فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دوازدهم / شماره‌ی ۵۰/ پاییز ۱۳۹۵/ صفحات ۸۴-۵۳

بررسی صنعت سوخت زیستی (بایوفیول): چالش‌ها و موانع

محمدرضا مقدم
عضو هیات علمی مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و معاون مهندسی، پژوهش و فناوری وزارت نفت، mr_moghaddam@yahoo.com

حجت ا.. غنیمی‌فرد
عضو هیات علمی دانشگاه صنعت نفت و رییس گروه مطالعات نفت سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)، h.ghanimifard@opec.org

حسین مقدم[1]
دانشجوی دکترای مدیریت انرژی و محیط زیست دانشگاه وین، کارشناس مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، hussein.moghaddam@univie.ac.at
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۵

چکیده

افزایش روز افزون مصرف انرژی و استفاده از سوخت‌های فسیلی به عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین انرژی و محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و نگرانی‌هایی که در مورد مسایل زیست محیطی پیرامون این قبیل سوخت‌ها وجود دارد، موجب شده طی سال‌های اخیر یافتن منابعی جایگزین از اهمیت و توجه ویژه‌ای برخوردار شود. از این رو تحقیقات، مطالعات و کارهای عملی گسترده‌ای در جهان بر روی این موضوع انجام گرفته است. هدف از این تحقیق، آشنایی کلی و معرفی برخی روش‌های مختلف تولید بایوفیول‌ها به عنوان یکی از گزینه‌های مهم و جدی جهت جایگزینی سوخت‌های فسیلی می‌باشد. در این مقاله ضمن معرفی بایوفیول‌ها و مزایا و معایب موجود در تکنولوژی‌های مختلف تولید و تفاوت‌های آنها، موانع و محدودیت‌های توسعه این صنعت از دیدگاه‌های مختلف بررسی شده است. به علاوه سیاست کشورهای مختلف در زمینه تولید بایوفیول مورد نقد و بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که صنعت تولید بایوفیول طی سال‌های آینده با وجود موانع متعدد به دلایلی از جمله پاک بودن و مباحث امنیت انرژی در کشورهای توسعه یافته، رشد قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت.

طبقه‌بندی JEL: P16, P25, P28, Q20, Q50, Q57

کلید واژه‌ها: بایوفیول، انرژی‌های تجدیدپذیر، سبد انرژی، موانع و محدویت‌های تولید و مصرف بایوفیول

۱- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

سوخت‌های مایع به دو دسته عمده شامل سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر (نفت و فرآورده‌های نفتی و گازی) و بایوفیول که تجدیدپذیر است تقسیم می‌شوند. بایوفیول و فرآورده‌های نفتی رقیبی جدی برای یکدیگر به ویژه در بخش حمل و نقل هستند. سهم سوخت‌های فسیلی همواره بیش از ۹۷ درصد از کل عرضه میعانات سوختی در جهان بوده اما سهم بایوفیول به تدریج در حال افزایش است. توسعه، تولید و مصرف بایوفیول می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای در بازارهای انرژی و به ویژه بازار نفت‌خام داشته باشد (سندویک و همکاران، ۲۰۰۹). از این رو تحولات این بازار به دقت توسط کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده نفت‌خام به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرد. نفت‌خام و بایوفیول هر یک مزایا و معایبی دارند که می‌تواند بر تحولات آتی مصرف هر یک از این دو حامل انرژی تأثیرگذار باشد. مهم‌ترین ویژگی نفت‌خام و فرآورده‌های نفتی که باعث توسعه تولید و مصرف آن شده، ارزش افزوده معمولا بسیار بالای تولید نفت‌خام و انرژی بالای آن است. این در حالی است که تولید و مصرف نفت‌خام با آلایندگی بسیار زیاد همراه بوده و مصرف آن در کنار سایر سوخت‌های فسیلی طی زمان، پیامدهای منفی زیست‌محیطی بسیاری داشته است. به علاوه بخش عمده‌ای از نفت و فرآورده‌های نفتی توسط کشورهای در حال توسعه تولید می‌شود که این موضوع نگرانی‌های زیادی را در کشورهای توسعه یافته در مورد امنیت عرضه انرژی به دنبال داشته است. تلاش برای رسیدن به منابع انرژی با شدت آلایندگی کمتر و همچنین کاهش وابستگی به واردات نفت‌خام با هدف تأمین امنیت انرژی سبب شده کشورهای صنعتی به تولید انرژی تجدیدپذیر از جمله بایوفیول توجه خاصی داشته باشند. تولید و مصرف بایوفیول بر خلاف نفت‌خام و فرآورده‌های نفتی بسیار پرهزینه و نیازمند سطح قابل توجهی از دانش فنی است. از این رو ارزش افزوده تولید نفت‌خام به مراتب بیشتر از تولید بایوفیول است و این مسأله یکی از عمده‌ترین موانع توسعه بازار بایوفیول بوده وخواهد بود. رقابت با بخش کشاورزی و محدودیت منابع آبی و نظایر آن نیز از دیگر موانع تولید بایوفیول می‌باشد (مکفیل و همکاران، ۲۰۱۲).

در هر حال کشورهای توسعه یافته به دو دلیل (تأمین امنیت عرضه انرژی و کاهش شدت انتشار آلاینده‌ها) انگیزه کافی برای حمایت از تولید بایوفیول و سایر انرژی‌های

تجدیدپذیر دارند و در نتیجه بسته‌های حمایتی قیمتی و غیرقیمتی، در این بخش وجود دارد، ممکن است در آینده منجر به رونق هر چه بیشتر این صنعت شود (لوندو و همکاران، ۲۰۱۰ و جوسلینگ و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، تحولات اخیر در فناوری تولید بایوفیول می‌تواند بر سرعت توسعه آن تأثیر به سزایی داشته باشد. این در حالی است که کشورهای عضوسازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[1] (OECD)، همواره مالیات سنگینی بر مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی وضع می‌کنند. به‌عنوان مثال درآمد دولت آمریکا از محل مالیات بنزین در سال ۲۰۱۴، بیشتر از درآمد ایران از محل فروش نفت‌خام در سال ۲۰۱۲ برآورد شده است (دهنوی، ۱۳۹۳). در هر حال بدیهی است تحولات آتی بازارهای نفت و بایوفیول به شدت تابعی از سیاست کشورهای مختلف تولیدکننده، مصرف‌کننده، صادرکننده و واردکننده نفت‌خام و بایوفیول و همچنین عوامل دیگری از جمله سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، فناوری تولید بایوفیول، قیمت نفت‌خام و نهاده‌های کشاورزی این صنعت و ... خواهد بود که بدون شناخت و مطالعه آنها، نمی‌توان تصویر روشنی از آینده بازار و صنعت بایوفیول ترسیم نمود. در این مقاله با هدف پاسخ دادن به مسایل پیش روی صنعت بایوفیول و اثرات آن بر بازار نفت‌خام بخش‌های ذیل در نظر گرفته شده است. در بخش دوم و پس از مقدمه، معرفی بایوفیول و سیر تحولات فناوری تولید آن مطرح می‌شود. بررسی نهاده‌ها، چالش‌ها، مزایا و معایب تولید این صنعت موضوع بخش سوم مقاله است. در بخش چهارم، به بررسی وضعیت تولید، تقاضا و تجارت بایوفیول پرداخته و موانع و محدودیت‌های تولید بایوفیول در سطح جهان و در مناطق و کشورهای مختلف نقد و بررسی می‌شود. بخش پنجم، به بررسی سیاست‌ها و استراتژی کشورهای مختلف در حوزه تولید بایوفیول می‌پردازد. از نتیجه به دست آمده در این بخش می‌توان برای ترسیم آینده صنعت بایوفیول و تأثیر آن بر بازار نفت‌خام استفاده نمود. این موضوع و دیدگاه‌های مختلف در این حوزه در بخش ششم مقاله بررسی می‌شود. در بخش هفتم اثر بایوفیول بر امنیت انرژی، صرفه‌ها و ریسک‌های تولید بایوفیول بررسی و جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی در بخش انتهایی مقاله آمده است.

1- Organization for Economic Co-operation and Development-(OECD)

۲- معرفی بایوفیول و سیر تحولات فناوری تولید آن

بایوفیول سوخت مایعی برای بخش حمل و نقل است که می‌تواند با بنزین و گازوییل مخلوط شود. بایوفیول‌ها از گیاهانی که انرژی خورشید را جذب کرده و به فرم شیمیایی شکر یا سایر اشکال در خود ذخیره کرده‌اند، به‌دست می‌آید. در خصوص طبقه‌بندی انواع بایوفیول مباحثاتی وجود دارد. وجه تمایز انواع بایوفیول در تکنولوژی تولید، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و نوع مواد اولیه مورد استفاده می‌باشد. براساس طبقه‌بندی آژانس بین‌المللی انرژی[1] بایوفیول در کل به دو دسته‌ی سنتی[2] و پیشرفته[3] تقسیم‌بندی می‌شود. براساس تکنولوژی تولید و سایر وجوه تمایز اشاره شده بایوفیول‌ها به چهار نسل مختلف تقسیم می‌گردد. بایوفیول تکنولوژی نسل اول معادل نوع سنتی و بایوفیول نسل‌های دوم تا چهارم معادل نوع پیشرفته هستند. همچنین شایان توجه است که نسل‌های سوم و چهارم هنوز در سطح تجاری تولید نمی‌شوند. نسل اول بایوفیول (سنتی) مستقیماً از مواد غذایی از طریق فرآیند تخمیر به‌دست می‌آید. مواد اولیه برای تولید نسل اول بایوفیول‌ها عبارتند از: ذرت، گندم، نیشکر، سویا، کلزا و تخم آفتابگردان. اطلاعات بیش‌تر در مورد نسل‌های اول و دوم در جدول (۱) آمده است.

