زیست‌سوخت‌ها (بیوفیول)

گردآوری از: دکتر محمد سلیمانی جمارانی

چکیده:

یکی از جایگزین‌های سوخت‌های فسیلی زیست سوخت‌ها هستند. زیست سوخت‌ها از مواد اولیه تجدیدپذیر یعنی زیست توده تهیه می‌شوند. بیشترین تولید و مصرف زیست‌سوخت‌ها در دنیا مربوط به بیواتانول و بیودیزل است.

مقدمه:

برای حمل و نقل، گرم و سرد کردن، روشنایی، مصارف خانگی، در صنایع و غیره نیاز به انرژی است. بخش اعظم انرژی مورد نیاز برای مثال در آلمان ۸۷/۶ در صد و در فرانسه ۸۶/۶ در صد انرژی از مواد تجدیدناپذیر تامین می شود که بر روی کره زمین به طور محدود وجود دارد. نفت خام به علت ایمنی حمل و نقل و سوختن آسان و عرضه آن با قیمت مناسب کماکان بهترین نوع سوخت در بازار جهانی به حساب می‌آید. امروزه در هر ثانیه ۱۰۰۰ بشکه نفت خام در دنیا مصرف می‌شود. با افزایش جمعیت و توسعه صنعت این روند رو به رشد است.

با توجه به محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی و تاثیرگذاری آن‌ها برمحیط زیست [1] (برای مثال ۶۰ درصد سوخت خودروها به آلاینده‌ها تبدیل می شوند) پژوهشگران در پی یافتن جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی هستند. درصنعت خودروسازی در دنیا به دنبال امکان جایگزینی سوخت و فناوری پیشرانش (زیست‌سوخت‌ها، هیدروژن، خودروهای برقی، پیل سوختی، خودروهای هیبریدی و فناوری خورشیدی) می‌باشند.

به عنوان جایگزین مناسب در کوتاه مدت گاز طبیعی در جایگاه والاتری قرار می‌گیرد. گاز طبیعی به عنوان سوخت به طور مستقیم و یا به صورت فشرده و یا مایع کاربرد دارد. همچنین از گاز طبیعی می‌توان برای سنتزسوخت مایع مانند مخلوط هیدروکربن‌ها (بنزین سنتزی) و یا تهیه متانول استفاده کرد.

از جمله جایگزین‌های سوخت‌های فسیلی می‌توان از زیست‌سوخت‌ها (بیوفیول) نام برد. زیست‌سوخت‌ها از مواد اولیه تجدیدپذیر یعنی زیست توده (بیومس) تهیه می‌شوند. به طورعام زیست توده اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات و زایدات کشاورزی (مواد گیاهی و دامی) جنگل‌ها و صنایع وابسته و نیز ضایعات صنعتی شهری است. امروزه جرم میکروارگانیزم‌ها نیز به عنوان زیست توده محاسبه می شود. زیست توده شامل مواد تجدیدپذیرمانند روغن گیاهی، غلات، چغندرقند، نیشکر و یا چوب و ضایعات آن و ضایعات حیوانی است [2]. به طور عام زمانی که از زیست توده صحبت می‌شود اغلب منظور مواد گیاهی است.

استفاده از زیست توده به وسیله انسان تقریبا به قدمت تاریخ بشری می‌رسد. از زمان کشف آتش، از شاخ و برگ‌ها و چوب مشتعل یعنی «زیست انرژی» برای گرم کردن، ایجاد روشنایی و پختن استفاده می شد. زیست انرژی در واقع انرژی به دست آمده از زیست توده است.

گیاهان به عنوان ذخیره ساز کربن، دی اکسید کربن را از هوا می‌گیرند و به صورت کربن ذخیره می‌نمایند. در این فرآیند بخشی از نور خورشید که به جو زمین می رسد در اثر فتوسنتز در گیاه جذب و ذخیره می شود. با سوزاندن چوب یا بخش‌های دیگر گیاه علاوه بر انرژی، قسمت اعظم کربن ذخیره شده به صورت دی اکسید کربن آزاد و بخشی نیز در خاکستر می‌ماند.

میزان انرژی که سالیانه در اثر فتوسنتز ذخیره سازی می‌شود چندین برابرکل انرژی مورد نیاز بشر است. ذخایر انرژی زیست توده‌ها در درختان برابر ذخایر سوخت‌های فسیلی قابل استخراج و تائید شده می‌باشد. مطالعات سازمان جهانی خواربار [1](FAO) حاکی ازآن است که زیست توده می‌تواند تا سه برابر انرژی مورد نیاز دنیا را تامین نماید و بیواتانول حاصل از زیست توده می‌تواند به تنهایی برابر ۳/۱ میلیارد تن معادل نفت خام در سال تولید شود. [3]

با آغاز انقلاب صنعتی در اروپا و مصرف رو به رشد انرژی فسیلی تجربه‌های گذشته در رابطه با تامین انرژی از زیست توده دیگرکمتر مورد توجه قرارگرفت. تنها در مقاطعی از تاریخ در روند رو به رشد صنعت از زیست انرژی بیشتراستفاده شد.

نیکولاس اگوست اوتو در سال ۱۸۶۰ از بیواتانول به عنوان سوخت در موتورهای درون سوزاولیه استفاده کرد.

هنری فورد بیواتانول را به عنوان سوخت خودروی فورد مدل T ازسال ۱۹۰۸ تا ۱۹۲۷ در برنامه کاری قرارداد، به گفته او: سوخت آینده از بوته‌های کنار خیابان یا از سیب، علف هرز، خاک اره – در عمل از همه چیز حتی از غلات و چغندر قند به دست می‌آید.

در جنگ جهانی اول در آلمان از بیواتانول به عنوان سوخت هواپیماهای جنگی استفاده می‌شد. برای پشتیبانی از کشاورزان در سال ۱۹۲۵ در آلمان از بیواتانول حاصل از سیب‌زمینی به عنوان سوخت استفاده شد و مخلوط تا ۲۵ درصد اتانول در بنزین با نام مونوپولین (Monopolin) در بازار عرضه می شد. در سال ۱۹۳۰ مخلوط بنزین و الکل خالص (اغلب متانول) جهت افزایش عدد اکتان بخصوص برای خودروهای مسابقات مصرف داشت. به طور عام در زمان‌های اضطرار مانند بحران انرژی یا جنگ، انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر مورد توجه قرار می‌گرفتند. [4]

امروزه سه سوخت فسیلی نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ حدود ۸۱ درصد و منابع غیرفسیلی حدود ۱۹ درصد انرژی مورد نیاز بشر را تامین می‌کند.

سوخت مایع خودروها باید حتی‌المقدور دارای خصوصیات زیر باشند:

- دارای چگالی نسبتا بالا
- به راحتی قابل کاربرد

[1] Food and Agriculture Organization

- سوختن بدون باقی مانده جامد و مایع
- از لحاظ زمانی و مکانی به اندازه لازم در اختیار مصرف کننده باشد
- بدون ته مانده مضر برای انسان و طبیعت
- موجب تغییرات اقلیمی نشوند

بر خلاف سوخت‌های فسیلی (مانند بنزین و گاز طبیعی) که از هیدروژن و کربن تشکیل شده‌اند. زیست‌سوخت‌های پر مصرف مانند بیواتانول و بیودیزل در ساختار خود دارای اکسیژن هستند. این موجب ایجاد تفاوت‌هایی در روند مکانیزم سوختن زیست‌سوخت‌ها می‌شود. حضور اکسیژن در ساختار مولکول سوخت موجب تغییر ساختار الکترونی ترکیب و در نتیجه تغییر در تمام قدرت پیوندی C-H مولکول‌های اکسیژن دارد در مقایسه با هیدروکربن‌ها است.

اغلب زیست‌سوخت‌ها مایع هستند و به راحتی قابل ذخیره‌سازی و از طریق ایستگاه‌های عرضه سوخت فسیلی قابل توزیع می‌باشند. چگالی آن‌ها مشابه سوخت‌های فسیلی است.

از لحاظ شیمیایی زیست‌سوخت‌ها به چهار گروه عام تقسیم می‌شوند:

۱. روغن گیاهی و بیودیزل

۲. الکل‌ها

۳. سوخت‌های سنتزی

۴. بیوگاز و بیوهیدروژن

بیشترین تولید زیست‌سوخت‌ها در دنیا مربوط به بیواتانول و بیودیزل است. ۸۷ درصد بیواتانول جهان در ایالات متحده آمریکا و برزیل و درصد بالایی از بیودیزل دنیا درکشورهای اتحادیه اروپا تولید می‌شود.

