مانده از جنگل.....
۴-۳-۲.....	باقی‌مانده کشاورزی.....
۴-۳-۳.....	زائدات جانبی حاصل از فراوری محصولات اصلی کشاورزی.....
۴-۳-۴.....	«گیاهان اهداکننده انرژی».....

- ۶-۲-۶ کاتالیزور قلیایی یا بازی ۲۶۶
- ۶-۲-۶-۱ کاتالیزورهای بازی همگن ۲۶۸
- ۶-۲-۶-۲ کاتالیزورها با پایه قلیا ۲۶۹
- ۶-۲-۷ اسید کاتالیزور ۲۶۹
- ۶-۲-۷-۱ اسید کاتالیزورهای همگن ۲۷۰
- ۶-۲-۷-۲ اسید کاتالیزورهای جامد ۲۷۱
- ۶-۲-۸ کاتالیزور آنزیمی ۲۷۲
- ۶-۲-۹ استریفیکاسیون ترانس استریفیکاسیون فوق بحرانی ۲۷۳
- ۶-۲-۱۰ ترموگراویمتریک و سینتیک‌های واکنش ۲۷۴
- ۶-۲-۱۰-۱ سینتیک‌های واکنش ۲۷۵
- مسئله ۶-۱ ۲۷۹
- ۶-۲-۱۰-۲ سینتیک‌های ترموگراویمتریک ۲۸۱
- ۶-۲-۱۰-۳ فشار بخار و نقطه جوش ۲۸۲
- ۶-۲-۱۰-۴ جدایش فاز و خلالت ۲۸۴
- ۶-۳ منابع روغن و تولید آن ۲۸۵
- ۶-۳-۱ روغن‌های گیاهی ۲۸۷
- ۶-۳-۲ روغن از میکروب و جلبک ۲۹۰
- ۶-۳-۲-۱ انواع روغن‌ها از جلبک ۲۹۰
- ۶-۳-۲-۲ حوضچه‌های شبیه پیست مسابقه ۲۹۶
- ۶-۳-۲-۳ واکنش‌گاه‌های زیستی ۲۹۷
- ۶-۳-۳ روغن خوراکی استفاده شده ۳۰۱
- ۶-۳-۴ روغن گیاهی راست زنجیره ۳۰۲

۳۰۳	۶-۳-۵ سنتز زیستی روغن و اصلاح
۳۰۷	۶-۴ محصولات همزمان
۳۱۰	۶-۵ روش‌های تولید دیزل زیستی
۳۱۰	۶-۵-۱ روش‌های تولید دیزل زیستی متداول
۳۱۲	۶-۵-۱-۱ تعیین عیار (تیتراسیون)
۳۱۴	۶-۵-۱-۲ ترانس استریفیکاسیون قلیایی
۳۱۵	مسئله ۶-۲
۳۱۶	۶-۵-۱-۳ بیشتر بیماریار استریفیکاسیون اسیدی
۳۱۷	۶-۵-۱-۴ استریفیکاسیون اسیدی و ترانس استریفیکاسیون
۳۱۸	۶-۵-۱-۵ شستشوی اسیدی با آب
۳۱۹	۶-۵-۲ مقیاس پایلوت و صنعت جاری
۳۲۲	۶-۵-۳ کنترل کیفیت روش‌های آنالیز
۳۲۲	۶-۵-۳-۱ روش‌های کروماتوگرافی
۳۲۴	۶-۵-۳-۲ آزمایش گرانشی
۳۲۴	۶-۵-۳-۳ مقادیر «ستان»
۳۲۵	۶-۵-۳-۴ عدد کلی اسیدی
۳۲۵	۶-۵-۳-۵ «مقادیر ید»
۳۲۶	۶-۵-۳-۶ گلیسرین کلی و آزاد
۳۲۶	۶-۶ اقتصاد
۳۲۸	۶-۶-۱ هزینه خوراک
۳۳۱	۶-۶-۲ هزینه‌های تولید
۳۳۴	۶-۶-۳ «سرمایه هزینه‌ای»

۳۳۶	 هزینه‌های جاری
۳۳۷	 خلاصه و جمع‌بندی‌ها
۳۳۸	 تشکر و قدردانی
۳۳۹	 مسائل
۳۴۲	 کتابنامه

فصل هفتم

۳۵۱	 تولید هیدروژن زیستی
۳۵۱	 ۷-۱ دی‌آچه
۳۵۲	 ۷-۱-۱ آنزیم‌ها
۳۵۳	 ۷-۱-۲ تولید هیدروژن «بی‌هوازی»
۳۵۴	 ۷-۲ تولید هیدروژن بروش زیست‌نور
۳۵۵	 ۷-۲-۱ آبکافت مستقیم زیستی
۳۵۶	 ۷-۲-۲ تولید هیدروژن زیستی با نور غیرمستقیم
۳۵۷	 ۷-۲-۳ تخمیر نوری
۳۵۸	 ۷-۲-۴ توانمندی تولید هیدروژن به روش زیست‌نوری
۳۵۹	 ۷-۳ تولید هیدروژن زیستی با روش تخمیری
۳۵۹	 ۷-۳-۱ بازنگری
۳۵۹	 ۷-۳-۲ انرژی زا
۳۶۱	 ۷-۳-۳ ترموتوگالز
۳۶۱	 ۷-۳-۴ مسیر زیست شیمی تولید هیدروژن تخمیری توسط ترموتوگا
۳۶۳	 ۷-۳-۵ تولید هیدروژن توسط باکتری‌های دیگر
۳۶۵	 ۷-۳-۶ تولید محصولات همزمان