1- International Energy Agency
2- Conventional Biofuels
3- Advanced Biofuels

جدول ۱- مقایسهٔ سوخت‌های فسیلی با نسل‌های اول و دوم بایوفیول

	پالایشگاه‌های نفتی	بایوفیول‌ها	
		نسل اول	نسل دوم
نهاده‌ها	نفت‌خام	روغن نباتی (تری‌گلیسرید)[6]، شکر، نشاسته، چربی‌های حیوانی (لیپید) و غیره	مواد غیر غذایی، وجود ضایعات ارزان و فراوان زیست توده[1] و گیاهی، لیگنین[2]، سلولز[3]، همی سلولز[4]، پسماندهای کشاورزی و جنگلی، علف و گیاهان آبزی مانند سنبل آبی[5]
محصولات	سی ان جی، ال پی جی، گازوییل، بنزین، نفت سفید و سوخت جت	بایودیزل - اتانول تولیدشده از ذرت الکل تولیدشده از شکر	سوخت به‌دست آمده از فرایند هیدروژن‌کاری[7]، بایواویل[8]، روغن اف تی[9]، لیگنوسلولوزیک اتانول[10]، الکل‌های ترکیبی[11]
مزایا	- هزینه پایین تولید - ارزش افزوده بالا	- تکنولوژی شناخته شده و نسبتا ساده - سرمایه‌گذاری نسبتاً کم برای تولید انعطاف‌پذیری با تولید در مقیاس کوچک - دوستدار محیط زیست - تأمین امنیت اقتصادی و اجتماعی	- بهبود کارایی و افزایش بهره‌وری استفاده از زمین - قابلیت مصرف مستقیم بوسیله وسایل نقلیه سنتی - کاهش قابل توجه گازکربنیک عدم رقابت با مواد غذایی - وجود تکنولوژی پیشرفته - دوستدار محیط زیست
معایب	- استخراج و کاهش ذخایر نفتی - آلودگی محیط زیست - مشکلات اقتصادی و محیط زیستی	- محدودیت تأمین نهاده‌ها (غذا در برابر سوخت) - شتاب گرفتن جنگل زدایی - کمبود منابع آبی - تاحدودی با سوخت‌های سنتی ترکیب می‌شود - هزینه‌های نسبتاً زیاد تولید به دلیل رقابت با نهاده‌های غذایی	هنوز در حال توسعه بوده و هزینه‌های تبدیل آن رو به کاهش است

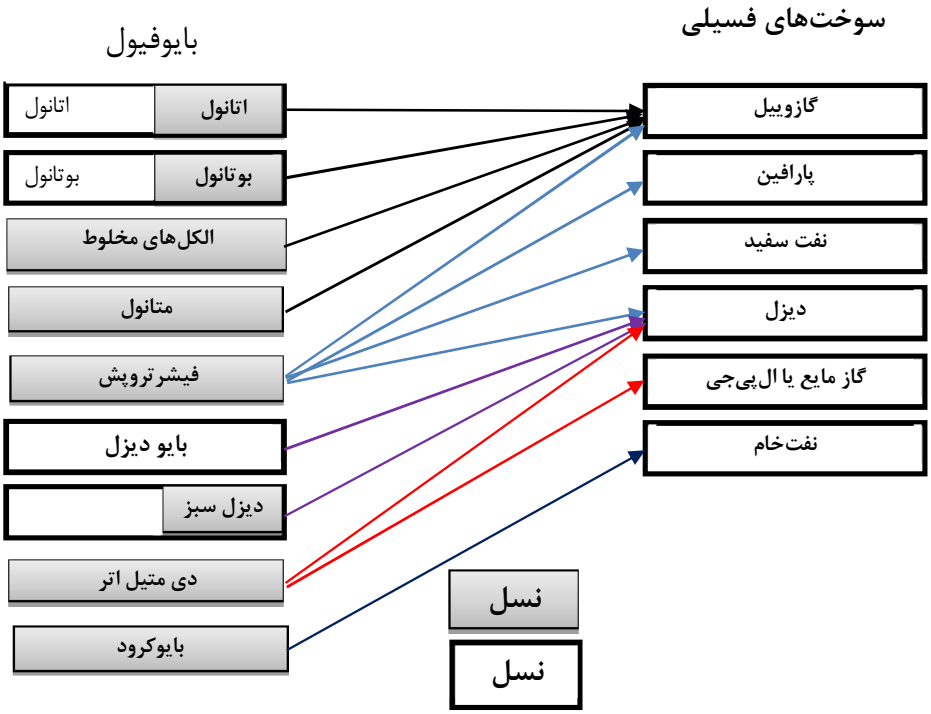
منبع: یافته‌های تحقیق

1- Biomass
2 -Lignin (دومین پلیمر طبیعی فراوان دنیا و یکی از ترکیبات اصلی تمام گیاهان آوندی است)
3- Cellulose
4- Hemi-cellulose (به همراه سلولز در دیواره یاخته گیاهان حضور دارد)
5- Water hyacinth (نام علمی : Eichhornia crassipes)
6- Vegetable oils
7- Hydrotreating oil
8- Bio-oil
9- FT Oil
10- Lignocellulosic ethanol
11- Mixed alcohol

نسل سوم بایوفیول براساس پیشرفت در تولید زیست توده[1] بنا شده است. این شیوه از جلبک (خزه) دریایی[2] به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند. جلبک دریایی به عنوان یک خوراک کاملاً تجدیدشونده با انرژی بالا و هزینه پایین کشت می‌شود. جلبک دریایی همچنین قابلیت رشد در زمین و آب‌هایی که برای کشت مواد غذایی مناسب نیستند را دارد. بنابراین منجر به کاهش استفاده از منابع آب می‌شود. مزیت دیگر استفاده از جلبک دریایی این است که بایوفیول تولیدی می‌تواند به اشکال متنوعی همچون دیزل، بنزین و سوخت جت فرآوری شود (چیستی، ۲۰۰۷). میزان انرژی تولیدی از بایوفیول نسل سوم تقریباً ۳۰ برابر انرژی در واحد سطح خوراک بایوفیول نسل اول یا بایوفیول سنتی است (لارسن و همکاران، ۲۰۰۹).

نسل چهارم بایوفیول نه تنها در جهت تولید انرژی پایدار است بلکه روشی برای جذب دی‌اکسید کربن نیز می‌باشد. مواد زیست توده که در حال رشد هستند، دی اکسید کربن را جذب کرده و با استفاده از همان روش بایوفیول‌های نسل دوم را به سوخت تبدیل می‌کنند. این فرآیند از این جهت با نسل دوم و سوم بایوفیول متفاوت است که در تمام مراحل تولید دی‌اکسید کربن از طریق فرآیند احتراق اکسی- فیول[3] جذب می‌شود. این سیستم نه تنها دی‌اکسید کربن را جذب و ذخیره می‌نماید بلکه با جایگزینی با سوخت‌های فسیلی انتشار آن را کاهش می‌دهد. دی‌اکسید کربن ذخیره شده نیز می‌تواند برای تزریق به میادین نفت و گاز استفاده شود (گری و همکاران، ۲۰۰۷). در نمودار یک نحوهٔ جانشینی انواع سوخت‌های فسیلی با بایوفیول ارایه شده است.

1- Biomass
2- Oil of Algae, “Oilgae”, Algae Fuels.
3- Oxy-Fuel



نمودار ۱- جایگزینی بایوفیول با سوخت‌های رایج فسیلی

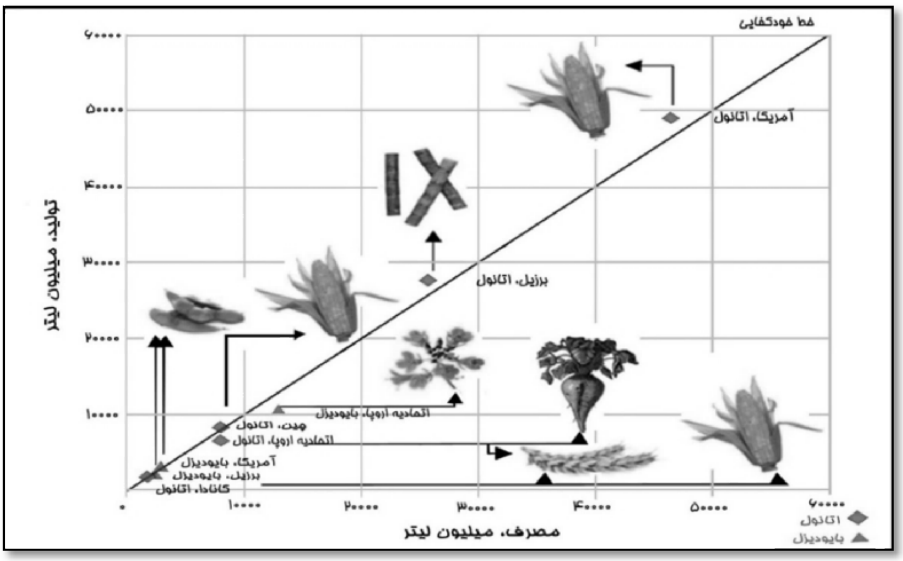
منبع: لارسون، اریک (۲۰۰۸)

۳- تولید بایوفیول: نهاده‌ها، چالش‌ها، مزایا و معایب آن

مهم‌ترین چالش بایوفیول نسل اول، مسأله سوخت در برابر غذاست. ازآنجایی که غالب بایوفیول‌ها مستقیماً از مواد غذایی تولید می‌شوند، افزایش تقاضا برای بایوفیول‌ها منجر به افزایش خروج مواد غذایی از بازار غذا می‌شود. این موضوع در برخی مقالات به‌عنوان عامل اصلی افزایش قیمت مواد غذایی در سال‌های اخیر تلقی شده است. مسأله دیگر در خصوص نسل اول بایوفیول کمبود منابع آبی در برخی مناطق است. بسته به خصوصیات محصول، بایوفیول‌هایی که به لحاظ تجاری موجود هستند از محصولات غذایی به طور عمده نیشکر، چغندر قند، ذرت و دانه‌های روغنی به عنوان خوراک استفاده می‌کنند. (لارسون، ۲۰۰۸). بایوفیول‌ها شبیه هم نیستند، به‌عنوان مثال زنجیره

تولید اتانول[1] در برزیل براساس نیشکر، در آمریکا از ذرت و در اتحادیهٔ اروپا برمبنای گندم و چغندر قند است که کاملاً بی‌شباهت هستند (هورتا ناگویرا و همکاران، ۲۰۱۳).

در شکل (۱)، وضعیت تولید بایوفیول (اتانول و بایودیزل) در کشورهای عمده تولیدکننده و مصرف‌کننده نشان داده است. با توجه به شکل، عمده محصولات کشاورزی مورد استفاده برای تولید بایوفیول عبارتند از: ذرت، چغندر، نیشکر، سویا و کلزا. خطی که در قطر نمودار وجود دارد، خط خود کفایی است که ارتباط بین تولید و مصرف اتانول و بایودیزل را در کشورهای مختلف نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود تقریباً همه کشورها در زمینه تولید اتانول و بایودیزل خودکفا هستند (آمریکا و برزیل صادرکننده و اتحادیه اروپا واردکننده بایوفیول (به‌خصوص بایودیزل در حجم محدود هستند) و در نتیجه می‌توان گفت برنامه‌ریزی تولید و مصرف در کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده بایوفیول همزمان پیش می‌روند و هیچ کشوری به بایوفیول نگاه تجاری نداشته و بیشتر مباحث امنیت انرژی با توجه به هزینه‌های بالای تولید مطرح است. از بین کشورهای مختلف جهان، آمریکا و برزیل به ترتیب اولین و دومین کشور بزرگ تولیدکننده و مصرف‌کننده اتانول هستند.



شکل ۱- تولید بایوفیول در کشورهای مختلف

Source: IISD–GSI visualization of data from OECD/FAO, 2012.

1- C2H5OH

مزرعتی در گزارش بررسی انرژی اوپک (۲۰۱۲) به طور کلی به چالشی که در سطح بین‌المللی وجود دارد می‌پردازد. این چالش عبارت است از این که آیا تولید بایوفیول قیمت مواد غذایی را افزایش می‌دهد؟ وی در پاسخ به این سئوال اساساً دو دیدگاه مختلف که موجود را مطرح می‌کند: دیدگاه اول بیان می‌کند که استفاده از مواد غذایی برای سوخت عامل محرک افزایش قیمت‌های مواد غذایی است. نظر تانگرمن (۲۰۰۸) این است که «افزایش قیمت مواد غذایی در سال‌های اخیر به طور عمده در نتیجه توسعه بایوفیول بوده که منجر به کاهش دسترسی به عرضه مواد غذایی در بازارهای بین‌المللی و افزایش قیمت مواد غذایی شده است».