کشورهای برزیل، ایالات متحده آمریکا، فرانسه، سوئد، آلمان و روسیه پیشگامان تولید و مصرف زیست سوخت‌ها هستند. برای مثال در سال ۲۰۱۴ در آلمان حدود ۵۶ میلیون تن سوخت مصرف شد که از آن ۶۱ درصد گازوئیل، ۳۲ درصد بنزین و ۵/۱ درصد (۳/۵ میلیون تن) زیست‌سوخت بود. [5] بیودیزل با مصرف ۱/۸ میلیون تن پر مصرف ترین زیست‌سوخت درآلمان است. مصرف بیواتانول به صورت مخلوط با بنزین در سال ۲۰۱۴ حدود ۱/۲ میلیون تن بود. در سال ۲۰۱۴ با استفاده از زیست سوخت در آلمان از انتشارحدود پنج میلیون تن دی اکسید کربن جلوگیری شد. [5]

به طور عام تاثیرگذاری زیست‌سوخت‌ها شامل نکات زیر است:

- بهبود کیفیت هوا
- محدود کردن گرمایش کره زمین
- کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی

نسل زیست‌سوخت‌ها

با تلفیق روش های شیمیایی و زیست شناختی می‌توان روغن، قند، سلولز و دیگر مواد موجود در زیست توده را به زیست سوخت‌ها تبدیل کرد. کار شنا سان برای تهیه زیست سوخت‌ها مواد خام لازم را به ۳ د سته تق سیم می‌کنند. لیکن مرز بین نسل‌ها کاملاً مشخص نیست. [6]

زیست‌سوخت‌های نسل اول

این زیست سوخت‌ها از اجزایی از گیاه مانند دانه‌های روغنی و غلات حا صل می شوند. اغلب مواد اولیه مورد نیاز نسل اول برای تهیه زیست‌سوخت‌ها به صورت مواد غذایی نیز مصرف دارند. روغن‌های گیاهی، بیواتانول و بیودیزل از زیست‌سوخت‌های نسل اول هستند که در حمل و نقل از آن استفاده می‌شود.

استفاده از نسل اول زیست‌سوخت‌ها موجب کاهش ۵۰ درصدی انتشار CO_2 می‌شود.

در جدول زیر چند زیست‌سوخت از مواد اولیه نسل اول در مقایسه با معادل لیتر سوخت در هر هکتار مشاهده می‌شود:

زیست‌سوخت	معادل لیتر سوخت از هر هکتار
روغن کلزا	۱۵۰۰
بیواتانول از چغندر قند	۴۱۰۰
بیواتانول از غلات	۱۷۰۰
بیودیزل از کلزا	۱۴۰۰

زیست‌سوخت‌های نسل دوم

در رسانه ها و صنایع خودرو سازی از زیست‌سوخت‌های نسل دوم به عنوان یکی از سوخت‌های آینده صحبت می‌شود. تهیه این نوع زیست‌سوخت دارای مشکلات خاص خود است. این نوع زیست‌سوخت از کل گیاه و ضایعات آن حاصل می شود. برخلاف زیست سوخت‌های نسل اول که از بخش‌هایی از گیاه که به آ سانی قابل تجزیه هستند (مانند روغن گیاهی و نشا سته) تهیه می شود زیست سوخت‌های نسل دوم از بخش های سلولزی گیاه که تجزیه آن‌ها آ سان نمی باشد تهیه می‌گردد.

معروف‌ترین زیست‌سوخت‌های نسل دوم عبارتند از:

- بیواتانول از لیگنوسلولز
- زیست توده به مایع (BtL)[۲]
- بیومتان

[2] Biomass-to-Liquid

- بیو – دی متیل اتر

در جدول زیر چند زیست‌سوخت نسل دوم در مقایسه با معادل لیتر سوخت در هر هکتار ملاحظه می‌شود:

زیست‌سوخت	معادل لیتر سوخت از هر هکتار
بیواتانول از لیگنو سلولز	۶۴۰
زیست توده به مایع (BtL)	۴۰۰۰
بیومتان	۵۰۰۰

با استفاده از زیست‌سوخت‌های نسل دوم تا ۹۰ درصد از انتشار دی اکسید کربن کاسته می‌شود.

ارجحیت آن نسبت به نسل اول زیست‌سوخت‌ها استفاده از تمام گیاه به عنوان ماده اولیه است. سوخت‌های سنتزی را می‌توان در موتورهای درونسوز بدون تغییری در آن استفاده کرد همچنین در ایستگاه‌های عرضه سوخت فسیلی قابل توزیع است.

از معایب آن مصرف انرژی نسبتا زیاد برای تولید سوخت سنتزی است که می‌توان از طریق احتراق بخشی از زیست توده به بخشی از انرژی مورد نیاز دست یافت.

زیست‌سوخت‌های نسل سوم

برای زیست سوخت‌های نسل سوم تولید ماده اولیه از سطح کشت بهینه در مقایسه با زیست سوخت‌های نسل اول استفاده می‌شود. به بیانی دیگر تولید بیشتر زیست توده در سطح کشت کمتر صورت می‌گیرد. برای مثال تکثیر ریز جلبک‌ها جهت تولید زیست‌سوخت‌ها که برای آن از زمین بی حاصل و فاضلاب صنایع نیز می‌توان استفاده کرد.

ریزجلبک‌ها میکرو ارگانیزم‌هایی با قطر کمتر از ۴ میلی‌متر هستند.

در ادامه به پر مصرف‌ترین زیست‌سوخت‌ها یعنی بیواتانول و بیودیزل به اختصار پرداخته می‌شود.

بیواتانول

از اتانول به عنوان سوخت در موتورهای درونسوز و پیل‌ها سوختی استفاده می‌شود. [7]

بیشترین مصرف اتانول برای موتورهای بنزین سوزاست. مخلوط گازوئیل و اتانول نیز به عنوان سوخت کاربرد دارد.

برای مثال در ایالات متحده آمریکا O2 - دیزل به صورت مخلوط گازوئیل و اتانول عرضه می‌شود. در این نوع سوخت از لحاظ حجمی سهم اتانول ۷/۷ درصد است. این نوع مخلوط کردن موجب کاهش خود اشتعالی، ویسکوزیته و پایداری مخلوط می‌شود. به این علت به آن برای پایداری حدود ۰/۷ درصد حجمی مواد افزودنی اضافه می‌نمایند. برای اضافه نمودن بیشتر اتانول (۱۰ تا ۱۲ درصد) نیاز به افزودن بهبود دهنده مخلوط کننده دو سوخت مانند

تتراهیدرو فوران و بهبود دهنده ستان مانند ۲- اتیل هگزیل نیترات 2EHN[3] است. بهبود دهنده دیگر برای مخلوط شدن دو سوخت بیودیزل است. برای مصرف موتورهای دیزلی n- الکل‌ها با زنجیره طولانی مناسب‌تر هستند.

اتانول را می‌توان از اتیلن و یا به روش بیوتکنولوژی از مواد اولیه طبیعی (زیستی) تهیه کرد. به اتانولی که از ماده اولیه زیستی تهیه می شود بیواتانول می‌گویند که یک ماده تجدید پذیرا ست. هر دو محصول صنعتی و زیستی اتانول از نظرخواص فیزیکی و شیمیایی یکسان هستند. [8]

تولید جهانی اتانول در سال ۲۰۰۰، ۲۹/۲ و در سال ۲۰۱۳ حدود ۸۸/۳ میلیون متر مکعب بود. در سال ۲۰۱۶ حدود ۱۱۹/۳ میلیون مترمکعب اتانول تولید شد که از آن ۱۰۰/۶ میلیون متر مکعب به عنوان سوخت مصرف گردید. [9]

بیشترین درصد تولید اتانول در کشورها به شرح ذیل است:

کشور	درصد
ایالات متحده آمریکا	۵۳/۳
برزیل	۳۳/۲
اروپا	۵/۱
چین	۲/۵
تایلند	۲
غیره	۴

در ترکیب اتانول حدود ۳۵ درصد اکسیژن وجود دارد. به این دلیل در مقایسه با سوخت‌های فسیلی هنگام سوختن گازهای گلخانه ای و ذرات معلق کمتری تولید می‌کند.

از اتانول بیشتر به صورت مخلوط با سوخت متعارف استفاده می‌شود.

مخلوط‌های معمول بنزین با الکل را به صورت E2, E5, E10, E25, E50, E85, E100 نشان می‌دهند. عدد مجاور E نشان‌دهنده این است که چند درصد حجمی اتانول به بنزین اضافه شده است. E85 از ۸۵ درصد اتانول بدون آب و ۱۵ درصد بنزین متعارف تشکیل شده است.

در ایالات متحده آمریکا مخلوط بنزین - اتانول را گازال (gasohol) می‌نامند در این کشور بیشتر مخلوط‌های E85 و E10 عرضه می‌شوند. در برزیل مخلوط بنزین - الکل را Gasolina Tipo C می‌نامند که در جایگاه‌ها بصورت اتانول خالص و مخلوط بنزین - اتانول ۲۰ تا ۲۵ درصد عرضه می‌شود. دولت بر اساس نیاز بازار (زمان برداشت) برای تنظیم بازار قیمت الکل سوخت را تعیین می‌کند.

اتانول خالص بر روی مواد پلاستیکی (مانند پلی وینیل کلراید) و لاستیک اثر می‌گذارد به این علت استفاده از درصد بالای اتانول در خودروهای اصلاح نشده امکان‌پذیر نیست. علاوه برآن اتانول خالص دارای عدد اکتان بالاتر از بنزین

[3] 2 Ethylhexyl Nitrate

متعارف است که این هم نیاز به تغییراتی در موتور خودرو دارد. موتورها برای اتانول خالص نیاز به سیستم - استارت سرد دارند. افزودن بنزین به اتانول برای استارت کمک کننده است. مصرف اتانول نسبت به بنزین به علت ارزش حرارتی کمترحدود ۳۰ درصد بیشتر است. به این علت جهت طی مسافتی یکسان باک خودرو اتانول سوز باید بزرگتر از باک خودرو بنزین سوز باشد.