۳۶۶	۷-۳-۷ تخمیر ناپیوسته
۳۶۷	۷-۳-۸ اثر بازدارندگی هیدروژن تولید شده
۳۶۸	۷-۳-۹ نقش «سولفیدوژنسینر-گوگردی»
۳۷۱	۷-۳-۱۰ استفاده از منابع کربنی همچون باقی مانده های کشاورزی
۳۷۶	۷-۳-۱۱ فرایند و پارامترهای محیطی
۳۷۶	۷-۳-۱۱-۱ محیط واکنش گاه
۳۷۶	۷-۳-۱۱-۲ حالت گاز هیدروژن و بازیابی از فضای بالا زیست واکنش گاه
۳۷۷	۷-۳-۱۱-۳ مای واکنش گاه زیستی
۳۷۸	۷-۳-۱۱-۴ محیط های
۳۷۸	۷-۳-۱۱-۵ عصاره مخمر
۳۷۸	۷-۳-۱۱-۶ نمک موجود
۳۷۹	۷-۳-۱۱-۷ بهینه سازی pH محیط
۳۷۹	۷-۳-۱۱-۸ هیدروکلراید سیستمین
۳۷۹	۷-۳-۱۱-۹ انبار و نگهداری
۳۷۹	۷-۴ تشخیص هیدروژن، کمیت سنجی و گزارش
۳۸۰	۷-۴-۱ تشخیص هیدروژن
۳۸۱	۷-۴-۲ فشار کلی گاز
۳۸۱	۷-۴-۳ فشار بخار آب
۳۸۲	۷-۴-۴ فشار جزیی هیدروژن
۳۸۳	۷-۴-۵ غلظت گاز هیدروژن
۳۸۳	۷-۴-۶ بیان غلظت هیدروژن در محیط $\text{mmolH}_2\text{L}^{-1}$
۳۸۳	۷-۴-۷ سرعت تولید هیدروژن

پیش‌گفتار نویسندگان

انرژی تجدیدپذیر نه تنها به دلیل افزایش قیمت نفت بلکه به دلیل کاهش و محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی توجه یافته است. یک روزی نه چندان دور در آینده، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز ممکن است به دلیل تمام شدن منابع سوخت‌های فسیلی تعطیل شوند. از طرفی دیگر طبیعت برای شکست گاز، نفت و زغال‌سنگ به زمان بسیار طولانی نیاز دارد. در مقیاس زمین‌شناسی ممکن است با چشم به‌هم‌زدن تمام انواع سوخت‌های فسیلی را سوزانده و تمام کنیم. منابع انرژی تجدیدپذیر متعددی هستند سوخت زیستی یکی از آن‌ها است که منبعی بسیار مهم است. سوخت زیستی ممکن است این‌گونه تعریف شود: سوختی است که از منابع زیستی به‌دست می‌آید. در میان آن‌ها متان از روش بی‌هوازی تولید می‌شود. اگرچه هزاران سال نیست بلکه صدها سال است که توسط نسل بشر استفاده می‌شود. در نهایت این سوختی است که از منابع قندی و نشاسته‌ای به‌دست می‌آید از جمله سوخت‌های زیستی مهمی که به‌دست می‌آید. سوخت‌های زیستی دیگری که از لیگنوسلولز تولید می‌شود، دیزل زیستی، هیدروژن زیستی و برق زیستی هستند و تحقیقات بسیار زیادی روی آن‌ها در حال انجام می‌باشد و فناوری تولید بسیاری از فرآورده‌ها به‌دست آمده است. به هر حال، تمام روش‌های فرآوری هنوز برای صنعتی شدن آماده نیست. این کتاب با دو هدف به رشته تحریر درآمده است. نخست، ممکن است مرجعی برای کسانی باشد که علاقمند به سوخت‌های زیستی هستند. دوم اینکه، ممکن است به عنوان کتاب درسی برای آموزش فناوری سوخت زیستی دانشجویان علوم، مهندسی و آن دسته از اشخاصی که می‌خواهند فرایندهای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را توسعه دهند، مفید باشد. در این کتاب، خوانندگان مبانی مهم سوخت زیستی و هنر عملی فناوری این‌گونه محصولات که می‌خواهند تولید کنند را فرا می‌گیرند. از همکاران و دانشجویان عزیز که در این زمینه مطالعه یا فعالیت می‌نمایند، چنانچه نقشی در کتاب مشاهده نمودند، لطفاً اطلاع دهند که، موجب سپاسگزاری خواهد شد.