دیدگاه دوم قیمت نفت را در بلندمدت محرک قیمت بایوفیول در نظر می‌گیرد. آژانویچ (۲۰۰۹) به بررسی مهم‌ترین عوامل موثر بر تولید بایوفیول، زمین مورد استفاده، بازده، مواد اولیه و قیمت نفت‌خام پرداخته است. مهم‌ترین نتایج مطالعه وی عبارتست از: به‌طور طبیعی، استفاده از مواد اولیه برای تولید بایوفیول‌ها، قیمت مواد اولیه را افزایش خواهد داد. در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ نوسان قیمت مواد اولیه (نهاده‌ها) نه تنها به دلیل افزایش پیوسته بایوفیول نبوده، بلکه بخش بزرگ‌تر این نوسانات به دلیل سایر عوامل از قبیل قیمت نفت و سفته بازی بوده است. به علاوه، نمی‌توان هیچ اثر معنی‌داری از تولید بایوفیول بر قیمت مواد اولیه مشاهده نمود. بنابراین وجود هم‌زمان تولید بایوفیول و مواد غذایی امکان‌پذیر است به خصوص برای نسل پیشرفته بایوفیول.

بریدل و همکاران (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که وضعیت کشورهایی که در آن‌ها به بایوفیول یارانه تعلق می‌گیرد به صورت دو قطب عمده است. این دوقطبی با دو کشور برزیل و مکزیک قابل توضیح است. در این مقاله وضعیت یارانه بیش از ۲۰ میلیارد دلاری و سایر اشکال حمایت دولت از تولید و مصرف بایوفیول بررسی و به‌طور خلاصه ارائه شده است. نویسندگان نتیجه گرفته‌اند که سه عامل عمده شامل: مجادله غذا در برابر سوخت، توسعه بایوفیول‌های پیشرفته و سیاست‌های ریاضتی ضروری با توجه به بحران اقتصادی، نقش به سزایی بر توسعه آتی این سوخت‌ها خواهد داشت.

بخش بزرگی از بایوفیول‌ها، بایوفیول نسل اول هستند. تمام سیستم‌های تولید بایوفیول نسل اول نیازمند بارورسازی فسفری می‌باشند. فسفر یک ماده مغذی برای گیاهان است که ذخایر جهانی آن پایان‌پذیر است. هین لارس و ریک لیمانز (۲۰۱۲) به آزمون تولید بایوفیول از ۷ نوع نهاده پرداخته و دریافتند که بایوفیول‌ها در حال حاضر به‌طور تقریبی ۲ درصد تولید کودهای فسفر غیرارگانیک را مصرف می‌کنند. در نتیجه با

سیستم‌های تولید جاری، تولید بایوفیول نسل اول به قیمت تولید آتی مواد غذایی تمام می‌شود.

شواهد نشان می‌دهد که تولید بایوفیول پیامدهای مثبت بسیاری در پی دارد که این مسأله باعث افزایش توجه به تولید بایوفیول در جهان شده است. همان طور که در ابتدا اشاره شد، از جمله مهم‌ترین دلایل توجه به تولید بایوفیول مسألهٔ امنیت انرژی و تلاش کشورهای مختلف برای کاهش انتشار گازهای آلاینده ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. جزییات بیش‌تر در این رابطه در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- منافع بایوفیول به تفکیک اثرات اقتصادی، زیست محیطی و امنیت انرژی

اثرات اقتصادی	– پایداری – تنوع سوختی – افزایش شمار مشاغل تولیدی روستایی – افزایش درآمدهای مالیاتی – افزایش سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌ها و تجهیزات – توسعه اقتصادی – رقابت‌پذیری بین‌المللی – کاهش وابستگی به واردات و صادرات نفتی (در کشورهای مصرف-کننده و تولیدکننده سوخت‌های فسیلی)
اثرات زیست محیطی	– کاهش گازهای گلخانه‌ای – کاهش آلودگی هوا – تجزیه‌پذیری زیستی – کارایی بالاتر احتراق – بهبود استفاده از آب و زمین – جلوگیری از انتشار کربن
اثرات مرتبط با امنیت انرژی	– اهداف داخلی – امنیت عرضه – کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی – دسترسی بهتر – توزیع داخلی – تجدیدپذیری

منبع: یافته‌های تحقیق

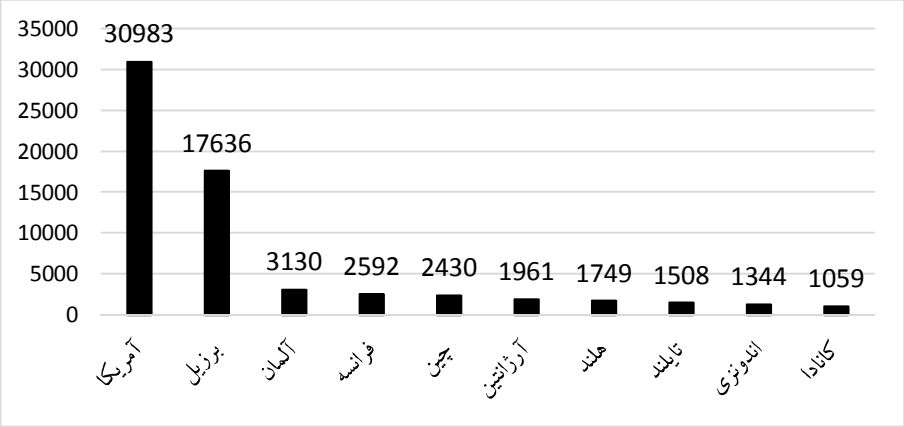
در مقابل تولید بایوفیول با ریسک‌های زیر مواجه است:

- ریسک‌های قیمتی، تکنولوژیکی، کشاورزی، سیاست‌گذاری و امنیت تقاضا.
- رقابت بین محصولات غذایی و ریسک افزایش قیمت محصولات غذایی در نتیجه تبدیل محصولات غذایی موجود به بایوفیول و رقابت آتی برای زمین‌های کشاورزی.
- محدودیت‌های تکنولوژیکی و غیر تکنولوژیکی پیش‌رو.
- حساسیت بالای چشم‌انداز صنعت بایوفیول به تغییرات احتمالی در یارانه‌های دولتی، سیاست‌های دولت و الزامات مختلفی که مهم‌ترین انگیزه برای استفاده از بایوفیول است.

۴- مروری بر وضعیت بایوفیول در جهان

تولید

بر اساس آمار منتشره در بولتن آماری بی‌پی[1] (BP) در سال ۲۰۱۵ میزان تولید بایوفیول در دنیا ۷۴۸۴۷ هزار تن معادل نفت‌خام بوده است که از این میزان ۳۰۹۸۳ هزار تن معادل نفت‌خام در ایالات متحده تولید شده است. نمودار (۲) رتبه‌بندی کشورها را در تولید بایوفیول نشان می‌دهد.

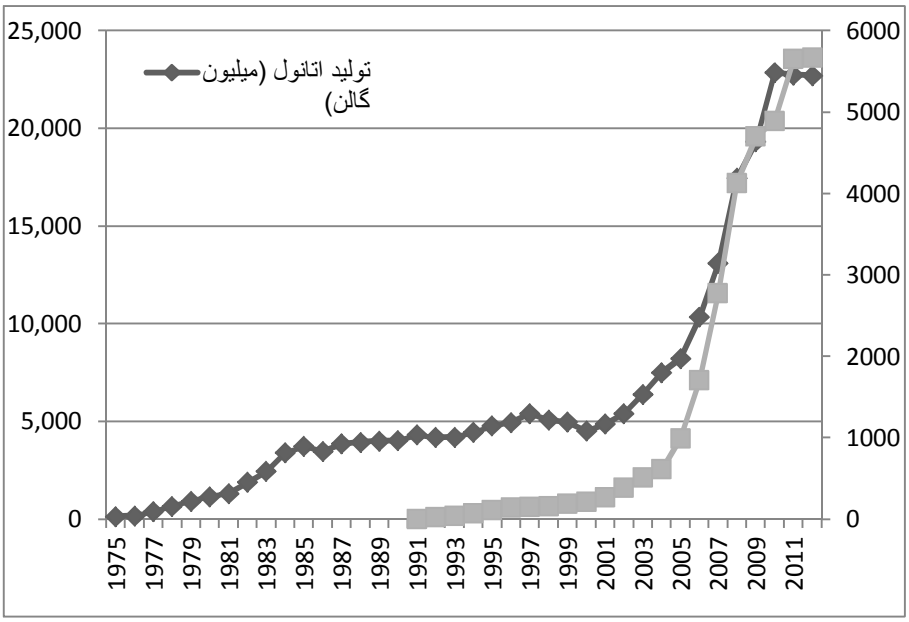


نمودار ۲- کشورهای عمده تولیدکننده بایوفیول

منبع: بولتن آماری بی پی (۲۰۱۶)

1- BP Statistical Review of World Energy, June 2016

طی ده سال اخیر تولید بایوفیول به شکل قابل توجه‌ای افزایش یافته، به طوری که بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ تولید اتانول از ۲۸/۵ میلیارد لیتر به ۹۸/۳ میلیارد لیتر و بایودیزل از ۲/۴ به ۳۰/۱ میلیارد لیتر افزایش یافته است (REN21, 2016).