تولید اتانول

زیست توده ذخیره کننده طبیعی انرژی خورشیدی است. حدود ۵۰ درصد زیست توده از گلوکز تشکیل شده است. لیکن گلوکز تشکیل شده درگیاه به همان صورت ذخیره سازی نمی شود. گلوکز می‌تواند در آب دو ساختار مختلف داشته باشد. این دو ساختار را آنومر می‌نامند. از دو آنومر آلفا و بتا نشاسته و سلولز تشکیل می‌شود.

بیواتانول در روش‌های بیولوژیکی از تخمیر مواد مانند نشاسته، سلولز به وسیله میکروارگانیزم‌ها تولید می‌شود. [6]

منابع تولید بیواتانول را می‌توان به ۳ گروه تقسیم کرد:

۱. قندهای ساده: نیشکر، چغندر

۲. مواد نشاسته‌ای: غلات، حبوبات

۳. مواد لیگنوسلولزی: ضایعات کشاورزی، ضایعات چوبی

به عنوان مواد اولیه اغلب از گیاهان در دسترس با قند و نشاسته بالا استفاده می‌شود : در آمریکای جنوبی از نیشکر یا ملاس

نیشکر حاصل از آن، در آمریکای شمالی ذرت، در اروپا غلات و چغندر قند

تولید صنعتی بیواتانول از ضایعات و زائدات زیست توده

بزرگترین تاسیسات تولید بیواتانول از ضایعات و زائدات زیست توده درهوگوتن - کانزاس ایالات متحده آمریکا قرار دارد. تولید این مجموعه در سال به ۱۰۰ میلیون لیتر زیست‌سوخت می‌رسد. [10] این دو برابر تولید بیواتانول از سلولز در کرسنتینو ایتالیا است. یک کارخانه نیز در برزیل سالیانه ۸۰ میلیون لیتر بیواتانول تولید می‌کند.

برای ساختن کارخانه تولید بیواتانول در هوگوتن شرکت ابنگوا ۲۷۱ میلیون دلار سرمایه گذاری کرد. مصرف سالیانه زیست توده دراین کارخانه ۳۵۰۰۰۰ تن است. روزانه ۳۰۰ تن پسماند باقی می‌ماند که در یک نیروگاه ۱۸ مگاواتی سوزانده می‌شود. از این طریق برق مورد نیاز کارخانه تامین می‌شود. برق اضافی به شبکه سراسری وارد می‌شود.

ارزش اتانول تولیدی این کارخانه هر لیتر حدود ۴۷ سنت (یورو) است. قابل ذکر است تاکنون شرکت ابنگوا دراسپانیا، هلند، ایالات متحده آمریکا و برزیل به خصوص برای تاسیس کارخانه‌های تولید اتانول نسل اول همکاری داشت که از نشاسته و قند به عنوان ماده اولیه استفاده می‌شد.

در ایالات متحده آمریکا چندین پایلوت تولید اتانول از سلولز وجود دارند. تمام این تاسیسات به ۱۰ درصد تولید بیواتانول اینگوا نمی‌رسد.

تنها کارخانه تولید اتانول - سلولزی درآلمان متعلق به شرکتClariant کلارینت (سال ۲۰۱۲) در استان باواریا (اشترابینگ) در سال ۱/۳ میلیون لیتر اتانول تولید می‌نماید که به بنزین اضافه می‌شود. [11]

در ستاد توسعه کاربردی انرژی‌های نو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۹۰ احداث پایلوت تولید ۱۰۰۰ لیتر بیواتانول در روز نسل دوم به تصویب رسید. کنسرسیوم ساخت شامل وزارت نفت، ستاد (سانا) و وزارت صنعت و معدن و تجارت بوده و دانشگاه‌های مختلف، پژوهشگاه‌ها و جهاد کشاورزی فارس در اجرای آن نقش داشته اند. [12]

بیودیزل (زیست دیزل)

روغن‌های گیاهی تازه و مستعمل و چربی حیوانی را می‌توان از طریق شیمیایی به بیودیزل تبدیل کرد. بیودیزل با دیزل به هر نسبتی قابل اختلاط است. به این علت در برخی از کشورها از مخلوط این دو سوخت برای خودروهای دیزل سوز استفاده می‌شود.

بیودیزل برخلاف دیزل فسیلی دارای پیوندهای دوگانه است به این علت پایداری آن در برابر اکسیداسیون کمتر از دیزل است. میزان اکسیژن موجود در بیودیزل حدود ۱۰-۱۲ درصد وزنی است که موجب کاهش چگالی انرژی و انتشار ذرات معلق کمتر نسبت به دیزل می‌شود.

دیزل فسیلی دارای ترکیبات آروماتیک و بیودیزل فاقد این ترکیبات است. ترکیبات آروماتیک در اثراحتراق موجب افزایش تشکیل آلاینده‌ها می‌شود.

میزان گوگرد موجود در بیودیزل حداکثر ۱۰ پی‌پی‌ام است که نسبت به گازوئیل مجاز در اروپا (۵۰ پی‌پی‌ام) کمتر است (گوگرد موجود درگازوئیل مصرفی در ایران بیش از ۵۰۰ پی‌پی‌ام است).

در هنگام احتراق از سوخت بیودیزل در مقایسه با گازوئیل، سوخت نسوخته و مونواکسید کربن و ذرات معلق کمتری منتشر می‌شود لیکن با افزایش تشکیل اکسیدهای نیتروژن همراه است. بیودیزل دارای خاصیت روانکاری بهتر و عدد ستان بالاتری نسبت به دیزل فسیلی است.

در سال ۱۹۸۳ فرآیند تولید بیودیزل با کیفیت مناسب سوخت در سطح جهانی مطرح شد. [13] در سال ۱۹۸۹ اولین تاسیسات صنعتی تولید بیودیزل در اتریش با ظرفیت سالیانه ۳۰۰۰۰ تن بر اساس ثبت اختراع آفریقای جنوبی احداث شد و از سال ۱۹۹۰ سرمایه‌گذاری برای تاسیسات تولید بیودیزل افزایش یافت. در سال ۱۹۹۸، ۲۱ کشور اروپایی تولید کننده انبوه بیودیزل بودند.

در سال ۲۰۱۲ حدود ۲۰ میلیون تن بیودیزل در سطح جهانی تولید شد که حدود یک درصد مصرف سوخت خودروها را شامل می‌شود. [14]

بیودیزل به عنوان یک زیست‌سوخت در دومین همایش شیمی سبز در سال ۱۳۸۲ مورد بررسی قرار گرفت. [15] این ماده در پژوهشگاه صنعت نفت و دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. بر اساس گزارش خبرگزاری ایرنا کارخانه تولید بیودیزل اسفند سال ۱۳۹۱ در شهرستان تیران و کرون (اصفهان) افتتاح گردید.

تولید بیودیزل

بیودیزل از طریق ترانس استریفیکاسیون از روغن‌های گیاهی و چربی حیوانی تهیه می شود. ترانس استریفیکاسیون تری گلیسیرید با متانول (یا سایر الکل‌ها) یعنی جایگزینی الکل گلیسیرین با الکل متانول، متداول‌ترین روش برای تهیه بیودیزل است:

گلیسرین + بیودیزل ⟵ متانول + چربی / روغن

استفاده از متانول بیشتر به علت ارزان قیمت بودن آن نسبت به سایر الکل‌ها نظیر اتانول، پروپانول و بوتانول است. در برزیل اغلب ترانس استریفیکاسیون با بیواتانول که به مقدار زیاد دردسترس است انجام می‌شود. ترانس استریفیکاسیون با کاتالیزورهای اسیدی و بازی انجام می‌گیرد. با کاتالیزورهای بازی سرعت واکنش بیشتر است. بعد از ترانس استریفیکاسیون جداسازی گلیسیرین و متانول اضافه انجام می‌شود.

در اروپا اغلب از روغن کلزا در ایالات متحده آمریکا بیشتر از روغن سویا و به نسبت مقدارکمتر از روغن کلزا برای تهیه بیودیزل استفاده می‌شود. درآسیای شرقی روغن نخل پرمصرف‌ترین روغن برای تهیه بیودیزل است.

میزان تولید بیودیزل

مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده‌ی بیودیزل در سال ۲۰۱۷ [16]

کشور	میلیارد لیتر
ایالات متحده آمریکا	۶
برزیل	۴/۳
آلمان	۳/۵
آرژانتین	۳/۳
اندونزی	۲/۵
فرانسه	۲/۳

مزایا و معایب زیست‌سوخت‌ها

زیست‌سوخت‌ها دارای مزایا و معایبی هستند:

مزایای زیست‌سوخت‌ها

- زیست‌سوخت‌ها تجدیدپذیرهستند.