نمودار ۳- روند تولید اتانول و بایودیزل از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۱۲

Source: F.O. Licht, World Ethanol and Biofuels Report, and Earth Policy Institute, 2012

تقاضا

مصرف بایوفیول‌ها از ۱/۹ میلیون بشکه معادل نفتی در روز[1] در سال ۲۰۱۴ تا سال ۲۰۴۰ به ۳/۶ میلیون تن معادل نفت خام افزایش خواهد یافت. در حال حاضر بایوفیول ۳ درصد کل تقاضای انرژی را در بخش حمل و نقل پوشش می‌دهد که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۴۰ این میزان ۵ درصد افزایش یابد. ایالات متحده، برزیل و اتحادیهٔ اروپا تقریباً ۸۶ درصد تقاضای بایوفیول جهان را در سال ۲۰۱۳ به خود اختصاص

1- Million barrel oil equivalent per day

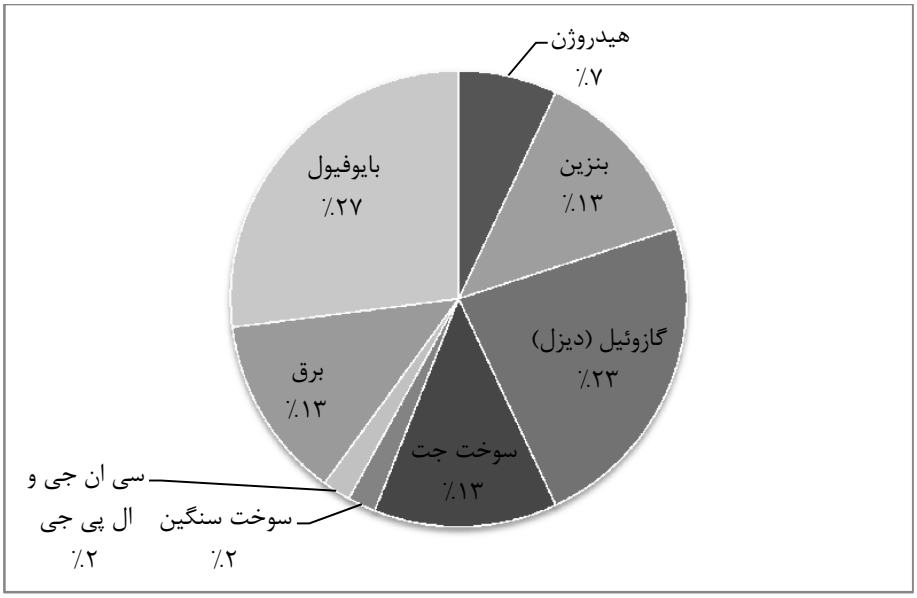
داده‌اند. پیش‌بینی می‌شود درآمریکا و اتحادیهٔ اروپا در طول همین بازه زمانی سهم بایوفیول در حمل و نقل جاده‌ای از ۵ درصد به ۱۴ درصد افزایش یابد (IEA, WEO-2015). در سال ۲۰۱۳ در برزیل سهم بایوفیول در حمل و نقل جاده‌ای ۲۰ درصد بوده که این رقم تا سال ۲۰۴۰ به ۳۱ درصد خواهد رسید. برزیل در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در میان سایر کشورها پیشگام است. جدول (۳) مصرف اتانول و بایودیزل در بخش حمل و نقل جاده‌ای را به تفکیک کشورها نشان می‌دهد.

جدول ۳- مصرف اتانول و بایودیزل در حمل و نقل جاده‌ای به تفکیک کشورها (میلیون بشکه معادل نفت‌خام)

کشور / سال	اتانول		بایودیزل		کل بایوفیول		سهم از کل انرژی مصرفی در حمل و نقل (درصد)	
کشور	۲۰۱۳	۲۰۴۰	۲۰۱۳	۲۰۴۰	۲۰۱۳	۲۰۴۰	۲۰۱۳	۲۰۴۰
ایالات متحده	۰/۶	۱/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۶	۱/۵	٪۵	٪۱۴
چین	۰	۰/۴	۰	۰	۰	۰/۴	٪۱	٪۴
هند	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰/۲	٪۰	٪۴
برزیل	۰/۲	۰/۶	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۸	٪۲۰	٪۳۱
اتحادیه اروپا	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۰/۷	٪۵	٪۱۶

Source: IEA, world energy outlook, 2015

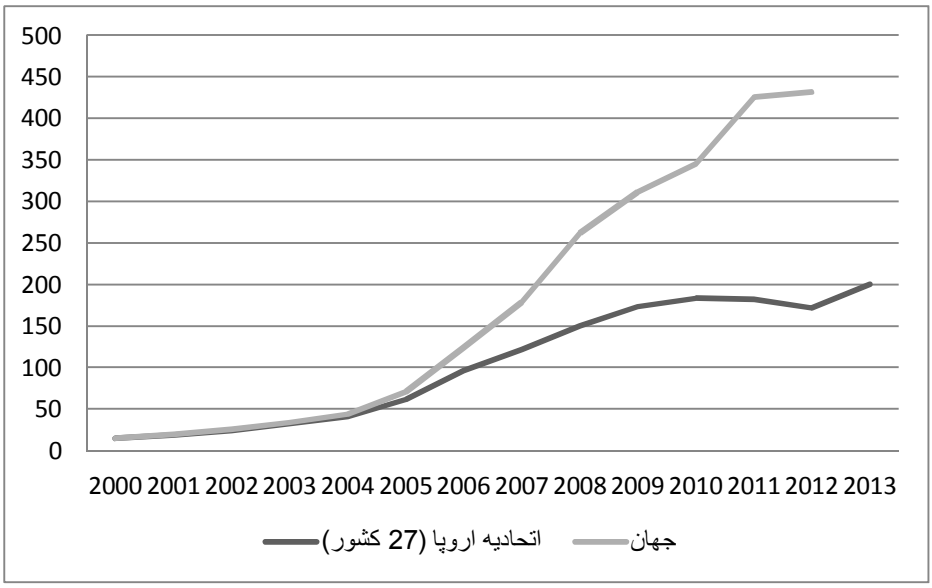
بر اساس آمار دبیرخانه اوپک در سال ۲۰۱۴، حدود ۹۲.۱۰ درصد سوخت بخش حمل و نقل از نفت‌خام به‌دست آمده، درحالی‌که بایوفیول در همان سال تنها ۲/۷ درصد سوخت این بخش ا به خود اختصاص داده است (WOO ۲۰۱۵). با توجه به مزیت‌های زیست محیطی بایوفیول، سهم بایوفیول در بازار سوخت وسایل نقلیه طی دهه آتی رشد بیش‌تری خواهد داشت (نمودار ۴).



Source: IEA, Technology Roadmap, Biofuels for Transport, 2011

تولید و تقاضای داخلی بایوفیول در مناطق منتخب

در این بخش چشم‌انداز تولید و تقاضای بایوفیول در برخی از مهم‌ترین کشورها و مناطق تولیدکننده و مصرف‌کننده بایوفیول بررسی می‌شود. با توجه به نمودار ۵، اتحادیه اروپا بزرگ‌ترین تولیدکننده بایودیزل در جهان خواهد بود. از این رو در ادامه وضعیت تولید و مصرف بایوفیول در اتحادیه اروپا به طور اجمالی بررسی می‌شود.



نمودار۵- تولید بایودیزل در اتحادیهٔ اروپا و جهان (هزار بشکه در روز)
Source: EIA (US. energy information administration), 2015.

اتحادیهٔ اروپا بیش از ۳۰ درصد انرژی مصرفی کل جهان را بـه خـود اختصـاص داده که ۹۸ درصد آن متکی بر سوخت‌های فسیلی است. موتورهای احتراق داخلـی تـا سـال ۲۰۳۰ تکنولوژی غالب در بخش حمـل و نقـل خواهنـد بـود کـه از سـوخت‌هـای مـایع تولیدی از سوخت‌های فسیلی و منابع تجدیدشونده، تأمین می‌شوند. بـا توجـه بـه رونـد کاهشی ذخایر هیدروکربنی این منطقه، بایوفیول بهترین گزینـه بـرای جـایگزینی سـهم زیاد سوخت‌های فسیلی در این منطقه است (IEA, WEO-2013). شرق اروپا بـه‌عنـوان منطقه‌ای با زمین‌های زیر کشت فراوان شناخته می‌شود. برآوردهـا مبـین آن اسـت کـه تقریباً ۴۰ میلیون هکتار زمین‌های این منطقه که در جغرافیای اعضاء جدید این اتحادیه و اوکراین قرار دارد، می‌تواند برای کشت مواد اولیه (خوراک) بایوفیول مورد استفاده قرار گیرد. در سایر مناطق اتحادیهٔ اروپا دسترسی به زمین به طور بالقوه عامل محدودکننده-ای بوده و استفاده بهینه از پسماندها نقـش مهـم‌تـری را بـرای توسـعه بـیش‌تـر بخـش بایوفیول ایفا می‌نماید. بین ۴ تا ۱۳ درصد کل زمین‌های کشاورزی اتحادیـهٔ اروپـا بـرای

تولید بایوفیول به منظور جایگزینی سوخت‌های فسیلی مایع در بخش حمل و نقل مورد نیاز خواهد بود[1](IEE 2012).

اتحادیهٔ اروپا بزرگ‌ترین بازار بایودیزل و سومین بازار بایوفیول در جهان می‌باشد. کل اتانول تولیدی در سال ۲۰۱۵ تقریباً ۹۸/۳ میلیارد لیتر و کل بایودیزل تولیدی ۳۰/۱ میلیارد لیتربوده است از آن مقدار بایودیزل تولیدی اتحادیهٔ اروپا ۱۱/۵ میلیارد لیتر بوده است (REN21, 2016). تقریباً نیمی از بایودیزل تولیدی جهان در اتحادیهٔ اروپا تولید می‌شود. شایان توجه است که ۳۰ درصد بایودیزل مصرفی اتحادیهٔ اروپا از محل واردات تأمین می‌گردد. بیش‌ترین واردات بایودیزل از کشورهای آرژانتین و اندونزی است. در ۲۷ نوامبر ۲۰۱۳ اتحادیهٔ اروپا تعرفه‌های ۵ ساله‌ای را بر بایودیزل وارداتی از اندونزی و آرژانتین با توجه به سیاست ضددامپینگ وضع نمود، زیرا دامپینگ این دو کشو اثرات منفی قابل توجهی بر عملکرد مالی تولیدکنندگان اروپایی داشت (سایت اقتصادی بلومبرگ، نوامبر ۲۰۱۳).

در راستای سیاست‌های دسترسی به بایوفیول‌هایی با یک استراتژی متعادل، واقع گرایانه و بلندمدت، تحلیل‌های پروژه «ریفیول» (سوخت‌گیری) نشان می‌دهد که بایوفیول‌های تولیدی اتحادیهٔ اروپا می‌تواند در دهه آینده سهم قابل توجهی از تأمین تقاضای انرژی این اتحادیه را به خود اختصاص می‌دهد (با توجه به اعضای جدید و اوکراین به عنوان نواحی امید بخش آتی). این پتانسیل می‌تواند با آب‌های جاری و زمین‌های کشاورزی موجود بدون هیچگونه تغییری در ذخایر طبیعی انجام شود (کاوالکانتی و همکاران، ۲۰۱۲). در نتیجه می‌توان گفت که اتحادیهٔ اروپا یکی از بزرگ‌ترین بازیگران در بازار بایوفیول است و سیاست‌هایش به میزان قابل توجهی بر بازار تأثیر خواهد گذاشت. با توجه به موقعیت ممتاز اتحادیهٔ اروپا در بازار بین‌المللی بایوانرژی، این اتحادیه در آینده توسعه بایوفیول نقش مهمی را ایفا خواهد نمود. از طرف دیگر با ایجاد امکان انتخاب برای مصرف‌کننده، بایوفیول‌ها در بازار سوخت‌های بخش حمل و نقل با سوخت‌های فسیلی وارد رقابت می‌شوند. چنانچه این رقابت منجر به کاهش در تقاضای نفت در اتحادیهٔ اروپا شود، باعث کاهش قیمت جهانی نفت نیز

1- Intelligent Energy Europe Programme

خواهد شد. این اثر در صورت تغییر جهت سایر کشورها به سمت بایوفیول ترکیبی خواهد بود (بیکر و همکاران، ۲۰۰۸). ضمن اینکه عدم اطمینان در مورد قیمت جهانی نفت تنها عامل مهم محدودکننده سرمایه‌گذاری در سوخت‌های جایگزین است (کروزر، ۲۰۱۳).

تجارت بایوفیول

صادرات بایوفیول‌ها به بازارهایی با «یارانه سنگین» در ایالات متحده و اروپا، فرصت بسیار جذابی برای تولیدکنندگان بایوفیول در کشورهای در حال توسعه است. برای مثال تمام بایوفیول‌های تولیدی در آرژانتین و گواتمالا به اروپا صادر می‌شوند. (سوردا و همکاران، ۲۰۱۰). جدول ۴، تولید، صادرات و واردات بایوفیول در چند کشور منتخب را نشان می‌دهد.

جدول ۴- تولید، واردات و صادرات بایوفیول در کشورهای منتخب در سال ۲۰۱۰ (هزار تن)

کشورها	صادرکنندگان خالص					واردکنندگان خالص			
	ایالات متحده	برزیل	اندونزی	مالزی	آلمان	فرانسه	اسپانیا	ایتالیا	بریتانیا
تولید	۴۰۶۹۵/۵	۵۰۹۱/۶	۳۵۹/۵	۸۰	۵۹۶	۲۷۴۲	۱۲۶	۱۷۱۲	۳۷۹
واردات	-	۶۱۶/۲	۰	۰	۶۷۴	۴۵۶	۵۹۴	۷۹۹	۱۰۴۰
صادرات	-	۱۵۱۲/۱	۱۸۵/۷	۹۰	۷۳۲	۳۰۹	۴۹۴	۱۰۱	۰
خالص واردات	-۳۶۴۸/۴	-۸۹۵/۹	-۱۸۵/۷	-۹۰	-۵۸	۱۴۷	۴۵۱	۶۹۸	۱۰۴۰

منبع: بریدل و همکاران ۲۰۱۲

بر اساس اطلاعات منتشره در گزارش چشم‌انداز انرژی جهانی در میان اتحادیهٔ اروپا، ایالات متحده، برزیل، چین و هند در سال ۲۰۲۰، تنها دو کشور چین و هند تولید بایودیزلی معادل تقاضای داخلی خود داشته و برزیل تولیدی بالاتر از تقاضای بایوفیول

خواهد داشت. در سال ۲۰۵۰ تنها برزیل مازاد تولید بایوفیول داشته و بقیه کشورها با مازاد تقاضای بایوفیول مواجه خواهند بود.

چشم‌انداز تولید بایوفیول در جهان

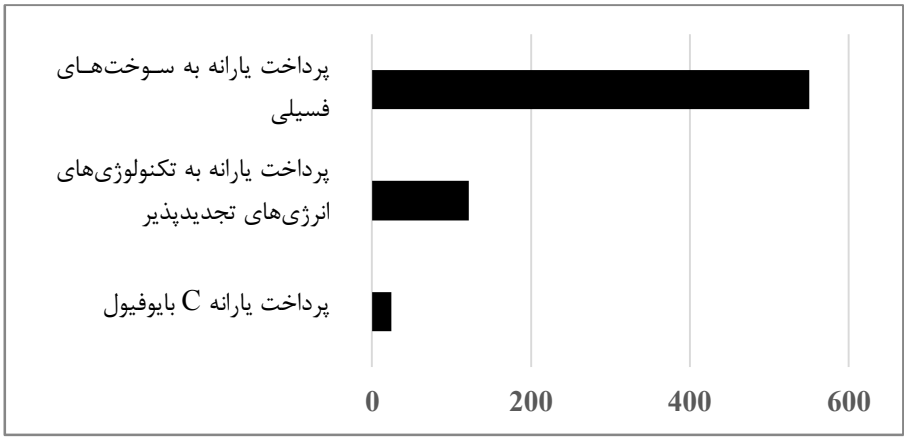
در گزارش ۲۰۱۵ چشم‌انداز انرژی جهانی آژانس بین‌المللی انرژی آمده است که سهم انرژی‌های نو در مصارف اولیه در سناریوی سیاست‌های جدید از ۱۴ درصد در سال ۲۰۱۳ به ۱۹ درصد در سال ۲۰۴۰ افزایش خواهد یافت. این افزایش در نتیجه تقاضای رو به رشد انرژی‌های تجدیدپذیر جدید است. همچنین عنوان شده که تا سال ۲۰۲۵ تولید برق از منابع تجدید شونده به رقمی بالغ بر ۸۷۸۴ تراوات ساعت افزایش خواهد یافت. دو سوم افزایش در تولید برق از منابع تجدیدپدیر در کشورهای غیر OECD است. افزایش در چین بیش از مجموع کل اتحادیهٔ اروپا، ایالات متحده و ژاپن خواهد بود. با توجه به مزیت‌های زیست محیطی بایوفیول، سهم آن در بازار سوخت وسایل نقلیه طی دهه آینده رشد بیش‌تر خواهد نمود. انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۵۰ بایوفیول‌ها ۲۷ درصد کل سوخت بخش حمل و نقل را پوشش داده و تقریباً از انتشار ۲/۱ گیگا تن دی‌اکسیدکربن در سال جلوگیری نمایند (آرنت و همکاران، ۲۰۰۹).

۵- مروری بر سیاست کشورهای مختلف در زمینه تولید بایوفیول

کشورهای سراسر جهان سیاست‌هایی را به نفع استفاده از سوخت‌های غیرفسیلی معرفی کرده‌اند. ایالات متحده به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده سوخت اتانول در جهان، مشوق‌های مالی زیادی را برای تولیدکنندگان بایوفیول در نظر گرفته است. در اتحادیه اروپا که بزرگ‌ترین تولیدکننده بایودیزل در جهان است، مصرف بایوفیول بیشتر متأثر از الزاماتی است که در آلمان و فرانسه وجود دارد. مشوق‌های مالیاتی به طور موفقی در برزیل، آلمان، ایالات متحده و سایر کشورها به‌منظور تشویق تولید بایوفیول‌ها و کاهش قیمت‌های آن استفاده شده است. این حمایت‌ها هم به منظور متنوع‌سازی منابع انرژی و هم به منظور کسب منافع زیست محیطی بوده است. چنین سیاست‌هایی اغلب بر اهداف و الزامات گسترده‌ای متمرکز هستند که با برنامه‌هایی از قبیل اعطای یارانه، بخشش

مالیاتی، توسعه زیرساخت‌ها، ضمانت خرید محصولات و نظایر آن همراه است. این ابزارهای سیاستی منجر به شکل‌گیری سطوح بالای حمایت از تولیدکنندگان نسل اول بایوفیول شد و بازار نهاده‌های کشاورزی مورد استفاده در تولید بایوفیول را گسترش داد.

البته باید توجه داشت که به تمام منابع انرژی در جهان یارانه پرداخت شده و طی سالیان گذشته بیش‌ترین یارانه‌ها به سوخت‌های فسیلی پرداخت می‌شده است. آژانس بین‌المللی انرژی میزان یارانه پرداختی به مصرف‌کنندگان سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۱۴ را ۴۹۳ میلیارد دلار برآورد کرده است (IEA۲۰۱۵). این میزان یارانه پرداختی برای کشورهای غیر OECD در سال ۲۰۱۳ بالغ بر ۵۵۰ میلیارد دلار برآورد شده بود (IEA۲۰۱۴). لذا میزان یارانه اعطا شده رقم قابل توجهی بوده، در حالی که یارانه پرداختی به بایوفیول در همان سال در بخش حمل و نقل ۲۴ میلیارد دلار بوده است. لذا ملاحظه می‌شود که یارانه پرداختی به بایوفیول در مقایسه با سوخت‌های فسیلی چندان زیاد نیست (نمودار ۶)، و از این رو با افزایش میزان یارانه‌ها در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان انتظار شکوفایی دو چندان این صنعت را داشت.



نمودار ۶- میزان یارانه پرداختی به انواع سوخت‌ها در سال ۲۰۱۳ (میلیارد دلار)
Source: WEO-IEA, 2014.

در ادامه به بررسی برنامه‌های حمایتی از سوخت‌های زیستی در کشورهای مختلف پرداخته شده است.

برزیل پیشرفته‌ترین و یکپارچه‌ترین برنامه سوخت‌های بایوفیول را در جهان دارد. این برنامه به بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ برمی‌گردد. این کشور در سال ۱۹۷۵ برنامه ملی پروالکول[1] را معرفی کرد که برتولید اتانول از نیشکر متمرکز بود. هدف این بود که محدودیت‌های عرضه انرژی برطرف شده و یک تقاضای داخلی با ثبات برای مازاد تولید نیشکر فراهم شود و اختلاف قیمت بین شکر داخلی و سطح قیمت بین‌المللی از بین برود (والتر و کورتز، ۱۹۹۹). همچنین دولت در جهت اهداف خود موافقت‌نامه‌ای با کارخانه‌ها به‌منظور توسعه بازار وسایل نقلیه اصلاح شده امضاء نمود.

از عوامل مهم و تأثیرگذار بر ارزیابی اقتصادی هر پروژه‌ای هزینه‌های تولید است. هزینه‌های تولید بایوفیول به طور نسبی در برزیل از سایر کشورهای جهان کم‌تر است. مهم‌ترین عوامل در هزینه تولید بایوفیول عبارتند از: هزینه مواد اولیه، زمین، نهاده‌های کشاورزی، یارانه‌ها، حمایت‌های دولتی و تکنولوژی تولید. سوردا و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله خود به دلایل پایین بودن هزینه‌های تولید بایوفیول در برزیل اشاره کرده‌اند. نخستین دلیل این است که نیشکر به عنوان نهاده تولید در این کشور نسبتاً ارزان است. سطح بالای بهره‌وری زمین و عدم نیاز به آبیاری عامل دیگری است. نهایتاً حمایت‌های چندین ساله دولت برزیل سرمایه‌گذاری‌های زیادی را در توسعه تکنولوژی و تحقیقات ایجاد کرده که کاهش هزینه تولید و توجیه‌پذیرتر کردن این پروژه‌ها را به همراه داشته است. البته برزیل شرایط مساعدی از قبیل آب و هوای مناسب، زمین حاصلخیز و در دسترس فراوان، رشد سریع نیشکر و غیره برای پرورش نیشکر دارد. سایر مناطق مرطوب شبیه برزیل برای این مورد مناسب خواهند بود.