- در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مصرف زیست سوخت‌ها همراه با کاهش بیرون فرست دی اکسید کربن است. زیست سوخت‌های مختلف هنگام تولید و مصرف مقدار دی اکسید کربن مختلفی تولید می‌نمایند. به این علت باید بیشتر به زیست‌سوخت‌هایی توجه کرد که در کل موجب بیرون فرست CO_2 کمتری شوند.
- با برنامه‌ریزی از محصولات کشاورزی می‌توان برای تولید زیست‌سوخت‌ها و دیگر مصارف استفاده کرد. برای مثال از کشت ذرت برای تهیه زیست سوخت‌ها و از زائدات آن برای خوراک دام استفاده کرد و یا به عنوان زیست توده برای تهیه زیست‌سوخت نسل دوم به کار برد.
- برای تولید زیست‌سوخت‌های نسل دوم می‌توان گیاهان با رشد سریع را در زمین های غیرزراعی کاشت.
- تاسیس کارخانه‌های تولید زیست‌سوخت، موجب ایجاد فرصت های شغلی بیشتری می‌شود.
- در کشورهای وارد کننده نفت، تولید زیست‌سوخت‌ها موجب امنیت انرژی در آن کشورها می‌شود.
- استفاده از زیست سوخت‌ها موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه حفظ منابع انرژی فسیلی برای مدت زمان بیشتری می‌گردد.
- زیست‌سوخت‌ها اغلب غیرسمی و تجزیه پذیرزیستی هستند.

معایب زیست‌سوخت‌ها

تولید زیست‌سوخت‌های نسل اول بر روی قیمت برخی از محصولات کشاورزی تاثیرگذار است. برای تغذیه سالیانه یک انسان ۲۵۹ کیلوگرم گندم کافی است. از این مقدار گندم می‌توان ۱۰۰ لیتر بیواتانول تولید کرد که به جای حدود ۶۶ لیتر بنزین در خودرو کاربرد دارد. با بیانی دیگر پر کردن یک باک بنزین با حدود ۱۰۰ کیلوگرم نان برابر است. این موضوع برای کشورهای پیشرفته صنعتی مشکل زیادی را در بر نخواهد داشت. لیکن در کشورهای در حال توسعه استفاده از محصولات کشاورزی برای تهیه زیست‌سوخت بر روی مایحتاج مردم تاثیرگذار است. یعنی بر سر دو راهی باک بنزین و یا بشقاب غذا؟ در این کشورها بشقاب غذا مهم‌تر است.

تولید زیست‌سوخت‌ها به خصوص نسل اول مناطق گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد که بر روند کلی اقتصاد کشورها تاثیرگذار است. برای مثال به علت محدودیت زمین‌های کشاورزی در کشور برزیل دامنه کشت برخی ازگیاهان لازم برای تولید زیست سوخت‌ها به چراگاه‌ها کشیده شده و دامداران را مجبوربه استفاده از جنگل های طبیعی برای دامداری و درنتیجه تخریب آن‌ها کرده است. [3]

دیگر معایب استفاده از زیست‌سوخت‌ها به شرح زیراست:

- تولید برخی از زیست سوخت‌ها موجب بیرون فرست بیشترگازهای گلخانه‌ای می شود. علت آن انرژی لازم برای حمل و نقل و فرآیند تبدیل زیست توده به زیست‌سوخت و در نتیجه انتشار دی اکسید کربن است.
- برای آبیاری گیاهان لازم برای تولید زیست‌سوخت‌ها به خصوص در مناطق خشک نیازبه آب زیاد است.
- بر اساس بررسی‌های انجام شده هزینه پژوهش و فرآیندهای تولید زیست‌سوخت‌های نسل دوم بالا است.
- تغییرات در خودروها برای استفاده از زیست‌سوخت‌ها قیمت وسایل نقلیه را افزایش می‌دهد.
- براساس بررسی پژوهشگران انگلیسی تهیه سوخت زیستی می‌تواند بر سلامتی انسان تاثیرگذار باشد. کاشت درختان سریع‌الرشد برای برطرف کردن نیاز روز افزون به زیست توده (نسل دوم)، موجب انتشار بیشتر

ایزوپرن می‌شود که با اکسید نیتروژن منجر به تشکیل گاز اوزون بیشتری در جو می‌شود. اوزون ماده اکسید کننده قوی، با قابلیت واکنش زیاد اســـت که موجب بروز مشـــکلاتی برای انســـان ازجمله تاثیر بر بافت ریه می‌شود.

- در اثر احتراق زیست سوخت‌ها ترکیبات کربونیل‌دار (مانند فرمالدهید و استالدهید) بیشتری در مقایسه با سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌شود.

منابع علمی

۱. کتاب تاثیر نفت بر محیط زیست / محمد سلیمانی جمارانی - ابراهیم علایی، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۳

2. http://www.nachwachsende-rohstoffe.de

3. http://www.mobil-ohne-fossil.org

4. Biokraftstoffe: Ein Ersatz fuer fossile Energietraeger?

Nikolay Barth, 2008, Muenchen, GRIN Verlag GmbH, ISBN 978 - 3 - 656 - 41584 - 8

5. https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe

6. https://de.wikipedia.org/wiki/Biokraftstoff

7. Biokraftstoffe aus Holz gewinnen / Rinaldi, Roberto Forschungsbericht 2010 - Max - Planck - Institut fuer Kohlenforschung

8. https://de.wikipedia.org/wiki/Bioethanol

https://de.wikipedia.org/wiki/Cellulose-Ethanol

9. Statista - Das Statistik - Portal

10. http://greenwiwo.de/biosprit-aus-Pflanzenabfall-us-forscher-feiern-durchbruch

11. http://green.wiwo.de/durch-fuer-wirklichen-biosprit-weltgrosste-anlage-fuer-abfalltreibstoff-in-betrieb

۱۲. سازمان انرژی‌های نو ایران (جهان مهندسی)

13. SAE Technical paper series no. 831356, SAE international off High Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA. ,1983.

14. Samir Chikkali, Stefan Mecking: Raffination von Pflanzenoelen fuer die Chemie durch olefinmetathese. In: Angewandte Chemie. 2012. S.5902-5909.

doi : 10. 1002 / ange. 201107645

۱۵. محمد سلیمانی جمارانی، سهراب تقی پور، علی اصغر خلیلی (پژوهشگاه صنعت نفت): بیودیزل، دومین همایش شیمی سبز(تهران) ۱۳۸۲/۶/۳۰

16. https://de.statista.com/themen/49/energieversorgung

به نام خدا

تولید و مصرف زیست‌سوخت‌ها در برزیل

گردآوری از: دکتر محمد سلیمانی جمارانی

چکیده:

برزیل یکی از مهم‌ترین تولید و مصرف‌کننده‌های زیست‌سوخت‌ها به خصوص بیواتانول و بیودیزل در دنیا است. برزیل دومین تولیدکننده بیواتانول و طرح پروالکل موفق‌ترین برنامه تولید زیست انرژی در جهان می‌باشد.

مقدمه:

سوخت‌هایی که از زیست توده تهیه می‌شوند را زیست‌سوخت می‌نامند. از جمله مواد اولیه تجدیدپذیر لازم برای تهیه زیست‌سوخت‌ها روغن‌های گیاهی، غلات، چغندرقند، نیشکر و چوب است.

پرمصرف‌ترین زیست سوخت‌ها در دنیا بیواتانول و بیودیزل است. ۸۷ درصد بیواتانول جهان در ایالت متحده آمریکا و برزیل و درصد بالایی از بیودیزل دنیا در کشورهای اتحادیه اروپا تولید می شود.

یکی از شاخص‌ترین کشورهای مصرف‌کننده‌ی زیست‌سوخت‌ها، برزیل است.

زیست‌سوخت در برزیل

زیست‌سوخت‌ها در برزیل به صورت گسترده مصرف و نیز صادر می‌شود. کاشت زیست توده، تولید و مصرف زیست‌سوخت‌ها در مقیاس بالا با مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی خاص خود همراه است.

۱. ماتریس انرژی در برزیل

برزیل در فهرست کشورهای پرمصرف انرژی جهان با مصرف سالیانه معادل ۲۴۳/۳ میلیون تن نفت (TOE)[۴] (در سال ۲۰۰۹) در رتبه دهم قرار دارد[1]. باید توجه داشت که ماتریکس انرژی برزیل یکی از پاک‌ترین آن‌ها در دنیا است. در سال ۲۰۰۸ بیرون فرست این کشور آمریکای جنوبی تنها ۱/۴ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن برای معادل یک کیلوگرم نفت بود [2]. در مقایسه متوسط بیرون فرست جهانی در سال ۲۰۰۸ حدود ۲/۵ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن

[4] Tonnes of oil equivalent

برای معادل یک کیلوگرم نفت بود (ایران ۲/۷). علت بیرون فرست نسبتا کم CO_2 در برزیل استفاده زیاد از انرژی های تجدید پذیر است.

درصد انرژی مصرف شده در برزیل در سال ۲۰۱۰ از منابع تجدیدپذیر تامین شد، منابع تامین انرژی نیشکر (۱۹/۳ ٪) برقابی (۱۳/۷ ٪)، چوب (۱۰/۳ ٪) و دیگر منابع تجدیدپذیر (۴/۳ ٪) بود.

بیشترین تولید برق در برزیل از نیروگاه‌های آبی (۷۴ ٪)، زیست توده (۴/۷ ٪) و گاز طبیعی (۶/۸ ٪) است. حدود ۶/۵ ٪ برق مورد نیاز وارداتی است.[3]

۲. سوخت برای حمل و نقل

در برزیل حدود ۲۸/۸ در صد انرژی کشور که معادل ۶۹/۴ میلیون تن نفت است برای حمل و نقل مصرف می شود [4]. در مجموع از سوخت دیزل ۴۸/۶ ٪ (شامل بیودیزل نیز می‌شود)، بنزین ۲۵/۲ ٪ و اتانول ۱۷/۳ ٪ به عنوان سوخت وسایل نقلیه استفاده می‌شود. حدود ۴۶ ٪ خودروهای برزیلی دوگانه سوز و با بنزین و اتانول کار می‌کنند.

از سال ۲۰۰۳ حدود ۸۹ مدل خودروی دوگانه سوز توسط ۷ شرکت در برزیل تولید شد.

در سال ۲۰۱۰ حدود ۸۲ ٪ خودروهای جدید نمره‌گذاری شده دوگانه سوز [5] هستند که سهم آن‌ها از مجموع خودروهای برزیل ۵۱ ٪ است [6].

۳. زیست‌سوخت‌ها

مهمترین زیست‌سوخت مصرفی در برزیل اتانول است که دیر زمانی است مورد استفاده قرار می‌گیرد و دیگر سوخت بیودیزل است که از سال ۲۰۰۵ در این کشور عرضه می‌شود. هر دو این زیست‌سوخت‌ها متعلق به نسل اول هستند [7].

۱-۳- اتانول: در برزیل اغلب بیواتانول از نیشکر تهیه می‌شود. این گیاه به خوبی در برزیل قابل کشت بوده و از قرن‌ها پیش کاشته و بیشتر برای تهیه شکر مورد استفاده قرار می‌گرفت. تهیه اتانول به عنوان حامل انرژی خودروها از اوایل دهه ۶۰ آغاز شد.

۱-۱-۳- مصرف اتانول در برزیل: در برزیل به دو صورت از اتانول به عنوان سوخت استفاده می شود. اتانول بدون آب (۹۹/۷ ٪) به میزان حداقل ۱۸ ٪ با بنزین مخلوط می‌شود [8]. در نوع دوم از سال ۱۹۷۹ از اتانول آب‌دار (۹۳ ٪ الکل) بدون بنزین استفاده می‌شود.

بیشترین محدوده کاشت نیشکر در برزیل در جنوب، مرکز و به خصوص در استان سائوپالو است. همچنین در مناطق میناس گرایس (Minas Gerais)، پارانا (Parana) و گویاس (Goias) نیز نیشکر کشت می‌شود. در محدوده کاشت فوق الذکر در سال ۲۰۱۰ حدود ۵۰۶ میلیون تن نیشکر تولید شد که بیش از ۸۰ ٪ تولید کل برزیل را شامل می شود. همچنین در شمال شرقی، نیشکر به میزان کمتر کاشت می شود [9]. تاسیسات تقطیر برای تولید اتانول اغلب نزدیک به مزارع نیشکر است که از لحاظ حمل و نقل و تولید مقرون به صرفه باشد. در اواخر سال ۲۰۱۰

میلادی ۴۴۰ کارخانه برای تولید الکل مشـغول به کار بودند از آن تعداد ۱۲۵ کارخانه تنها برای تولید اتانول طراحی شده‌اند دیگر کارخانه‌ها می‌توانند شکر و همچنین اتانول تولید نمایند [10]. باقی‌مانده از تولید اتانول را می‌توان برای تهیه کود (باگاس) یا تهیه برق استفاده نمود [11].

۲-۱-۳- تولید اتانول در برزیل از دیدگاه جهانی: امروزه بعد از ایالات متحده آمریکا برزیل دومین تولید کننده اتانول در سطح جهان می‌باشد. در سال ۲۰۱۰ در برزیل حدود ۲۸ میلیارد لیتر اتانول تولید شد که بیشتر آن مصرف داخلی داشت. با وجود مصرف بالای اتانول در داخل رقابت شدیدی جهت صادرات اتانول بین دو کشور برزیل و ایالات متحده آمریکا در جریان است. در سال ۲۰۱۰ حدود ۱/۹ میلیارد لیتر زیست‌سوخت از برزیل صادر شد [12]. در سال ۲۰۱۱ محصول نیشکر نسبت به سال‌های قبل کم و اتانول تولید شده بیشتر مصرف داخلی داشت. بر اساس پیش‌بینی‌ها رکورد تاریخی تولید نیشکر در سال ۲۰۰۸ از سال ۲۰۱۷ مجدداً قابل دسترسی خواهد بود [13].

۳-۱-۳- برنامه پروالکل (Pro - Alcool): برنامه‌ریزی برای جایگزین کردن بنزین با اتانول واکنش برزیل در برابر دو روند نامناسب در بازار جهانی بود.

۱. بحران جهانی نفت (۱۹۷۴/۷۳)

۲. کاهش قیمت جهانی شکر

پیش از بحران شکر با پشتیبانی دولت سهم جهانی تولید شکر برزیل از ۳/۴ ٪ در سال ۱۹۶۵ به ۱۲ ٪ در سال ۱۹۷۴ افزایش یافت، این افزایش تولید موجب تحت تاثیر قرار گرفتن اقتصاد و برزیل از بحران جهانی شکر شد.

افزایش قیمت نفت از سال ۱۹۷۳ نیز بر روی اقتصاد برزیل تاثیرگذار بود زیرا حمل و نقل و صنعت این کشور در این مقطع زمانی به واردات ارزان قیمت نفت وابسته بود. در این زمان حمل و نقل اکثراً بر روی جاده‌ها صورت می‌گرفت (۹۵ ٪ جابجایی انسان‌ها و ۷۵ ٪ کالاها در سال ۱۹۷۶ از طریق جاده‌ها انجام می‌شد). و نفت در سطح بالایی مصرف می‌شد.

استفاده از شکر تولیدی داخلی برای تهیه اتانول می‌بایست دو مشکل یاد شده را برطرف می‌نمود. از طرفی مشکل کاهش قیمت شکر در جهان موجب پیدایش راه کاری دیگر در صنعت برای این ماده اولیه شد و از طرفی دیگر برنامه پروالکلی این امکان را فراهم ساخت وابستگی به واردات نفت را کاهش دهند. در آغاز پروالکل برزیل ۸۰ درصد به واردات نفت وابسته بود.

نکات اصلی برنامه پروالکل

برنامه پروالکل را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. بخش اول از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۹ و بخش دوم از سال ۱۹۸۰.

در بخش اول شش اقدام مهم صورت گرفت تا به تولید شکر و استفاده از اتانول کمک شود [15]:

۱. مالیات کمتر برای خودروهای اتانول سوز

۲. پشتیبانی از تولیدکننده‌های اتانول جهت افزایش تولید

۳. ذخیره‌سازی زیست‌سوخت‌ها با حمایت دولت

۴. ضمانت خرید اتانول توسط دولت

۵. عرضه الزامی اتانول در جایگاه‌های سوخت

۶. پشتیبانی دولت از عرضه اتانول با قیمت مناسب‌تر نسبت به بنزین

در بخش دوم برنامه پروالکل که آغاز آن با دومین شوک نفتی سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۸۰ میلادی همزمان بود، خودروهایی در بازار فروش عرضه شد که اتانول‌سوز بودند. در این رابطه عرضه این نوع خودروها از طرف دولت پشتیبانی مالی می‌شد. علاوه بر آن دولت با همکاری شرکت‌های خارجی زیرساخت‌های لازم (از جمله افزایش جایگاه های عرضه اتانول) را فراهم کرد [16].

نتیجه اجرای برنامه پروالکل علاوه بر افزایش مصرف اتانول کاهش مصرف بنزین را به همراه داشت. در سال ۱۹۹۹ در پی قطع پشتیبانی دولت از کنترل قیمت و خدمات برای تولید شکر و الکل از میزان فروش اتانول آب‌دار در بازار کاسته شد.

از سویی دیگر با تصویب قانونی جدید افزودن ۲۰ – ۲۵ ٪ اتانول به بنزین الزامی شد. علاوه بر آن بر خلاف مالیات دریافتی از بنزین از اتانول مالیات دریافت نمی‌شود. به این ترتیب دولت سالیانه حدود ۱/۷ میلیارد دلار مالیات کمتری از سوخت درآمد دارد.

از اوایل سال ۲۰۱۵ دولت برزیل با برنامه‌های جدید سعی در پشتیبانی بیش‌تر از تولید بیواتانول نمود و میزان درصد بیواتانول طبق قانون در مخلوط سوخت به ۲۷ درصد افزایش یافت.

در مجموع برنامه پروالکل موجب تولید بیشتر نیشکر برای تولید سوخت و ساخت تاسیسات لازم (مانند تقطیر) و شبکه عرضه اتانول در جایگاه‌های سوخت و تولید خودروهای اتانول سوز گردید.

۴-۱-۳- آینده تولید اتانول: با برنامه پروالکل در آینده مصرف اتانول در برزیل افزایش پیدا می‌کند. در بازار جهانی نیز با وجود افزایش تولید و مصرف اتانول در اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا تقاضا برای اتانول برزیل به خصوص از سال ۲۰۱۷ بیشتر شد [17].