در دهه بعد تجاری‌سازی بایوفیول‌ها با موفقیت انجام شد و ۹۶ درصد اتومبیل‌های فروخته شده در برزیل در سال ۱۹۸۵ با سوخت اتانول کار می‌کردند. کاهش قیمت‌های نفت در اواخر سال ۱۹۸۵ منجر به یک عقب‌نشینی در گسترش اتانول شد. دولت تلاش کرد تا این بازگشت را با قانون‌گذاری کاهش دهد. در سال ۱۹۹۳ دولت الزام کرد تا ۲۲ درصد بنزین اتانول باشد و در سال ۲۰۰۳ این میزان به ۲۵ درصد افزایش یافت. در طی دهه ۱۹۹۰ مقررات‌زدایی در بازارهای سوخت و انرژی به کار گرفته شد. در سال ۱۹۹۸

1- National Alcohol Program (PROALCOOL)

دولت قیمت الکل هیدراته را که در سوخت‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت آزاد کرد. افزایش قیمت‌های نفت که در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ رخ داد اتانول را به موفقیت‌های اولیه خود بازگرداند. اتانول یکبار دیگر ارزان‌تر و دست‌یافتنی شده بود. علاوه بر این معرفی موتور سوخت- منعطف[1] که به رانندگان امکان رانندگی با سوخت اتانول یا بنزین را می‌داد، این موفقیت را بیش‌تر نمود. در سال ۲۰۰۶ حدود ۸۳ درصد از خودروهای فروخته شده در برزیل وسایل نقلیه سوخت منعطف بودند و این کشور به خودکفایی در نفت دست یافته بود (باروس ۲۰۱۰). اثر تولید بایوفیول در برزیل فراتر از مرزهای این کشور است. اتانول برزیل به عنوان رقابت‌پذیرترین بایوفیول از نظر قیمت در جهان است. بر اساس مطالعه جانسون و کوجیما در سال ۲۰۰۶ هزینه‌های متوسط تولید اتانول بین ۰/۲۳ تا ۰/۲۹ دلار آمریکا برای هر لیتر است. این قیمت، اتانول را با قیمت‌های نفت رقابت‌پذیر کرده است. بر اساس موفقیت‌های به‌دست آمده در برنامه بایواتانول، برزیل اکنون در بایودیزل سرمایه‌گذاری می‌کند. برنامه ملی تولید و استفاده بایودیزل در سال ۲۰۰۵ افتتاح گردید. بایودیزل در برزیل از سویا به‌دست می‌آید. بر خلاف اتانول بایودیزل از نظر هزینه‌ای رقابت‌پذیر نیست و به آن یارانه داده می‌شود. دو برنامه حمایتی عبارتند از خرید تضمینی بایودیزل توسط آژانس نفت ملی با قیمتی بالاتر از هزینه‌های تولید و معافیت‌های مالیاتی.

ماتسوموتو (۲۰۰۹) در مقاله‌ای به بررسی ابتکارات بایوفیول در ژاپن می‌پردازد. وی بیان نموده که ژاپن دامنه متنوعی از استراتژی‌های ملی و برنامه‌های مرتبط با بایوفیول که چهار هدف سیاستی را دنبال می‌کنند توسعه داده است. این اهداف شامل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، امنیت عرضه، توسعه روستایی و عملی کردن جامعه مبتنی بر بازیافت می‌شود. وی نتیجه می‌گیرد که در بلندمدت پتانسیل بایوفیول‌ها در اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نه تنها بستگی به میزان توسعه تکنولوژیکی بایوفیول نسل دوم، بلکه به توسعه وسایل نقلیه نیز بستگی دارد. در میان‌مدت پتانسیل بایوفیول در توسعه روستایی و عملی کردن جامعه مبتنی بر بازیافت به روند پیشرفت تکنولوژی تولید بایوفیول نسل دوم و جمع‌آوری و انتقال مواد اولیه آنها بستگی خواهد داشت.

1- Flex-fuel engine

تأثیر بایوفیول بر امنیت انرژی ژاپن به وسیله واردات و پتانسیل تولید داخلی محدود می‌شود.

برنارد (۲۰۰۷) به بررسی سیاست بایوفیول در فرانسه پرداخته است. در این مقاله آمده که به منظور انطباق با اهداف اتحادیهٔ اروپا، فرانسه یک برنامه بایوفیول برمبنای دو معیار: معافیت مالیاتی انرژی‌های تجدیدپذیر و نگهداشت انتشار گازهای گلخانه‌ای، تنظیم نموده است. نتایج به‌دست آمده از ارزیابی برنامه‌های بایوفیول فرانسه در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ بیان می‌کند که رقابت‌پذیری بایوفیول بستگی به قیمت‌های نفت‌خام و تقاضا برای محصولات نفتی دارد. نتایج LCA[1] نشان می‌دهد که تولید و استفاده از بایوفیول می‌تواند رسیدن دولت فرانسه با اهداف زیست محیطی اش را با کاهش ۵ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل جاده‌ای تا سال ۲۰۲۰ تسهیل نماید.

در سال ۲۰۰۷ چین برنامه توسعه بلندمدت و میان مدت انرژی‌های تجدیدپذیر را منتشر کرد. این برنامه اهداف کامل‌تری را برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ در زمینه تکنولوژی‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر شامل می‌شود و برآوردی از ظرفیت روش‌های تکنولوژی برای دست‌یابی به اهداف ۲۰۲۰ با توجه به پتانسیل وجود منابع و هزینه عرضه، ارائه می‌نماید. گزینه‌های سیاستی و محدودیت‌ها بر اساس مرور ادبیات موضوعی شناسایی شده‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که به طور بالقوه چین می‌تواند اهداف سوخت غیردانه‌ای اتانول را تا سال ۲۰۲۰ محقق سازد. در حالی که دستیابی به اهداف مربوط به تولید بایودیزل بسیار محتمل است، برخی اقدامات سیاستی اضافی نیز مورد نیاز خواهد بود (چن و همکاران، ۲۰۱۱).

اساس قانون‌گذاری‌های اتحادیهٔ اروپا دستورالعمل‌های انرژی تجدیدشونده (RED)[2] و کیفیت سوخت (FQD)[3] است که در سال ۲۰۰۹ تنظیم شده‌اند. بر اساس RED تا سال ۲۰۲۰ اعضا باید حداقل ۱۰ درصد تقاضای ملی انرژی در بخش حمل و نقل جاده-ای را از منابع انرژی تجدیدشونده تأمین نمایند. دستورالعمل FQD، استفاده از ۸/۵

1- Life Cycle Assessment of 1st generation biofuels used in France
2- Renewable energy directive
3- Fuel quality directive

درصد بایوفیول سنتی، ۱ درصد بایوفیول نسل دوم و ۱ درصد الکتریسیته را الزامی می-کند.

در راستای چهارچوب قانون‌گذاری و به منظور دستیابی به اهداف، کشورهای اتحادیهٔ اروپا سطوح مختلفی از یارانه از قبیل مشوق‌های مالیاتی، استفاده از رهیافت شکاف قیمت[1] و... را به‌کار گرفتند. آژانس بین‌المللی انرژی میزان یارانه‌های تخصیص یافته به بایوفیول در اتحادیهٔ اروپا در سال۲۰۱۱ را ۸/۴ میلیارد یورو (معادل ۱۱ میلیارد دلار) برآورد کرده است. در اکتبر ۲۰۱۲ با هدف اغنای منتقدین به کارایی پایین بایوفیول اتحادیهٔ اروپا قوانین را مورد بازبینی قرار داد (فلاش و همکاران، ۲۰۱۴).

در نهایت در خصوص سیاست‌گذاری بایوفیول باید گفت که دولت‌ها باید مصرف بایوفیول‌ها را در بخش حمل و نقل تشویق نمایند. بایوفیول‌ها به تنهایی مشکلات مربوط به بخش حمل و نقل جهان را حل نخواهند کرد، به منظور دستیابی به پتانسیل کامل آنها در تأمین امنیت عرضه اهداف، زیست محیطی و منافع اجتماعی، بایوفیول‌ها باید سهم فزآینده خود را در تأمین سوخت بخش حمل و نقل نشان دهند (براون و همکاران، ۲۰۱۲) و لذا توجه به نکات زیر در سیاست‌گذاری دولت‌ها بسیار اهمیت دارند:

- دولت‌ها باید اقداماتی را دنبال کنند که منجر به تنوع منابع سوختی در بخش حمل و نقل برای بهبود اقتصاد، امنیت محیط زیست و انرژی شود.

- سیاست‌های کشاورزی باید نیاز به عرضه غذا و آب را با تولید بایوفیول‌ها متوازن کنند.

- دولت‌ها و صنعت باید در تحقیق و توسعه بایوفیول‌ها سرمایه‌گذاری کنند تا تکنولوژی‌های پیشرو را تشویق نموده و بهترین عملکردها و تکنولوژی‌ها را در تولید و استفاده از بایوفیول‌ها به اشتراک بگذارند.

- دولت‌ها باید سیاست‌های تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در تولید بایوفیول در مقیاس تجاری را دنبال نمایند تا تکنولوژی‌های جدید، سریع‌تر از مقیاس آزمایشگاهی عبور کنند.

1- The price-gap approach

- هر کشور باید تلاش کند تا بازارهای باز و آزاد را برای بایوفیول‌ها توسعه دهد.

۶- اثرات تولید و مصرف بایوفیول بر عرضه، تقاضا و قیمت نفت‌خام

همانطور که در مقدمه اشاره شد بین مصرف و تولید بایوفیول و تقاضای نفت‌خام ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. به عبارت دیگر افزایش تقاضا برای بایوفیول باعث کاهش تقاضای نفت‌خام می‌شود که می‌تواند بر قیمت نفت اثر بگذارد. از این رو در بخش حاضر برخی از مطالعاتی که به این موضوع پرداخته‌اند بررسی می‌شوند. جاندا و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی مدل‌هایی پرداخته‌اند که در آن‌ها از رهیافت تحلیل سری‌های زمانی و بررسی وابستگی بین قیمت انواع بایوفیول، قیمت محصولات کشاورزی به کار رفته در تولید بایوفیول‌ها و قیمت سوخت‌های فسیلی استفاده شده است. این مقاله عنوان می‌کند که موفقیت و شکست نهایی بایوفیول‌ها به مشخصه‌های زیست محیطی، تکنولوژیکی و مدیریت هزینه‌های زیست محیطی تولید و توزیع این محصولات بستگی دارد. نکته مهم این است که هزینه‌های مذکور در مورد انواع بایوفیول در گذار از نسل اول به نسل‌های دیگر نامشخص بوده، در صورتی که هزینه‌ی انواع سوخت‌های فسیلی سنتی کاملاً شناخته شده‌اند. لذا با حرکت به سمت شکافت هیدرولیکی و منابع غیرمتعارف سوخت‌های فسیلی (مانند نفت و گاز شیل)، که هزینه‌های بیش‌تری را در بردارد، انتظار می‌رود سهم بایوفیول‌ها افزایش و در نتیجه تقاضای نفت‌خام کاهش یابد.

از طرف دیگر، نتایج تحلیلی و شبیه سازی‌های عددی نشان می‌دهند که با در نظر گرفتن تعداد زیادی از پارامترها، یارانه‌های بایوفیول، نرخ استخراج سوخت‌های فسیلی را در میان‌مدت و کوتاه‌مدت افزایش خواهد داد و احتمالاً آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی تشدید می‌نماید (ون رینسوور و همکاران، ۲۰۱۳).