طبق پیش‌بینی وزارت انرژی برزیل در سال ۲۰۲۰ باید در برزیل حدود ۶۳/۱ میلیارد لیتر اتانول برای مصرف داخلی تولید شود. این میزان تقریبا سه برابر تولید سال ۲۰۱۱ یعنی ۲۲/۷ میلیارد لیتر می‌باشد [18]. جهت افزایش تولید اتانول در سال‌های آینده به شرح زیر برنامه‌ریزی شده است:

استفاده از فناوری‌های جدید برای کاشت که موجب افزایش برداشت از واحد سطح و نیز افزایش بازده در روند تقطیر صنعتی شود.

با وجود افزایش برداشت از واحد سطح برای دستیابی به میزان اتانول مورد نیاز زمین‌های بیشتری برای کاشت مورد نیاز است. طبق پیش‌بینی‌ها در برنامه انرژی ملی سال ۲۰۳۰ حدود ۱۲/۶ میلیون هکتار زمین مورد نیاز خواهد بود

[19]. در سال ۲۰۱۱ از حدود ۸/۳ میلیون هکتار زمین زیر کشت نیمی از محصولات آن برای تولید اتانول مصرف می‌شد.

۲-۳- بیودیزل: بیودیزل از روغن گیاهی و یا پسماند چربی حیوانی مانند چربی گاو قابل تهیه است [20]. در برزیل به علت شرایط آب و هوایی گیاهان مختلفی برای تهیه روغن و بیودیزل در دسترس هستند.

روغن‌های مختلف شامل کرچک، سویا، بادام زمینی، ذرت، نخل، آفتاب گردان، کلزا، نارگیل تا پنبه می‌باشند.

۱-۲-۳- برنامه ملی تولید و استفاده از بیودیزل (Probiodiesel): در سال ۲۰۰۵ برنامه تولید و مصرف ملی بیودیزل اعلام شد. این برنامه ملی در جهت سیاست انرژی و محیط زیست دولت و عدم وابستگی به واردات نفت تدوین شد. علاوه بر آن دهقانان کم‌درآمد می‌توانند با کاشت گیاهان روغنی درآمد بیشتری داشته باشند.

نکات اصلی برنامه ملی تولید بیودیزل

در برنامه‌ریزی انجام شده در ماتریکس انرژی برزیل بیودیزل مکانی ثابت دارد. تا سال ۲۰۰۸ اجازه داده شد ۲ ٪ بیودیزل به گازوئیل اضافه شود تا سال ۲۰۱۳ میزان افزایش به ۵ ٪ رسید و تا سال ۲۰۲۰ به ۲۰ ٪ خواهد رسید. علاوه بر آن این قانون موجب خرید ضمانتی (Selo Combustivel Social) گیاهان انرژی‌زا از دهقانان کم‌درآمد در شمال و شمال شرق این کشور است.

۲-۲-۳- استفاده از بیودیزل در برزیل: در سال ۲۰۱۱ با وجود پشتیبانی دولت در تهیه و استفاده از بیودیزل حدود ۲/۶ میلیارد لیتر از این سوخت مصرف شد که در مقایسه با میزان فروش بنزین (۳۵/۴ میلیارد لیتر) در همین سال کم نیست.

بخشی از برنامه‌های دولت تاکنون در رابطه با بیودیزل پیاده شده است. استفاده از مخلوط گازوئیل و بیودیزل صورت گرفته است. نکته قابل ذکر این است که بیشتر بیودیزل تولید شده از روغن سویا تهیه می‌شود. علت پیشرفت کم این بخش از برنامه یعنی استفاده کمتر از سایر روغن‌ها از جمله کرچک و روغن نخل قیمت بالای آن‌ها است.

استفاده از سویا برای تولید بیودیزل حدود ۹۰ ٪ است. در صورتی‌که در نوامبر سال ۲۰۱۱ از مواد اولیه سویا ۷۳ ٪، چربی گاو ۱۶ ٪، پنبه ۶ ٪ و از سایر گیاهان ۵ ٪ برای تهیه بیودیزل استفاده می‌شد.

۳-۳-۳- روند روبه رشد تولید بیودیزل: با گسترش سامانه حمل و نقل و الزامی شدن مصرف مخلوط بیودیزل و گازوئیل از سال ۲۰۰۸ مصرف بیودیزل افزایش یافت و در سال‌های آینده همچنان روند رو به رشد خواهد داشت.

طبق آمار منتشر شده از طرف وزارت انرژی در سال ۲۰۱۱، ۲/۵ میلیارد لیتر بیودیزل در برزیل مصرف شد که حدود ۸ ٪ تا ۹ ٪ مجموع انرژی مصرف شده است. [21]

نیاز بیشتر به بیودیزل به معنای نیاز بیشتر به تولید سویا است. بر اساس پیش‌بینی دولت تولید سویا از ۷۵ میلیون تن (۲۰۱۱-۲۰۱۲) به ۸۶/۵ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید. این نیاز به سویای بیشتر تنها مربوط به افزایش تولید و مصرف بیودیزل نبوده و برای مثال تقاضای جهانی به گوشت نیز تاثیرگذار است.

۴. اهمیت بیودیزل برای اقتصاد برزیل: کاشت گیاهان انرژی‌زا و مصرف بیودیزل به یک شاخه مهم اقتصادی در برزیل تبدیل شده است. جایگزینی بخشی از بنزین با اتانول در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۴ موجب صرفه‌جویی در واردات سوخت به ارزش حدود ۶۰/۶ میلیارد دلار آمریکا شد [22]. همچنین بر کشاورزی کشور بخصوص بخش تولید سویا تاثیرگذار بود.

تولید اتانول در برزیل دیگر از طرف دولت پشتیبانی مالی نمی‌شود لیکن هنوز به علت هزینه کم تولید با قیمت جهانی بنزین قابل رقابت است [23]. قیمت بیودیزل به قیمت مواد اولیه گیاهی بستگی دارد که اغلب ۸۰ ٪ قیمت نهایی را شامل می‌شود. در حال حاضر قیمت بیشتر روغن‌های گیاهی بالاتر از قیمت سوخت دیزل است.

گسترش بازار زیست‌سوخت‌ها بر سایر شاخه‌های اقتصاد نیز تاثیرگذار بوده است. حتی در زمینه پژوهش و توسعه نیز بیوفیول مورد توجه بسیار قرار دارد.

ایجاد کار

طبق برآورد انجام شده بخش زیست‌سوخت نسبت به بخش تولید بنزین فسیلی بیشتر موجب ایجاد کار شده است. چه تعداد محل کار در برزیل مستقیماً مرتبط با زیست سوخت‌ها است؟ دقیقاً قابل محاسبه نیست زیرا محصولات کشاورزی در مواردی دیگر نیز کاربرد دارند. قابل توجه است بخش تولید سویا در مقایسه با تولید سایر گیاهان روغنی کمتر ایجاد کار می‌نماید. طبق گفته نماینده صنعت تولید سویا، (Abiove) در بخش سویا حدود یک میلیون محل کار وجود دارد که شامل تمام بخش‌ها پیش و بعد از تولید سویا می‌شود. در بخش نیشکر به طور مستقیم در مناطق اصلی (Sao Paulo) سائو پالو، (Goias) گویاس، (Mato Grosso do Sul) ماتو گرو سو دو سول، (Parana) پارانا و (Minas Gerais) میناس گرایس، ۱۷۰۰۰۰ محل کار وجود دارد [30] و به طور غیر مستقیم طبق بررسی های سال ۲۰۰۱ حدود ۹۳۷۰۰۰ محل کار ایجاد شده است. در مقایسه تولید سایر مواد اولیه روغنی برای تهیه بیودیزل (برای مثال روغن کرچک و یا نخل) مکان‌های کاری کمتری ایجاد می‌نمایند.

کشاورزی و بخش نیشکر به خصوص برای افرادی که تخصص کافی ندارند ایجاد کار می‌نماید. علاوه بر آن این نوع کارها اغلب فصلی و دارای درآمد کم است. قابل ذکر است که در بخش کشاورزی برزیل در مجموع حدود ۲۹ ٪ از کارگران به طور رسمی استخدام هستند، یعنی ۷۱ ٪ باقیمانده بدون بیمه و سایر امکانات به کار مشغول می‌باشند.

با مکانیزه شدن برداشت نیشکر از تعداد کارگران مورد نیاز این بخش به مرور کاسته می شود برای جبران این نوع بیکاری و ایجاد اشتغال از جمله تدابیر تولیدکنندگان آموزش بیشتر کارگران است لیکن تا چه اندازه این نوع آموزش برای مقابله با بیکاری موثر است قابل پیش‌بینی نیست.

از طرف دیگر افزایش قیمت مواد اولیه مورد نیاز و افزایش تعداد نیروی کار موجب افزودن به قیمت بیودیزل تولیدی می‌شود که در نتیجه از قابلیت رقابت بیودیزل در بازار سوخت می‌کاهد.

تاثیر تولید زیست‌سوخت‌ها بر اقتصاد

کشاورزی در اقتصاد برزیل هنوز دارای نقش با ارزشی است. در سال ۲۰۱۱ این بخش حدود ۶ ٪ تولید ناخالص ملی را شامل شد. در صورت محاسبه مسایل مرتبط با کشاورزی یعنی فعالیت های جانبی این صنعت، سهم تولید ناخالص ملی آن حتی به ۲۵ ٪ می‌رسد [25].

بعد از قهوه، گوشت و چوب مهمترین تولیدات کشاورزی برزیل سویا و نیشکر است. مسائل تجاری مرتبط با سویا قبل و بعد از تولید حدود ۶ ٪ و برای نیشکر ۲/۳۵ ٪ تولید ناخالص ملی را شامل می‌شود [26].

قابل ذکر است که تنها حدود نیمی از نیشکر و ۵ تا ۶ درصد مجموع محصول سویا برای تولید زیست‌سوخت استفاده می‌شود [27]. سهم روغن نخل، کرچک و سایر گیاهان روغنی در تولید ناخالص ملی بسیار کمتر و در این مورد آمار دقیقی در دسترس نیست. از لحاظ آمار تجاری بخش سویا و نیشکر درخور توجه بوده و تولید سویا در دهه اخیر به سرعت افزایش داشته و تولید نیشکر ما بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ دو برابر شده است.

رشد تولید محصولات کشاورزی به خصوص در رابطه با تولید اتانول رو به رشد است علت آن قیمت تولید یک لیتر اتانول در برزیل به طور متوسط حدود ۲ تا ۳ درصد دلار آمریکا است که حدود نیمی از قیمت تولید اتانول در ایالات متحده آمریکا می‌باشد و این موجب درخواست خرید بیشتر اتانول برزیلی در بازار جهانی شده است.

تاثیر رشد تولید زیست‌سوخت‌ها در برزیل در بخش های مختلف صنعت عبارتند از:

صنعت نیشکر

تولیدکنندگان نیشکر به علت مصرف بالای داخلی اتانول به عنوان سوخت و از طرفی دیگر به علت عدم وابستگی به قیمت جهانی شکر دارای حاشیه امن کافی از لحاظ اقتصادی هستند.

تولید نیشکر بیشتر در اختیار سرمایه‌گذاران سنتی این بخش است [28] علاوه برآن امروزه سرمایه‌گذارانی در حال توسعه مزارع و کارخانه ها با سرمایه خارجی و یا با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی هستند. این دو بخش سرمایه در رقابت با یکدیگر هستند به خصوص بخش نوپا موجب خارج شدن صاحبان مزارع کوچک از دور رقابت شده‌اند.

تولید کنندگان سویا

به مانند صاحبان صنعت نیشکر که از تولید زیست‌سوخت سود می‌برند تولید کنندگان سویا نیز از تولید بیودیزل بهره مند می‌شوند. در برزیل بخش سویا در دهه ۹۰ میلادی با ادغام شرکت ها بزرگتر و متمرکزتر از گذشته شد. به خصوص بخش صنعت تصفیه روغن سویا در دست تعداد محدودی شرکت و اغلب شرکت‌های خارجی قرار گرفت. برای ۷۰ ٪ تولید داخلی سویا یازده شرکت مسئولیت دارند. چهار شرکت از بزرگترین تولید کنندگان سویا با شرکت های بین‌المللی همکاری دارند که مسئول ۶۰ ٪ تولید سویا در سطح جهان هستند.

دیگر بخش های سودآور مصرف و تولید زیست‌سوخت

علاوه بر بهره‌وری تولیدکنندگان مواد خام برای تهیه بیودیزل بخش‌های جانبی تولید گیاهان انرژی‌زا نیز از این بخش سود می‌برند. در این راستا تهیه‌کنندگان بذر، تولیدکنندگان سموم و کودها و همچنین کارخانه‌های تولیدکننده ماشین آلات کشاورزی، صنعت حمل و نقل و شرکت‌های تخصصی برای زیرساخت‌ها بهره می‌برند.

بازنده‌های تولید بیودیزل

زیست‌سوخت‌ها رقبای محصولات نفتی می‌باشند. در برزیل صنعت نفت توسط شرکت نیمه دولت پتروبراس (Petrobras) اداره می‌شود. این شرکت در آغاز مخالف برنامه ملی بیودیزل بود لیکن در این فاصله زمانی با موفقیت در زمینه بیودیزل نیز فعال است، پتروبراس سه کارخانه تولید بیودیزل و با مشارکت چند شرکت دیگر دارای ۱۰ کارخانه تولید اتانول است. در مجموع بیشترین تولید و فروش زیست‌سوخت‌ها مربوط به پتروبراس است.

بازنده تولید زیست سوخت‌ها گاوداران برزیلی هستند که به علت افزایش قیمت زمین‌ها از چراگاه‌ها رانده و برخی از آن‌ها به آرژانتین مهاجرت نموده‌اند. همچنین استفاده از زمین برای سایر مقاصد (برای مثال برای کاشت محصولات کشاورزی) در رقابت با کاشت گیاهان انرژی‌زا گران‌تر شده است.

صادرات زیست‌سوخت‌ها

از محصولات کشاورزی صادراتی برزیل سویا و نیشکر را می‌توان نام برد. سویا اغلب بدون تغییر و به صورت خام صادر می‌گردد لیکن نیشکر در دهه اخیر با تبدیل به اتانول صادر می‌شود، و صادرات آن رو به رشد است. صادرات اتانول در سال ۲۰۰۰ حدود ۳۵ میلیون دلار آمریکا بود که در سال ۲۰۱۱ با وجود برداشت کم نیشکر به ۱/۴۹۱ میلیارد دلار رسید.

بر اساس پیش‌بینی متخصصان تولید و صادرات اتانول در آینده افزایش خواهد داشت و در سال ۲۰۲۰ به حدود ۶/۶ میلیارد لیتر یعنی حدود سه برابر سال ۲۰۱۲ خواهد رسید.

علت افزایش صادرات اتانول تقاضای بیشتر کشورهای اروپایی جهت کاهش آلودگی هوا و همچنین قیمت مناسب اتانول برزیل نسبت به قیمت جهانی آن است. براساس محاسبات اتحادیه صنعت نیشکر قیمت نیشکر برزیل به اندازه ای کاهش یافته که قیمت اتانول تولید شده از آن قابل رقابت با قیمت بنزین عرضه شده در رتردام است. بیودیزل هنوز جزو اقلام صادراتی نبوده و به علت عدم وجود زیرساخت‌های لازم در سال‌های آینده نیز بیودیزل تولیدی بیشتر مصرف داخلی خواهد داشت.

برای مثال قیمت روغن گیاهی برای تهیه بیودیزل گرانتر از دیزل فسیلی بوده و بدون پشتیبانی مالی دولت صادرات بیودیزل مقرون به صرفه نیست.

پژوهش و توسعه

علاوه بر جنبه اقتصادی برای بهینه‌سازی کیفی و کمی تولید زیست‌سوخت‌ها نیاز به پژوهش و توسعه است. این روند با برنامه سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ توسط دولت برزیل در بخش کشاورزی آغاز شد و نتیجه آن موجب همکاری

ادارات مربوطه دولتی با شرکت های خصوصی، بانک‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهش وتوسعه در رابطه با تامین انرژی از محصولات کشاورزی شد.

استفاده از زیست سوخت‌ها برای حمل ونقل هوایی نیز در دستور کار قرار دارد. در این رابطه بسیاری از شرکت‌های هواپیمایی بین‌المللی نهادهای پژوهشی تشکیل داده‌اند. برای مثال با همکاری شرکت ایرباس، CFM اینترناسیونال، شرکت نیمه دولتی پتروبراس (petrobras) چندین پرواز با سوخت بیو صورت گرفته است.

با تغییرات ژنتیکی در گیاهان نیز سعی در بهبود تولید زیست‌سوخت‌ها شده است. در این رابطه بسیاری از نهادهای پژوهشی خصوصی و دولتی سعی در افزایش تولید سویا، نیشکر، میوه‌های نخل و کرچک دارند.

در این زمینه با وجود تفکرات زیست محیطی امکانات خوبی برای نهادهای پژوهشی و شرکت‌ها به وجود آمده است. برای مثال شرکت مونسانتو می‌خواهد با خرید دو نهاد تحقیقاتی ژنتیک و همکاری با سایر مراکز پژوهشی به گیاه نیشکر تراریخته‌ای دسترسی پیدا کند که در برابر برخی علف‌های هرز و بعضی حشرات و بیماری‌ها مقاوم باشند.

همچنین نهاد دولتی امبراپا (Embrapa) با دانشگاه‌ها و سایر مراکز تحقیقاتی در رابطه با پژوهش نیشکر تراریخته همکاری می‌نماید. پژوهش در رابطه با گیاهان انرژی‌زای تراریخته پنبه و کرچک برای تولید بیودیزل صورت گرفته است.

تاثیر اقتصادی مصرف زیست‌سوخت‌ها

به طوری که در مباحث گذشته به آن اشاره شد تولید و مصرف اتانول و بیودیزل از جهات مختلف تاثیر مثبتی بر اقتصاد برزیل داشته است. با استفاده از زیست‌سوخت‌ها از واردات میلیارد دلاری بنزین جلوگیری شده و از تولیدات داخلی پشتیبانی شده است. صادرات اتانول نیز با قیمت مناسب همراه با افزایش تقاضا از خارج در اقتصاد برزیل تاثیرگذار بوده است.