بر اساس مطالعه تیمیلسینا و همکاران (۲۰۱۲) قیمت نفت می‌تواند نقش مهم و تأثیرگذاری بر توسعه بایوفیول داشته باشد. این مطالعه اثر قیمت‌های نفت بر توسعه بایوفیول و متعاقباً بر عرضه مواد غذایی را مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهد که ۶۵ درصد افزایش در قیمت نفت در سال ۲۰۲۰ از سطح قیمت در سال ۲۰۰۹ می‌تواند نفوذ جهانی بایوفیول را از ۲/۴ درصد در سال ۲۰۰۹ به ۵/۴ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش دهد. اگر قیمت نفت از سطوح سال ۲۰۰۹ به میزان ۱/۵برابر تا سال ۲۰۲۰

افزایش یابد نفوذ بایوفیول تا ۹ درصد خواهد بود که این میزان بالاتر از سطحی است که در نتیجه تعهدات و اهداف جاری در بیش از ۴۰ کشور جهان معرفی شده است.

در مطالعه دیگری عنوان شده که تولید بایوفیول شدیداً به قیمت نفت حساس است. بر اساس مطالعه تیمیلسینا و میول (۲۰۱۱) افزایش ۲۵ درصدی در قیمت نفت از سال مبنا (۲۰۰۹) تا سال ۲۰۲۰ منجر به ۲۰/۴ درصد افزایش در تولید جهانی بایوفیول خواهد شد و یک افزایش ۱۰۰ درصدی در قیمت نفت از سال مبنا تا سال ۲۰۲۰ منجر به افزایش ۷۷/۳ درصدی در تولید جهانی بایوفیول خواهد شد. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که تولید کل کشاورزی در نتیجه افزایش قیمت نفت کاهش خواهد یافت، اما این کاهش در کشورهای عمده تولیدکننده کم‌تر است.

افزایش اخیر قیمت نفت و تولید جاری بایوفیول‌ها از مواد غذایی و افزایش قیمت‌های مواد غذایی باعث ایجاد یک آگاهی در مورد پتانسیل بروز یک تضاد بین تولید بایوفیول‌ها و دسترسی به مواد غذایی می‌شود. بایوفیول می‌تواند به کشورها در کاهش وابستگی‌شان به واردات نفت کمک کند و موجب کاهش در انتشار دی‌اکسید کربن شود.

در مطالعه اسوِن و ماکسنز (۲۰۰۹) از یک مدل شبیه‌سازی برای بررسی این موضوع که چگونه بازارهای نفت، بایوفیول و مواد غذایی ممکن است اثر متقابل داشته باشند و اوج‌گیری تولید جهانی نفت و کاهش منابع را توسعه دهند استفاده می‌شود. در نتیجه این مقاله کمبود نفت، تولید بایوفیول را شدیداً سودآور خواهد کرد و منجر به خیزش صنعت بایوفیول و در نتیجه کمبود مواد غذایی و بروز قحطی می‌شود و پیشنهاد می‌کند که سیاست‌گذاری بهتر این است که منبع انرژی جایگزینی توسعه یابد که نیازمند زمین کشاورزی نباشد.

از سوی دیگر، سوال مهمی که به ذهن می‌رسد این است که آیا هماهنگی در حرکت قیمت‌های آتی محصولات کشاورزی و نفت‌خام وجود دارد؟ مقاله هوخمن و همکاران (۲۰۱۱) به طور خاص بر تغییرات بین قیمت آتی نفت‌خام و کالاهای کشاورزی و قیمت‌های آتی طلا متمرکز شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین قیمت نفت‌خام و بایوفیول همگرایی وجود دارد که میزان آن به ازای سطوح مختلف قیمت نفت‌خام و تحت تأثیر شرایط مختلف اقتصادی و سیاستی متفاوت خواهد بود. در مجموع، انتظار

می‌رود نوسان قیمت در بازار نفت‌خام بر بازارهای غیرانرژی تأثیرگذار باشد و با جانشینی سوخت‌های فسیلی با بایوفیول و استراتژی‌های ایجاد مصونیت در برابر تورم ناشی از قیمت بالای نفت، ارتباط بین بازار نفت‌خام و بازارهای کشاورزی و بازار فلزات افزایش یابد.

کوانگ و ینگ فان (۲۰۱۲) تأثیر بازار نفت‌خام و بازار محصولات غیرانرژی را قبل و بعد از بحران مالی سال ۲۰۰۸ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بازار نفت اثرات سرریز نوسانی مهمی بر بازار کالاهای غیر انرژی (از جمله نهاده‌های کشاورزی) دارد که نقش کلیدی نفت را در میان بازار کالاها نشان می‌دهد. به علاوه، همبستگی کلی بعد از بحران مالی تقویت شده است.

گرهارد نات (۲۰۱۰) در مقاله‌ای به بررسی تأثیرپذیری قیمت موادغذایی از بایوفیول‌ها به‌عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی در بازار انرژی می‌پردازد. در مدل‌سازی بازار انرژی توسط نات، انرژی به وسیله یک کارتل نفتی که رهبری قیمت را بر عهده دارد و بنگاه‌های پیرو که بایوفیول تولید می‌کنند عرضه می‌شود. نتایج مقاله نشان می‌دهد که یک رابطه مثبت بین قیمت مواد غذایی و انرژی وجود دارد. به علاوه با وجود تقاضای شدیداً بی‌کشش مواد غذایی، افزایش در بهره‌وریِ استفاده از زمین‌های کشاورزی، قیمت مواد غذایی را در کوتاه‌مدت کاهش می‌دهد و این در حالی است که در بلندمدت، زمانی که ذخایر سوخت‌های فسیلی تخلیه شده‌اند، آن را افزایش می‌دهد.

لیهونگ و بابکوک (۲۰۱۲) به بررسی چگونگی تأثیرگذاری سیاست‌های مربوط به اتانول از قبیل الزامات استاندارد سوخت تجدیدپذیر (RFS)[1] و تغییرات قیمت بنزین و ذرت پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن بود که RFS منجر به کاهش کشش قیمتی تقاضا برای ذرت و بنزین شده و در نتیجه باعث افزایش تغییرات قیمت زمانی که شوک‌های عرضه در بازار اتفاق می‌افتد می‌شود.

۷- بایوفیول، امنیت انرژی، صرفه‌ها و ریسک‌های تولید

وابستگی به واردات انرژی به ویژه نفت‌خام باعث کاهش امنیت انرژی در کشورهای واردکننده می‌شود. در چنین مواقعی شرایط اقتصادی داخلی یک کشور به شدت متأثر

1- Renewable Fuel Standard

از تحولات بازارهای انرژی خواهد شد. از این رو کشورهای بزرگ واردکننده انرژی و به‌ویژه نفت‌خام انگیزه زیادی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و در نتیجه اتکا به منابع انرژی داخلی دارند. استفاده از بایوفیول‌ها به دلایل قیمت‌های بالای نفت، عدم ثبات ژئوپولتیکی در کشورهای دارای ذخایر عمده اثبات شده نفت و نگرانی‌های زیست محیطی توجیه‌پذیر می‌شود. آبرلینگ و همکارن (۲۰۱۲) در مقاله‌ای بیان می‌کنند که در راستای تأمین امنیت عرضه و متنوع سازی منابع انرژی شرکت‌های بزرگ نفتی مسئول سرمایه‌گذاری‌های رو به رشد در قراردادهای مشارکتی بایوفیول، پشتیبانی و تحقیق و توسعه در این زمینه هستند. نویسندگان نتیجه گرفته‌اند که یکپارچه‌سازی و متنوع‌سازی بخش مهمی از رفتار استراتژیک شرکت‌های عمده نفتی در حرکت به سمت بایوفیول‌ها است، زیرا استراتژی‌ها از شرکتی به شرکتی دیگر متفاوت است.

همچنین سرمایه‌گذاری در بایوفیول می‌تواند منجر به رونق شدید در توسعه اقتصادی از طریق ایجاد شغل‌های جدید و منابع جدید درآمدی برای کشاورزان شود. این موضوع می‌تواند برای کشورهای در حال توسعه‌ای که بخش زیادی از جمعیت آن در بخش کشاورزی فعال هستند مفید باشد. رشد اقتصاد جهانی با افزایش چشمگیر در تقاضای جهانی انرژی همراه است. پیش‌بینی شده که مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه رشدی در حدود ۸۴ درصد را تا سال ۲۰۳۵ تجربه کند و در نتیجه منابع جدید انرژی از قبیل بایوفیول نقش مهمی در تأمین این تقاضا خواهند داشت. لذا سرمایه‌گذاری تجمعی ۶/۵ تریلیون دلاری در منابع انرژی تجدیدپذیر از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۳۵ لازم و مورد نیاز است. برآورد شده است که اشتغال‌زایی تولید بایوفیول تقریباً ۱۶ شغل در ازای هر هزار تن معادل نفت‌خام در مناطق روستایی باشد. به عبارت دیگر هر یک درصد سهم بایوفیول در کل مصرف سوخت‌های فسیلی بین ۴۵ تا ۷۵ هزار شغل جدید در بخش روستایی ایجاد خواهد کرد. کل تعداد شغلی که به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق بایوفیول در ایالات متحده تا سال ۲۰۱۳ ایجاد شد حدود ۲۳۶ هزار شغل شامل ۱۷۳۶۶۷ شغل برای اتانول و ۶۲۲۰۰ شغل برای بایودیزل بود. با در نظر گرفتن شغل‌های مستقیم و غیرمستقیمی که در نتیجه رونق اقتصادی منتج از توسعه بایوفیول ایجادشده، تعداد کل شغل‌های ایجاد شده یک میلیون و ۴۵۳ هزار شغل تا پایان سال ۲۰۱۳ بود (Bio-era 2014).

در مجموع باید گفت چنانچه دولتی بخواهد برای صرفه جویی در مصرف انرژی، افزایش کارایی و رفع نگرانی در مورد امنیت عرضه سیاست‌گذاری کند، ضروری است که از ابتدا دیدگاه درآمدی به اجرای برنامه سیاستی نداشته باشد. روند منطقی این است که در ابتدا امکان انتخاب‌های متعدد را برای مصرف‌کنندگان به وجود آورد و سپس با تغییر در قیمت حامل‌های انرژی (از طریق سیاست‌گذاری مناسب) الگوی بهینه مصرف انرژی را در جامعه در جهت مناسب هدایت نمود.