تولید رو به رشد زیست‌سوخت‌ها موجب گسترش پژوهش به خصوص در رابطه با گیاهان تراریخته، محیط زیست و فناوری شده است. علاوه براین برای هزاران نفر ایجاد نموده که بیشتر با دستمزد پائین است.

همانطور که در قبل به آن اشاره شد بیشترین سهم سودآوری در بخش زیست‌سوخت‌ها مربوط به صنعت نیشکر و سویا است.

اولیت بیشتر در اختیار زمین‌داران بزرگ سنتی و سرمایه گذاران جدید و کشت سویا در برزیل بیشتر به وسیله سرمایه‌گذاران چند ملیتی سازمان دهی می‌شود. به این دلیل زمین داران بزرگ و شرکت های چند ملیتی از روند رو به رشد مصرف زیست‌سوخت‌ها سود می‌برند و زمین داران خرده‌پا و دامداران برای مثال به علت افزایش قیمت زمین ها اغلب زیان می‌بینند.

در مجموع آمار اقتصادی استفاده از زیست‌سوخت و تولید آن‌ها در برزیل با وجود برخی تاثیرات منفی مثبت ارزیابی می‌شود. به این علت دولت برزیل برای آینده نیز پشتیبانی از این بخش را مد نظر دارد.

تاثیر زیست محیطی تولید گیاهان انرژی‌زا

گیاهان انرژی‌زا تاثیرگذاری چندگانه‌ای بر محیط زیســـت دارند، جهت بررســـی دقیق تاثیرگذاری گیاهان انرژی لازم ا ست چرخه تولید برر سی شود. در این رابطه تاثیرات زی ست محیطی هنگام کا شت گیاهان انرژی‌زا زمان بردا شت، تولیدات صنعتی، حمل و نقل اتانول و بیودیزل و همچنین تاثیرگذاری بر محیط هنگام سوختن سوخت مد نظر است.

یکی از م شکلات این برر سی گوناگون بودن گیاهان انرژی‌زا (سویا، نی شکر، روغن نخل،....) ا ست. ب سیاری از گیاهان انرژی‌زا در زمینه‌هایی تاثیرات مثبت زیست محیطی و در برخی از موارد بر محیط زیست تاثیر منفی دارند.

میزان دی اکسید کربن با کاشت گیاهان انرژی‌زا (با تغییر کاربری زمین و روش های کاشت)

افزایش کاشـــت گیاهان انرژی‌زا در برزیل برای تولید اتانول و بیودیزل که با افزایش قطع درختان جنگلی و تغییر کاربری زمین همراه است موجب انتشار بیشتر دی اکسید کربن می شود. این روند می‌تواند آن اندازه در افزایش تولید CO2 تاثیرگذار باشد که در مقایسه با تولید و مصرف بنزین فسیلی CO2 بیشتری منتشر شود. این روند می‌تواند تا آن حد تاثیر منفی در ترازنامه – CO2 داشته باشد که تولید و مصرف بنزین متعارف ندارد. به خصوص تغییر کاربری مستقیم و غیرمستقیم زمین‌ها و استفاده از سموم دفع آفات نباتی تاثیر منفی بر محیط زیست، دارد.

در آینده افزایش تقاضای بازار برای تولید زیست‌سوخت‌ها موجب ا ستفاده گسترده تر از زمین های کشاورزی خواهد شد که این همراه با ا ستفاده بی شتر از سموم دفع آفات نباتی ا ست. تنها برای تهیه مواد خام سویا و نی شکر تا سال ۲۰۲۰ نیاز به حدود ۷/۴ میلیون هکتار زمین ا ضافه ا ست. این میزان افزایش سطح با در نظر گرفتن نیاز برای تولید مواد غذایی پیش‌بینی شده است.

منابع علمی

1. https://data.worldbank.org/country/brazil (5.5.2012)
   https://biooekonomie.de/node/5981 (15.9.2015)
2. Weltbank (2012): CO_2 intnsity per country:
   https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.EG.ZS (5.5.2012)
3. Brasilien: Empersa de Pesquisa Energetica EPE (2011):
   Balanco Energetico National 2011: Ano Base 2010. Rio de Janeior: EPE, S.16:
   https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2011.aspx (15.6.2012)
4. Brasilien: Empresa de Pesquisa Energetica – EPE (2011): Balan co Energetico National 2011: Ano Base 2010. Rio de Janeiro: EPE, S. 27
5. Associacao Nacional dos Fabricantes do Veiculos Automotores do Brasil - ANFAVEA (2011)
6. http://sugarcane.org/the-Brazilian-experience/Brazilian-transportation-flett (10.8. 2012)
7. Bundesministerium fur wirtschaftliche Zusammenarbeit Entwickbung (2011):
   Bio Kraftstoffe - Chancen und Risiken fuer Entwicklumgslaender, BMZ - Strategie papier 14-2011: Berlin: BMZ, S.8
8. Leopold, Aaron (2009): Brazil.In: Morgera, Elisa etal (2009): Case Studies on bioenergy policy and law. FAD Legislative Study N 102, S.82,:
   http://www.fao.org/docrep/012/I1285e/I1285e03.pdf (1.8.2012)
9. Brasilien: Componhia Nacional de Adastecimento - conab (2011):
   Acompanhanento da Safra Brasileira: Cana - de - Acucar, Safra 2010/2011:
   https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011.pdf
10. Brasilien: Ministerio de Minas e Energia - MME (2011): Plano Decenal de Expansao de Energia 2020. Brasilia: MME, S. 223. Zu finden unter:
    http://epe.gov.br/PDEE/20120302-1.pdf
11. Leopld, Aaron (2009): Brazil. In: Morgera, Elisa etal (2009): Case Studies on bioenergy policy and law. FAO Legislative study N 102, S. 82,:
    http://www.fao.org/docrep/012/I1285e03.pdf (1.8.2012)
12. Brasilien: Ministerio de Minas e Energia - MME (2011): Plano Decenal de Eqpansao de Energia 2020. Brasilia: MME, S. 244.
    http://epe.gov.br/POEE/20120302-1.pdf (1.8.2012)
13. Brasilen: Ministerio de Minas e Energia - MME (2011): Plano Decenal de Expansao de Energia 2020. MME, S. 247.
    http://epe.gov.br/PDEE/20120302-1.pdf (1.8.2012)
14. Borges, Uta: etal. (1984) Proalcool: Analyse und Evaluierung des brasilianischen Biotreibstoffprogram ms .saarbruecken: breitenbach publishers, S. 18
15. Leopold, Aaran (2009): Brazil. In: Morgera, Elisa etal (2009): Cass Study N 102 S. 115
    http://www.fao.org/docrep/012/I1285e/I1285e03.Pdf (1.8.2012)
16. Nitsch, Manfred: Giersdorf, Jens (2005). Biotreibstoffe in Brasilien.
    Diskussionsbeitrage des Fachbereichs Wirtschafs - Wissenschaft der Freien Univerrsitaet Berlin. Nr. 12/2005. Berlin, Freie Universitat Berlin, S .3
17. United States of America (2007): Energy Independence and Security Act of 2007 (EISA 2007)

18. Brasilien: Ministerio de Minas e Energia - MME (2011): Plano Decenal de Expansao de Energia 2020. Brasilia: MME, S. 46 .: http://epe.gov.br/PDEE/20120302-1.pdf
19. Basilien: Ministerio de Minas e Energie - MME (2010): Plano Decenal de Expansao de Energie. Rio de Janiro: EPE, S. 254
20. Brasilien: Ministerio de Minas e Energia - MME (2012): Boletim Mensal dos Combustiveis renovaveis: Nr . 49: Rebruar 2012. Brasilia: MME, S. 11
21. Brasilien: Ministerium fuer Borgbau und Energie - MME (2010): Plano Decenal de Energia 2020. http://epe.gov.br/PDEE/20120302-1.pdf
22. Macedo, Insaias de Cavalho (2007): Sugar Cane s Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugar Cane Agribusiness and its sustainability. Sao Paulo: UNI CA, S. 199
23. S. Macedo, Insaias de Cavalho (2007): Sugar Cane s Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugar Cane Agribusiness and its sustainability. Sao Paulo: UNI CA, S. 188
24. Brasilien: Ministerio de Minas e Energie - MME (2010): Plano Decenal de Expansao de Energia, Rio de Janeiro: EPE, S. 313
25. U.S. Department of State (2011): Background Note: Brazil. http://www.state.gov/r/pa/ei/bgn/35640.htm (6.6.2012)
26. Schbesinger, Sergio (2008): Lenha nova para a velha for nalha: A febre dos agrocombustiveis. Rio de Janeiro: Fase, S 12 - Kaltner, Franz et al. (2005): Liquid Biofuels for Transportation in Brazil: Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21th Century, S. 44 ff.
27. Klatner, Franz etal. (2005): Liquid Biofuels for Transportation in Brazil: Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21th Century, S. 44 ff.
28. http://fbds.org.br/IMG/pdf/doc-254.pdf (25.5.2012)