۸- جمع‌بندی، نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی موانع و محدودیت‌های پیش روی صنعت بایوفیول پرداخته و سعی شد تا آینده صنعت بایوفیول ترسیم و اثرات آن بر بازار نفت با مروری بر مطالعات دیگران بررسی شود. طی دو دهه اخیر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از سبد انرژی جهانی به‌طور مداوم به ویژه در بخش تولید انرژی و حمل و نقل افزایش یافته است. نرخ رشد تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه طی چند سال اخیر سرعت بیش‌تری داشته و انتظار می‌رود طبق پیش‌بینی‌های موجود این روند رشد تا سال ۲۰۳۵ ادامه یابد. البته روند رشد مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و چشم‌انداز آن در همه بخش‌ها یکسان نیست. تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر به سرعت در حال رشد است، در حالی که استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید حرارت با سرعت کمتری افزایش می‌یابد. در مورد بایوفیول، پس از یک دورهٔ رشد سریع (طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ تولید بایوفیول به دلیل رشد سریع تولید در برزیل، آمریکا و اروپا به دلیل سیاست‌های حمایتی دو برابر شد)، سرعت رشد تولید بایوفیول به دلایل مختلفی از جمله شرایط بد آب و هوایی و افزایش قیمت نهاده‌ها و محصولات کشاورزی و همچنین افزایش نگرانی‌ها در مورد پایداری و سیاست‌های توسعه پایدار، با وجود افزایش قابل ملاحظه قیمت نفت کاهش شدیدی یافت. بررسی تحولات صنعت بایوفیول از این منظر حایز اهمیت است که بایوفیول رقیبی جدی برای سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت‌خام در بخش حمل و نقل است و در نتیجه افزایش سهم بایوفیول در سبد مصرفی انرژی منجر به کاهش سهم سوخت‌های فسیلی خواهد شد و چنانچه این تغییرات بزرگ باشد، قیمت نفت کاهش خواهد یافت. در هر حال، شواهد دلالت بر تأثیرپذیری شدید تولید

بایوفیول از عوامل فیزیکی (از قبیل وضعیت آب و هوا) و سیاست‌های حمایتی دولت‌ها (از قبیل یارانه‌های تولید) در کشورها و مناطق مختلف دارد.

نتایج مطالعه مبین آن است که تولید بایوفیول با موانع جدی اقتصادی و زیست‌محیطی مواجه است اما انتظار می‌رود طی دو دهه آینده، تولید بایوفیول به دلیل بهبود در فناوری تولید (ظهور نسل‌های سوم و چهارم تولید و از جمله تولید بایوفیول سلولوزی) و تولید تجاری بایوفیول نسل جدید، ایجاد بسترها و زیرساخت‌های لازم برای توزیع آن و همچنین سیاست‌های امنیت انرژی و توسعه پایدار کشورهای صنعتی به رشد خود ادامه دهد، که البته سرعت رشد تولید و توسعه بایوفیول به شدت متأثر از سیاست‌های حمایتی (یارانه‌ای) در کشورهای مختلف در بخش‌های تولید و توزیع خواهد بود. و در نهایت اینکه در بسیاری از موارد بایوفیول‌ها و به خصوص نسل پیشرفته آن می‌توانند سودمند بوده، توسعه پایدار را تشویق کرده، به حفاظت از منابع طبیعی کمک نموده، شغل و درآمد ایجاد نموده و منجر به بهبود بهداشت و سلامتی و تضمین امنیت غذایی شود.

فهرست منابع

Ajanovic, A. (2009). Country review report. *ALTER-MOTIVE. org*.

Akella, A. K., Saini, R. P., & Sharma, M. P. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy*,*34*(2), 390-396.

Arent Douglas, Frank A. Verrastro, Jennifer L. Bovair, and Peterson Erik R., (2009) "Alternative transportation fuels and vehicle technologies, challenges and opportunities." *The CSIS Press*.

Babcock, B. A. (2015). Breaking the link between food and biofuels. *Iowa Ag Review*, *14*(3), 1.

Baker, M. L., Hayes, D. J., & Babcock, B. A. (2008). Crop-based biofuel production under acreage constraints and uncertainty.

Barros, S. (2010). Brazil biofuels annual. *United States Department of Agriculture, Washington, DC*.

Bernard, F., & Prieur, A. (2007). Biofuel market and carbon modeling to analyse French biofuel policy. *Energy Policy*, *35*(12), 5991-6002.

BP Statistical Review of World Energy, June 2016.

Browne, D., O'Mahony, M., & Caulfield, B. (2012). How should barriers to alternative fuels and vehicles be classified and potential policies to promote innovative technologies be evaluated?. *Journal of Cleaner Production*, *35*, 140-151.

Cavalcanti, M., Szklo, A., Machado, G., & Arouca, M. (2012). Taxation of automobile fuels in Brazil: Does ethanol need tax incentives to be competitive and if so, to what extent can they be justified by the balance of GHG emissions?. *Renewable energy*, *37*(1), 9-18.

Chen, H., & Chen, G. Q. (2011). Energy cost of rapeseed-based biodiesel as alternative energy in China. *Renewable energy*, *36*(5), 1374-1378.

Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, *25*(3), 294-306.

Earth Policy Institute with 1991-1999 data from F.O. Licht data, cited in Suzanne Hunt and Peter Stair, (2012), "Biofuels Hit a Gusher," Vital Signs Energy Working Group.

Flach, Bob, Karin Bendz, Karin and Lieberz, Sabine. (2014) "EU-28, EU Biofuels Annual 2014", USDA Foreign Agricultural Service.

F.O. Licht, World Ethanol and Biofuels Report, vol. 6, no. 4 (23 October 2007), p. 63; 1999-2002 from F.O. Licht, World Ethanol and Biofuels Report, vol. 7, no. 18 (26 May 2009), p. 365; 2003-2012 from F.O. Licht, World Ethanol and Biofuels Report, vol. 10, no. 16 (24 April 2012), p. 323.

Gerasimchuk, I., Bridle, R., Beaton, C., & Charles, C. (2012). State of Play on Biofuel Subsidies: Are policies ready to shift?. *The International Institute for Sustainable Development, http://www. circleofblue. org/waternews/wp-content/uploads/2012/06/Biofuel-State-of-Play-final-1206. pdf*.

Gray, D., White, C., & Tomlinson, G. (2007). Increasing security and reducing carbon emissions of the US transportation sector: a transformational role for coal with biomass.

Hein, L., & Leemans, R. (2012). The impact of first-generation biofuels on the depletion of the global phosphorus reserve. *Ambio*, *41*(4), 341-349.

Hochman, G., Rajagopal, D., & Zilberman, D. (2011). The effect of biofuels on the international oil market. *Applied Economic Perspectives and Policy*,*33*(3), 402-427.

Nogueira, L. A. H., Moreira, J. R., Schuchardt, U., & Goldemberg, J. (2013). The rationality of biofuels. *Energy Policy*, *61*, 595-598.

IEA, Technology Roadmap, Biofuels for Transport, (2011).

IEA, World Energy Outlook, (2013, 2014 and 2015).

IISD–GSI visualization of data from OECD/FAO, 2012; F.O. Licht, 2012.

Janda, K., Kristoufek, L., & Zilberman, D. (2012). Biofuels: Policies and impacts. *Agricultural Economics*, *58*(8), 372-386.

Ji, Q., & Fan, Y. (2012). How does oil price volatility affect non-energy commodity markets?. *Applied Energy*, *89*(1), 273-280.

Johnson, T., & Kojima, M. (2006). Potential for biofuels for transport in developing countries.

Josling, T., Blandford, D., & Earley, J. (2010). Biofuel and biomass subsidies in the US, EU and Brazil: towards a transparent system of notification. *IPC Position Paper, International Food and Agricultural Trade Policy Council, Washington, DC*.

Knothe, G. (2010). Biodiesel and renewable diesel: a comparison. *Progress in Energy and Combustion Science*, *36*(3), 364-373.

Krozer, Y. (2013). Cost and benefit of renewable energy in the European Union. *Renewable energy*, *50*, 68-73.

Larsen, U., Johansen, T., & Schramm, J. (2009). Ethanol as a fuel for road transportation. *Main Report. IEA-AMF report*, *100*.

Larson, E. D. (2008). Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development. United Nations Conference on Trade and Development.

Londo, M., Lensink, S., Wakker, A., Fischer, G., Prieler, S., Van Velthuizen, H., ... & Hansson, J. (2010). The REFUEL EU road map for biofuels in transport: Application of the project's tools to some short-term policy issues.*Biomass and Bioenergy*, *34*(2), 244-250.

Matsumoto, N., Sano, D., & Elder, M. (2009). Biofuel initiatives in Japan: strategies, policies, and future potential. *Applied Energy*, *86*, S69-S76.

Mazraati, M. (2013). Decomposing oil use per vehicle in modelling oil demand in the US road transportation. *OPEC Energy Review*, *37*(2), 194-219.

McPhail, L. L., & Babcock, B. A. (2012). Impact of US biofuel policy on US corn and gasoline price variability. *Energy*, *37*(1), 505-513.

Nogueira, L. A. H., & Capaz, R. S. (2013). Biofuels in Brazil: evolution, achievements and perspectives on food security. *Global Food Security*, *2*(2), 117-125.

Oberling, D. F., Obermaier, M., Szklo, A., & La Rovere, E. L. (2012). Investments of oil majors in liquid biofuels: The role of diversification, integration and technological lock-ins. *biomass and bioenergy*, *46*, 270-281.

Renewables 2016, Global Status Report.

Sandvik, S., & Moxnes, E. (2009). Peak oil, biofuels, and long-term food security. In *Proceedings of the 27 th International Conference of the System Dynamics Society, July 26-30, 2009, Albuquerque, New Mexico, USA*.با

Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy policy*, *38*(11), 6977-6988.

Tangermann, Stefan. "Biofuels and food security." Rural 21 13, no. 2 (2008): 30-32.

Timilsina, G. R., Beghin, J. C., Van der Mensbrugghe, D., & Mevel, S. (2012). The impacts of biofuels targets on land-use change and food supply: A global CGE assessment. *Agricultural Economics*, *43*(3), 315-332.

Timilsina, G. R., Mevel, S., & Shrestha, A. (2011). Oil price, biofuels and food supply. *Energy Policy*, *39*(12), 8098-8105.

van Rijnsoever, F. J., Hagen, P., & Willems, M. (2013). Preferences for alternative fuel vehicles by Dutch local governments. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *20*, 15-20.

Walter, A., & Cortez, L. (1999). An historical overview of the Brazilian bioethanol program. *Renewable Energy for Development*.

World Oil Outlook, OPEC, 2015.

A Review of Biofuels Industry: Challenges and Constraints

Mohammad Reza Moghaddam
PhD, Economics, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI),
mr_moghaddam@yahoo.com

Hojatollah Ghanimi Fard
Faculty Member of Petroleum University of Technology, Tehran, Iran,
h.ghanimifard@opec.org

Hussein Moghaddam[1]
PhD. Student in Energy and Environmental Management, University of Vienna
hussein.moghaddam@univie.ac.at
Received: 2015/11/10 Accepted: 2016/07/26

Abstract

In recent years an increase in energy and fossil fuel consumption, along with associated limitations and environmental concerns, have increased global efforts to access renewable energy sources. The development of renewable energies can have a considerable effect on future fossil fuel demand, both directly and indirectly. Among renewable energies, biofuels have a direct effect on oil demand and their expansion may reduce oil demand. A wide range of studies and research has been conducted on this issue around the world. There is some uncertainty about the future development of the biofuel industry and its effect on oil markets. This study looks at the pros and cons of biofuels given the various manners in which they are produced and discusses the potential challenges and limitations of the industry. We also review the biofuel policies of different countries. Our findings indicate that despite various challenges, biofuel production will experience significant growth, especially in developed economies, primarily due to their emissions reduction potential and contribution to national energy security.

JEL Classification: P16, P25, P28, Q20, Q50, Q57

Keywords: biofuels, renewable energy, energy mix, obstacles and limitations of biofuels production and consumption.

1- Corresponding Author